



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

---

EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA

---

Presentado por :

Casapino Jara, Manuel Jesús

Serrano Quintanilla, Ana Cecilia

Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Asesor: Ing. Edson Julio Salas Fortón

CUSCO-PERÚ

2020



### **Dedicatoria**

Dedico el presente trabajo a Dios por ser luz y guía en mí, a mis padres Liliana y Aníbal, a mi hermana Miroslaba, por el apoyo ilimitado y por haberme formado en la persona que soy; la mayoría de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

Bach. Manuel Casapino Jara

A mis padres y hermano, por ser motivación de superación constante, por sus consejos y comprensión que fueron de ayuda en el transcurso de mi vida.

Bach. Ana Serrano Quintanilla



### **Agradecimiento**

Quedamos agradecidos a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil por sus enseñanzas.

A las personas que con su apoyo incondicional hicieron posible culminar la presente investigación.



## Resumen

La investigación denominada: “Evaluación de la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto sustituyendo el confitillo por poliestireno expandido tipo perla”, examinó el comportamiento del poliestireno tipo perla, determinando que existe una diferencia las propiedades físico - mecánicas de los bloques de concreto.

La conductividad térmica se realizó con la normativa ASTM C177-13, normativa que detalla el procedimiento y el aparato a utilizar, aparato que fue desarrollado y elaborado por los investigadores para los bloques de concreto. Para los ensayos principales, como el de alabeo, variación dimensional, absorción, densidad y resistencia a la compresión, se realizaron bajo la normativa nacional vigente, haciendo uso de los equipos y/o herramientas del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco.

Con la sustitución del confitillo por el poliestireno expandido tipo perla en los bloques de concreto se evidenció una disminución de la conductividad térmica dando como resultado un elemento que presenta mayor capacidad de aislamiento térmico, conjuntamente que las propiedades de absorción y densidad disminuyen con una resistencia a la compresión que incrementa en un punto máximo.

Los resultados demuestran una clara modificación de las propiedades de los bloques de concreto al sustituir uno de los materiales principales utilizados para su fabricación.

La clasificación del bloque de concreto se hizo para un bloque no portante, bajo esta consideración, la investigación demostró que se mantienen las propiedades físico-mecánicas establecidos en la normativa peruana, dando un incremento de las propiedades térmicas del bloque de concreto conforme se sustituya el poliestireno expandido con el confitillo. Esto demuestra que a un incremento de porcentaje de poliestireno expandido tipo perla se obtiene una menor conductividad térmica.

**Palabras Claves:** Conductividad térmica, poliestireno expandido, transferencia de calor, bloque de concreto.



### Abstract

The research called: “Evaluation of the thermal conductivity and physical-mechanical properties of concrete blocks replacing the confidch with expanded pearl-type polystyrene”, examined the behavior of pearl-type polystyrene, determining that there is a difference in the physical- mechanical properties of concrete blocks.

The thermal conductivity was carried out with the ASTM C177-13 standard, a standard that details the procedure and the apparatus to be used, an apparatus that was developed and elaborated by the researchers for concrete blocks. For the main tests, such as warping, dimensional variation, absorption, density and resistance to compression, they were carried out under current national regulations, using the equipment and / or tools of the laboratory of the Professional School of Civil Engineering of the Andean University of Cusco.

With the replacement of the confidch with the expanded pearl polystyrene in the concrete blocks, a decrease in thermal conductivity was evidenced resulting in an element with greater thermal insulation capacity, together that the absorption and density properties decrease with a compression resistance that increases by a maximum point.

The results demonstrate a clear modification of the properties of concrete blocks by replacing one of the main materials used for their manufacture.

The classification of the concrete block was made for a non-bearing block, under this consideration, the investigation showed that the physical-mechanical properties established in the Peruvian regulations are maintained, giving an increase in the thermal properties of the concrete block as the expanded polystyrene with confectionery. This shows that with an increase in the percentage of bead-type expanded polystyrene, a lower thermal conductivity is obtained.

**Key Words:** thermal conductivity, expanded polystyrene, heat transfer, concrete block.



## Introducción

El poliestireno expandido, es un material conocido en la industria de la construcción, debido a las diferentes funciones que realiza, especialmente en el aligeramiento de losas y el campo del aislamiento térmico. No obstante, la aplicación como árido en hormigones ligeros o en bloques de concreto como unidad de albañilería no son tan conocidas.

El poliestireno expandido es producto de los avances científicos y tecnológicos que se aprecia en la actualidad. Su descubridor fue el Doctor Fritz Stastny, de los laboratorios BASF para el desarrollo de materiales plásticos en Ludwigshafen (Alemania). (Knauf Industries, 2020)

Un bloque de concreto elaborado a partir de la sustitución de sus áridos por poliestireno expandido tipo perla, considerando una granulometría distribuida según las consideraciones mostradas en el marco teórico, tendría características positivas como: baja conductividad térmica, baja densidad, menor peso, menores costos.

La presente investigación pretende determinar la conductividad térmica y propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto utilizado en la construcción según la Norma Técnica E.070 albañilería, haciendo uso de las normas técnicas peruanas que se aplican para albañilería como son la NTP 399.600, NTP 399.602, NTP 399.604 y NTP 399.613 y ASTM C177-13.

También se aspira a evaluar la conductividad térmica y las propiedades físicas mecánicas de bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla y verificar que cumplan con la Norma Técnica E.070 para un bloque No Portante y así buscar alternativas a los bloques de concreto de baja calidad o altamente contaminantes para el medio ambiente como los ladrillos fabricados de arcillas.



**Índice general**

Dedicatoria ..... II

Agradecimiento ..... III

Resumen ..... IV

Abstract ..... V

Introducción ..... VI

Índice general .....VII

Índice de tablas.....XII

Índice de figuras .....XVII

Capítulo I: Planteamiento del problema..... 19

1.1 Identificación del Problema ..... 19

1.1.1 Descripción del problema ..... 19

1.1.2 Formulación Interrogativa del Problema ..... 20

1.1.2.1 Formulación Interrogativa del Problema General..... 20

1.1.2.2 Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos..... 20

1.2 Justificación e Importancia de la investigación ..... 21

1.2.1 Justificación técnica ..... 21

1.2.2 Justificación Social ..... 21

1.2.3 Justificación por viabilidad ..... 22

1.2.4 Justificación por relevancia..... 22

1.3 Limitaciones de la Investigación: ..... 22

1.4 Objetivos de la Investigación ..... 24

1.4.1 Objetivo General ..... 24

1.4.2 Objetivos Específicos..... 24

Capitulo II: Marco teórico..... 25

2.1 Antecedentes de la Tesis ..... 25

2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional ..... 25

2.1.2 Antecedentes a Nivel internacional..... 27

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes ..... 30

2.2.1 Unidad de Albañilería ..... 30

2.2.1.1 Clasificación para fines estructurales..... 30

2.2.1.2 Bloque portante ..... 31

2.2.1.3 Bloque no portante ..... 31



2.2.1.4	Bloque de concreto.....	31
2.2.2	Agregados .....	32
2.2.2.1	Granulometría de agregados .....	32
2.2.2.2	Peso específico.....	34
2.2.2.3	Peso Unitario.....	35
2.2.2.4	Contenido de Humedad.....	36
2.2.2.5	Agregado fino .....	37
2.2.2.6	Confitillo .....	37
2.2.3	Cemento Portland.....	39
2.2.3.1	Características físicas y mecánicas del cemento portland .....	39
2.2.4	Poliestireno expandido tipo perla.....	40
2.2.4.1	Características físicas y mecánicas del poliestireno expandido.....	41
2.2.5	Agua .....	42
2.2.6	Concreto.....	44
2.2.6.1	Propiedades del concreto en estado fresco.....	44
2.2.7	Elaboración de bloques de concreto.....	45
2.2.8	Muestreo.....	47
2.2.8.1	Número de especímenes.....	47
2.2.9	Propiedades Físicas. ....	48
2.2.9.1	Conductividad Térmica.....	48
2.2.9.2	Alabeo .....	54
2.2.9.3	Variación dimensional .....	56
2.2.9.4	Absorción.....	57
2.2.9.5	Densidad.....	58
2.2.10	Propiedades Mecánicas .....	59
2.2.10.1	Resistencia a la compresión .....	59
2.3	Hipótesis.....	61
2.3.1	Hipótesis General .....	61
2.3.2	Sub hipótesis .....	61
2.4	Definición de variables .....	62
2.4.1	Variable Independiente .....	62
2.4.2	Indicador de Variable Independiente .....	62
2.4.3	Variables Dependientes.....	62





2.4.4	Indicadores de Variables Dependientes .....	62
2.4.5	Cuadro de Operacionalización de Variables .....	63
Capítulo III: Metodología.....		64
3.1	Metodología de la investigación .....	64
3.1.1	Enfoque de la Investigación .....	64
3.1.2	Nivel o alcance de Investigación .....	64
3.1.3	Método de investigación .....	64
3.2	Diseño de la Investigación .....	64
3.2.1	Diseño metodológico .....	64
3.2.2	Diseño de Ingeniería .....	65
3.3	Población y Muestra.....	66
3.3.1	Población.....	66
3.3.1.1	Descripción de la población .....	66
3.3.1.2	Cuantificación de la Población .....	66
3.3.2	Muestra.....	66
3.3.2.1	Descripción de la muestra .....	66
3.3.2.2	Cuantificación de la muestra .....	66
3.3.2.3	Métodos de muestreo .....	67
3.3.2.4	Criterios de evaluación de muestra .....	67
3.3.3	Criterios de inclusión .....	68
3.4	Instrumentos.....	69
3.4.1	Instrumentos metodológicos o Instrumentos de recolección de datos .....	69
3.4.2	Instrumentos de ingeniería .....	79
3.5	Procedimiento de recolección de datos .....	80
3.5.1	Cantidad de Material Fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (N° 200) por lavado .....	80
3.5.2	Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos .....	82
3.5.3	Peso Unitario de los agregados .....	86
3.5.4	Gravedad específica y absorción de agregados finos.....	89
3.5.5	Peso específico y absorción de agregados gruesos .....	91
3.5.6	Elaboración de los bloques de concreto.....	92
3.5.7	Conductividad térmica .....	95
3.5.8	Alabeo (NTP 399.613, 2005).....	98
3.5.9	Variación dimensional (NTP 399.604, 2002) .....	101



3.5.10	Absorción y Densidad .....	105
3.5.11	Resistencia a la compresión del bloque de concreto (NTP 399.604, 2002).....	108
3.6	Procedimiento de análisis de datos .....	112
3.6.1	Cantidad de Material Fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (N° 200) por lavado ...	112
3.6.2	Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos .....	114
3.6.3	Peso Unitario de los agregados .....	119
3.6.4	Gravedad específica y absorción de agregados finos.....	121
3.6.5	Peso específico y absorción de agregados gruesos .....	123
3.6.6	Diseño de Mezcla.....	125
3.6.7	Conductividad térmica .....	128
3.6.8	Alabeo .....	132
3.6.9	Variación Dimensional .....	135
3.6.10	Absorción y Densidad .....	140
3.6.11	Resistencia a la compresión del bloque de concreto.....	144
Capitulo IV: Resultados .....		154
4.1	De la proporción de poliestireno expandido tipo perla – Diseño de mezcla.....	154
4.2	De las propiedades físicas de los bloques .....	155
4.2.1	Conductividad Térmica.....	155
4.2.2	Alabeo .....	156
4.2.3	Variación Dimensional .....	157
4.2.4	Absorción .....	158
4.2.5	Densidad.....	158
4.3	De la propiedad mecánica de los bloques .....	159
4.3.1	Resistencia de la compresión del bloque de concreto.....	159
Capítulo V: Discusión .....		161
5.1	Contraste de resultados con referentes del marco teórico.....	161
5.2	Interpretación de los resultados encontrados en la investigación .....	161
5.3	Comentarios de la demostración de la hipótesis .....	162
5.4	Aporte de la investigación.....	162
5.5	Incorporación de temas nuevos.....	162
Glosario .....		163
Conclusiones .....		165
Recomendaciones.....		166



Referencias .....	167
Anexos.....	172
Guías de Observación.....	173
Apéndice.....	232

**Índice de tablas**

Tabla 1. Clase de la unidad de albañilería.....	30
Tabla 2. Límites de graduación para el agregado fino .....	33
Tabla 3 Granulometría del agregado fino.....	37
Tabla 4 Requisitos de granulometría para agregados gruesos .....	38
Tabla 5 Resistencia a la compresión de los cementos.....	40
Tabla 6 Clasificación de mezclas de concreto según su asentamiento.....	45
Tabla 7 Operacionalización de Variables.....	63
Tabla 8 Cantidad de elementos considerados en la muestra .....	67
Tabla 9 Guía de observación N°01-MTC E 202 .....	69
Tabla 10 Guía de observación N°02-MTC E 203 .....	70
Tabla 11 Guía de observación N°03-MTC E 204.....	71
Tabla 12 Guía de observación N°04 y N°05-MTC E 205, MTC E 206 .....	72
Tabla 13 Guía de observación N°06-ASTM C177-13 .....	73
Tabla 14 Guía de observación N°07-NTP 399.613.....	74
Tabla 15 Guía de observación N°08-NTP 399.604-Variación Dimensional.....	75
Tabla 16 Guía de observación N°09-NTP 399.604-Absorción.....	76
Tabla 17 Guía de observación N°010-NTP 399.604-Densidad .....	77
Tabla 18 Guía de observación N°011-NTP 399.604-Compresión.....	78
Tabla 19 Datos del ensayo Cantidad de Material Fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (N° 200) por lavado – Arena de la cantera SERTRAQ.....	81
Tabla 20 Datos del ensayo Cantidad de Material Fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (N° 200) por lavado – Arena de la cantera Pisac.....	81
Tabla 21 Datos del ensayo Cantidad de Material Fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (N° 200) por lavado – Confitillo de la cantera SERTRAQ.....	81
Tabla 22 Datos del ensayo Granulometría – Arena de la cantera SERTRAQ.....	84
Tabla 23 Datos del ensayo Granulometría – Arena de la cantera Pisac.....	84
Tabla 24 Datos del ensayo Granulometría – Arena, Combinación de canteras = 70% PISAC + 30% SERTRAQ .....	85
Tabla 25 Datos del ensayo Granulometría – Confitillo de la cantera SERTRAQ.....	85
Tabla 26 Datos del ensayo Peso Unitario Suelto de la Arena – Combinación de canteras = 70% PISAC + 30% SERTRAQ .....	87



Tabla 27 Datos del ensayo Peso Unitario Compactado de la Arena – Combinación de canteras = 70% PISAC + 30% SERTRAQ ..... 87

Tabla 28 Datos del ensayo Peso Unitario Suelto del Confitillo de la Cantera SERTRAQ..... 88

Tabla 29 Datos del ensayo Peso Unitario Suelto del Confitillo de la Cantera SERTRAQ..... 88

Tabla 30 Datos del ensayo Peso Específico de la Arena - Combinación de canteras = 70% PISAC + 30% SERTRAQ..... 90

Tabla 31 Datos del ensayo Peso Específico del confitillo de la cantera SERTRAQ ..... 92

Tabla 32 Datos del ensayo de conductividad térmica del Bloque patrón ..... 96

Tabla 33 Datos del ensayo de conductividad térmica del Bloque A - sustituido al 0.5% ..... 96

Tabla 34 Datos del ensayo de conductividad térmica del Bloque B – sustituido al 1.0% ..... 97

Tabla 35 Datos del ensayo de conductividad térmica del Bloque C – sustituido al 1.5% ..... 97

Tabla 36 Datos del ensayo de conductividad térmica del Bloque D – sustituido al 2.0% ..... 98

Tabla 37 Datos del ensayo alabeo del Bloque patrón ..... 99

Tabla 38 Datos del ensayo alabeo del Bloque A - sustituido al 0.5%..... 99

Tabla 39 Datos del ensayo alabeo del Bloque B - sustituido al 1.0% ..... 100

Tabla 40 Datos del ensayo alabeo del Bloque C - sustituido al 1.5% ..... 100

Tabla 41 Datos del ensayo alabeo del Bloque D - sustituido al 2.0%..... 101

Tabla 42 Datos del ensayo variación dimensional del Bloque patrón ..... 102

Tabla 43 Datos del ensayo variación dimensional del Bloque A - sustituido al 0.5%..... 103

Tabla 44 Datos del ensayo variación dimensional del Bloque B - sustituido al 1.0%..... 103

Tabla 45 Datos del ensayo variación dimensional del Bloque C - sustituido al 1.5% ..... 104

Tabla 46 Datos del ensayo variación dimensional del Bloque D - sustituido al 2.0%..... 104

Tabla 47 Datos del ensayo absorción y densidad del Bloque patrón ..... 106

Tabla 48 Datos del ensayo absorción y densidad del Bloque A - sustituido al 0.5% ..... 106

Tabla 49 Datos del ensayo absorción y densidad del Bloque B - sustituido al 1.0%..... 107

Tabla 50 Datos del ensayo absorción y densidad del Bloque C - sustituido al 1.5%..... 107

Tabla 51 Datos del ensayo absorción y densidad del Bloque D - sustituido al 2.0% ..... 108

Tabla 52 Datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 del Bloque Patrón .. 110

Tabla 53 Datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 del Bloque A - sustituido al 0.5% ..... 110

Tabla 54 Datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 del Bloque B - sustituido al 1.0% ..... 111



Tabla 55 Datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 del Bloque C - sustituido al 1.5% ..... 111

Tabla 56 Datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 del Bloque D - sustituido al 2.0% ..... 112

Tabla 57 Procesamiento de datos del ensayo cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) por lavado – Arena de la cantera SERTRAQ..... 113

Tabla 58 Procesamiento de datos del ensayo cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) por lavado – Arena de la cantera Pisac ..... 113

Tabla 59 Procesamiento de datos del ensayo cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) por lavado – Confitillo de la cantera SERTRAQ..... 113

Tabla 60 Procesamiento de datos del ensayo granulometría – Arena de la cantera SERTRAQ ..... 115

Tabla 61 Procesamiento de datos del ensayo granulometría – Arena de la cantera Pisac ..... 116

Tabla 62 Procesamiento de datos del ensayo granulometría – Arena Combinación de canteras = 70% PISAC + 30% SERTRAQ ..... 117

Tabla 63 Requerimiento de gradación para agregados gruesos ..... 118

Tabla 64 Procesamiento de datos del ensayo granulometría – Confitillo de la cantera SERTRAQ..... 118

Tabla 65 Procesamiento de datos del ensayo Peso Unitario Suelto de la Arena – Combinación de canteras = 70% PISAC + 30% SERTRAQ ..... 120

Tabla 66 Procesamiento de datos del ensayo Peso Unitario Compactado de la Arena – Combinación de canteras = 70% PISAC + 30% SERTRAQ..... 120

Tabla 67 Procesamiento de datos del ensayo Peso Unitario Suelto del Confitillo de la Cantera SERTRAQ..... 120

Tabla 68 Procesamiento de datos del ensayo Peso Unitario Suelto del Confitillo de la Cantera SERTRAQ..... 121

Tabla 69 Procesamiento de datos de ensayo Peso Específico de la Arena – Combinación de canteras = 70% PISAC + 30% SERTRAQ ..... 122

Tabla 70 Procesamiento de datos del ensayo peso específico del confitillo de la cantera SERTRAQ..... 124

Tabla 71 Volumen unitario de agua - Método ACI..... 125

Tabla 72 Diseño de mezcla para bloques de concreto..... 126

Tabla 73 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque patrón ..... 128



Tabla 74 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque A - sustituido al 0.5% ..... 129

Tabla 75 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque B - sustituido al 1.0% ..... 129

Tabla 76 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque C - sustituido al 1.5% ..... 130

Tabla 77 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque D - sustituido al 2.0% ..... 130

Tabla 78 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque patrón ..... 132

Tabla 79 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque A - sustituido al 0.5% ..... 132

Tabla 80 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque B - sustituido al 1.0% ..... 133

Tabla 81 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque C - sustituido al 1.5% ..... 133

Tabla 82 Procesamiento de datos del ensayo alabeo del Bloque D - sustituido al 2.0% ..... 134

Tabla 83 Procesamiento de datos del ensayo variación dimensional del Bloque patrón ..... 135

Tabla 84 Datos del ensayo variación dimensional del Bloque A - sustituido al 0.5% ..... 136

Tabla 85 Datos del ensayo variación dimensional del Bloque B - sustituido al 1.0% ..... 136

Tabla 86 Datos del ensayo variación dimensional del Bloque C - sustituido al 1.5% ..... 137

Tabla 87 Datos del ensayo variación dimensional del Bloque D - sustituido al 2.0% ..... 137

Tabla 88 Procesamiento de datos del ensayo absorción y densidad del Bloque patrón ..... 141

Tabla 89 Procesamiento de datos del ensayo absorción y densidad del Bloque A - sustituido al 0.5% ..... 141

Tabla 90 Procesamiento de datos del ensayo absorción y densidad del Bloque B - sustituido al 1.0% ..... 142

Tabla 91 Procesamiento de datos del ensayo absorción y densidad del Bloque C - sustituido al 1.5% ..... 142

Tabla 92 Procesamiento de datos del ensayo absorción y densidad del Bloque D - sustituido al 2.0% ..... 143

Tabla 93 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7 días – Patrón ..... 145

Tabla 94 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7 días – Bloque A ..... 145

Tabla 95 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7 días – Bloque B ..... 146

Tabla 96 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7 días – Bloque C ..... 146

Tabla 97 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 7 días – Bloque D ..... 147



Tabla 98 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 14 días - Patrón ..... 147

Tabla 99 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 14 días –  
Bloque A ..... 148

Tabla 100 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 14 días –  
Bloque B..... 148

Tabla 101 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 14 días –  
Bloque C..... 149

Tabla 102 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 14 días –  
Bloque D ..... 149

Tabla 103 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 28 días –  
Patrón ..... 150

Tabla 104 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 28 días –  
Bloque A ..... 150

Tabla 105 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 28 días –  
Bloque B..... 151

Tabla 106 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 28 días –  
Bloque C..... 151

Tabla 107 Procesamiento de datos del ensayo resistencia a la compresión a los 28 días –  
Bloque D ..... 152

Tabla 108 Proporción de los componentes en el diseño de mezcla ..... 154

Tabla 109 Resultados del ensayo de conductividad térmica..... 155

Tabla 110 Resultados del ensayo de alabeo ..... 156

Tabla 111 Resultados del ensayo de variación dimensional ..... 157

Tabla 112 Resultados del ensayo de absorción ..... 158

Tabla 113 Resultados del ensayo de densidad ..... 158

Tabla 114 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión ..... 159

Tabla 115 Matriz de consistencia..... 172



**Índice de figuras**

Figura 1. Curva granulométrica.....	34
Figura 2. Procedimiento manual para elaboración de bloques de concreto .....	46
Figura 3 Tipos de mezcladora de acción forzada .....	47
Figura 4 Disposición general de los componentes mecánicos del aparato de placa caliente protegida.....	51
Figura 5 Ilustración del flujo de calor idealizado en el Aparato .....	51
Figura 6 Multímetro digital utilizado en el ensayo .....	54
Figura 7 Medición de alabeo (concavidad, convexidad) en la unidad de albañilería .....	55
Figura 8 Determinación de altura de hilada .....	56
Figura 9 Lavado de agregado para determinación de finos por lavado.....	80
Figura 10 Cuarteo de los agregados .....	83
Figura 11 Tamizado de los agregados para la determinación de la granulometría .....	83
Figura 12 Determinación del peso unitario de la arena.....	86
Figura 13 Determinación del peso unitario de la arena.....	90
Figura 14 Pesado del confitillo en la balanza de flotación.....	91
Figura 15 Pesado de agregado para la elaboración de bloques de concreto.....	93
Figura 16 Proceso de mezclado.....	93
Figura 17 Vibrado y moldeado de bloques de concreto.....	94
Figura 18 Secado de Bloques de concreto.....	94
Figura 19 Construcción de equipo .....	95
Figura 20 Medición de bloque de concreto.....	102
Figura 21 Secado de bloques de concreto en horno .....	105
Figura 22 Refrendado de bloques con pasta yeso-cemento .....	109
Figura 23 Ensayo de Resistencia a la compresión .....	109
Figura 24 Resumen de fracción fina (Pasa el Tamiz N° 200) de arena y confitillo de las canteras SERTRAQ y Pisac .....	114
Figura 25 Curva Granulométrica – Arena de la cantera SERTRAQ .....	115
Figura 26 Curva Granulométrica – Arena de la cantera Pisac .....	116
Figura 27 Curva granulométrica – Arena Combinación de canteras = 70% PISAC + 30% SERTRAQ.....	117
Figura 28 Curva granulométrica – Confitillo de la cantera SERTRAQ.....	119



Figura 29 Diseño de mezcla húmeda para bloques de concreto patrón, al 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de sustitución del conftillo por perlas de poliestireno para 1 m3 de concreto..... 127

Figura 30 Conductividad térmica de los bloques Patrón, A, B, C y D..... 131

Figura 31 Alabeo de los bloques Patrón, A, B, C y D..... 134

Figura 32 Resultado de Variación Dimensional Largo de los Bloques ..... 138

Figura 33 Resultado de Variación Dimensional Ancho de los Bloques ..... 138

Figura 34 Resultado de Variación Dimensional Alto de los Bloques ..... 139

Figura 35 Resultado de Variación Dimensional Espesor de los Bloques ..... 139

Figura 36 Resultados del ensayo de absorción de los bloques..... 143

Figura 37 Resultados del ensayo de densidad de los bloques ..... 144

Figura 38 Resultados del ensayo resistencia a la compresión a los 7 días ..... 152

Figura 39 Resultados del ensayo resistencia a la compresión a los 14 días ..... 153

Figura 40 Resultados del ensayo resistencia a la compresión a los 28 días ..... 153

Figura 41 Diseño de mezcla húmeda por peso por m3 ..... 154

Figura 42 Resultados del ensayo de Conductividad Térmica ..... 155

Figura 43 Resultados del ensayo de Alabeo..... 156

Figura 44 Resultados del ensayo de Variación Dimensional ..... 157

Figura 45 Resultados del ensayo de Absorción..... 158

Figura 46 Resultados del ensayo de Densidad ..... 159

Figura 47 Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días ..... 159

Figura 48 Resistencia a la compresión de los bloques ..... 160

Figura 49 Esfuerzo de compresión VS Conductividad térmica ..... 160



## Capítulo I: Planteamiento del problema

### 1.1 Identificación del Problema

#### 1.1.1 Descripción del problema

La ciudad del Cusco, durante estos últimos años ha estado experimentando cambios drásticos de temperatura, en parte debido al cambio climático, manifestándose en el aumento de la temperatura media, este descenso y ascenso intempestivo de la temperatura provoca problemas en la salud respiratoria de la población, considerada en el grupo de riesgo: niños y adultos mayores. En este contexto, la industria de la construcción requiere nuevos materiales de construcción que ofrezcan una buena resistencia a la transmisión de calor, con la finalidad de reducir pérdidas energéticas en las viviendas, las paredes que representan un gran porcentaje de la edificación deberían ser construidas con unidades de albañilería, que además de tener buena resistencia mecánica, deben ser ligeras, fáciles de colocar y con un coeficiente de conductividad térmica bajo.

El poliestireno es un material que suministra un excelente aislamiento térmico en varias aplicaciones industriales y de construcción, es por ello que se utilizó como componente de la mezcla de concreto para elaborar bloques de concreto en diferentes porcentajes de sustitución por confitillo, con la intención de que los bloques de concreto mejoren su propiedad de aislamiento térmico, además de que reduzcan su peso para una adecuada manejabilidad.

Uno de los principales problemas en el ámbito de la construcción es la utilización de materiales de construcción que no cumplen con los estándares mínimos de calidad exigidos en la Norma E. 070 de albañilería, los bloques de concreto no estructurales son fabricados en nuestro medio de manera artesanal, sin un diseño de mezcla apropiado y tampoco cuentan con un proceso de fabricación estandarizado.

La presente investigación se desarrolló durante el semestre académico 2019-II, en la ciudad del Cusco, dentro de las instalaciones del Laboratorio de Concreto y Materiales de construcción de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco ubicado en la urbanización Larapa Grande S/N, en el distrito de San Jerónimo, en la provincia y departamento de Cusco.



## **1.1.2 Formulación Interrogativa del Problema**

### ***1.1.2.1 Formulación Interrogativa del Problema General***

¿Cuál es la conductividad térmica y las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla?

### ***1.1.2.2 Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos***

#### **Problemas específico N° 1**

¿Cómo varía la conductividad térmica de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla?

#### **Problemas específico N° 2**

¿Cuál es el alabeo de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla?

#### **Problemas específico N° 3**

¿Cuál es la variación dimensional de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla?

#### **Problemas específico N° 4**

¿Cuál es la absorción de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla?

#### **Problemas específico N° 5**

¿Cuál es la densidad de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla?

#### **Problemas específico N° 6**

¿Qué resistencia a la compresión alcanzan los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla?



## 1.2 Justificación e Importancia de la investigación

### 1.2.1 Justificación técnica

En el periodo intercensal de los años 2007-2017, el departamento de Cusco, apreció un incremento significativo de viviendas por departamento en edificio (INEI, 2017), este incremento fue de 12 mil 665 departamentos, que en términos referenciales significó un 186,8%, lo que marca el crecimiento vertical de las viviendas particulares como tendencia.

Acorde con la encuesta del Censo del año 2017, del total de las viviendas particulares con ocupantes presentes que suman 724 mil 800 viviendas, se destaca que 404 mil 700, tienen como material preponderante, en las paredes exteriores, ladrillos o bloques de cemento, lo que representa el 56 % a nivel nacional. Además, según el área urbana y rural, el material sobresaliente, en las paredes de las viviendas del área urbana, es el ladrillo o bloque de cemento, que representa el 70 %. (INEI, 2017)

El desarrollo tecnológico de nuevas unidades de albañilería alternativo a las unidades de arcilla tradicionales cocidas usadas masivamente en la Región Sur del país, brindará opciones de materiales con mejor desempeño del sector construcción, se busca analizar y conocer cuál de los diseños para bloques de concreto tiene el menor coeficiente de conductividad térmica y además que cumplan con las características indicadas en la Tabla N° 1, para Bloques No Portantes de la Norma Técnica E.070.

### 1.2.2 Justificación Social

Actualmente el uso del ladrillo de arcilla cocida para la construcción de muros de tabiquería está ampliamente difundido en el medio, sin embargo su fabricación conlleva a la contaminación en la calidad del aire dentro de la Provincia de Cusco, debido a que, por la expansión de la ciudad, las fábricas de ladrillos de San Jerónimo han quedado cerca a la población y por la dirección de los vientos, dentro de nuestra área geográfica, los contaminantes producidos por estas fábricas se expanden hasta el centro de la Ciudad.

El Ministerio del Ambiente (2014), en su informe de calidad del aire, señala que la ciudad del Cusco presenta una tendencia creciente en relación al material particulado con diámetros entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$  PM10 y a partir del 2008, sus valores exceden el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) anual, identificando como sus principales fuentes de contaminación al parque automotor y a la fabricación de ladrillos, en este contexto y el crecimiento de la industria de la construcción que requiere materiales de construcción, es necesario buscar



alternativas menos nocivas para el medio ambiente, cuyo proceso de producción no sea tan contaminante.

En ese sentido, se plantea elaborar como alternativa al uso del ladrillo de arcilla cocida, un sustituto con características similares, pero con menor costo, de menor densidad, y con mejor aislamiento térmico mediante la aplicación de poliestireno expandido tipo perla en la elaboración de unidades de concreto liviano para muros de tabiquería no portantes.

### **1.2.3 Justificación por viabilidad**

Es posible efectuar la investigación porque se cuentan con todos los equipos e instrumentos necesarios para poder evaluar la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto, proporcionados por el Laboratorio de Concreto y Materiales de construcción de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, así como también se cuentan con los materiales, como: agregados, perlas de poliestireno, cemento y demás recursos para llevar a cabo este estudio.

Es viable que una empresa dedicada la fabricación de bloques de concreto realice el nuevo material propuesto sustituyendo el confitillo por perlas de poliestireno, ya que se supone que esta sustitución traerá consigo mayores beneficios y mejores características frente a un bloque de concreto normal, lo cual influye positivamente en la utilización de estas unidades de albañilería en la construcción.

### **1.2.4 Justificación por relevancia**

El uso de un bloque de concreto con perlas de poliestireno frente a un bloque de concreto tradicional, es importante debido a que en nuestra ciudad cuenta con cambios de temperatura agresivas, muy bajas en invierno y altas en otras épocas del año, porque los bloques con poliestireno presentarán un mejor aislamiento térmico, así como también cumplen con las características físicas requeridas en la norma de albañilería para bloques no portantes, por otro lado, en las obras civiles se necesitan los mejores materiales para lograr los mejores resultados.

## **1.3 Limitaciones de la Investigación:**

- En consecuencia, a que no existe una norma específica para el diseño de mezcla para bloques de concreto, se realizó el diseño según la metodología ACI 211, considerando una relación agua cemento de 0.62 para una resistencia a la compresión de diseño de 180 Kg/cm<sup>2</sup>. La cantidad de agua considerada fue de 180 litros/m<sup>3</sup>, valor calculado por



extrapolación de la Tabla N° 71 TMN (Tamaño Máximo Nominal) vs Slump que fue considerado de 3/8" y 0" - 1" respectivamente.

- Con respecto a la materia prima, se utilizaron: agregados de las canteras: PISAC y SERTRAQ - HUASAO, la arena de ambas canteras se combinaron para obtener la distribución granulométrica sugerida por la norma ASTM C33, mientras que el confitillo fue exclusivo de la cantera SERTRAQ - HUASAO, el cemento fue de la marca Yura tipo Portland IP, por su uso masificado en nuestra región, las perlas de poliestireno utilizadas tienen una densidad de 20 Kg/m<sup>3</sup> (dato obtenido de la ficha técnica del producto) y provienen de la fábrica INDUSPORT ubicada en Huasao – Cusco, el agua potable es de la red pública que abastece a nuestra ciudad.
- Se consideró una mezcla seca de 0 a 1" de asentamiento (Slump), debido a que la vibración a la que serán sometidos los bloques de concreto es de alta frecuencia y como consecuencia solo se requiere el agua necesaria para hidratar el cemento porque las partículas se acomodan por vibración y los bloques de concreto son retirados casi inmediatamente.
- La fabricación de los bloques se realizó en la bloquetera: “EL PILLPI”, ubicada en el parque industrial - Wanchaq - Cusco, con un mezclador vertical de capacidad de 0.5 m<sup>3</sup> y una vibradora de alta frecuencia acoplada a moldes de 4 bloques por ciclo de vibrado.
- Las dimensiones del bloque del concreto fueron de 15 cm x 20 cm x 40 cm, con un espesor de paredes de 18 mm, por ser una medida generalizada en los proyectos civiles y las obras de construcción.
- El método de curado de los bloques de concreto fue por aspersión de agua.
- No se evaluaron las propiedades químicas de la materia prima, tampoco de los bloques de concreto.
- El equipo para la evaluación de la conductividad térmica fue construido por los tesisistas, a medida, para evaluar un bloque de concreto completo por el método del lado único, según lo especificado en la norma ASTM C177-13.



## **1.4 Objetivos de la Investigación**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar la conductividad térmica y las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

#### **Objetivo Especifico N° 1**

Determinar la variación de la conductividad térmica de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla.

#### **Objetivo Especifico N° 2**

Medir el alabeo de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla.

#### **Objetivo Especifico N° 3**

Determinar la variación dimensional de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla.

#### **Objetivo Especifico N° 4**

Medir la absorción de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla.

#### **Objetivo Especifico N° 5**

Calcular la densidad de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla.

#### **Objetivo Especifico N° 6**

Determinar la resistencia a la compresión de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla.





## Capítulo II: Marco teórico

### 2.1 Antecedentes de la Tesis

#### 2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional

- ❖ “Aplicación del poliestireno expandido en la fabricación de unidades de concreto liviano para muros de tabiquería en la Ciudad de Arequipa”, de la Universidad Católica de Santa María, Naiza Ramírez, Gonzalo Renato, 2017. (Naiza Ramírez, 2017)

#### **Resumen:**

El presente trabajo de investigación presenta el desarrollo de fabricar unidades de poliestireno expandido (EPS) con la finalidad de efectuar o reemplazar unidades de tabiquería las cuales dentro de la composición del mismo concreto liviano favorece a su baja densidad y baja conductividad térmica, actualmente, diversas universidades, institutos técnicos y comités internacionales vienen estudiando la evolución de este material, asegurando una mejora en la calidad, productividad y desarrollo de la industria de la ingeniería dentro del ámbito de la construcción.

El trabajo partió de 3 dosificaciones por volumen de baldes de un galón, buscando proporciones indicada la cual se enfoca en la aplicación del concreto liviano con perlas de poliestireno expandido para muros no estructurales en la ciudad de Arequipa, haciéndolo uno de los materiales con mayor demanda en dichos campos de la ingeniería.

Al realizar los diferentes ensayos de mezclas, se usó la más óptima para poder utilizar el poliestireno expandido (EPS), se utilizó una muestra representativa de los diferentes vaciados que fue sometida al “método de ensayo a la compresión” y de esta forma para poder elaborar nuestras unidades de concreto liviano para evaluar los diferentes parámetros de comparación a las dosificaciones llegando a la más óptima para fabricar unidades de concreto.

#### **Conclusiones:**

- Con la investigación realizada, es posible hacer un diseño de mezcla para poder elaborar unidades de concreto liviano mediante el reemplazo del agregado grueso por las perlas de poliestireno expandido.
- Está presente que existe una pérdida de la resistencia a la compresión cuando se va incrementando la cantidad de arena y perla de poliestireno que fue reemplazado por el agregado grueso.



- En la investigación se determinó una mezcla para la obtención de una resistencia perfeccionada desde una percepción del costo final, la dosificación está dada por: 1 balde de un galón de cemento, 2 baldes de galón de arena y 3 baldes de galón de poliestireno expandido que proporciona un resultado de  $26.33 \text{ kg/cm}^2$  a los 21 días.
- ❖ “Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural – Cajamarca”, de la Universidad Nacional de Cajamarca, Rodríguez Chico Hugo Emmanuel, 2017. (Rodríguez Chico, 2017)

### **Resumen:**

La principal característica del concreto u hormigón liviano es su menor peso propio respecto al concreto tradicional, y esta propiedad le da ciertas ventajas al rubro de la construcción.

Sin embargo, presenta una gran dificultad en la elaboración de dicho concreto, debido a que todavía en Perú no existe una normativa ni dosificación válida, no obstante, se han investigado las propiedades mecánicas obteniendo no tan bajos resultados en la resistencia a la compresión. Estas referencias me han motivado a estudiar elementos elaborados con este material, como, por ejemplo: bloques de concreto liviano.

La siguiente investigación tiene como tema central determinar las propiedades físico-mecánicas del concreto liviano a base de poliestireno expandido para la elaboración de bloques de hormigón liviano, los que son confeccionados conforme a una dosificación para un mortero tradicional, que, a tiempo de ser mezclados el cemento, el agregado fino y agua, se agrega poliestireno expandido en reemplazo de la grava.

Se elaborará probetas estándar de concreto liviano a base de poliestireno expandido en moldes cúbicos obteniendo propiedades del concreto liviano en estado fresco y endurecido, midiéndose su trabajabilidad para hallar la cantidad de agua en cada tanda. También se medirá la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para las dosificaciones de:  $1200 \text{ Kg/m}^3$ ,  $1400 \text{ Kg/m}^3$  y  $1600 \text{ Kg/m}^3$  en donde se variará la relación a/c para llegar a una dosificación óptima y así con esta dosificación elaborar las unidades de albañilería de acorde a las normas pertinentes.

Transcurridos 28 días, los bloques elaborados con la dosificación de  $1600 \text{ Kg/m}^3$  son sometidos a ensayos de resistencia a la compresión, absorción y humedad, como lo establece la NTP 399.600, NTP 399.602 y NTP 399.604, para bloques tradicionales de uso estructural y no



estructural, obteniéndose una resistencia a la compresión favorable de 6.15 MPa (62.75 Kg/cm<sup>2</sup>)

Finalmente, se realizó un análisis de aumento del costo de los bloques livianos elaborados, este incremento de costo es debido únicamente al precio actual de venta de las perlitas de poliestireno expandido. Sin embargo, el mayor costo del agregado liviano es compensado con el ahorro en transporte, el aumento en el rendimiento en la ejecución de los trabajos y debido a que no requiere de acabados, por lo tanto, se obtienen economías de tiempo y dinero al utilizar bloques con estas características.

#### **Conclusiones:**

- La dosificación más favorable, en términos numéricos, fue denominada CLP-1600, esta dosificación posee una resistencia a la compresión promedio de 62.75 (Kg/cm<sup>2</sup>) y una densidad aparente de 1600 (Kg/m<sup>3</sup>).
- Teniendo en cuenta la fluidez del concreto, esta fluidez desciende directamente al incremento de la densidad aparente, este hecho repercute en la trabajabilidad de la mezcla de concreto.
- Para el ensayo de la resistencia a la flexión estática, se obtuvo un valor de 32.03 (Kg/cm<sup>2</sup>.)
- El Concreto Ligero posee un menor valor del módulo de elasticidad, factor que interviene en la capacidad de deformación.

#### **2.1.2 Antecedentes a Nivel internacional**

- ❖ “Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales de la Universidad Libre Seccional Pereira”, Gil Vivas Angélica María y Rivera Medina Paola Andrea, 2015. (Gil Vivas & Rivera Medina, 2015)

**Resumen:** La investigación plantea la implementación del poliestireno expandido en el concreto por ser un material que posee una masa liviana debido al gran volumen de aire encerrado en su estructura (98% de aire y 2% de material sólido) generando una gran capacidad de aislamiento térmico, un bajo coeficiente de conductividad térmica, e impermeable a los líquidos. Además del bajo peso del poliestireno expandido se destacan sus propiedades físico-mecánicas, lo cual presenta una adecuada resistencia a la compresión, corte, flexión, tracción y una buena elasticidad; propiedades que son compatibles con los presentados en las mezclas de concreto buscando así una posible mejora en sus parámetros físicos mecánicos.



En la actualidad se lleva a cabo un proceso industrial basado en la investigación “Compuesto de yeso e Icopor en morteros para la construcción de casas populares”, realizado en la ciudad de Natal-Brasil en el año 2008, que apoyan la posibilidad de trabajar con estos materiales, demostrando que este material es aplicable a la construcción de estructuras

### **Conclusiones:**

- En las probetas de concreto que fueron ensayadas a la resistencia de compresión, demuestra una deficiencia de los materiales que la componen y a su vez, muestra la presencia de las perlas de Icopor.
  - Las probetas analizadas no presentaron una significativa variación de los pesos porque la incorporación de las perlas de Icopor se hizo en función al porcentaje del volumen y no al peso de las mismas.
  - El Icopor mantiene su perfil y sus dimensiones durante el proceso de mezcla.
  - En resumen, la investigación aporta una materialización del proceso de adición del Icopor y, con este, la disminución de la resistencia a la compresión de las probetas de concreto.
- ❖ “Estudio exploratorio en diseños de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S.A. ICOTEC”, Quesada Víquez Natali María, 2014. (Quesada Víquez, 2014)

**Resumen:** El documento que se presenta a continuación resume lo contemplado en el desarrollo de este proyecto “Diseños de mezcla para concretos livianos”. Tal y como lo señala su nombre, el mismo consta de la investigación y desarrollo de pruebas de laboratorio llevadas a cabo con la finalidad de obtener los diseños de mezcla adecuados para la fabricación de éstos en el país.

Entre los objetivos propuestos para ese proyecto se tenía la caracterización de los agregados del tajo de Guacalillo los cuales fueron designados por la empresa para la investigación. Posterior a esto, se realizaron una serie de pruebas piloto en el laboratorio para la determinación de algunas propiedades, tales como contenido de aire, densidad, revenimiento, flujo, temperatura del concreto y resistencia a la compresión.

Se propuso, además, el análisis y con base en las pruebas de laboratorio, la selección de los diseños más adecuados, y posterior a esto realizar pruebas que permitieron la revisión de la consistencia de los resultados.



Finalmente, se propuso determinar los diseños definitivos con agregados en condición seca para una espuma de concreto, un concreto liviano no estructural y un concreto estructural de baja densidad.

**Conclusiones:**

- Los concretos elaborados con el cemento tipo MPAR alcanzan unas resistencias a la compresión mayores inicialmente, estos concretos pueden ser liviano estructural y no estructural.
- Mediante la incorporación de aire en la mezcla de concreto, la resistencia a la compresión se ve comprometida de forma directa, para no tener esta pérdida, se sugiere implementar materiales ligeros para reducir la densidad del concreto. Lamentablemente, esta investigación no logra obtener valores para que lo clasifiquen como concreto para el uso estructural.
- El poliestireno, al ser un material con una densidad muy baja, al momento de hacer la incorporación en el proceso de mezclado, presenta algunos obstáculos que daría como resultado una variación en la dosificación.

## 2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes

### 2.2.1 Unidad de Albañilería

Según la Norma Técnica E.070 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006), se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo. Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial. Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días.

La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería. Se elabora de materias primas diversas: la arcilla, el concreto de cemento portland y la mezcla de sílice y cal son las principales. Se forma mediante el moldeo, empleado en combinación con diferentes métodos de compactación o extrusión. Finalmente, se produce en condiciones disímiles: en sofisticadas fábricas, bajo estricto control industrial, o en precarias canchas, muchas veces provisionales, incluso al pie de la obra en la que será utilizada. (Gallegos & Casabonne, 2005)

#### 2.2.1.1 Clasificación para fines estructurales

**Tabla 1.**

*Clase de la unidad de albañilería*

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en MPa (Kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12,7 (130)
Ladrillo IV	±3	±2	±1	2	17,6 (180)
Bloque P	±4	±3	±2	4	4,9 (50)
Bloque NP	±7	±6	±4	8	2,0 (20)

*Fuente: Norma Técnica E.070 (MVCS, 2006)*



### ***2.2.1.2 Bloque portante***

Son las unidades de albañilería utilizadas en la construcción de Muros Portantes, aquellos diseñados y construidos 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. (MVCS, 2006)

### ***2.2.1.3 Bloque no portante***

Unidades de albañilería utilizadas en la construcción de Muros No Portantes, diseñados y construidos en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. (MVCS, 2006)

### ***2.2.1.4 Bloque de concreto***

La Norma NTP 399.602 define el bloque de concreto como una pieza prefabricada, elaborada con cemento, agua y áridos finos o gruesos de procedencia natural o artificial, en el cual se puede o no incorporar aditivos, además se refiere a la forma del bloque como sensiblemente prismático con dimensiones no mayores de 60 cm y sin la presencia de armadura. (INDECOPI, 2002)

Los bloques de concreto son elementos modulares, pre moldeados, diseñados para ser utilizados en los sistemas de albañilería confinada o armada. Para su fabricación se requiere de materiales usuales del concreto, es decir, piedra partida, arena, cemento y agua; siendo posible su elaboración a pie de obra, evitando así las actividades de transporte de las unidades terminadas, lo cual significa aspectos favorables para la ejecución de edificaciones, sobre todo para aquellas realizadas por autoconstrucción. (Arrieta Freyre & Peñaherrera Deza, 2001)

La Norma NTP 339.005 define así los bloques de concreto: “Es la unidad de albañilería, cuyas dimensiones nominales mínimas son de 300 mm de largo, 200 mm de ancho y 200 mm de alto, en el que su alto es tal, que no excede a su largo ni a seis veces su ancho. Generalmente posee cavidades interiores transversales que pueden ser ciegas por uno de sus extremos y cuyos ejes son paralelos a una de las aristas.” (INDECOPI, 2002)

Los materiales utilizados para la fabricación de los bloques estarán constituidos por cemento Portland tipo I, por agregados que cumplan con los requisitos para concretos convencionales; se deberá considerar relación a/c mínima a fin de proporcionarles



características de durabilidad e impermeabilidad; el equipo necesario para fabricar los bloques lo conforman una pequeña mesa vibradora con su respectivo molde metálico. (Arrieta Freyre & Peñaherrera Deza, 2001)

### **2.2.2 Agregados**

El autor Kosmatka (2014) indica que los agregados ocupan cerca de un 60% a un 70% del volumen del concreto e influyen fuertemente en sus propiedades, tanto en estado fresco como endurecido, la importancia de su calidad no se puede subestimar.

Son materiales naturales inorgánicos que pueden ser encontrados en forma natural o procedente por algún método mecánico. De gran importancia para las mezclas donde serán utilizadas.

Para la utilización de los agregados, las características de estos, deben estar basados de acuerdo a la información de los ensayos básicos de laboratorio.

Según estudios realizados por Izquierdo & Ortega (2017), define a los agregados como materia inerte, obtenida de depósitos naturales que por lo general son empleados en la construcción más que todo por obvias razones económicas, pues no solo logra ocupar alrededor del 70% de la mezcla, también está íntimamente relacionado con la resistencia que le otorga a la misma, no obstante, estos materiales suelen ser clasificados según su tamaño y uso en agregados finos y agregados gruesos.

Por otra parte, algo característico de esta mezcla entre el cemento, el agua y los agregados, es lo particular de su proceso de endurecimiento, puesto que garantiza una gran resistencia mecánica y absoluta estabilidad volumétrica.

#### **2.2.2.1 Granulometría de agregados**

La granulometría es la distribución del tamaño de las partículas de un agregado, que se determina a través del análisis de los tamices. (Kosmatka, 2004).

Los requisitos están referidos a tamices normalizados según la serie de la norma ASTM C33, los mismos que se presentan en la tabla:



**Tabla 2.***Límites de graduación para el agregado fino.*

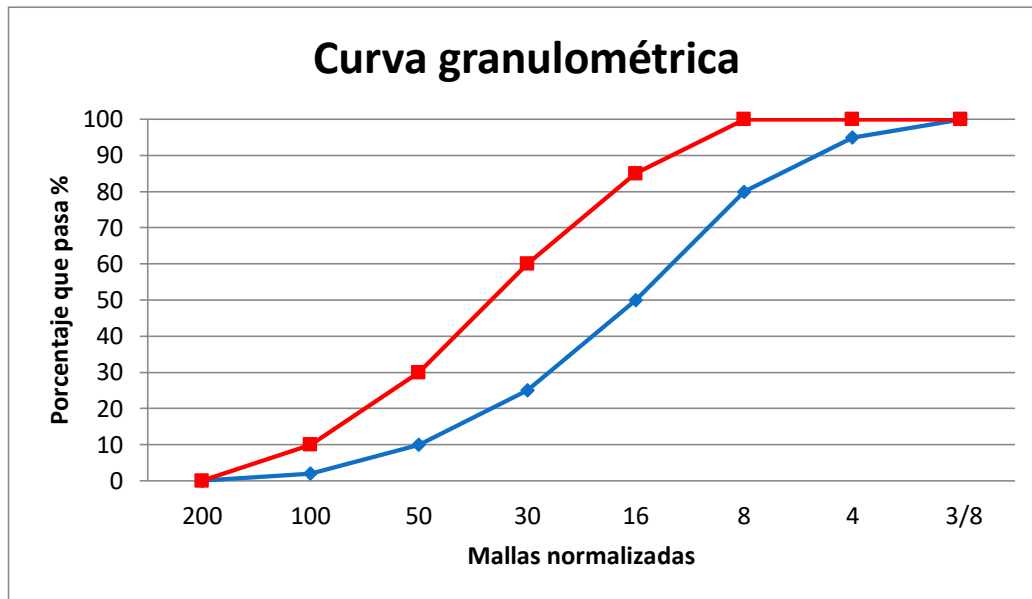
Malla		Porcentaje que pasa
9.5 mm	( 3/8 )	100
4.75 mm	( N° 04 )	95 a 100
2.36 mm	( N° 08 )	80 a 100
1.18 mm	( N° 16 )	50 a 85
600 micrones	( N° 30 )	25 a 60
300 micrones	( N° 50 )	10 a 30
150 micrones	( N° 100 )	2 a 10

*Fuente: ASTM C33, Standard Specification for Concrete Aggregates*

Se define como granulometría a la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas. (INDECOPI, 2001)

El agregado comprende del 70% al 80% del volumen unitario del concreto. En razón de su importancia en el volumen de la mezcla la granulometría seleccionada para los agregados fino y grueso deberá permitir obtener en las mezclas una máxima densidad, con una adecuada trabajabilidad y características de acabado del concreto fresco y con obtención de las propiedades deseadas en el concreto endurecido. (INDECOPI, 2001)

Las curvas granulométricas admiten visualizar una excelente la distribución de tamaños internamente de una masa de agregados y examina conocer, además, que tan grueso o fino es, en la figura a continuación se puede visualizar el límite superior (línea roja) y el límite inferior (línea azul).

**Figura 1.***Curva granulométrica*

*Fuente: ASTM C136-01. Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso*

### **2.2.2.2 Peso específico**

El peso específico o gravedad específica de un agregado según (Kosmatka, 2004) se define como: “la relación entre su masa y la masa de agua con el mismo volumen absoluto”. Se la usa en algunos cálculos de proporción y del control de la mezcla, tales como el volumen ocupado por el agregado en el método del volumen absoluto de diseño de mezcla.

El peso específico de los agregados, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además, el peso específico es un indicador de la calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar otras pruebas adicionales. (INDECOPI, 2001)

Aplicado hacia agregados el concepto de peso específico se refiere a la densidad de las partículas individuales y no a la masa del agregado como un todo. Pudiendo definirse al peso específico como la relación, a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario del material, a la masa del mismo volumen de agua destilada, libre de gas. (INDECOPI, 2001)



Su valor para agregados normales oscila entre  $2,600 \text{ Kg/m}^3$  y  $3,000 \text{ Kg/m}^3$ . (INDECOPI, 2001)

La Norma ASTM C128-15 conceptúa tres representaciones de enunciado de la gravedad específica:

- a. Peso Específico de masa; el cual es definido por la Norma ASTM C128-15, como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.
- b. Peso Específico de masa saturado superficialmente seco; el cual es definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables.
- c. Peso Específico Aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

### ***2.2.2.3 Peso Unitario***

La masa volumétrica (masa unitaria o peso unitario) de un agregado es la masa o el peso necesario para llenar un recipiente con un volumen unitario específico. El volumen a que se refiere aquí es aquel ocupado por los agregados y por los vacíos entre las partículas de agregados. (Kosmatka, 2004).

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen. (Rivva Lopez, 2000)

El peso unitario está influenciado por:

- Su gravedad específica.
- Su granulometría.
- Su perfil y textura superficial.
- Su condición de humedad.



- Su grado de compactación de masa.

El peso unitario varía con el contenido de humedad. En el agregado grueso incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario. En el agregado fino incrementos más allá de la condición de saturado superficialmente seco pueden disminuir el peso unitario debido a que la película superficial de agua origina que las partículas estén juntas facilitando la compactación con incremento en el volumen y disminución del peso unitario. El fenómeno anterior, conocido como esponjamiento, es de pequeña importancia si el agregado va a ser dosificado en peso. Si se dosifica en volumen, el esponjamiento debe ser tomado en cuenta cuando varía el contenido de humedad. (Rivva Lopez, 2000)

El peso unitario de los agregados en los concretos de peso normal, entre  $2,200 \text{ Kg/m}^3$  y  $2,400 \text{ Kg/m}^3$ , generalmente varía entre  $1,500 \text{ Kg/m}^3$  y  $1,700 \text{ Kg/m}^3$ . (INDECOPI, 1999)

#### **2.2.2.4 Contenido de Humedad**

La capacidad de absorción de un agregado está dada por la cantidad de agua que él necesita para pasar del estado seco (S) al estado saturado superficialmente seco (SSS). Normalmente se expresa en porcentaje. (Rivva López, 1992).

En los cálculos para el proporcionamiento del concreto se considera al agregado en condición de saturado superficialmente seco, es decir, con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial. Esta situación, que no es correcta en la práctica, conviene para fines de clasificación. (INDECOPI, 2001)

Si el agregado está saturado y superficialmente seco no puede absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo, un agregado parcialmente seco resta agua, mientras que el agregado mojado, superficialmente húmedo, origina un exceso de agua en el concreto. En estos casos es necesario reajustar el contenido de agua, a fin que el contenido de agua resulte el correcto. El contenido de humedad o agua total del agregado es la diferencia entre el estado actual de humedad del mismo y el estado seco. (INDECOPI, 2001)

El presente método de ensayo cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado mediante el secado tanto de la humedad superficial como de la humedad en los poros del agregado. Los agregados pueden contener agua que esté combinada químicamente con los minerales que contengan. Dicha agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinado por este método de ensayo. (ASTM, 2020)



### 2.2.2.5 Agregado fino

Para la gradación del agregado fino, se tiene la Norma ASTM C33/C33M-18. Especificaciones de Agregados para Concreto, con la siguiente tabla:

**Tabla 3**

*Granulometría del agregado fino*

Malla ASTM	% que pasa
3/8 pulgada	100
N° 4 (4,75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 mm)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (0.60 mm)	25 a 60
N° 50 (0.30 mm)	5 a 30
N° 100 (0.15 mm)	0 a 10
N° 200 (0.075 mm)	0 a 3

*Fuente: Norma ASTM C33/C33M-18, Standard Specification for Concrete Aggregates*

Según la Norma Técnica E.070 (MVCS, 2006). El agregado fino será arena gruesa natural, con las siguientes características:

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será:
  - 1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar.

### 2.2.2.6 Confitillo

Para la norma ASTM C33/C3M-18 el agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la siguiente tabla:



**Tabla 4**

*Requisitos de granulometría para agregados gruesos*

Número de tamaño	Malla ASTM	Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio (diámetro de apertura) porcentaje de masa															
		4" 100 mm	3 1/2" 90 mm	3" 75 mm	2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	1" 25.0 mm	3/4" 19.0 mm	1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	N° 4 4.75 mm	N° 8 2.36 mm	N° 16 1.18 mm	N° 50 0.30 mm		
1	3 1/2" a 1 1/2" 90 a 37.5 mm	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-		
2	2 1/2" a 1 1/2" 63 a 37.5 mm	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-		
3	2" a 1" 50 a 25.0 mm	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-		
357	2" a N° 4 50 a 4.75 mm	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-		
4	1 1/2" a 3/4" 37.5 a 19 mm	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-		
467	1 1/2" a N° 4 37.5 a 4.7 mm	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-		
5	1 a 1/2" 25 a 12.5 mm	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-		
56	1" a 3/8" 25.0 a 9.5 mm	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-		
57	1" a N° 4 25.0 a 4.7mm	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-		
6	3/4" a 3/8" 19.0 a 9.5 mm	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-		
67	3/4" a N° 4 19.0 a 4.7 mm	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-		
7	1/2" a N° 4 12.5 a 4.7 mm	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-		
8	3/8" a N° 8 9.5 a 2.36 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-		
89	3/8" a N° 16 9.5 a 1.18 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5		
9A	N° 4 a N° 16 4.7 a 1.18 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5		

A = El tamaño número 9 agregado se define en Terminología C125 como un agregado fino. Se incluye como un agregado grueso cuando se combina con un material de tamaño número 8 para crear un número de tamaño 89, que es un agregado grueso según lo definido por Terminología C125.

Fuente: ASTM C33/C33M-18, *Standard Specification for Concrete Aggregates*



### 2.2.3 Cemento Portland

Materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. (Rivva López, 1992)

#### 2.2.3.1 Características físicas y mecánicas del cemento portland

El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5 Kg y un pie cúbico (1 pie<sup>3</sup>) de capacidad. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerará para el cemento un peso específico de 3.15 gr/cm<sup>3</sup>. (Abanto Castillo, 2016)

La hidratación del cemento es tanto más rápida y más completa cuando mayor sea la finura de su molido.

Si se divide la resistencia de un concreto por su contenido de cemento, se obtiene una medida de la eficiencia del cemento: (Rivera López, 2013)

Si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y calor de hidratación serán muy altos, se vuelve más susceptible a la meteorización y disminuye su resistencia a las aguas agresivas. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna , 2006)

La fragua es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado:

- a) Fraguado inicial cuando la masa empieza a perder plasticidad.
- b) Fraguado final, cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido.

El endurecimiento es el desarrollo lento de la resistencia. (Abanto Castillo, 2016)

Durante el desarrollo del endurecimiento de la pasta de cemento, se producen variaciones de volumen, de dilatación si el ambiente tiene un alto contenido de humedad o de contracción si éste es bajo. (Rivva López, 1992)

Una calidad normal de cemento fragua inicialmente a los 40-50 minutos o a los 30 minutos para los cementos de mayor grado de finura, considerándose normal un tiempo de fraguado final entre 4 y 7 horas. (Rivva López, 1992)

Para el autor Rivera López (2013), el cemento portland es el producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker.

**Tabla 5***Resistencia a la compresión de los cementos*

Tipo de cemento	Resistencia a la compresión (%)				
	Portland	3 días	7 días	28 días	3 meses
Usos generales		100	100	100	100
Modificado		85	89	96	100
Alta resistencia inicial		195	120	110	100
Bajo calor		-	36	62	100
Resistencia al sulfato		67	79	85	100

Fuente: (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna , 2006)

Existen los siguientes tipos de cementos fabricados en el Perú los cuales la Norma NTP 334.009, establece los tipos de cementos Portland:

- Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
- Tipo II: Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales. Producción especial bajo pedido.
- Tipo IV: para usar cuando se desea bajo calor de hidratación. Producción especial bajo pedido.
- Tipo V: Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

#### 2.2.4 Poliestireno expandido tipo perla

La fabricación del material se realiza partiendo de compuestos de poliestireno en forma de perlititas que contienen un agente expansor habitualmente pentano. Después de una pre-





expansión, las perlitas se mantienen en silos de reposo y posteriormente son conducidas hacia máquinas de moldeo. Dentro de dichas máquinas se aplica energía térmica para que el agente expansor que contienen las perlitas se caliente y éstas aumenten su volumen, a la vez que el polímero se plastifica. Durante dicho proceso, el material se adapta a la forma de los moldes que lo contienen, posee una densidad aparente entre  $10 \text{ Kg/m}^3$  y  $30 \text{ Kg/m}^3$ . (concretonline, 2020)

En construcción lo habitual es comercializarlo en planchas de distintos grosores y densidades. También es habitual el uso de bovedillas de poliestireno expandido para la realización de forjados con mayor grado de aislamiento térmico. El poliestireno al ser uno de los mejores aislantes térmicos, se usa ampliamente en la construcción de edificios ahorradores de energía. Un edificio aislado adecuadamente con espuma de poliestireno puede reducir la energía utilizada para climatizarlo hasta un 40%. (concretonline, 2020)

En el concreto liviano, se utilizan las perlas de poliestireno expandido, las cuales pueden reemplazar totalmente el agregado grueso, y parcialmente el agregado fino, debido a que son áridos que no absorben agua, no tienen impurezas, no reaccionan con el cemento y además tiene buena adherencia con el mismo. (concretonline, 2020)

En el proceso de mezclado mecánico, se coloca el poliestireno previamente mojado para aumentar su peso, luego se vierte el agregado fino que se va a adherir a la superficie del poliestireno, luego de la mezcla se coloca el cemento y al final el agua de mezclado. El material obtenido forma una masa consistente, que se coloca en el sitio por vibrado o apisonamiento manual. (concretonline, 2020)

Así también Paulino Fierro & Espino Almeyda (2017) lo define como el material de construcción en forma de planchas, bovedillas, rellenos y perlitas que pueden ser empleadas como remplazo total o parcial del agregado grueso en la elaboración de concreto liviano, pues este como agregado hace que el concreto liviano presente una buena capacidad de deformación.

#### ***2.2.4.1 Características físicas y mecánicas del poliestireno expandido***

Córdova & Pinchi (2017) en su tesis, manifiestan que: la índole del poliestireno expandido para ser aplicado en la construcción debe asegurar las siguientes propiedades característicamente.



- Bajo peso y excepcional ligereza, cuya densidad oscila entre los  $10 \text{ Kg/m}^3$  -  $35 \text{ Kg/m}^3$ , con esto se garantiza extremada ligereza y buena resistencia.
- Amortiguador o reductor de impacto.
- Resistente al agua.
- Bajos niveles de absorción.
- Resistente al envejecimiento.
- Gran resistencia mecánica.
- Higiénico, no enmohece e imputrescible. No constituye sustratos nutritivos para animales, hongos ni bacterias.
- Facilidad de conformado, admite ser moldeado o mecanizado para lograr adaptarse a cualquier forma.
- Fácil de instalar.
- Fácil de manipular.

Para producir concreto ligero se puede incorporar fácilmente poliestireno expandido (EPS) con una amplia gama de densidades y dosificaciones. Sin embargo, el concreto ligero con EPS no ha sido utilizado como hormigón estructural debido a su baja prestación a fuerzas.

La resistencia del concreto es influenciada por la fuerza del conjunto y se sabe que los esfuerzos del EPS ante cargas externas son casi nulos. Su baja capacidad y pobres resultados tanto en hormigones y morteros quedó claramente demostrado por Kan & Demirboğa (2009) donde se señala que la resistencia del hormigón con agregados de EPS no supera la resistencia de los 8.00 MPa.

### 2.2.5 Agua

El agua será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica (MVCS, 2006).

El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr:

- a. La formación de gel.
- b. Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que:
  - En estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.



- En estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad. Se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto. Debe recordarse que no todas las aguas que son adecuadas para beber son convenientes para el mezclado y que, igualmente, no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto. (Rivva López, 1992)

En general, dentro de las limitaciones que en las diferentes secciones se han de dar, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares.

Adicionalmente, el agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en éste. (Rivva López, 1992)

Previamente a su empleo, será necesario investigar y asegurarse que la fuente de provisión no está sometida a influencias que puedan modificar su composición y características con respecto a las conocidas que permitieron su empleo con resultados satisfactorios. (Rivva López, 1992)

La Norma NTP 339.088, considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

- a. El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 mg/l (3ppm).
- b. El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 gr/l (5000 ppm).
- c. El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0.
- d. El contenido de sulfatos, expresado como ion  $SO_4$ , será menor de 0,6 gr/l (600) ppm.
- e. El contenido de cloruros, expresado como ion  $Cl$ , será menor de 1 gr/l (1000) ppm.
- f. El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en  $NaHCO_3$ , será menor de 1 gr/l (1000 ppm).
- g. Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm.



El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.

Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión. (INDECOPI, 2006)

### **2.2.6 Concreto**

Es una mezcla de cemento Portland, agregados (fino y grueso), aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas; y algunas veces se añaden sustancias llamados aditivos que mejoran o modifican las propiedades del concreto. (Abanto Castillo, 2016)

#### ***2.2.6.1 Propiedades del concreto en estado fresco***

##### **A. Trabajabilidad, docilidad o manejabilidad**

Habilidad que exhibe el concreto fresco para ser combinado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estos procedimientos.

La trabajabilidad tiene relación con el contenido de cemento; con las características, granulometría, relación de los agregados finos-gruesos, y proporción del agregado; con la cantidad de agua y aire; con la presencia de aditivos; y con las condiciones ambientales. La fineza del cemento, determinada por su superficie específica, tiene influencia sobre la trabajabilidad. Los cementos de alta fineza la mejoran notablemente, pero pueden causar agrietamiento superficial en el secado. Se consideran que las finezas del orden de  $3300 \text{ cm}^2/\text{gr}$  son las más recomendables. (Rivva López, 1992)

Se recomienda para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 50 del 10% al 30%; y para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 100 del 2% al 10%. Las partículas chatas y alargadas tienen efecto negativo sobre la trabajabilidad y obligan a diseñar mezclas más ricas en agregado fino y por consiguiente a emplear mayores cantidades de cemento y agua. (Rivva López, 1992)

##### **B. Consistencia o movilidad (Abanto Castillo, 2016)**

Definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. Capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

**Tabla 6***Clasificación de mezclas de concreto según su asentamiento*

<b>Consistencia</b>	<b>Slump</b>	<b>Trabajabilidad</b>	<b>Método de Compactación</b>
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera, chuseado
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: (Abanto Castillo, 2016)

La consistencia o movilidad se mide por diferentes métodos en los cuales se determina la deformación de un cono.

### **2.2.7 Elaboración de bloques de concreto.**

Los bloques de concreto se elaboran con una mezcla relativamente seca de cemento, agregados, agua y, en algunos casos, aditivos. El material se moldea, compacta y cura en condiciones controladas, que garantizan la obtención de las propiedades buscadas tales como densidad y resistencia altas, baja absorción y uniformidad. (INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO)

Los bloques de concreto deben poseer unas propiedades y características físicas en lo referente a los requisitos dimensionales, a las tolerancias de fabricación, a la resistencia, a la absorción, al contenido de humedad, etc. (INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO)

Los bloques de concreto se elaboran según diferentes modalidades que van desde una producción manual, hasta una fabricación totalmente automatizada.

Los diversos tipos de equipos que se emplean para la fabricación de bloques de concreto se pueden clasificar, según su rendimiento, así: Rendimiento bajo, para equipos manuales o artesanales con producciones de un bloque por ciclo (aproximadamente 300 bloques por día); rendimiento medio, para equipos con sistemas mecánicos, eléctricos o hidráulicos, cuya producción por ciclo es de varios bloques (producciones diarias entre 500 a 2400 bloques); y

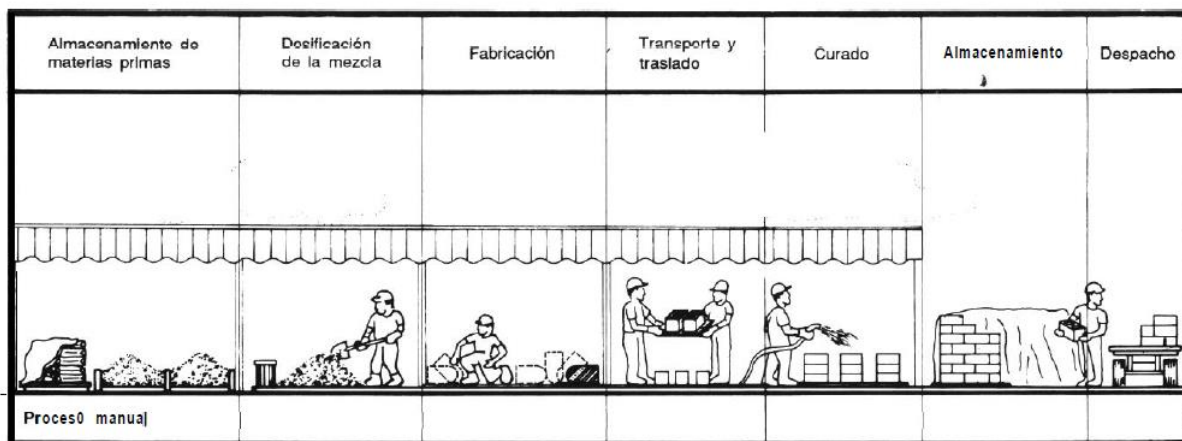
rendimiento alto para grandes plantas con producción de mezcla y manejo integrado de los productos (producción diaria de 2400 bloques o más). Los equipos también se pueden clasificar según su funcionamiento, así: equipo móvil, pudiendo ser moldes individuales o máquinas ponedoras; y equipo estático que incluye algunos tipos de máquinas mecánicas o hidráulicas y las grandes plantas de producción. (INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO)

El proceso de fabricación, aun cuando es variable en función del equipo y de las condiciones del medio, debe permitir obtener productos que tengan las condiciones mínimas de calidad aceptables (resistencia, apariencia, durabilidad, etc.), según la norma correspondiente.

Para la escala de fabricación manual (artesanal), se utilizan los moldes móviles, que están diseñados para elaborar un bloque a la vez. (INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO)

### Figura 2.

*Procedimiento manual para elaboración de bloques de concreto*

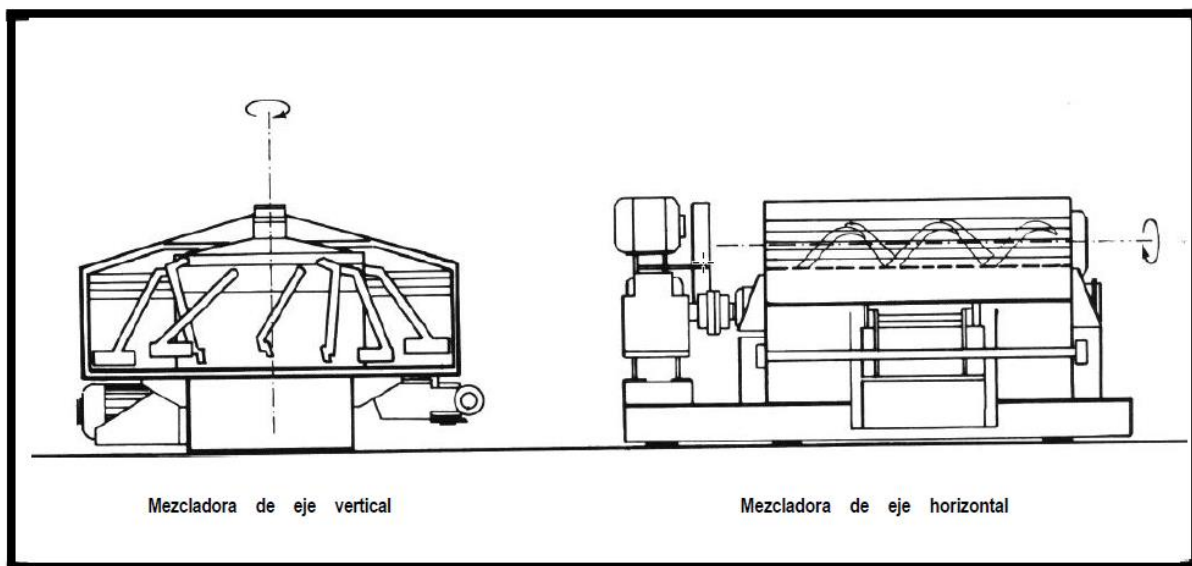


Fuente: (INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO)

La mezcla para bloques, por ser muy seca, debe prepararse con una mezcladora de acción forzada, bien sea de eje vertical u horizontal, que garantice su homogeneidad y evite que esta se pegue a la mezcladora. Se recomienda colocar primero el agregado grueso con parte del agua y agitar. Luego el cemento, la arena y mezclar, adicionando la cantidad de agua restante. (INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO)

**Figura 3**

*Tipos de mezcladora de acción forzada*



Fuente: (INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO)

### 2.2.8 Muestreo

Para propósitos de los ensayos, unidades enteras de albañilería de concreto serán seleccionadas por el comprador y el vendedor o sus representantes de acuerdo a lo establecido por un método aceptado para el muestreo aleatorio que acuerden o adopten. En todo caso las unidades deberán ser seleccionadas utilizando una tabla estadística de las unidades. Los especímenes serán representativos del lote total de unidades de los cuales han sido selecciones.

El término “lote” se refiere a cualquier número de unidades de albañilería de concreto de cualquier configuración o dimensión fabricado por el productor usando los mismos materiales, diseño de mezcla de concreto, proceso de fabricación y métodos de curado.

#### 2.2.8.1 Número de especímenes

Para determinar la resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad se seleccionarán seis unidades de cada lote de 10,000 unidades o menos y 12 unidades de cada lote de más de 10,000 y menos de 100,000 unidades. Para lotes de más de 100,000 unidades, se seleccionan seis unidades por cada 50,000 unidades o fracción. Especímenes adicionales se pueden tomar por acuerdo del comprador y el vendedor.



## 2.2.9 Propiedades Físicas.

Las propiedades físicas de los materiales son las características visibles y propias de un material que pueden ser medidas.

### 2.2.9.1 Conductividad Térmica.

El autor Yunus A & Afshin J (2011) define la conductividad térmica de un material como “la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura”. En el Sistema Internacional de Unidades la conductividad térmica se mide en  $W/(K \cdot m)$  (equivalente a  $J/s \cdot K \cdot m$ ). El coeficiente de conductividad térmica es una característica de cada sustancia y expresa la magnitud de su capacidad de conducir el calor. Su símbolo es la letra griega  $\lambda$ . (Collieu, 1977)

Esta razón de transferencia se llega a interpretar como una medida de la capacidad que tiene un material para conducir calor. Valores elevados para esta conductividad térmica indica que el material es un excelente conductor del calor y valores inferiores indica que es un mal conductor o que es un aislante térmico. (Collieu, 1977)

El autor Yunus A & Afshin J (2011) explica que: “La conductividad térmica del cobre puro a la temperatura ambiente es  $\lambda = 401 W/m \text{ } ^\circ C$ , lo cual indica que una pared de cobre de 1 m de espesor conducirá el calor a razón de 401 W por  $m^2$  de área por  $^\circ C$  de diferencia de temperatura a través de ella. Note que los materiales como el cobre y la plata, que son buenos conductores eléctricos, también lo son del calor y tienen valores elevados de conductividad térmica.”

#### 2.2.9.1.1 Coeficiente de la Conductividad Térmica.

Para Collieu (1977) este coeficiente de expresa la cantidad de calor que pasa a través de una superficie del material, de dimensiones finitas, caras paralelas y espesor constante y cuando entre sus caras se establece una diferencia de temperaturas en condiciones estacionarias.

Este coeficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ) se determina matemáticamente por la “ley de la conducción de calor de Fourier” que se muestra a continuación:

$$\lambda = -\frac{Q \cdot e}{S(\Delta T_1 + \Delta T_2)} [w/m^\circ C] \quad \text{Ecuación 1}$$





$\Delta T_1$  y  $\Delta T_2$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) es la diferencia de temperatura entre las dos caras de las muestras, medidas con los termopares, “S” es el área de las muestras (m), “e” es espesor (m) y “Q” es la potencia generada (W).

La variación de temperatura  $\Delta T$  indica las temperaturas final e inicial del material, siendo estas  $T_1$  y  $T_2$ : (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012)

$$Pot = -\lambda * A \frac{[T(caliente) - T(fría)]}{L} \quad \text{Ecuación 2}$$

Para determinar el coeficiente de conductividad térmica despejamos  $\lambda$  de la ecuación siendo: (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012)

$$\lambda = \frac{Pot * L}{A * [T(caliente) - T(fría)]} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

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

Esta ecuación es la que se utilizó en la investigación.

#### 2.2.9.1.2 *Ensayo de la conductividad térmica.*

Para el ensayo de conductividad térmica de los bloques de concreto, se elaboró un aparato bajo los requisitos generales de la norma ASTM C177-13: “Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus”.

Este método de ensayo establece los criterios para la medición en laboratorio del flujo de calor de estado estacionario a través de muestras planas y homogéneas cuando sus superficies están en contacto con límites sólidos y paralelos mantenidos a temperaturas constantes

utilizando el aparato de placa caliente protegida que funciona con un flujo de calor vertical u horizontal. Aunque no se puede dar un límite superior definitivo para la magnitud de la conductancia de la muestra que es medible en una placa caliente protegida, por razones prácticas la conductancia de la muestra debe ser inferior a  $16 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$ . (ASTM, 2013).

Las definiciones de términos utilizados en este ensayo son las siguientes:

- *Aislamiento, n* - aislamiento colocado en la parte posterior lado del conjunto de superficie caliente.
- *Ambiente controlado, n* - el ambiente en el cual funciona un aparato.
- *Aparato de placa caliente protegida, n* - un ensamblaje, que consta de un ensamblaje de superficie caliente y un conjunto de superficie fría isotérmica.
- *Placa caliente protegida, n* - placa interior (rectangular o circular) del conjunto de superficie caliente, que proporciona la entrada de calor a la sección medida de la(s) muestra(s).
- *Propiedades de transmisión térmica, n* - propiedades de un material o sistema que definen la capacidad de un material o sistema para transferir calor como resistencia térmica, conductividad termal, conductividad térmica y resistividad térmica.

#### 2.2.9.1.3 *Aparato para el ensayo de la conductividad térmica.*

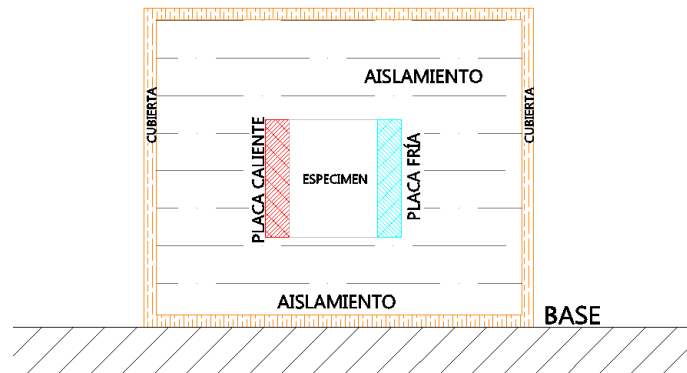
El aparato de placa caliente protegida proporciona un medio para medir el flujo de calor en estado estacionario a través de materiales aislantes, que consisten en un calentador protegido unidad, compuesta por un área de medición central y concéntrica con protectores calentados por separado, y un opuesto, de tamaño similar a la placa de enfriamiento. Las muestras se colocan en el espacio entre placa calefactora y placa de enfriamiento para pruebas. El guardado-caliente- de la placa se opera como un aparato de una o dos caras. Las propiedades térmicas del aislamiento se calculan a partir del área de medición, entrada de energía, temperaturas y grosor. Se ha demostrado que la medición del flujo de calor es aplicable para la mayoría de los materiales aislantes en un amplio rango de temperatura y condiciones. (ASTM, 2013).

Varios parámetros influyen en el diseño del aparato que se considera durante todo el proceso de diseño, como el espesor máximo de la muestra; rango de conductancias térmicas de muestras; rango de la superficie caliente y temperaturas superficiales frías; características de los especímenes; orientación del aparato (flujo de calor vertical u horizontal). (ASTM, 2013)

El aparato elaborado es de flujo de calor horizontal y tiene una disposición general de sus componentes mecánicos como muestra la figura siguiente:

#### Figura 4

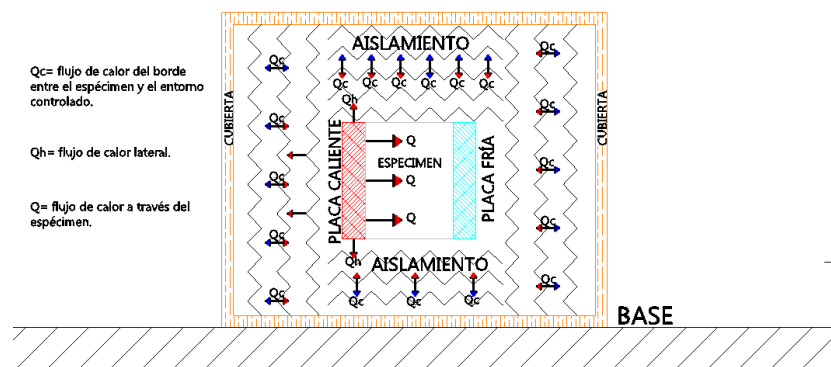
*Disposición general de los componentes mecánicos del aparato de placa caliente protegida*



Los flujos de calor se dan en un ambiente controlado como se muestran en la siguiente figura:

#### Figura 5

*Ilustración del flujo de calor idealizado en el Aparato*



Las propiedades de transmisión térmica de una muestra tienen el potencial de verse afectado debido a los siguientes factores: composición del material, humedad u otras condiciones ambientales, exposición a tiempo o temperatura, espesor, diferencia de temperatura a través de la muestra, temperatura media. (ASTM, 2013)

Los datos primarios requeridos para este método de prueba incluyen energía eléctrica, temperatura superficial, área y espesor. De estos, solo el espesor es generalmente una cantidad medida directamente. Los otros se calculan a partir de otras más fundamentales medidas o son convertidos por un dispositivo eléctrico. (ASTM, 2013)

#### 2.2.9.1.4 Resistencia eléctrica como fuente de calor.

En los conductores, los electrones de la última capa están ligados débilmente (electrones libres) y en continuo movimiento desordenado. Sin embargo, los núcleos y los electrones más internos están fijos. Cuando actúa una fuerza mediante una diferencia de potencial, los electrones libres se mueven en la dirección de dicha fuerza (de puntos de menor potencial a puntos de mayor potencial, en sentido opuesto al campo eléctrico) y chocan con cargas positivas fijas, que los desvían. Estos choques retardan el movimiento de las cargas (resistencia). (NAVARRO LACOBBA, 2020)

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad \text{Ecuación 4}$$

$R = \text{resistencia } (\Omega)$

$\Delta V = \text{diferencia de potencial entre dos puntos del conductor } (V)$

$I = \text{intensidad que circula por el conductor } (A)$

Si por un conductor circula una corriente de intensidad  $I$  un tiempo  $\Delta t$  se habrá desplazado una carga:  $\Delta Q = I \cdot \Delta t$  y como cuando una carga  $\Delta Q$  se desplaza por un conductor bajo la acción de una diferencia de potencial  $V$ , el trabajo realizado es:  $\Delta W = \Delta Q \cdot V$  tendremos,  $\Delta W = V \cdot I \cdot \Delta t$ .

Así, la potencia que puede desarrollar esta corriente eléctrica es:  $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = V \cdot I$ .

La unidad de potencia en el Sistema Internacional es el *vatio*, unidad que, en el contexto de la mecánica, definimos como un trabajo de un Julio por segundo.

De acuerdo con la fórmula anterior, desde el punto de vista eléctrico podemos decir que un vatio es la potencia desarrollada por una corriente de un amperio cuando circula entre dos puntos entre los que existe una diferencia de potencial eléctrico de un voltio, o sea,  $1W = 1V \cdot 1A$ . Pero esta igualdad no constituye una definición del vatio, ya que en realidad el voltio se define a partir del julio (y, por lo tanto, del vatio); es, pues, un mero recordatorio de la relación entre estas tres unidades eléctricas. (Grupo Oceano, 2010)

Por lo tanto, la potencia eléctrica se puede expresar en función de la resistencia, el voltaje y la corriente eléctrica.



$$Pot = \frac{V^2}{R}$$

*Ecuación 5*

Dónde:

P = potencia eléctrica (Watt, W)

V = voltaje alterno (Voltio, V)

R = resistencia eléctrica (Ohmio,  $\Omega$ )

#### *2.2.9.1.5 Fuente de voltaje de corriente alterna.*

La mayoría de los aparatos y sistemas electrónicos requieren de un suministro de potencia de corriente directa. Algunos utilizan fuentes de alimentación en las que el voltaje de suministro no es regulado. Normalmente estas fuentes consisten de un transformador para adecuar el nivel de voltaje, así como un rectificador y elementos de filtraje. Se entiende por regulación de voltaje la acción de mantener un voltaje de salida constante sin importar las variaciones del voltaje de entrada (variaciones de la línea) o la demanda fluctuante de corriente por parte de la carga (variaciones de carga). (Sánchez Lopez, 2002)

#### *2.2.9.1.6 Medidor de magnitudes eléctricas.*

A menudo un medidor simple se usa para medir dos o más magnitudes eléctricas. Es decir, un solo aparato de medida sirve como voltímetro, amperímetro y óhmetro. Los multímetros usan el mismo mecanismo básico para indicar el valor de una magnitud como los aparatos de medida simples. (Fowler, 1994)

Los multímetros digitales fueron unos de los primeros instrumentos con presentación numérica y se han convertido en el instrumento electrónico de medida más común. En particular, son el instrumento más adecuado para medir tensiones e intensidades de corriente continuas y alternas (de frecuencia inferior a alguna centena de kilohertzio) y resistencias (en continua). Su desventaja es que no permiten ver la forma de onda de la señal que miden. (Pallás Areny, 2006)

**Figura 6**

*Multímetro digital utilizado en el ensayo*



Fuente: D.R. © Truper S.A. de C.V. 2020.

#### 2.2.9.1.7 *Medidor de magnitudes térmicas.*

Cuando sometemos al calor los extremos de dos metales o semiconductores conectados por una junta o soldadura, obtenemos un curioso efecto: la aparición de una diferencia de potencial, una corriente muy pequeña que es dependiente de la temperatura. (Staff USERS, 2014)

Según la cantidad de calor emitido por una fuente aplicada sobre esta junta, obtendremos tensiones distintas, que se utilizan para determinar la temperatura de la fuente. El efecto producido se conoce como termocupla o termopar, y es utilizado para la medición de la temperatura. Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material, denominados **termopares**; su forma constructiva varía dependiendo del uso y de la medición. (Staff USERS, 2014)

Para obtener la magnitud térmica se utilizó la termocupla tipo K, con un recolector de datos en grados centígrados, haciendo su conversión a grados kelvin mediante el uso del Sistema Internacional de Unidades.

#### 2.2.9.2 *Alabeo*

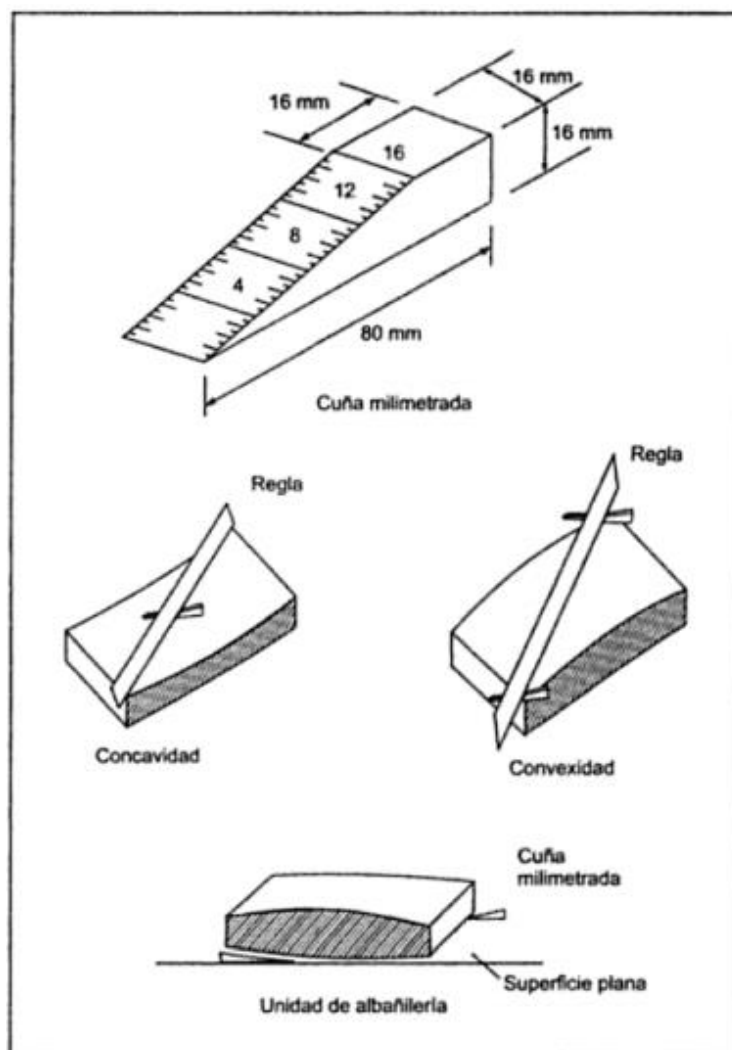
El mayor alabeo (concavidad o convexidad) de la unidad de albañilería conduce a un mayor espesor de la junta, asimismo puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse

vacíos en las zonas más alabeadas, o incluso puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad. Esta prueba se realiza calcando la superficie de asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada, también debe colocarse una regla que conecte los extremos diagonalmente opuestos de la unidad, para después introducir la cuña en el punto de mayor flexión. El resultado promedio se expresa en milímetros. (San Bartolomé, Quiun, & Silva , 2013)

Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613. (INDECOPI, 2005)

### Figura 7

*Medición de alabeo (concavidad, convexidad) en la unidad de albañilería*



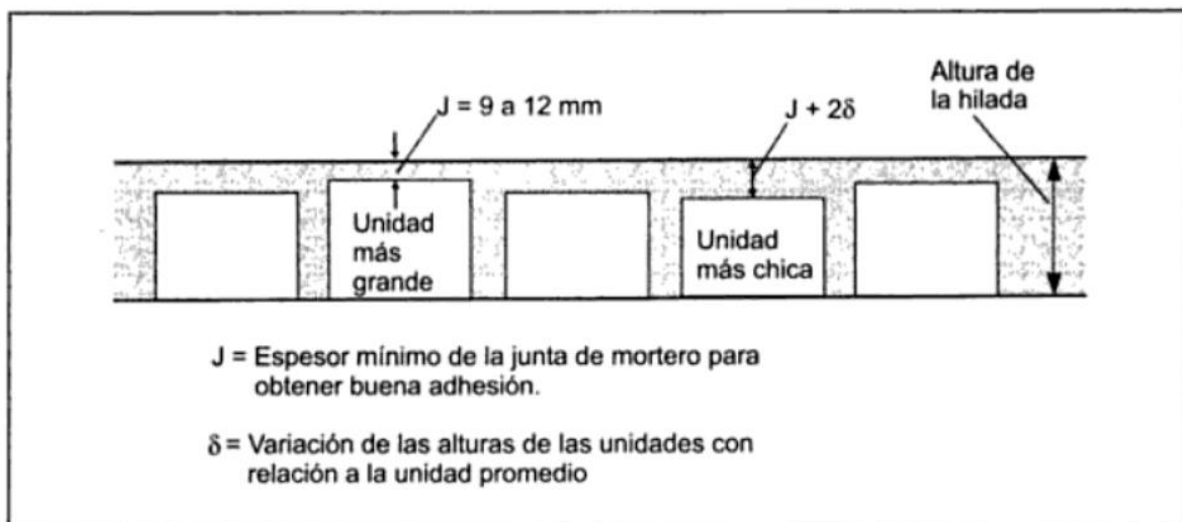
Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

### 2.2.9.3 Variación dimensional

La prueba de variabilidad dimensional tiene relación directa con el espesor de las juntas y, por lo tanto, con la altura de las hiladas. A mayor variabilidad dimensional de las unidades, mayor espesor de las juntas lo que da como resultado una albañilería menos resistente a corte y compresión. (Gallegos & Casabonne, 2005)

#### Figura 8

*Determinación de altura de hilada*



Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.604 (INDECOPI, 2002)

- Aparatos:

Medir todas las dimensiones con una regla de acero graduada en divisiones de 1.0 mm. Los espesores de las paredes laterales y los tabiques se medirán con un calibre Vernier, graduado en divisiones de 0.4 mm y con quijadas paralelas de no menos de 12,7 mm ni más de 24,4 mm de longitud.

- Especímenes:

Se medirán tres unidades enteras para el ancho, la altura, longitud y los espesores mínimos de las paredes laterales y tabiques.

- Dimensiones:





Para cada unidad, se medirá y registrará, el ancho (A) en la longitud media de las superficies de apoyo superior e inferior, la altura (H) en la longitud media de cada cara y la longitud (L) en la altura media de cada cara

Para cada unidad, se medirá el espesor de la pared lateral y el espesor del tabique en la parte más delgada de cada elemento a 12,7 mm encima del plano de la cara del mortero y a la división más cercana de la regla o calibrador. Cuando la parte más delgada lateral opuesta de la pared difiera en espesor por lo menos en 3.0 mm, promediar sus medidas para determinar el espesor mínimo de pared lateral de la unidad. No considerar los surcos de la banda, los empalmes simulados o detalles similares en las mediciones. (INDECOPI, 2002)

#### **2.2.9.4 Absorción**

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de esta durante cinco horas, y el coeficiente de saturación, que es la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y someten al tratamiento antes dicho y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Para la determinación de la absorción de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.604. (INDECOPI, 2002)

- Aparato

La balanza utilizada será sensible dentro del 0.5% del peso del espécimen más pequeño probado.

- Ensayo de especímenes.

Las pruebas serán realizadas en unidades enteras o especímenes cortados de unidades enteras. Los valores calculados de absorción y densidad de piezas reducidas serán considerados como representativas de la unidad entera. La razón de la reducción será incluida en el informe.

- Saturación



Sumergir los especímenes de prueba en agua a una temperatura de 15.6 °C a 26.7 °C por 24 horas. Pesar los especímenes mientras está suspendidos por un alambre de metal y sumergidos totalmente en agua y registra  $W_i$  (Peso sumergido).

Sacar del agua y permitir el drenado por 1 minuto colocándolo en una malla de alambre más grueso de 9.5 mm, retirando el agua superficial visible con un paño húmedo; pesar y retirar como  $W_s$  (peso saturado).

- Secado

Subsecuentemente a la saturación, secar los especímenes en un horno ventilado de 100°C a 115°C por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de la pérdida no mayor que 0.2 % del peso ultimo previamente determinado del espécimen. Registrar los pesos de los especímenes secados  $W_d$  (peso secado al horno).

El porcentaje de absorción de los bloques de concreto, se determinan con la siguiente fórmula:

$$Abs \left( \frac{Kg}{m^3} \right) = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \times 1000 \quad \text{Ecuación 6}$$

$$Abs (\%) = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$W_s$  = peso saturado del espécimen. (Kg)

$W_d$  = peso sumergido del espécimen. (Kg)

$W_i$  = peso seco al horno del espécimen. (Kg)

Fuente: (INDECOPI, 2002)

### 2.2.9.5 Densidad

La densidad de un boque de concreto es la relación entre el peso del bloque (kg) y el volumen expresado en  $m^3$  que ocupa en el espacio. Los cálculos que se consideraron para el presente trabajo de investigación son los mostrados a continuación:



$$\text{Densidad "D"} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{Wd}{W_s - W_i} \times 1000 \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

$W_s$  = peso saturado del espécimen. (Kg)

$W_d$  = peso sumergido del espécimen. (Kg)

$W_i$  = peso seco al horno del espécimen. (Kg)

Fuente: (INDECOPI, 2002)

### 2.2.10 Propiedades Mecánicas

Son propiedades mecánicas son los que describen el comportamiento de un material sólido al aplicarle fuerzas de tracción, compresión y torsión.

#### 2.2.10.1 *Resistencia a la compresión*

Para la medición de la resistencia a la compresión de los bloques de concreto, se ejecutará los ensayos de laboratorio correspondientes, conforme a lo establecido en la Norma NTP 399.604 (INDECOPI, 2002).

El ensayo de compresión se realiza usualmente en testigos de medias unidades secas, aunque algunas normas proponen o aceptan el ensayo de unidades enteras e incluso de dos medias unidades separadas por una junta de mortero. La carga de compresión se aplica perpendicular a la superficie de asiento. Si el testigo es muy irregular, es rellenado o aislado con pasta de cemento portland poco antes de colocar el recubrimiento – normalmente de azufre para lograr el contacto uniforme con los cabezales de la máquina de compresión (Gallegos & Casabonne, 2005).

La resistencia a la compresión se determina dividiendo la carga de rotura ( $P_u$ ) entre el área bruta ( $A$ ) de la unidad cuando esta es sólida o tubular y el área neta ( $A$ ) cuando es hueca o perforada: La norma peruana, sin embargo, considera siempre como divisor el área bruta, para evitar errores y poder comparar valores de resistencia. (Gallegos & Casabonne, 2005)



Dando el valor:

$$f'_b = \frac{P_u}{A}$$

*Ecuación 9*

$P_u$  = Carga última.

$A$  = área bruta del espécimen.

Fuente: (INDECOPI, 2002)

Usualmente la prueba consiste en dos o tres ensayos. Las pruebas se evalúan estadísticamente para obtener el valor característico que, generalmente, está referido a la aceptación de 10% de resultados de pruebas efectuadas. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Máquina de ensayo: La máquina será equipada con dos bloques de soporte de acero, uno de los cuales es una rótula con plato que transmitirá la carga a la superficie superior del espécimen de albañilería, y la otra un bloque rígido plano sobre el cual descansará el espécimen. Cuando el área de los bloques no sea suficiente para cubrir la sección del espécimen de albañilería refrendado, se colocará entre éstos y el espécimen placas de acero, después que el centroide de la superficie de apoyo de la albañilería se haya alineado con el centro de la rótula. (INDECOPI, 2002)



## **2.3 Hipótesis**

### **2.3.1 Hipótesis General**

La conductividad térmica y las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla es menor a 0.288 (W/m.°K) y cumplen con las exigencias de la Norma Técnica E 0.70 para bloques No Portantes.

### **2.3.2 Sub hipótesis**

#### **Sub Hipótesis N°1**

A mayor porcentaje de poliestireno expandido tipo perla se obtiene menor conductividad térmica de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla.

#### **Sub Hipótesis N°2**

El alabeo de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla será menor a 8 mm.

#### **Sub Hipótesis N°3**

La variación dimensional de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla máxima en porcentaje será +- 4.

#### **Sub Hipótesis N°4**

La absorción de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla será menor al 15 %.

#### **Sub Hipótesis N°5**

La densidad de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla será menor al 1300 Kg/cm<sup>3</sup>.

#### **Sub Hipótesis N°6**

La propiedad mecánica de la resistencia a la compresión de los bloques de concreto elaborados a partir de la sustitución del confitillo por poliestireno expandido tipo perla es superior a 20 Kg/cm<sup>2</sup>.



## **2.4 Definición de variables**

### **2.4.1 Variable Independiente**

**VI<sub>1</sub>**- Proporción de poliestireno expandido tipo perla.

### **2.4.2 Indicador de Variable Independiente**

**II<sub>1</sub>**- Porcentaje de poliestireno al 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 (%)

### **2.4.3 Variables Dependientes**

**VD<sub>1</sub>**- Propiedades físicas.

**VD<sub>2</sub>**- Propiedades mecánicas.

### **2.4.4 Indicadores de Variables Dependientes**

**ID<sub>1</sub>**- Capacidad de conducción de calor.

**ID<sub>2</sub>**- Concavidad y convexidad.

**ID<sub>3</sub>**- Porcentaje.

**ID<sub>4</sub>**- Porcentaje de absorción.

**ID<sub>5</sub>**- Peso entre volumen.

**ID<sub>6</sub>**- Fuerza entre área.



## 2.4.5 Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 7

*Operacionalización de Variables***Evaluación de la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto sustituyendo el confitillo por poliestireno expandido tipo perla**

Tipo de variable	Denominación de la variable	Descripción de la variable	Dimensión	Indicadores	Instrumentos	
<b>Variable independiente</b>	Proporción de poliestireno expandido tipo perla	Porcentaje de poliestireno expandido tipo perla sustituido con respecto al peso del confitillo para elaborar un bloque de concreto de medidas 40 x 15 x 20 cm	Porcentaje de poliestireno (%)	0.5 %	NTP 399.600 Bloques de concreto para usos no estructurales. Guías de observación de laboratorio	
				1.0 %		
				1.5 %		
				2.0 %		
<b>Variables dependientes</b>	Propiedades físicas	Propiedades de la unidad de albañilería que no alteran su composición	Variación dimensional	Conductividad térmica	Capacidad de conducción de calor [W/(m.°K)]	ASTM C177-13 Método de placa caliente de guarda. NTP 399.600 Bloques de concreto para usos no estructurales. NTP 399.604: Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
				Alabeo	Concavidad y convexidad (mm)	
				Absorción	Porcentaje (%)	
				Densidad	Porcentaje de absorción (%)	
					Peso / Volumen (gr/cm <sup>3</sup> )	
Propiedades mecánicas	Propiedades sobre el comportamiento de la unidas bajo fuerzas aplicadas	Resistencia a la compresión del bloque de concreto	Fuerza / área (Kgf/cm <sup>2</sup> )	.Formato y guías de observación de laboratorio		



## Capítulo III: Metodología

### 3.1 Metodología de la investigación

#### 3.1.1 Enfoque de la Investigación

Según Hernández Sampieri (2006) una investigación con enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías, en el caso de la presente investigación valoran los resultados de las propiedades físicas – mecánicas: alabeo, variación dimensional, absorción, densidad y las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión para evaluarlas según la Norma Técnica E 0.70 por lo tanto el tipo de investigación es cuantitativo.

#### 3.1.2 Nivel o alcance de Investigación

##### Nivel descriptivo

El autor Hernández Sampieri (2006) define que la investigación descriptiva es aquella que busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que analice. Describe tendencias de un grupo o población. La presente investigación es descriptiva ya que se analizarán las propiedades físico mecánicas de una unidad de albañilería elaborada sustituyendo el confitillo por poliestireno expandido tipo perla.

#### 3.1.3 Método de investigación

Se aplica el método hipotético deductivo debido a que en la presente investigación se generan 7 sub hipótesis, referidas a la dosificación de los componentes de los bloques de concreto, el alabeo, variación dimensional, absorción, densidad y resistencia a la compresión de los bloques de concreto. Las cuales se demuestran mediante la ejecución de los ensayos mencionados.

### 3.2 Diseño de la Investigación

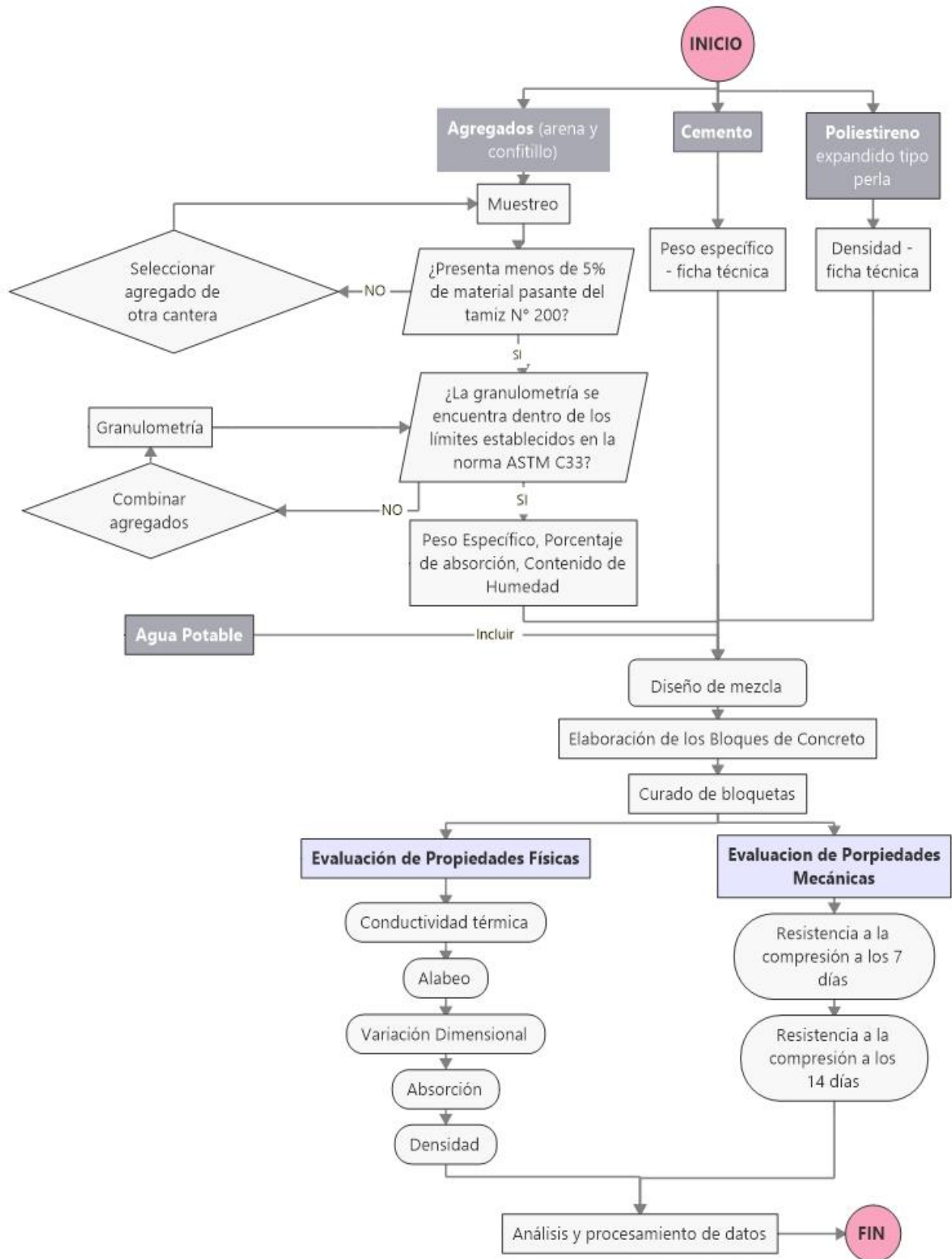
#### 3.2.1 Diseño metodológico

En los diseños cuasi experimentales se provoca intencionalmente al menos una causa y se analizan sus efectos o consecuencias (Hernández Sampieri, 2006). La presente investigación es cuasi-experimental debido a que se varía la proporción de poliestireno expandido tipo perla para determinar la conductividad térmica y las propiedades físico-mecánicas de un bloque de concreto y comparar estas variaciones respecto a un bloque patrón.



### 3.2.2 Diseño de Ingeniería

El diseño de ingeniería se muestra en el siguiente diagrama de flujo.





### **3.3 Población y Muestra**

#### **3.3.1 Población**

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

La población de la presente investigación está compuesta por bloques de concreto de medidas: Altura = 20 cm, Ancho = 15 cm, Largo = 40 cm, con un espesor de = 18 mm, elaborados con agregados de Pisac y SERTRAQ– HUASAO, cemento de la marca Yura tipo IP, perlas de poliestireno de densidad 20 Kg/m<sup>3</sup> y agua potable.

##### ***3.3.1.2 Cuantificación de la Población***

La población para el tipo de investigación realizada es finita y tiene 450 elementos de estudio de bloques de concreto.

#### **3.3.2 Muestra**

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

La muestra de estudio está conformada por la misma población detallada anteriormente, para cada dosificación al 0.5 %, 1.0 %, 1,5 % y 2.0 % de sustitución de poliestireno expandido tipo perla sustituido con respecto al peso del confitillo y del boque patrón se utilizaron 90 bloques de concreto.

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

La cuantificación de la muestra se da en función al número de ensayos y la cantidad necesaria para la determinación numérica de los mismos, teniendo a los ensayos de la conductividad térmica, alabeo, variación dimensional, absorción, densidad y resistencia a la compresión de los bloques de concreto sustituyendo el confitillo por el poliestireno expandido tipo perla, se obtuvo la cantidad de 90 unidades para el bloque patrón y los especímenes sustituidos, haciendo un total de 450 bloques de concreto, como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 8***Cantidad de elementos considerados en la muestra*

Ensayos	Bloque Patrón	Bloques de concreto sustituyendo el confitillo por poliestireno expandido tipo perla			
		0.5 %	1.0 %	1.5 %	2.0 %
Conductividad térmica (ASTM C177-13)	6	6	6	6	6
Alabeo (NTP 399.613)	12	12	12	12	12
Variación Dimensional (NTP 399.604)	12	12	12	12	12
Absorción (NTP 399.604)	12	12	12	12	12
Densidad (NTP 399.604)	12	12	12	12	12
Resistencia a la compresión (NTP 399.604)	7 días	12	12	12	12
	14 días	12	12	12	12
	28 días	12	12	12	12
<b>TOTAL (Unidades)</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>

**3.3.2.3 Métodos de muestreo**

El muestreo utilizado es por conveniencia o no probabilístico ya que se cuenta con una población de estudio controlada y reducida, según la NTP 399.604 (2002) el número de especímenes para realizar los ensayos de resistencia a la compresión, absorción, densidad y variación dimensional es de 12 unidades para lotes de hasta 100 000 unidades, con el propósito de dar cumplimiento nuestras normas nacionales específicas para unidades de albañilería de concreto, consideramos 12 unidades por cada ensayo exceptuando el ensayo de conductividad térmica en la que consideramos 6 unidades, lo exigido por la norma ASTM C177 - 13.

**3.3.2.4 Criterios de evaluación de muestra**

Los bloques de concreto estudiados contaron con los siguientes requisitos:

- Los controles de calidad de los agregados para la elaboración de los bloques de concreto fueron realizados según lo estipulado en el Manual de Ensayo de Materiales: MTC E 201, 202, 203, 204, 205 y 206.
- El tamaño máximo nominal del confitillo es 3/8", determinado por el espesor de las paredes de los bloques.



- Todos los bloques de concreto fueron elaborados de forma controlada, cumpliendo los estándares establecidos en la norma para obtener consistencia en los resultados obtenidos de los ensayos.
- Para el ensayo de Conductividad térmica los bloques de concreto fueron evaluados con la norma ASTM C177 - 13, así como la elaboración de la caja térmica, siguió los lineamientos de la misma norma
- Los ensayos de: Variación Dimensional, Absorción, Densidad y resistencia a la compresión fueron realizados según lo señalado en la Norma NTP 399.604
- El ensayo de Alabeo de todos los bloques fue realizado bajo los parámetros establecidos en la Norma NTP 399.613.
- Todos los bloques de concreto fueron curados por el método de aspersion de agua durante los periodos de 7, 14 y 28 días para el ensayo de resistencia a la compresión.
- Para el ensayo de resistencia a la compresión todos los bloques fueron refrendados con una capa de yeso – cemento.
- Todos los bloques evaluados estuvieron libres de impurezas, irregularidades en la superficie o deformaciones.

### **3.3.3 Criterios de inclusión**

- Los elementos muestrales fueron fabricados con agregados provenientes de las canteras Pisac y SERTRAQ – HUASAO.
- Los elementos muestrales son fabricados con las dosificaciones propuestas sustituyendo el confitillo por perlas de poliestireno con una densidad de 20 Kg/m<sup>3</sup>.
- Las dimensiones de los elementos muestrales son: 20 x 15 x 40 cm.
- Los elementos muestrales fueron secados a temperatura ambiente.

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o Instrumentos de recolección de datos

Tabla 9

Guía de observación N°01-MTC E 202

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 	
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µm (N° 200) POR LAVADO (MTC E 202)</b>
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Cantera Material Fecha Responsables	----- ----- ----- -----
<b>DATOS DE LAVADO DE LA MUESTRA</b>	
<b>PRIMER ENSAYO</b> Antes del lavado Peso de la muestra seca (gr): _____ gr Después del lavado Peso de la muestra seca (gr): _____ gr Peso del residuo filtrado seco (gr): _____ gr	<b>SEGUNDO ENSAYO</b> Antes del lavado Peso de la muestra seca (gr): _____ gr Después del lavado Peso de la muestra seca (gr): _____ gr Peso del residuo filtrado seco (gr): _____ gr
<b>TERCER ENSAYO</b> Antes del lavado Peso de la muestra seca (gr): _____ gr Después del lavado Peso de la muestra seca (gr): _____ gr Peso del residuo filtrado seco (gr): _____ gr	



Tabla 10

Guía de observación N°02-MTC E 203

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>					
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02</b>		<b>PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS (MTC E 203)</b>			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"					
DATOS DE LA MUESTRA					
Canteras Material Fecha Responsables	----- ----- ----- ----- -----				
PESO UNITARIO SUELTO					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Número de Molde	#	-----			
Peso del Molde	gr	-----			
Peso del Molde + Muestra Suelta	gr	-----			
Peso de la Muestra Suelta	gr	-----			
Altura del Molde	cm	-----			
Diámetro del Molde	cm	-----			
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	-----			
PESO UNITARIO COMPACTADO					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Número de Especimen	#	-----			
Peso del Molde	gr	-----			
Peso del Molde + Muestra Compactada	gr	-----			
Peso de la Muestra Compactada	gr	-----			
Altura del Molde	cm	-----			
Diámetro del Molde	cm	-----			
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	-----			

Tabla 11



Guía de observación N°03-MTC E 204

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 							
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03</b>			<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)</b>				
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"							
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
Cantera	----- Nº -----						
Material	-----						
Fecha	-----						
Responsables	-----						
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - FINO</b>							
Peso Muestra Inicial: _____ gr				Diferencia de pesos: _____ gr			
Peso Muestra Final: _____ gr				Compensación: _____ gr			
TAMIZ	Apertura del tamiz (mm)	Peso retenido (g)	Peso retenido cmp (g)	% Retenido	Peso retenido acumulado cmp (g)	% Retenido acumulado	% Que pasa
#4	4.75						
#8	2.36						
#16	1.18						
#30	0.60						
#50	0.300						
#100	0.149						
#200	0.074						
Fondo	0.000						
TOTAL:							

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - GRUESO</b>							
Peso Muestra Inicial: _____ gr				Diferencia de pesos: _____ gr			
Peso Muestra Final: _____ gr				Compensación: _____ gr			
TAMIZ	Apertura del tamiz (mm)	Peso retenido (g)	Peso retenido cmp (g)	% Retenido	Peso retenido acumulado cmp (g)	% Retenido acumulado	% Que pasa
3/8	9.50						
#4	4.75						
#8	2.36						
#16	1.18						
Fondo	0.000						
TOTAL:							

Tabla 12

Guía de observación N°04 y N°05-MTC E 205, MTC E 206

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 					
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (MTC E 205)</b>			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
Cantera	-----				
Material	-----				
Fecha	-----				
Responsables	-----				
<b>PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA GRUESA</b>					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Número de Picnómetro	#				
Volumen del Picnómetro	cm <sup>3</sup>				
Peso del Material Saturado con Superficie Seca	gr				
Peso Picnómetro + agua	gr				
Peso Picnómetro + agua + muestra	gr				
Peso del Material Seco al aire.	gr				
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Peso de la muestra Seca Superficialmente Seca	gr				
Peso muestra Seca Superficialmente Seca Sumergida	gr				
Peso de la muestra secada al horno	gr				



  

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05</b>		<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (MTC E 206)</b>			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
Cantera	-----				
Material	-----				
Fecha	-----				
Responsables	-----				
<b>PESO ESPECÍFICO DEL CONFITILLO</b>					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Peso de la muestra Seca Superficialmente Seca	gr				
Peso muestra Seca Superficialmente Seca Sumergida	gr				
Peso de la muestra secada al horno	gr				



**Tabla 13**

Guía de observación N°06-ASTM C177-13

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 							
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06</b>				<b>ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (ASTM C177 - 13)</b>			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"							
DATOS DE LA MUESTRA							
Procedencia	-----						
Elemento	-----						
Muestra	-----						
Fecha	-----						
Responsables	-----						
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA							
DATOS DEL ENSAYO	UNIDA	ESPECIMEN					
	D	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Potencia de Energía Eléctrica (Pot)	W						
Altura del bloque de concreto (H)	m						
Largo del bloque de concreto (L)	m						
Ancho del bloque de concreto (A)	m						
Area del bloque de concreto (AREA)	m <sup>2</sup>						
Temperatura de la Placa Caliente (T1)	°K						
Temperatura de la Placa Fría (T2)	°K						
Conductividad Térmica (λ)	W(m·°K)						



**Tabla 14**

Guía de observación N°07-NTP 399.613


 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 					
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>		<b>ENSAYO DE ALABEO DE LAS UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO (NTP 399.613)</b>			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
Procedencia	-----				
Elemento	-----				
Muestra	-----				
Fecha	-----				
Responsables	-----				
<b>ALABEO</b>					
ESPECIMEN	SUPERFICIE CÓNCAVA (mm)		SUPERFICIE CONVEXA (mm)		OBSERVACIONES
	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	
#1					
#2					
#3					
#4					
#5					
#6					
#7					
#8					
#9					
#10					
#11					
#12					

Tabla 15

Guía de observación N°08-NTP 399.604-Variación Dimensional

 <span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <span style="font-weight: bold;">ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</span> 												
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 08</b>				ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL DE LAS UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO (NTP 399.604)								
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"												
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>												
Procedencia	-----											
Elemento	-----											
Muestra	-----											
Fecha	-----											
Responsables	-----											
<b>VARIACIÓN DIMENSIONAL</b>												
ESPECIMEN	L1 mm	L2 mm	L3 mm	A1 mm	A2 mm	A3 mm	H1 mm	H2 mm	H3 mm	E1 mm	E2 mm	E3 mm
#1												
#2												
#3												
#4												
#5												
#6												
#7												
#8												
#9												
#10												
#11												
#12												
<b>PROMEDIO:</b>												



Tabla 16

Guía de observación N°09-NTP 399.604-Absorción

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																																																																											
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 09</b>	ENSAYO DE ABSORCION DE LAS UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO (NTP 399.604)																																																																																										
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"																																																																																											
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																																																											
Procedencia	.....																																																																																										
Elemento	.....																																																																																										
Muestra	.....																																																																																										
Fecha	.....																																																																																										
Responsables	.....																																																																																										
<b>ABSORCIÓN</b>																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">DATOS DEL ENSAYO</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">ESPEQUEMEN</th> <th style="text-align: center;">W<sub>s</sub></th> <th style="text-align: center;">W<sub>i</sub></th> <th style="text-align: center;">W</th> <th style="text-align: center;">ABSORCIÓN</th> <th style="text-align: center;">ABSORCIÓN</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">#</th> <th style="text-align: center;">(Kg)</th> <th style="text-align: center;">(Kg)</th> <th style="text-align: center;">(Kg)</th> <th style="text-align: center;">kg/m<sup>3</sup></th> <th style="text-align: center;">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">#1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		DATOS DEL ENSAYO						ESPEQUEMEN	W <sub>s</sub>	W <sub>i</sub>	W	ABSORCIÓN	ABSORCIÓN	#	(Kg)	(Kg)	(Kg)	kg/m <sup>3</sup>	%	#1						#2						#3						#4						#5						#6						#7						#8						#9						#10						#11						#12					
DATOS DEL ENSAYO																																																																																											
ESPEQUEMEN	W <sub>s</sub>	W <sub>i</sub>	W	ABSORCIÓN	ABSORCIÓN																																																																																						
#	(Kg)	(Kg)	(Kg)	kg/m <sup>3</sup>	%																																																																																						
#1																																																																																											
#2																																																																																											
#3																																																																																											
#4																																																																																											
#5																																																																																											
#6																																																																																											
#7																																																																																											
#8																																																																																											
#9																																																																																											
#10																																																																																											
#11																																																																																											
#12																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROMEDIO=</td> </tr> </table>		PROMEDIO=																																																																																									
PROMEDIO=																																																																																											



Tabla 17

Guía de observación N°010-NTP 399.604-Densidad

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>																																																																																		
<small>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</small> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																																																																		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 10</b>	<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE LAS UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO (NTP 399.604)</b>																																																																																	
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"																																																																																		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																																																		
Procedencia	-----																																																																																	
Elemento	-----																																																																																	
Muestra	-----																																																																																	
Fecha	-----																																																																																	
Responsables	-----																																																																																	
<b>DENSIDAD</b>																																																																																		
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">DATOS DEL ENSAYO</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">ESPECIMEN</th> <th style="text-align: center;">W<sub>d</sub></th> <th style="text-align: center;">W<sub>s</sub></th> <th style="text-align: center;">W</th> <th style="text-align: center;">DENSIDAD</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">#</th> <th style="text-align: center;">(kg)</th> <th style="text-align: center;">(kg)</th> <th style="text-align: center;">(kg)</th> <th style="text-align: center;">Kg/m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">#1</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#2</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#3</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#4</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#5</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#6</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#7</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#8</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#9</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#10</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#11</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">#12</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td><td>-----</td></tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"><b>PROMEDIO</b></td> </tr> </table> </td> </tr> </tbody> </table>		DATOS DEL ENSAYO					ESPECIMEN	W <sub>d</sub>	W <sub>s</sub>	W	DENSIDAD	#	(kg)	(kg)	(kg)	Kg/m <sup>3</sup>	#1	-----	-----	-----	-----	#2	-----	-----	-----	-----	#3	-----	-----	-----	-----	#4	-----	-----	-----	-----	#5	-----	-----	-----	-----	#6	-----	-----	-----	-----	#7	-----	-----	-----	-----	#8	-----	-----	-----	-----	#9	-----	-----	-----	-----	#10	-----	-----	-----	-----	#11	-----	-----	-----	-----	#12	-----	-----	-----	-----	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"><b>PROMEDIO</b></td> </tr> </table>					<b>PROMEDIO</b>
DATOS DEL ENSAYO																																																																																		
ESPECIMEN	W <sub>d</sub>	W <sub>s</sub>	W	DENSIDAD																																																																														
#	(kg)	(kg)	(kg)	Kg/m <sup>3</sup>																																																																														
#1	-----	-----	-----	-----																																																																														
#2	-----	-----	-----	-----																																																																														
#3	-----	-----	-----	-----																																																																														
#4	-----	-----	-----	-----																																																																														
#5	-----	-----	-----	-----																																																																														
#6	-----	-----	-----	-----																																																																														
#7	-----	-----	-----	-----																																																																														
#8	-----	-----	-----	-----																																																																														
#9	-----	-----	-----	-----																																																																														
#10	-----	-----	-----	-----																																																																														
#11	-----	-----	-----	-----																																																																														
#12	-----	-----	-----	-----																																																																														
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"><b>PROMEDIO</b></td> </tr> </table>					<b>PROMEDIO</b>																																																																													
<b>PROMEDIO</b>																																																																																		



Tabla 18

Guía de observación N°011-NTP 399.604-Compresión

<div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>        FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>							
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 11</b>			ENSAYO DE ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO (NTP 399.604)				
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA"							
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
Procedencia	-----						
Elemento	-----						
Muestra	-----						
Edad	-----						
Fecha	-----						
Responsables	-----						
<b>ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE UNIDADES</b>							
ESPECIMEN#	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	AREA BRUTA (mm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (Kgf)	CARGA MÁXIMA P <sub>máx</sub> (KN)	ESFUERZO Kgf/m <sup>2</sup>	ESFUERZO (f'c) MPa
#1							
#2							
#3							
#4							
#5							
#6							
#7							
#8							
#9							
#10							
#11							
#12							
					ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO =		



### 3.4.2 Instrumentos de ingeniería

Los Instrumentos de ingeniería que se utilizaron para la presente investigación fueron:

#### **Ensayos en agregados (Confitillo y Arena)**

- Balanza de precisión.
- Serie de tamices: 19.00 mm (3/4"), 9.50 mm (3/8"), 4.75 mm (N°4), 2.36 mm(N°8), 1.10 mm (N°16), 600 mm (N°30), 300 mm (N°50), 150 mm (N°100), 75 mm (N°200) y fondo.
- Zaranda Mecánica.
- Bomba de Vacíos.
- Frasco volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad.
- Cono de absorción y pilón.
- Estufa.
- Horno eléctrico.
- Molde Proctor de 4" y 6".
- Varilla 3/8 lisa.
- Cucharon metálico, piseta, embudo.

#### **Elaboración de bloques de concreto**

- Probeta plástica de 1000 ml.
- Mezclador de concreto vertical.
- Vibrador de alta frecuencia.
- Balanza.
- Cono de Abrams.
- Varilla 3/8 lisa.
- Fluxómetro.
- Palas.

#### **Ensayo en bloques de concreto**

- Aparato para el ensayo de la conductividad térmica.
- Reglas metálicas.
- Cuñas milimetradas.
- Balanza de flotación.
- Equipo de compresión axial.

### 3.5 Procedimiento de recolección de datos

#### ENSAYO EN AGREGADOS (CONFITILLO Y ARENA)

##### 3.5.1 Cantidad de Material Fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (N° 200) por lavado

###### a) Equipos y materiales utilizados en la prueba

- Balanza de precisión.
- Estufa.
- Tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200).

###### b) Procedimiento

- Se secó la muestra de ensayo en la estufa a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Se determinó la masa inicial antes del lavado.
- Fue colocada la muestra de ensayo en el recipiente y se agregó suficiente cantidad de agua para cubrirla, agitando vigorosamente la muestra con el fin de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  de las partículas gruesas, llevando el material fino a suspensión.
- Se adicionó una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitó y decantó como antes.
- Se repitió esta operación hasta que el agua de lavado este completamente clara.
- Se secó el agregado lavado hasta obtener un peso constante, a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y determinó el peso con una aproximación de 0,1 % del peso original de la muestra.

#### Figura 9

*Lavado de agregado para determinación de finos por lavado*

