

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**“APLICACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA FABRICACIÓN DE
UNIDADES DE CONCRETO LIVIANO PARA MUROS DE TABIQUERÍA EN LA
CIUDAD DE AREQUIPA”**

Tesis presentado por el Bachiller:
Naiza Ramírez, Gonzalo Renato

Para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Civil

Asesor:
Ing. Enrique Alfonso, Ugarte Calderón

AREQUIPA – PERÚ
2017

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

"APLICACIÓN DEL PÓLIVESTIRENO EXPANDIDO EN LA
FABRICACIÓN DE UNIDADES DE CONCRETO LIGADO PARA
MURD DE TABIQUERIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

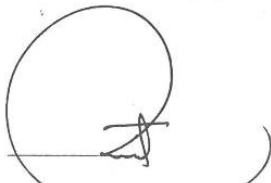
NAIZA RIVERA GONZALEZ DENATO.



Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO.

OBSERVACIONES:

Arequipa, 21 de DESEMBRE del 2017.


COD 4949


1938

COD 2778

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

"APLICACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANRIDO EN LA
FABRICACIÓN DE UNIDADES DE CONCRETO LIGADO PARA
MURD DE TABIQUERIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

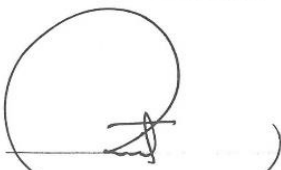
NAIZA RAMÍREZ GONZALEZ DENATO.


Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO.

OBSERVACIONES:

Arequipa, 21 de DECEMBRE del 2017.


COD 4949


COD 2778

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

"APLICACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA
FABRICACIÓN DE UNIDADES DE CONCRETO LIGADO PARA
MURD DE TABICADERIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

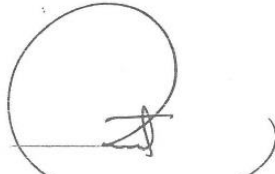
NAIZA RIVERA GONZALEZ DENATO.


Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO.

OBSERVACIONES:

Arequipa, 21 de DESEMBRE del 2017.


COD 1949


1938
COD 2378



DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinito amor.

Este trabajo de investigación está dedicado a mi esposa Ana Julie Flores Coata, a mis pequeñas hijas Valeria y Emilia; son las personas que hacen compartir todas mis alegrías y mis tristezas sin ellas no hubiera podido culminar una etapa más de la carrera.

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres, María Andrea Candelaria Ramírez Cadillo y a mi padre Héctor Moisés Naiza Velarde (†) que desde el cielo me ilumina y me da muchas fuerzas para salir adelante.
- A mis hermanos, Percy y Paul por haberme apoyado en mi desarrollo profesional y por las diferentes experiencias vividas y por ser siempre mi ejemplo a seguir.
- A todos por cada momento que Dios me permitió disfrutar con la compañía de mi familia, y deseo que siempre la bendiga y la guarde de todo mal y de todo peligro.
- A mi mama política, Livia Coata Ticona por su incondicional apoyo constante en la culminación de mi tesis.
- A la Universidad Católica de Santa María y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por brindarme los conocimientos y la formación académica profesional.
- A las personas que me apoyaron en poder desarrollar mi proyecto:
 - ✚ Magister Ing. Miguel Renato Díaz Galdós, Catedrático de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - ✚ Ing. Enrique Alfonso Ugarte Calderón Catedrático de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - ✚ Ing. Olger Javier Febres Rosado Catedrático de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
- A todos mis amigos que me enseñaron que no hay nada más importante que la familia.

Bach. Naiza Ramírez, Gonzalo Renato

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 concreto se viene dando cada vez más en nuestro país, La necesidad de optimizar los materiales y que estos mejoren el producto, hace que se realicen investigaciones sobre las adiciones que se le puedan dar al concreto.

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 parámetro de comparación a la dosificaciones llegando a la más óptima para fabricar unidades de concreto.

Finalmente se realizó los diseños a 15 kg/cm^2 , 20 kg/cm^2 y a 25 kg/cm^2 basados en la norma de albañilería E 0.70 en los resultados obtenido de tal forma que el uso de materiales y costos adecuado de fabricación de unidades de concreto liviano.

Palabras clave: Poliestireno expandido, concreto liviano, muros de tabiquería.

ABSTRACT

The present research project presents the development of manufacturing expanded polystyrene (EPS) units with the purpose of effecting or replacing partitioning units which, within the composition of the same lightweight concrete, favors its low density and low thermal conductivity. Universities, technical institutes and international committees are studying the evolution of this material, ensuring an improvement in the quality, productivity and development of the engineering industry within the field of construction.

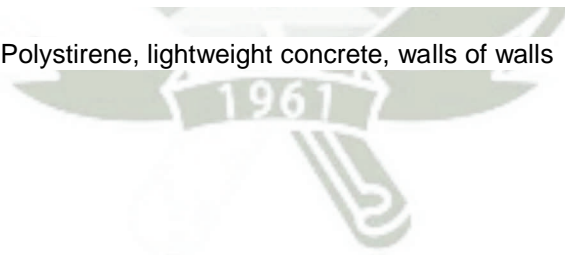
Concrete is being given more and more in our country. The need to optimize the materials and that they improve the product, makes that investigations are made on the additions that can be given to the concrete.

The work started with 3 dosages per volume of buckets of a gallon, looking for proportions indicated which focuses on the application of lightweight concrete with expanded polystyrene beads for non-structural walls in the city of Arequipa, making it one of the materials with the highest demand. In those fields of engineering.

When carrying out the different tests of mixtures, the most optimal was used to be able to use the expanded polystyrene (EPS), a representative sample of the different castings was used that was submitted to the "compression test method" and in this way to be able to develop our lightweight concrete units to evaluate the different parameters of comparison to the dosages reaching the most optimal to manufacture concrete units.

Finally the designs were made at 15 kg / cm², 20 kg / cm² and at 25 kg / cm² based on the standard of masonry E 0.70 in the results obtained in such a way that the use of materials and adequate costs of manufacturing lightweight concrete units .

Keywords: Expanded Polystyrene, lightweight concrete, walls of walls



IND ICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.2. DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA	1
1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	1
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3. HIPÓTESIS	3
1.3.1. ALCANCE	3
1.3.2. VARIABLES	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	
2.1. EL CONCRETO	5
2.1.1. DEFINICIÓN DEL CONCRETO	5
2.1.2. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO	5
2.1.2.1. Concreto en ESTADO fresco	5
2.1.2.2. CONCRETO en estado endurecido	6
2.2. CONCRETO LIVIANO	7
2.2.1. AGREGADOS LIVIANOS PARA UNIDADES DE CONCRETO	7
2.2.2. AGREGADOS NATURALES	8
2.2.2.1. AGREGADOS ARTIFICIALES	8
2.2.3. CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS PARA LOS CONCRETOS LIVIANOS	9
2.2.4. TIPOS DE CONCRETO liviano	10
2.3. CONCEPTO BÁSICO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	12
2.3.1. CONCEPTO BÁSICOS	12
2.3.2. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	13
2.3.2.1. Pre- expansión	13
2.3.2.2. Reposo intermedio y estabilización	13
2.3.2.3. Expansión y moldeo final	16
2.3.3. ESTRUCTURA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	16
2.3.4. PROPIEDAD FÍSICA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	17
2.3.4.1. Densidad	17
2.3.4.2. Tamaño	19
2.4. MATERIALES CONSTITUYENTES DEL DISEÑO DE MEZCLAS	19
2.4.1. CEMENTO	19
2.4.1.1. TIPOS DE CEMENTO PORTLAND	21
2.4.1.2. CEMENTOS PORTLAND ADICIONADOS	22
2.4.1.3. CEMENTOS PORTLAND ESPECIFICACIÓN DE LA PERFORMANCE	22

2.4.2.	AGREGADOS	22
2.4.2.1.	PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGREGADO FINO	23
2.4.2.2.	IMPUREZAS DEL AGREGADO FINO	23
2.4.3.	UBICACIÓN DE LA CANTERA DE AGREGADOS FINO	24
2.4.3.1.	CANTERA la PODEROSA	24
2.4.3.2.	AGREGADO FINO DE PODEROSA	25
2.4.4.	AGREGADO ARTIFICIAL - POLIESTIRENO EXPANDIDO	25
2.4.4.1.	El Poliestireno en arequipa	26
2.4.5.	AGUA	27

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

3.1.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	28
3.1.1.	LOS ENSAYOS FÍSICOS DE LOS AGREGADOS	28
3.1.1.1.	EL AGREGADO FINO de la ponderosa	28
3.1.2.	MUESTREO y cuarteo DEL AGREGADO FINO	28
3.1.3.	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	30
3.1.4.	PESO UNITARIO SUELTO del agregado fino	32
3.1.5.	PESO UNITARIO compactado del agregado fino	35
3.1.6.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO	38
3.1.7.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	43
3.1.8.	ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO. NORMAS	50
3.1.9.	AGREGADO ARTIFICIAL DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	53
3.1.10.	DENSIDAD y ABSORCIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO NORMAS	53
3.2.	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO LIVIANO	55
3.2.1.	ESPECIFICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA	55
3.2.2.	SECUENCIA DE DISEÑO DE MEZCLA	56
3.3.	ELABORACIÓN EXPERIMENTAL DE DISEÑOS PARA LAS PROBETAS DE CONCRETO	60
3.3.1.	DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO REALIZADO	60
3.3.2.	PRESENTACIÓN DE LOS DISEÑOS por tanteo d1, d2, d3, d4, d5 y d6	60
3.3.2.1.	EL DISEÑO d1: ES RELACIÓN 1:1:2, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA	60
3.3.2.2.	EL DISEÑO d2: ES RELACION 1:2:3, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA	61
3.3.2.3.	EL DISEÑO C: ES RELACION 1:3:4, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA	61
3.3.2.4.	EL DISEÑO d: ES RELACION 1:2:2, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA	61
3.3.2.5.	EL DISEÑO d: ES RELACION 1:3:3, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA	62
3.3.2.6.	EL DISEÑO d: ES RELACION 1:3:5, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA	62
3.3.3.	EL MEZCLADO DE CONCRETO LIVIANO	63
3.3.4.	CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO	65
3.3.5.	Elaboración de Probetas	67
3.3.6.	CURADO DE PROBETAS	69
3.3.7.	ENSAYO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	69
3.3.8.	SELECCIÓN DE DISEÑO ÓPTIMO DE MEZCLA PARA UNIDADES DE CONCRETO LIVIANO para MUROS DE TABIQUERIA.	71
3.3.8.1.	ELABORADOS de ladrillos y bloques CON POLIESTIRENO EXPANDIDO	71
3.3.9.	CONTROL A LAS PROPIEDADES DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA	75

3.3.10.	ENSAYO DE DENSIDADES ENTRE MASA Y VOLUMEN	76
3.3.10.1.	Densidades de probetas	76
3.3.10.2.	DENSIDADES DE UNIDADES DE LADRILLOS Y BLOQUES	77
3.3.11.	Resistencia a la compresión a las unidades de albañilería	77
3.3.12.	PRISMAS DE ALBAÑILERÍA	79
3.3.12.1.	ELABORACIÓN de PILAS	79
3.3.12.2.	CALCULO A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS	80
3.3.12.3.	ELABORACIÓN DE MURETES DE ALBAÑILERÍA	81
3.3.12.4.	CÁLCULO A LA RESISTENCIA DIAGONAL DE UN MURETE	82

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.	RESULTADO DEL ANÁLISIS del ensayo de asentamiento	86
4.2.	RESULTADOS del peso unitario del concreto	86
4.3.	RESULTADOS DEL ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	88
4.4.	RESULTADOS AL ENSAYO de densidades entre masa y volumen	91
4.4.1.	RESULTADO DENSIDADES DE PROBETAS	91
4.4.2.	RESULTADOS densidades de los ladrillos y bloques	92
4.5.	RESULTADOS A LA Resistencia a la compresión a las unidades de albañilería	95
4.5.1.	RESULTADO A LA RESISTENCIA COMPRESION DE LADRILLOS	95
4.5.2.	RESULTADO A LA RESISTENCIA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO	97
4.6.	RESULTADOS al ensayo de pilas de ladrillos y de bloques	99
4.6.1.	RESULTADO DE PILAS DE LADRILLOS	99
4.6.2.	RESULTADO DE PILAS DE BLOQUES	101
4.7.	RESULTADOS DE MURETES DE LADRILLO PANDERETA Y DE UNIDADES DE CONCRETO LIVIANO	103
4.7.1.	RESULTADO DE MURETE DE LADRILLO PANDERETA	103
4.7.2.	RESULTADO DE MURETE DE UNIDADES DE CONCRETO LIVIANO	105

CAPITULO V

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

5.1.	INTRODUCCIÓN	107
5.2.	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LOS DISEÑOS ANALIZADOS de ladrillos	107
5.2.1.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL DISEÑO DE 1 CEMENTO: 2 ARENA: 3 CEMENTO PARA UNIDADES DE LADRILLO DE CONCRETO LIVIANO	109
5.2.2.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIOS DE DISEÑO DE 1 CEMENTO: 3 ARENA: 4 POLIESTIRENO PARA UNIDADES DE LADRILLO DE CONCRETO LIVIANO	110
5.3.	ANÁLISIS DEL COSTOS UNITARIO DE LOS DISEÑOS de bloques	111
5.3.1.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL DISEÑO DE 1 CEMENTO: 1 ARENA: 2 POLIESTIRENO PARA UNIDADES BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO	112
5.3.2.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL DISEÑO DE 1 CEMENTO: 2 ARENA: 3 POLIESTIRENO PARA UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO	113
5.3.3.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL DISEÑO DE 1 CEMENTO: 3 ARENA: 4 POLIESTIRENO PARA UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO	114
5.4.	ANÁLISIS DEL COSTO POR UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE LADRILLO MECANIZADO, ARTESANAL Y DEL CONCRETO LIVIANO	115

5.5.	ANÁLISIS EL COSTO POR UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE BLOQUE DE CONCRETO Y BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO	115
5.6.	COMPARACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES UNIDADES DE ALBAÑILERIA	116
5.6.1.	LADRILLO CONCRETO LIVIANO VERSUS UN LADRILLO DE ARCILLA COCIDA (PANDERETA ARTESANAL Y MECANIZADO)	116
5.6.2.	COSTO DE UN BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO VERSUS COSTO DE UN BLOQUE CLASE NP (NO PORTANTE).	117
	CONCLUSIONES	119
	RECOMENDACIONES	121
	REFERENCIAS	122
	BIBLIOGRAFÍA	124
	ANEXOS	126



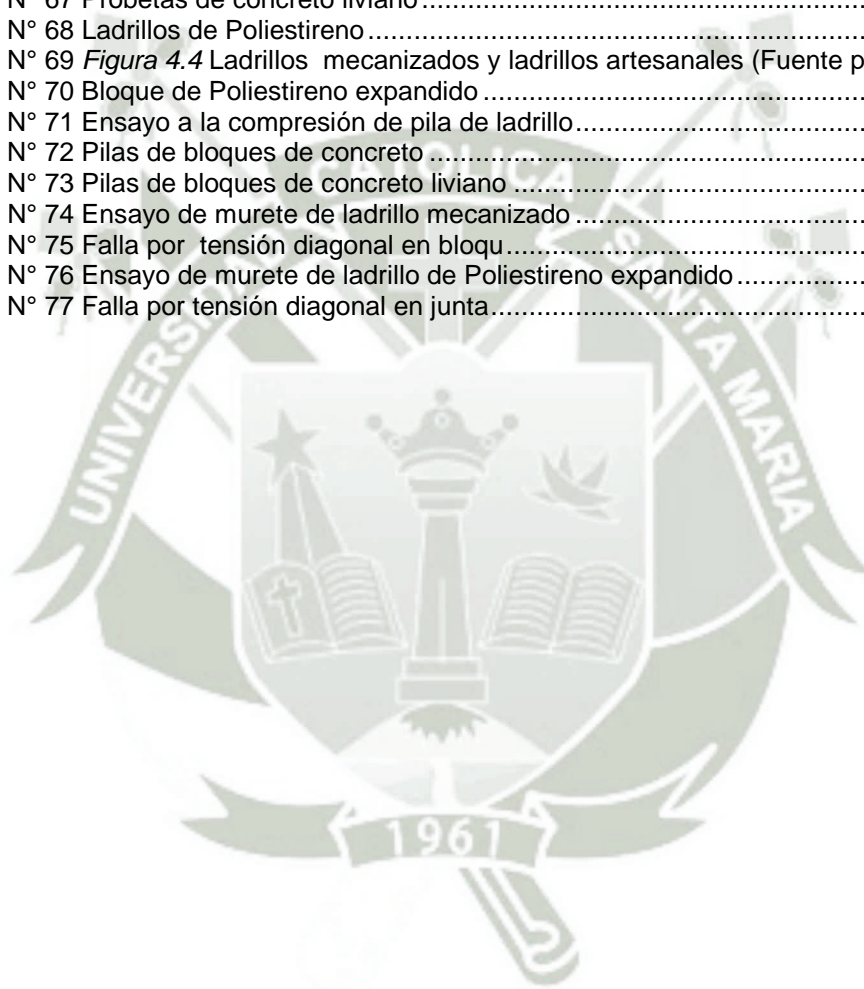
ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 Clasificación del Poliestireno Expandido de acuerdo a la Norma ASTM C-578-92	19
TABLA N° 2 Tamaño de las Perlas del Poliestireno expandido según el grado de expansión	19
TABLA N° 3 Contenido de humedad del agregado fino	32
TABLA N° 4 Peso unitario suelto del agregado fino	37
TABLA N° 5 Pesos Unitarios Compactado Del Agregado Fino	38
TABLA N° 6 Cuadro granulométrico del agregado fino	42
TABLA N° 7 Peso específico y absorción del agregado fino	49
TABLA N° 8 Escala de color Gardner	52
TABLA N° 9 Propiedades de Poliestireno	53
TABLA N° 10 Características del agregado	56
TABLA N° 11 Volumen de los materiales de la mezcla	58
TABLA N° 12 Dosificación de mezclas en peso	59
TABLA N° 13 Dosificación de mezclas por volumen.....	59
TABLA N° 14 Dosificación en peso para unidades de albañilería	60
TABLA N° 15 Diseño D1	61
TABLA N° 16 Diseño D2	61
TABLA N° 17 Diseño D3.....	61
TABLA N° 18 Diseño D4.....	62
TABLA N° 19 Diseño D5.....	62
TABLA N° 20 Diseño D6.....	62
TABLA N° 21 Ladrillo mecanizado	76
TABLA N° 22 Ladrillos artesanales	76
TABLA N° 23 Ladrillo de concreto liviano	76
TABLA N° 24 Asentamiento de las mezclas de concreto con Poliestireno expandido	86
TABLA N° 25 Peso Unitario de los diferentes diseños de mezcla	88
TABLA N° 26 Resultado a la compresión axial de las probetas	89
TABLA N° 27 Resultado densidades de probetas	91
TABLA N° 28 Resultado densidades de ladrillos	92
TABLA N° 29 Resultado densidades de bloques.....	92
TABLA N° 30 Resultado ensayo a compresión	96
TABLA N° 31 Resultado ensayo a compresión de bloques	98
TABLA N° 32 Resultado ensayo a compresión de pilas de albañilería	100
TABLA N° 33 Resultado ensayo a compresión de bloques	102
TABLA N° 34 Resultado compresión diagonal de murete mecanizado.....	103
TABLA N° 35 Resultado compresión diagonal de murete unidades de concreto liviano	105
TABLA N° 36 Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:1:2.....	108
TABLA N° 37 Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:2:3.....	109
TABLA N° 38 Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:3:4.....	110
TABLA N° 39 Precio de las unidades de ladrillo por los diferentes diseños de mezclas	111
TABLA N° 40 Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:1:2 de bloque	112
TABLA N° 41 Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:2:3 de bloque	113
TABLA N° 42 Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:3:4 de bloque	114
TABLA N° 43 Precio de las unidades de bloques por los diferentes diseños de mezclas	114
TABLA N° 44 Costo por unidad de ladrillo.....	115
TABLA N° 45 Costo por unidad de bloque	115
TABLA N° 46 Comparación de ladrillos mecanizado, artesanal y de poliestireno.....	117
TABLA N° 47 Comparación de bloques	118

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 Concreto con Poliestireno	2
FIGURA N° 2 Probeta de Poliestireno expandido.....	3
FIGURA N° 3 Concretos sin finos	11
FIGURA N° 4 Concretos con Agregado Ligero.....	11
FIGURA N° 5 Concreto Celular.....	11
FIGURA N° 6 A) <i>Estructura celular abierta (Poliuretano), B)</i> <i>Estructura Celular Cerrada (Poliestireno) Gibson y Ashby, 1999)</i>	13
FIGURA N° 7 <i>Proceso de Fabricación del Poliestireno Expandido</i> <i>(Gibson y Ashby, 1999).....</i>	15
FIGURA N° 8 Pre- Expansión antes y después del Poliestireno (Rossacci y Shivkumar, 2003) ..	16
FIGURA N° 9 A) Perlas de Poliestireno (Fuente Propia)	18
FIGURA N° 10 B) Perlas y Celdas del Poliestireno (Fuente propia).....	18
FIGURA N° 11 C) Celdas (Fuente propia).....	18
FIGURA N° 12 Cemento Yura (Fuente Propia)	21
FIGURA N° 13 Comparación de colores entre la solución con arena l(luego de 24 horas) y la placa orgánica de colores Gardner o de impurezas orgánicas (Fuente propia)	24
FIGURA N° 14 Ubicación de la Cantera de la Poderosa – Arequipa (Fuente propia)	25
FIGURA N° 15 Ladrillos de Tecnopor (Fuente Disargesa).....	27
FIGURA N° 16 Perlas de Poliestireno (Tecnopor) (Fuente Disargesa)	27
FIGURA N° 17 Muestreo del agregado fino (Fuente propia)	29
FIGURA N° 18 Cuarteo Agregado Fino (Fuente propia)	29
FIGURA N° 19 Desecho de lados del cuarteo (Fuente propia)	30
FIGURA N° 20 Pesado Agregado Fino Seco (Fuente propia).....	31
FIGURA N° 21 Molde Para Hacer El Ensayo Peso Unitario Suelto (Fuente Propia)	33
FIGURA N° 22 Proceso de llenado del molde (Fuente propia)	34
FIGURA N° 23 Peso del molde lleno para su peso unitario suelto (Fuente propia)	34
FIGURA N° 24 Procedimiento de Compactación del Agregado Fino (Fuente propia).....	36
FIGURA N° 25 <i>Enrasado Del Molde Con La Varilla Metálica (Fuente Propia)</i>	36
FIGURA N° 26 Cuarteo para granulometría (Fuente propia)	39
FIGURA N° 27 Tamices estandarizados (Fuente propia)	39
FIGURA N° 28 En la máquina tamizadora (Fuente propia).....	40
FIGURA N° 29 Seleccionado de agregado luego del tamizado (Fuente propia).....	40
FIGURA N° 30 El Picnómetro con arena y agua (Fuente propia).....	44
FIGURA N° 31 Agregado fino totalmente saturado (Fuente propia).....	45
FIGURA N° 32 Secado de la muestra mediante una cocina (Fuente propia)	45
FIGURA N° 33 Compactación del cono con la varilla (fuente propia).....	46
FIGURA N° 34 Agregado fino superficialmente seco (Fuente propia)	46
FIGURA N° 35 Se pone al honor el agregado fino (Fuente propia).....	47
FIGURA N° 36 Cuarteto del agregado para verificar las impurezas inorgánicas (Fuente propia) 51	
FIGURA N° 37 Llenado de probeta (Fuente propia)	51
FIGURA N° 38 Ensayo con la muestra patrón (Fuente propia)	52
FIGURA N° 39 Poliestireno expandido de 5 Kg (Fuente propia)	53
FIGURA N° 40 Los agregados listos para colocar al trompo (Fuente propia).....	63
FIGURA N° 41 El mezclado del concreto liviano (Fuente propia)	64
FIGURA N° 42 Vista de la adherencia del poliestireno a la mezcla (Fuente propia).....	64
FIGURA N° 43 Luego de sacar el cono de Abrams	66
FIGURA N° 44 Medición de su asentamiento o Slump	66
FIGURA N° 45 Elaboración de Briquetas de poliestireno expandido	68
FIGURA N° 46 Se puso la flecha en las cintas para el curado (Fuente propia)	69
FIGURA N° 47 Probetas para el ensayo a la compresión.....	70
FIGURA N° 48 Ensayo a la compresión.....	71
FIGURA N° 49 Moldes de ladrillos y bloques (Fuente propia)	73
FIGURA N° 50 Molde doble de ladrillo de 13 cm x 10 cm x 24 cm con concreto liviano (Fuente propia)	73
FIGURA N° 51 Molde doble de bloques de 19 cm x 9 cm x 39 cm con concreto liviano.....	74
FIGURA N° 52 Desencofrado de los ladrillos de concreto liviano	74
FIGURA N° 53 Desencofrado de bloques de concreto liviano	75

FIGURA N° 54 Ladrillos de concreto liviano (Fuente propia)	75
FIGURA N° 55 Ladrillos mecanizados, artesanal y de concreto liviano.....	78
FIGURA N° 56 Capping de los ladrillos con yeso-cemento.....	78
FIGURA N° 57 Ensayo a la compresión al ladrillo	79
FIGURA N° 58 Pilas de ladrillos artesanal, mecanizado y concreto liviano (Fuente propia)	80
FIGURA N° 59 Muretes típico como está en Norma E0.70 (Fuente propia)	81
FIGURA N° 60 Muretes de ladrillo concreto liviano y de ladrillo pandereta	82
FIGURA N° 61 Tipos de falla de muretes (Fuente: Fernández Baqueiro	82
FIGURA N° 62 Muretes de ladrillo mecanizado	83
FIGURA N° 63 Muretes de ladrillo de concreto liviano	84
FIGURA N° 64 El ensayo de muretes de ladrillo mecanizado se hizo en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Agustín	84
FIGURA N° 65 El ensayo de muretes de ladrillo de Poliestireno expandido se hizo en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Agustín.....	85
FIGURA N° 66 Asentamiento del concreto liviano adecuado.....	86
FIGURA N° 67 Probetas de concreto liviano	89
FIGURA N° 68 Ladrillos de Poliestireno	95
FIGURA N° 69 <i>Figura 4.4</i> Ladrillos mecanizados y ladrillos artesanales (Fuente propia).....	95
FIGURA N° 70 Bloque de Poliestireno expandido	98
FIGURA N° 71 Ensayo a la compresión de pila de ladrillo.....	100
FIGURA N° 72 Pilas de bloques de concreto	101
FIGURA N° 73 Pilas de bloques de concreto liviano	102
FIGURA N° 74 Ensayo de murete de ladrillo mecanizado	104
FIGURA N° 75 Falla por tensión diagonal en bloqu.....	104
FIGURA N° 76 Ensayo de murete de ladrillo de Poliestireno expandido.....	106
FIGURA N° 77 Falla por tensión diagonal en junta.....	106



ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA N° 1 Proceso de Agregados Naturales	8
GRÁFICA N° 2 Densidad de los diferentes agregados	10
GRÁFICA N° 3 (Tabla 1.1) Valores de las densidades del poliestireno expandido	54
GRÁFICA N° 4 Resultado a la compresión de las probetas	89
GRÁFICA N° 5 Densidades de los diferentes diseños	91
GRÁFICA N° 6 Promedio densidades de los diseños	91
GRÁFICA N° 7 Densidades de ladrillos	94
GRÁFICA N° 8 Densidades de bloques	94
GRÁFICA N° 9 Resultado del ensayo a compresión	97
GRÁFICA N° 10 Resultado del ensayo a compresión de los bloques de concreto y de Poliestireno	99
GRÁFICA N° 11 Resultados al ensayo a las pilas de ladrillos	100



CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el uso del ladrillo de arcilla cocida para la construcción de muros de tabiquería está ampliamente difundido en el medio, sin embargo su precio en términos económicos fluctúa en valores mayores incluso al concreto estructural.

En ese sentido se plantea fabricar como alternativa al uso del ladrillo de arcilla cocida, un sustituto con características similares pero con menor costo y de menor densidad, mediante la aplicación de poliestireno expandido en la fabricación de unidades de concreto liviano para muros de tabiquería, que se diferencie de otros sistemas de tabiquería (tabiquería seca como el drywall u otros), en que su durabilidad posea un mejor desempeño en el tiempo.

1.1.2. DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA

La aplicación del poliestireno expandido en la fabricación de unidades de concreto liviano para muros de tabiquería se traduce en un concreto liviano, lo que permite utilizar este nuevo compuesto entre otras aplicaciones en muros de tabiquería.

El uso de nuevas tecnologías y materiales en la construcción permite el ahorro en costo y tiempo de un proyecto.

1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Utilizar el poliestireno expandido en la fabricación de unidades de concreto liviano para muros de tabiquería, con características similares a los muros de tabiquería con ladrillo de arcilla cocida.

FIGURA N° 1
Concreto con Poliestireno



Fuente Propia.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar un diseño de mezclas idóneo con la aplicación de poliestireno expandido para la fabricación de unidades de concreto liviano para muros de tabiquería.
- ❖ Reemplazar el agregado grueso en la fabricación de un concreto con la adición de partículas de poliestireno expandido, para obtener $F'c = 20 \text{ kg/cm}^2$ según la tabla 1 del capítulo 3 de la norma E.070
- ❖ Elaborar unidades de concreto liviano y probetas para determinar su densidad, resistencia y resistencia de muretes.
- ❖ Elaborar unidades de concreto liviano para evaluar su resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 días.
- ❖ Realizar ensayos de absorción de agua a las unidades de concreto liviano con poliestireno expandido.
- ❖ Realizar una comparación del costo de unidades de arcilla cocida con relación a las unidades de concreto liviano.

FIGURA N° 2
Probeta de Poliestireno expandido



Fuente Propia

1.3. HIPÓTESIS

Utilizando el poliestireno expandido como reemplazo del agregado grueso, se podrá fabricar un concreto liviano con densidades menores a las unidades de ladrillo de arcilla cocida.

1.3.1. ALCANCE

La presente investigación tiene por alcance la elaboración y validación de diseños de mezcla con la aplicación de poliestireno expandido en reemplazo del agregado grueso, para la fabricación de unidades de concreto liviano, ensayando distintos porcentajes de sustitución, hasta la elaboración óptima y realizar un análisis de los resultados de la densidad de las unidades de concreto liviano.

1.3.2. VARIABLES

Las variables a considerar en la presente investigación están relacionadas con la obtención del diseño de la mezcla para unidades de concreto liviano:

- Proporción del agregado fino: arena proveniente de la cantera de poderosa
- Proporción del poliestireno expandido, según el tipo de diámetro a ensayar de 3 mm a 4 mm.
- Proporción del cemento: cemento Yura tipo I
- Proporción del agua de mezcla.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Ingeniería Civil como cualquier otra materia que haga frente a los retos del tercer milenio, tiene la obligación de mirar el presente y el futuro con la visión de la mejora continua, por lo tanto es una exigencia el buscar la innovación a favor de la eficiencia (uno de los pilares para el desarrollo del país). En tal sentido la aplicación del poliestireno expandido en la fabricación de unidades de concreto liviano para muros de tabiquería corresponde a una alternativa segura y económica que puede ser aplicada en beneficio de la industria de la construcción.



CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. EL CONCRETO

2.1.1. DEFINICIÓN DEL CONCRETO

El concreto es una mezcla homogénea de piedra, arena, agua y cemento que se constituye uno de los materiales más utilizados por el hombre en la industria de la construcción. Esto se debe a su gran versatilidad, durabilidad, trabajabilidad y resistencia que proporciona en sus diferentes estados físicos, la combinación entre la arena, el agua, el cemento en algunos países latinoamericanos se le conoce como mortero, mientras que cuando el concreto ya está compactado en el lugar que le corresponde recibe el nombre de hormigón, la utilización del concreto se da en diferentes campos que se aplican, tales como edificaciones, puentes, carreteras, etc.

2.1.2. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO

El concreto puede estar en estado fresco o endurecido, en estos estados presentamos las características o propiedades más típicas del concreto, las cuales determinan su desempeño. Las propiedades a largo plazo de concreto endurecido son la resistencia, estabilidad de volumen y durabilidad se ven afectados seriamente por su grado de compactación, en consecuencia es de vital importancia que la trabajabilidad o manejabilidad del concreto fresco, permiten un adecuado mezclado, transporte, colocado, compactado y acabado, sin que el concreto presente segregación ni exudación excesiva que puedan perjudicar en el desarrollo de las propiedades del concreto endurecido. (NEVILLE & BROOKS, 2010).

2.1.2.1. Concreto en ESTADO fresco

- **Trabajabilidad:** se define como la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto en estado fresco. esta es una propiedad a la cual se le debe tener bastante consideración debido a que, para lograr una óptima colocación del concreto este debe ser trabajable. la medición de la trabajabilidad es llevada a cabo mediante el ensayo conocido como cono de Abrams, el cual arrojará como resultado una medida cuantitativa conocida como asentamiento o Slump. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi 2011).

El concreto en estado fresco y la trabajabilidad consiste en lo siguiente:

- a. **Estabilidad:** Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas. Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación.
- b. **Compactibilidad:** Es la facilidad con que el concreto o mortero fresco es compactado o consolidado para reducir el volumen de vacíos y por lo tanto el aire atrapado.
- c. **Movilidad:** Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúa en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte.

2.1.2.2. CONCRETO en estado endurecido

El estado endurecido del concreto es el proceso de desarrollo de la resistencia de la pasta de cemento, en la que se origina la deformación permanentes la cual se le aplica energía de desplazamiento (vibrado, mezclado, etc.) la temperatura se dilata constituyendo un estado plástico y de su vida útil durante el proceso constructivo. Una forma práctica aproximado de estimar si un concreto en obra ya está en esta condición, es verificar el momento en que al insertar un vibrador verticalmente por su propio peso y retirarlo lentamente queda un agujero visible es una deformación permanente. Este estado se da una vez que la mezcla ya ha fraguado y presenta las siguientes propiedades:

- **La Resistencia:** Es la capacidad que tendrá el concreto de resistir netamente a la compresión; en el caso de la flexión y tracción tiene menor capacidad, con mejores características para resistir a la tracción, trabaja en conjunto con el concreto para darle un mejor comportamiento frente a estos dos esfuerzos. la resistencia está estrechamente ligada con la relación agua-cemento.
- **La Durabilidad:** Es la habilidad del concreto para resistir a distintos tipos de ambientes, ataques químicos y a la abrasión (desgaste). la durabilidad varía según el tipo de concreto y de la exposición del mismo al medio ambiente.(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi 2011)

2.2. CONCRETO LIVIANO

El concreto liviano, como los concretos ordinarios, es un material artificial compuesto de agregados inorgánicos, mortero y agua, a diferencia de los concretos usuales, este material es de peso reducido y por lo general de baja resistencia, sin embargo ha encontrado amplia aplicación en muchos tipos de estructuras como casa, departamentos, edificios de oficinas, etc. donde no se requiere un concreto de alta resistencia. Su uso se ha difundido extensamente en la industria de la construcción de numerosos países, en virtud de los beneficios que son factibles de obtener con sus aplicaciones.

Con el crecimiento de la industria de la construcción, después de la segunda guerra mundial, hubo necesidad de incrementar el campo de los materiales de construcción y lograr paralelamente un aumento en la eficiencia del trabajo. De esta manera, materiales de desechos industriales, escorias de altos hornos, cenizas volcánicas, minerales exiliados, perlitas de poliestireno, vermiculita, pómez, etc. anteriormente no eran usados como materiales de construcción, adquieren importancia con el desarrollo del concreto liviano. Así mismo la mecanización de la industria de la construcción en base a la utilización de nuevas técnicas, como es el uso mayores y más manejables unidades de construcción elaborando la base de concreto liviano. Proporciona un notable incremento de la eficiencia.

2.2.1. AGREGADOS LIVIANOS PARA UNIDADES DE CONCRETO

Los agregados utilizados para la elaboración de concreto liviano se caracterizan por su baja densidad, su baja resistencia, su bajo peso específico.

Por su origen se clasifican en dos grupos: naturales y artificiales:

- Agregados naturales.
- Agregados artificiales.

Los agregados liviano para el concreto usados en construcción se obtienen de una gran diversidad de materiales: esquistos, arcilla, pizarra, escoria de altos hornos, ceniza volante, piedra pómez, diatomita, perlita de poliestireno y vermiculita.

Las propiedades de estos agregados son muy diferentes y sus densidades varían entre 30 y 900 kg/m³. Como los agregados de esquistos, arcilla, pizarra, escoria de altos hornos y ceniza volante, son los que poseen resistencia suficiente para su uso en concreto estructural, solamente examinaremos estos materiales.

Los otros agregados livianos se usan en elementos que no son de carga o en elementos de aislamiento, y ello queda fuera de esta investigación. Los beneficios que se obtienen con el uso de agregados liviano en el concreto.

2.2.2. AGREGADOS NATURALES

Los agregados naturales son aquellos materiales compuestos de fragmentos de roca modificados por procesos naturales mayormente fluviales pero también se consideran los generados por volcanes, terremotos, glaciares, corrientes eólicas, y procesos marinos que han contribuido a la formación de los materiales que se usan como agregados. Los agregados naturales se pueden obtener lugares tales como: depósitos fluviales; depósitos eólicos; depósitos de lecho de mar; cono de deyección; depósitos glaciales; agregados naturales.

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

2.2.2.1. AGREGADOS ARTIFICIALES

GRÁFICA N° 1
Proceso de Agregados Naturales



Fuente: Elaboración Propia

Entre los más conocidos tenemos los siguientes:

- Cenizas volcánicas.
- Piedras pómez.
- Escoria.
- Pizarras o arcillas.
- **TOBAS VOLCÁNICAS.**

VERMICULITAS.

Son aquellos agregados que provienen de un proceso de transformación de material natural, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto, entre los más conocidos tenemos los siguientes:

- Poliestireno expandido.
- Escoria de alto horno.
- Clinker.
- Arcillas horneada.
- Limaduras de hierro.
- El micro-sílice

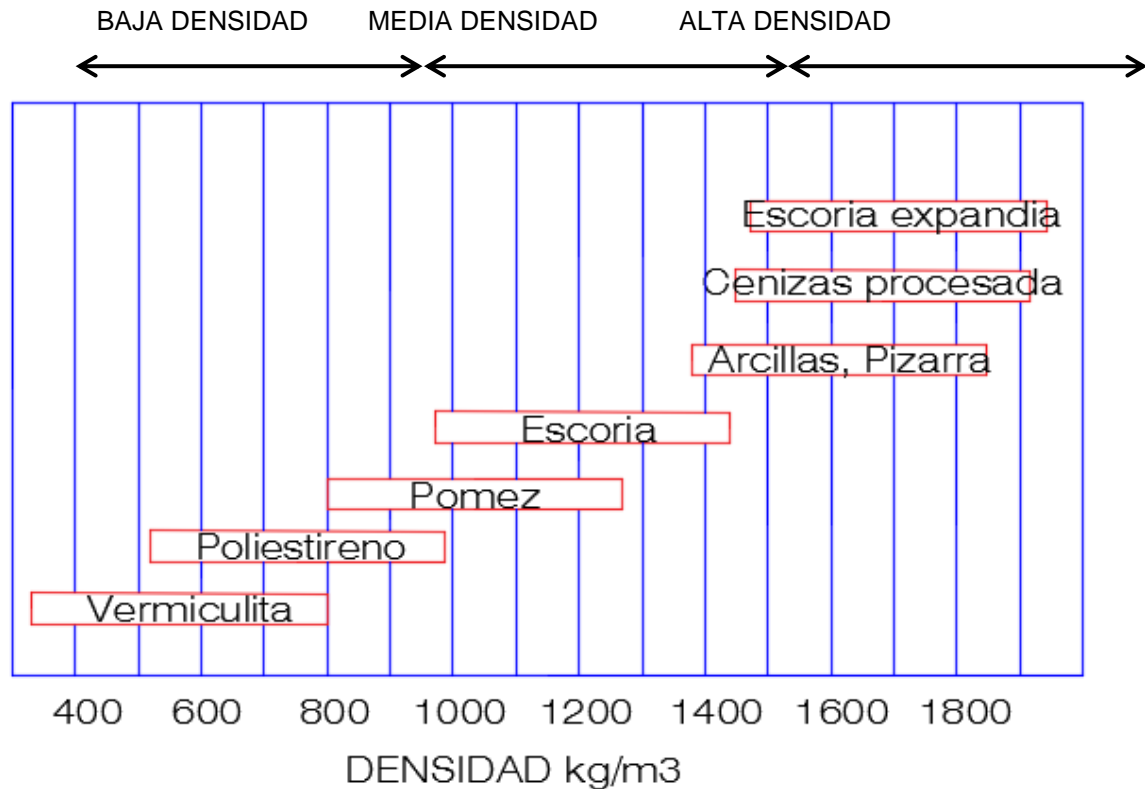
2.2.3. CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS PARA LOS CONCRETOS LIVIANOS

La clasificación del concreto liviano se hacen en función de sus propiedades sobresalientes, de sus pesos volumétricos, de los materiales que los integran o de los métodos a emplearse en su fabricación de acuerdo con sus propiedades y pesos volumétricos podemos señalar la siguiente clasificación que refleja la importancia que se concede en algunos países.

- Concreto liviano de resistencia reducida con densidad de 280 a 800 kg/m³
- Concreto liviano de resistencia moderada o media con densidad de 800 a 1400 kg/m³
- Concreto liviano de resistencia estructural con densidad de 1400 a 2100 kg/m³

En la siguiente grafica se muestra, de acuerdo con esta clasificación, el rango de aplicación de los agregados livianos, en base a la resistencia y peso volumétrico y de acuerdo con los distintos concretos que intervienen en su fabricación.

GRÁFICA N° 2
Densidad de los diferentes agregados



Fuente: Elaboración Propia

2.2.4. TIPOS DE CONCRETO liviano

De acuerdo con los materiales que los integran y los métodos de fabricación, los concretos livianos se pueden clasificar en:

- Concreto sin finos: cuya ligereza se obtiene suprimiendo el agregado fino, produciendo con ello el numeroso a vacíos entre las partículas del agregado grueso.
- Concreto con agregados livianos: es mediante la utilización de agregados naturales o artificiales de muy bajo peso específico.
- Concreto celulares: producido por la formación de burbujas gaseosas dentro de la fluida por una lechada de un mortero, también se conocen como concreto aireados, espumosos o gaseosos.

En las siguientes figuras se muestra los tipos de concretos liviano.

FIGURA N° 3
Concretos sin finos



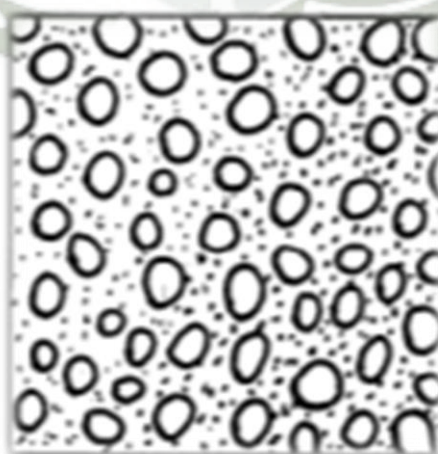
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 4
Concretos con Agregado Ligero



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5
Concreto Celular



Fuente: Elaboración propia

GRUPOS DE CONCRETO LIVIANO

Agregados para los Concretos Livianos

CONCRETO SIN FINOS	CONCRETO DE AGREGADO LIVIANO	CONCRETO CELULAR
1) Grava	1) Clinker	1) Polvo de aluminio
2) Piedra triturada	2) Escoria espumosa	2) Peróxido de hidrogeno
3) Clinker	3) Arcilla expandida	3) Espuma
4) Ceniza sintetizada	4) Pizarra expandida	4) Intrusión de aire
5) Arcillas o pizarra	5) Cenizas sintética	
6) Escoria espumosa	6) Vermiculita	
7) Piedra pómez	7) Perlita expandida	
	8) Piedra pómez	
	9) Agregado orgánico	

Fuente: Elaboración Propia

2.3. CONCEPTO BÁSICO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO

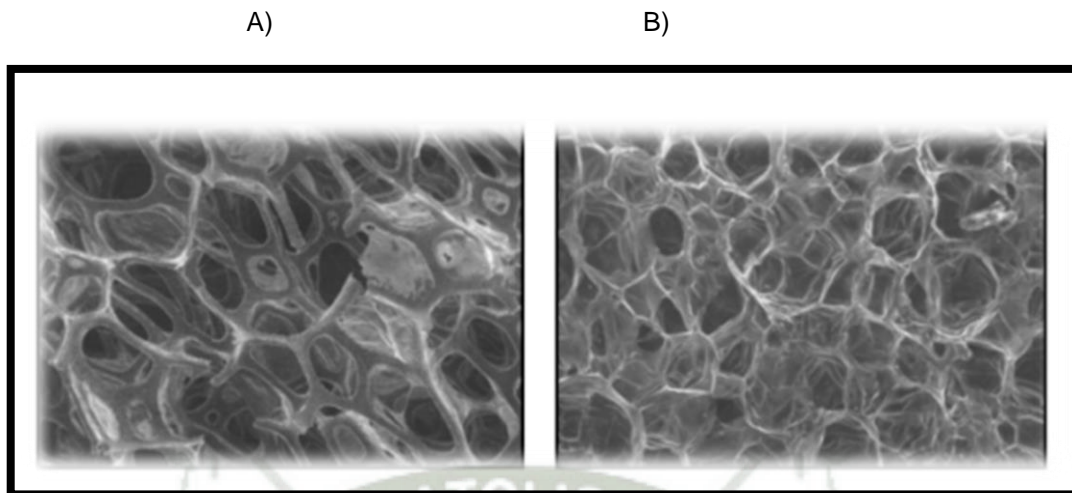
2.3.1. CONCEPTO BÁSICOS

Los sólidos celulares del poliestireno son materiales conformados por una serie de celdas unidas entre sí, formando arreglos bidimensionales llamados paneles de miel o arreglos tridimensionales llamados espumas (GIBSON Y ASHBY, 1999). Existen materiales celulares de origen natural como la madera, el corcho, el coral, el hueso, las hojas y los tallos de algunas plantas. Por otro lado, existen materiales celulares no naturales que pueden fabricarse mediante polímeros, metales, cerámica, vidrio y otros compuestos, las formas de fabricaciones son numerosas pero las más comunes son la expansión, el moldeo y la extrusión de un material. Un ejemplo de materiales celulares artificiales son las espumas de poliestireno, pan horneado, barras de chocolate entre otros.

Las celdas de los materiales celulares están conformadas básicamente por dos elementos: los bordes y las caras. Se dice que una celda es abierta cuando su estructura sólo está formada por bordes, y es cerrada cuando su estructura la forman bordes y caras. (Figuras A y B).

FIGURA N° 6

A) Estructura celular abierta (Poliuretano), B) Estructura Celular Cerrada (Poliestireno) Gibson y Ashby, 1999)



2.3.2. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO

El poliestireno expandido, se obtiene a partir de la transformación del poliestireno el cual es un polímetro del estireno en forma de perlas o esferas con tamaños que varían de 0.2 a 0.3 mm. Las perlas de poliestireno expandible contienen un gas expansión que permite su transformación. El gas pentano es comúnmente usado como agente expansión debido a que posee un bajo punto de ebullición y no afecta la capa de ozono. Para obtener un bloque de poliestireno expandido es necesario someter a las perlas de poliestireno expandible a tres procesos que describen a continuación y cuyo esquema se muestra en la figura 2.6 (Gibson y Ashby, 1999).

2.3.2.1. Pre- expansión

En esta etapa, las perlas de poliestireno expandido se agitan continuamente en depósitos llamados pre-expansores en presencia de vapor de agua a temperaturas entre 80 y 110 °C aproximadamente.

Como resultados se obtiene que el volumen de las perlas poliestireno aumenta hasta 50 veces con respecto a su volumen original. En esta etapa las perlas alcanzan el 95% aproximadamente de su tamaño final.

2.3.2.2. Reposo intermedio y estabilización

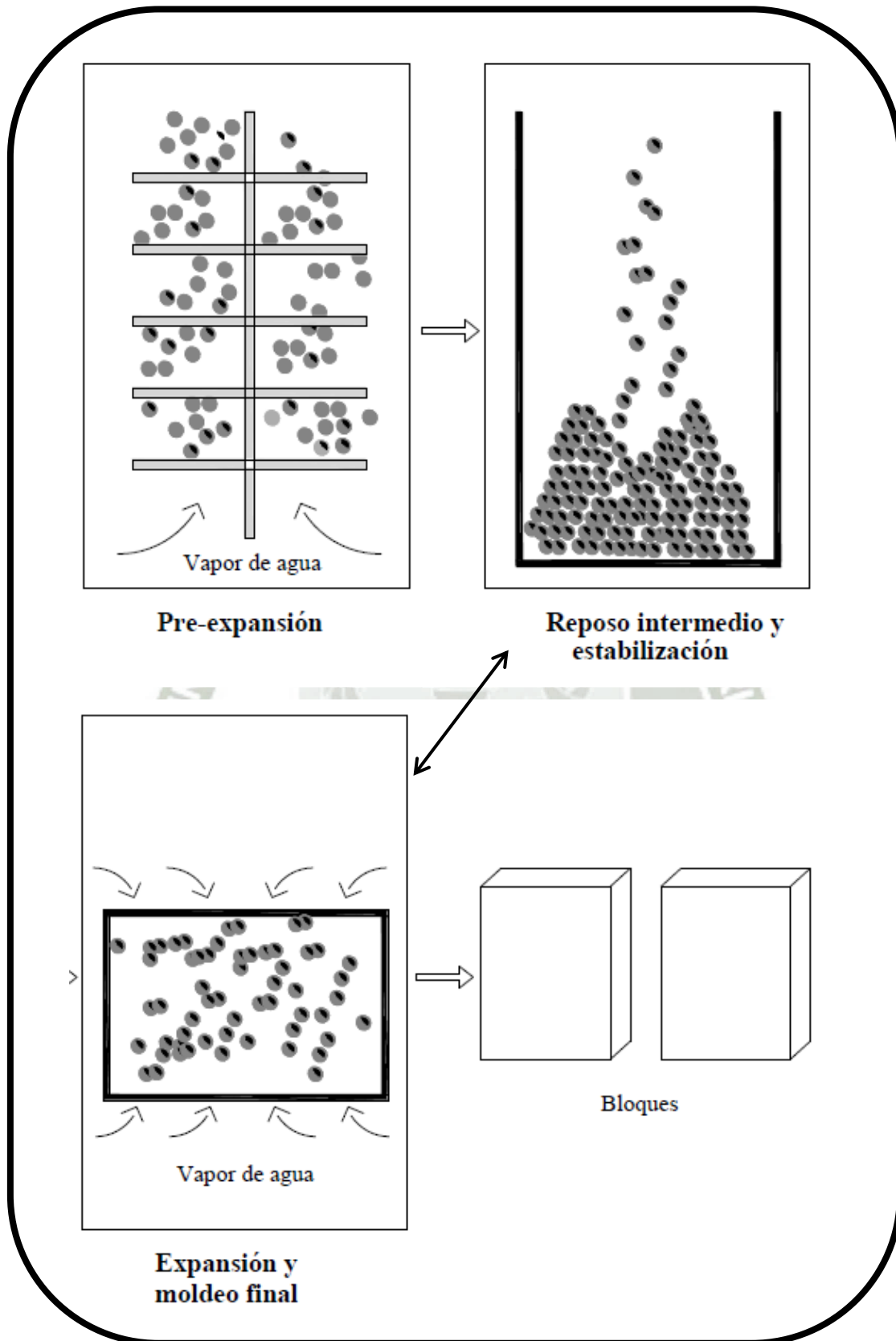
Al finalizar la etapa de pre-expansión, las perlas son enfriadas y secadas mediante corriente de aire ascendente. De esta forma, se logra una estabilización de las perlas que posteriormente son transformadas a silos de reposo.

Una vez que las perlas son transformadas a los silos de reposo, se les aplica aire por difusión para compensar las presiones de vacío generando en el proceso de enfriamiento y secado hasta que estas presiones se equilibren con la presión atmosférica. En este proceso las perlas adquieren una mayor estabilidad mecánica y están listas para el proceso de expansión y moldeo final (Gibson y Ashby, 1999).



FIGURA N° 7

Proceso de Fabricación del Poliestireno Expandido (Gibson y Ashby, 1999)



2.3.2.3. Expansión y moldeo final

En esta etapa las perlas pre-expandidas y estabilizadas se transforman a unos moldes o bloques cuya geometría depende del uso que vaya a dársele al producto final. Para el caso de aplicaciones del poliestireno expandido se utiliza en bloques rectangulares de dimensiones variadas. Al estar confinadas en los moldes y por el efecto de la temperatura las perlas se fusionan entre si formando un cuerpo solido el cual puede someterse a procesos de corte y acabado según la aplicación en que vaya a ser utilizado. Al final del proceso de molde las perlas se ha volatilizado casi en su totalidad sin embargo algunas fabricantes del poliestireno expandido realizan un proceso de reposo adicional durante algunos días para garantizar su eliminación total.

La temperatura y el tiempo de expansión son dos parámetros que debe ser estrictamente controlados durante el proceso de fabricación del poliestireno expandido ya que estos interviene en el comportamiento mecánico del material (ROSSACCI Y SHIVKUMAR, 2003).

En la siguiente figura se presenta el poliestireno expandido antes y después de ser pre-expandido y luego moldeado durante su proceso.

FIGURA N° 8

Pre- Expansión antes y después del Poliestireno (Rossacci y Shivkumar, 2003)



2.3.3. Estructura del poliestireno expandido

El poliestireno expandido pertenece al grupo de las espumas celulares a nivel macroscópico la estructura del poliestireno expandido consiste en perlas o esferas con diámetro que varían de 2 a 4 mm y que están apoyadas en sus tangentes y fusionadas entre sí, cada perla de poliestireno expandido está constituida por una estructura tridimensional de tipo cerrado y de tamaño variable en la que se mantiene aire ocluido, lo cual da origen a un material liviano.

La distribución de esferas y celdas del poliestireno expandido es similar en todas las direcciones, por esto se considera que el material es estructuralmente isotrópico, sin embargo durante el proceso de moldeo de los bloques, las esferas cercanas a la superficie pueden sufrir deformaciones diferentes en cada dirección (MASSO MOREU AND MILLS, 2004).

2.3.4. Propiedad física del poliestireno expandido

2.3.4.1. Densidad

Una de las principales propiedades del poliestireno expandido es su baja densidad, esto se debe a que aproximadamente el 95% del volumen de este material es aire y el porcentaje restante es poliestireno. La densidad del poliestireno expandido está determinada durante su proceso de fabricación por la temperatura y el tiempo de expansión de las perlas. La densidad de una perla de poliestireno antes de ser sometida al proceso de fabricación de bloques es de 1050 kg/m³ aproximadamente. Se conoce como densidad relativa que existe entre la densidad final del bloque terminado y la densidad de las perlas de poliestireno sin expandir.



➤ ESTRUCTURA DEL POLIESTIRENO

FIGURA N° 9

A) Perlas de Poliestireno (Fuente Propia)

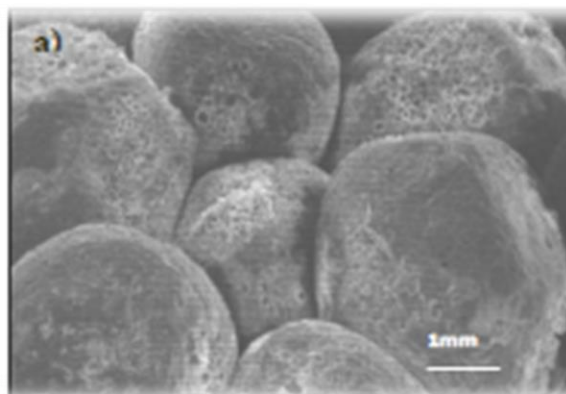


FIGURA N° 10

B) Perlas y Celdas del Poliestireno (Fuente propia)

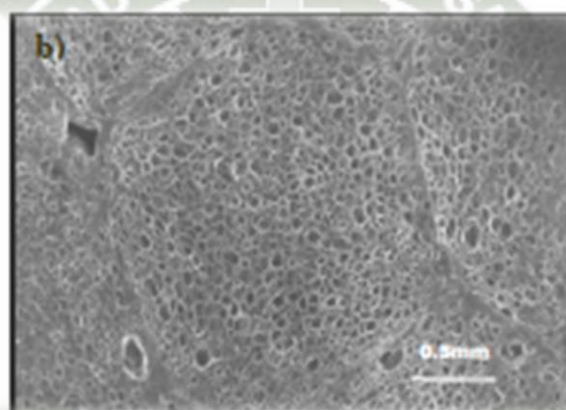
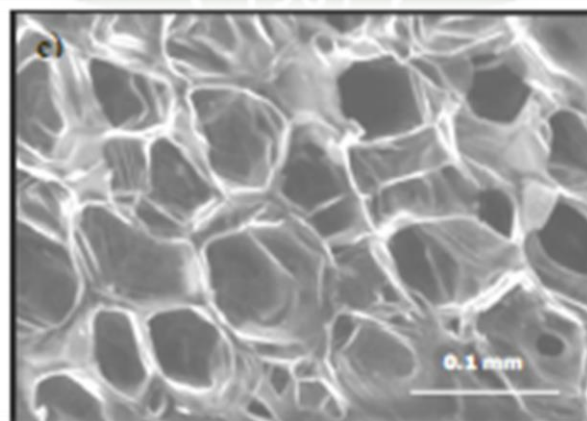


FIGURA N° 11

C) Celdas (Fuente propia)



La distribución de las densidades dentro de un bloque de poliestireno

expandido no es uniforme, son mayores los valores en las zonas que durante el proceso de fabricación estuvieron cerca de las paredes de los moldes.

La norma ASTM C578-92 clasifica el poliestireno expandido de acuerdo a su densidad de la siguiente manera:

TABLA N° 1
Clasificación del Poliestireno Expandido de acuerdo a la Norma ASTM C-578-92

TIPO	DENSIDAD NOMINAL [KG/M ³ (PCF)]	DENSIDAD MINIMA [KG/M ³ (PCF)]
XI	12(0.75)	12(0.70)
I	16(1.0)	15(0.9)
VIII	20(1.25)	18(1.15)
II	24(1.5)	22(1.35)
IX	32(2.0)	29(1.8)

Fuente de acuerdo a la Norma ASTM C 578-92

2.3.4.2. Tamaño

Al igual que la densidad, el tamaño de las esferas de poliestireno expandido depende básicamente de la etapa de expansión en su proceso de producción. Un mayor grado de expansión da como resultado perlas de mayor tamaño, tal y como se muestra a continuación. (BACULIMA BERNAL, 1985)

TABLA N° 2
Tamaño de las Perlas del Poliestireno expandido según el grado de expansión

TAMAÑO (mm)	grado de expansión
0.8 - 2.5	95%
0.8 - 1.6	94%
0.4 - 1.0	92%
0.4 - 0.8	91%

Fuente (Baculima Bernal, 1985)

2.4. MATERIALES CONSTITUYENTES DEL DISEÑO DE MEZCLAS

2.4.1. CEMENTO

NORMA TECNICA: NTP 334.090, ASTM C 150 CLINKER + YESO

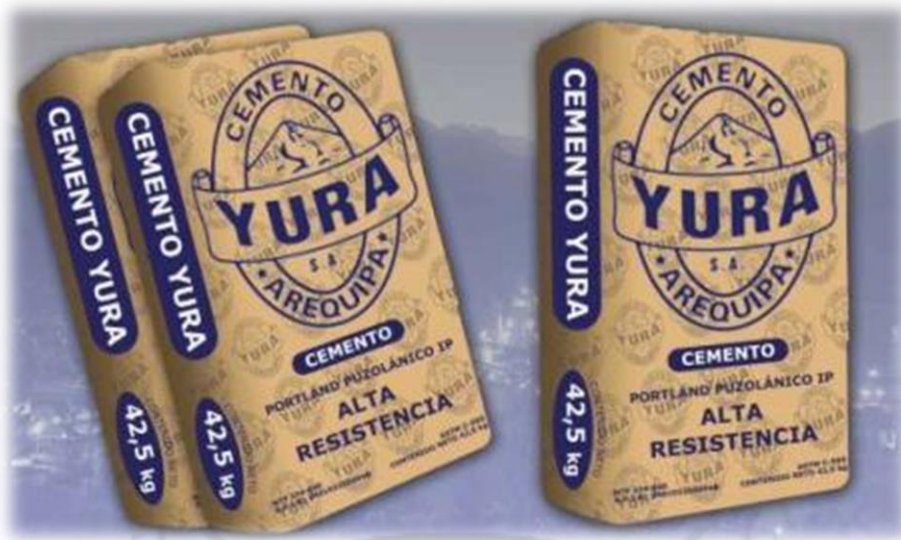
DESCRIPCIÓN

Esta norma técnica peruana establece que los requisitos que deberían cumplir los cementos portland adicionados, sus aplicaciones generales y especiales, utilizando escoria, puzolana, caliza o alguna combinación de estas con cemento o clinker de cemento portland o escoria con cal, los cementos portland son productos obtenidos de la molienda conjunta de clinker y yeso lo cual ofrece un fraguado controlado, es usado en concretos de muchas aplicaciones, por el buen desarrollo de la resistencia a la compresión a temprana edad, el uso y aplicaciones para las construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requiere características especiales o no se especifica otro tipo de cemento, lo cual se utiliza en prefabricados de concreto, fabricación de unidades de concreto, bloques de concreto, terrazos, adoquines, etc.

El cemento posee la propiedad que al mezclarlo con agua forma una pasta aglomerante, que unido a los agregados y a medida que transcurre el tiempo va aumentando su resistencia y volviéndose más rígida.

- NTP 334.001:2001 CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura.
- NTP 334.082:2001 CEMENTOS. Cementos Portland Especificación de la performance

FIGURA N° 12
Cemento Yura (Fuente Propia)



2.4.1.1. TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

Los tipos de cemento que existen son Los tradicionales: Cementos Portland requeridos son: Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y Tipo V.

El cemento Portland normal debe cumplir con los requisitos indicados en la norma NTP 334.009-cemento portland, ASTM C 150 para los tipos I, II y V, los cuales se fabrican en el Perú.

- TIPO I: De uso general, donde no se requieran propiedades especiales
- TIPO II: De uso general, específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
- TIPOII (MH): De uso general, específicamente moderado calor de hidratación.
- TIPO III: Cuando se requiere alta resistencia inicial.
- TIPO IV: Cuando se desea bajo calor de hidratación.
- TIPO V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

2.4.1.2. CEMENTOS PORTLAND ADICIONADOS

Los cementos adicionales se dan según la NTP 334.090:

- Tipo IP: Cemento Puzolánico (15%-40%)
- Tipo IPM: Cemento Puzolánico Modificado (menos de 15%)
- Tipo IS: Cemento de Escoria (25%-70%)
- Tipo ICo: Cemento Compuesto (hasta 30%)
- Tipo IL: Cemento Calizo TIPO IT: Cemento Ternario (dos adiciones).

2.4.1.3. CEMENTOS PORTLAND ESPECIFICACIÓN DE LA PERFORMANCE

Los cementos portland Específicos se dan según la NTP 334.082:

- Cemento tipo GU – de uso general
- Cemento tipo Ms – moderada resistencia a los sulfatos
- Cemento tipo HS – alta resistencia a los sulfatos
- Cemento tipo HE – alta resistencia inicial
- Cemento tipo MH – moderado calor de hidratación
- Cemento tipo LH – bajo calor de hidratación.

2.4.2. Agregados

NORMA TECNICA: NTP 400.011, 1976 Definiciones y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.

DESCRIPCIÓN

Es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros). Cuyas dimensiones están comprendidas en la NTP 400.011. los agregados son la parte inerte del concreto, sin embargo al constituir entre 65% y 75% aproximadamente del total del concreto, debemos tener muy clara su importancia, la cual antiguamente y durante muchos años fue poco considerada.

Es muy importante utilizar agregados de buen calidad, si estos están húmedos es recomendable dosificar menos cantidad de agua para mantener las proporciones correspondientes, con ellos lograremos varios tipos de combinaciones que esta establecidas según las normas.

2.4.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGREGADO FINO

Sus propiedades de los agregados conservan la composición mineralógica de la roca que les dio origen las características físicas, químicas y mecánicas de los agregados tiene una gran importancia determinante sobre las propiedades del concreto, ya que si la elaboración de concretos tiene alguna variedad de cambio podría alterar el diseño de mezcla y no alcanzando la resistencia adecuada.

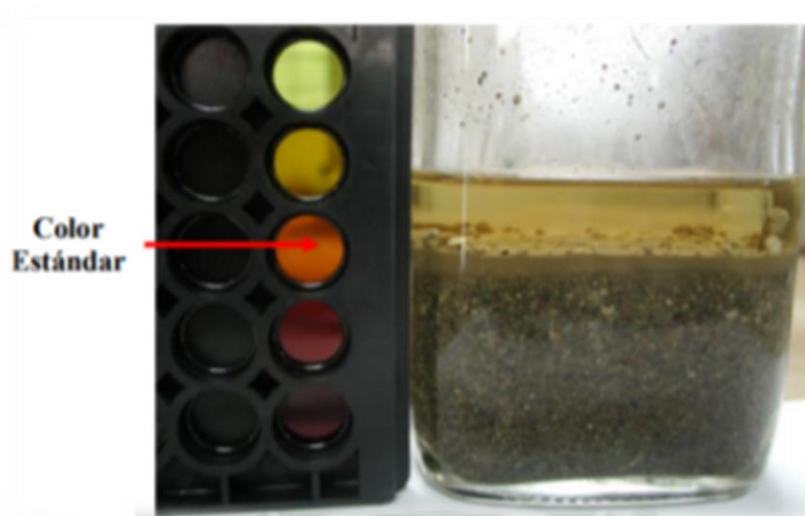
Para mayor seguridad de los resultados en los ensayos de las propiedades, deben realizarse más de dos veces todos ensayos para no tener margen de error, ya que depende mucho estos resultados para los diseños de mezcla empleados.

2.4.2.2. IMPUREZAS DEL AGREGADO FINO

Los agregados finos naturales a veces se presentan impurezas orgánicas, las cuales menoscaban la hidratación del cemento y el desarrollo consecuente de la resistencia del concreto. Normalmente esas impurezas se evitan por medio del despejado adecuado del depósito, para eliminar por completo la tierra vegetal, y un enérgico lavado en la arena. La detección del alto contenido orgánico en la arena se lleva a cabo con facilidad por medio de la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio, que detalla la norma NTP 400.013:2002, ASTM C 40. Algunas impurezas en la arena se pueden determinar esta posibilidad por medio de desarrollar el ensayo descrito en ASTM C 87. En los agregados finos naturales algunas veces aparecen impurezas orgánicas, las cuales pueden hacer perder la hidratación del cemento y el desarrollo de la resistencia del concreto.

FIGURA N° 13

Comparación de colores entre la solución con arena l(luego de 24 horas) y la placa orgánica de colores Gardner o de impurezas orgánicas (Fuente propia)



Para el proceso de los ensayos se tomó las siguientes normas

- Norma NTP 400.013 - ASTM C 87. método de ensayo. determinación de materia orgánica en los agregados finos para concreto.
- NTP 400.024:2011 (revisada el 2016) método de ensayo normalizado para determinar las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto (basada ASTM C 40-2004)
- ASTM C 33 especificación para agregados para concreto.

2.4.3. UBICACIÓN DE LA CANTERA DE AGREGADOS FINO

2.4.3.1. CANTERA la PODEROSA

- Departamento: Arequipa
 - Provincia: Arequipa
 - Distrito: Uchumayo
 - Altitud: 2038 M.S.N.M
- Agregados Utilizados: Arena Gruesa

FIGURA N° 14

Ubicación de la Cantera de la Poderosa – Arequipa (Fuente propia)



2.4.3.2. AGREGADO FINO DE PODEROSA

Los agregados finos provienen de la explotación de canteras o son producto del arrastre de los ríos. Según los agregados finos son aquellos agregados que pasan por el tamiz 3/8" y que se retiene en la malla 200, el más utilizado es la arena producto del desgaste de las rocas o material de río, cumpliendo con las normas establecidas NTP 400.037. Es un material fino compuesto de partículas limpias, libre de cantidades perjudiciales de polvo, materia orgánica, terrones y otras sustancias que puedan alterar la calidad del agregado.

Para la investigación escogí la arena gruesa de la poderosa.

2.4.4. AGREGADO ARTIFICIAL - POLIESTIRENO EXPANDIDO

El poliestireno expandido es un polímero termoplástico, que se obtiene de la polimerización del estireno. Es una espuma rígida de color blanco y gran trabajabilidad caracterizada por un termoplástico celular de baja densidad y alta resistencia físico mecánica en relación a su reducido peso aparente, cuyo nombre genérico es poliestireno expandido.

El poliestireno expandido es la materia prima que da lugar a la obtención del poliestireno expandido, esta materia prima, al igual que todos los materiales plásticos, es un derivado del petróleo. Sin embargo, el 94% del petróleo está destinado a combustibles para transporte y calefacción y tan solo el 6% restante a la petroquímica (fabricación de productos plásticos y químicos). Debido a que el poliestireno expandido es un polímero del estireno, al procesar el gas natural y el petróleo, se obtiene principalmente el etileno y varios compuestos aromáticos; y de ellos el hidrocarburo aromático denominado

estireno (ANAPE, 2015).

La materia prima es colocada en máquinas especiales denominadas pre-expansores, estas máquinas son generalmente cilíndricas de 1m de diámetro y 2m de altura, en donde es sometida a altas temperaturas generadas por el vapor de agua, estas temperaturas oscilan entre los 80°C a 100°C (BARTNETSON, 2004).

Debido a la influencia del calor, el poliestireno expandible se ablanda y es capaz de aumentar su volumen hasta 50 veces, dando lugar a la generación de las perlas de poliestireno expandido (HOHWILLER & KÖHLING, 1969) (RANJBAR & MOUSAVI, 2013) En esta etapa, denominada pre-expansión, las perlas alcanzan aproximadamente el 95% de su tamaño final (OSSA LÓPEZ, 2009).

2.4.4.1. El poliestireno en arequipa

En la ciudad de Arequipa el poliestireno es distribuido por la empresa consorcio DISARGESA S.A.C. es una empresa dedicada a la distribución y venta de productos de tecnopor para uso de la construcción, industrial, doméstico, artesanal, de excelente calidad cumpliendo con los altos estándares requeridos para todo el Perú y exterior. DISARGESA distribuye los diferentes productos de poliestireno expandido o más conocido como tecnopor; lo cual tenemos en:

- Ladrillo de tecnopor.
- Planchas de tecnopor.
- Perlas de tecnopor.
- Bolas y huevos de tecnopor.
- Maquetas de tecnopor.

En las siguientes imágenes podemos observar los productos de la empresa DISARGESA.

FIGURA N° 15
Ladrillos de Tecnopor (Fuente Disargesa)



FIGURA N° 16
Perlas de Poliestireno (Tecnopor) (Fuente Disargesa)



2.4.5. AGUA

El agua que se utilizó es la que brinda SEDAPAR debido a que en muchas especificaciones para elaborar mezclas de concreto, la calidad del agua está protegida por una cláusula que establece que el agua deberá ser adecuada para el consumo humano. El agua potable se puede utilizar sin necesidad de analizar su calidad. (Kumar Mehta y Monteiro 1995.)

Sin embargo se señala que el agua cumple con la siguiente norma:

- ✓ NTP 339.088:1982 El agua para morteros y hormigones de cementos portland.

CAPITULO III PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

3.1. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En este proceso de investigación se realizó los diferentes ensayos para realizar la fabricación de unidades de concreto liviano, realizándose en el laboratorio de la Universidad Católica Santa María los diferentes propiedades físicas del agregado fino ya que el agregado grueso es sustituido por un agregado artificial, el que se utilizara´ es el poliestireno expandido siguiendo las normas técnicas vigentes.

3.1.1. LOS ENSAYOS FÍSICOS DE LOS AGREGADOS

Se realizaron según esta en la Norma Técnica Peruana, los agregados para aplicar sus propiedades físicas del materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales, como el uso del poliestireno expandido para elaborar los diferentes ensayos requeridos en el laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Católica Santa María con la supervisión de los ingenieros encargados y personal técnico que labora en el laboratorio.

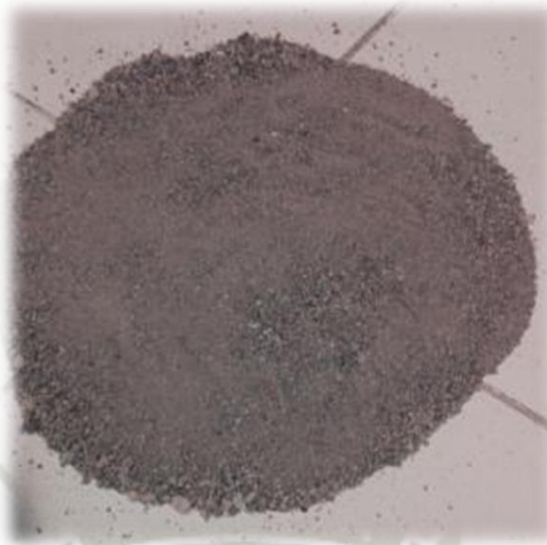
3.1.1.1. EL AGREGADO FINO de la ponderosa

El agregado fino que se utilizara para la de investigación proviene de la cantera de la ponderosa es la de mejor calidad que tenemos en la ciudad de Arequipa y es la más recomendada y la que cumple con los requisitos de la norma peruana para poder hacer los diferentes ensayos.

3.1.2. MUESTREO y cuarteo DEL AGREGADO FINO

MUESTREO: Es muestra tomada de agregado fino se llevó en sacos para luego realizar o tomar una muestra respectiva de acuerdo a las normas técnicas. Para realizar el muestreo del agregado fino, lo más correcto es que no vea en las capas superficiales no estén contaminadas con basura ni segregación, de la misma manera se debe tomar muestra de diferentes lugares de la zona.

FIGURA N° 17
Muestreo del agregado fino (Fuente propia)



CUARTEO: el cuarteo en el AASHTO T 248 se utiliza en los agregados para reducir las muestras de agregados gruesos y finos a cantidades menores viendo que las mismas sean representativas y lo más homogéneas posible.

El cuarteo se puede dividir en 4 partes iguales, lo cual conforma por dos diámetros perpendiculares, se desechó dos lados opuestos como se observa en la figura 3.3, luego se procede a seleccionar las respectivas muestras de agregado, para tener porciones que sean representativas y que tengan los tamaños adecuados para los diferentes ensayos que se necesite desarrollar con el agregado fino.

FIGURA N° 18
Cuarteo Agregado Fino (Fuente propia)



FIGURA N° 19
Desecho de lados del cuarteo (Fuente propia)



3.1.3. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

NORMATIVA

- ASTM C566-97 Método de Ensayo Normalizado para Medir el Contenido Total de Humedad.
- NTP 339.185 (2002) Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

OBJETIVO

- Conocer el contenido de humedad que posee la muestra respectiva del agregado fino que serán usados en la fabricación de unidades de concreto liviano.

EQUIPOS DE LABORATORIO

- **Horno:** Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- **Bandejas:** para colocar las muestras respectivas.
- **Balanza:** para pesar las muestras.
- **Cucharon:** para recoger las muestras.

PROCEDIMIENTO

- Seleccionar por cuarteo la muestra respectiva, recogemos una muestra en estado natural.
- Luego se pesan las muestras húmedas del agregado fino.
- Luego se ponen en un recipiente para dejar en el horno un aproximado de 24 horas a una temperatura $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$
- Cumplido el tiempo requerido retiramos el agregado fino y lo pesamos en su estado seco.

FIGURA N° 20
Pesado Agregado Fino Seco (Fuente propia)



CÁLCULOS Y RESULTADOS

% de Humedad (w)

$$\% \text{ de humedad } (w) = \frac{\text{Peso Muestra húmeda} - \text{Peso Muestra Seca}}{\text{Peso Muestra seca}} \times 100\%$$

Fuente: elaboración Propia

TABLA N° 3
Contenido de humedad del agregado fino

MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
	MF-1	MF-2	MF-3
Peso de Tara [gr]	1122	1045	1134
Peso de Tara + M. Húmeda [gr]	7076	7112	7098
Peso de Tara + M. seca [gr]	6805	6842	6830
Peso de muestra humedad[gr]	5954	6067	5964
Peso de Muestra Seca[gr]	5683	5797	5696
Contenido de Humedad	0.0476	0.0467	0.0470
Promedio			0.0471

CONTENIDO DE HUMEDAD = 0.047

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4. PESO UNITARIO SUELTO del agregado fino

NORMAS

- MTC E-203 2000 Peso unitario y vacíos de los agregados.
- NTP 400.017 (2012), ASTM C29 Los Agregados. método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

OBJETIVO

- Calcular la máxima y mínima cantidad de masa del agregado fino en su estado más suelto

EQUIPOS DE LABORATORIO

- **Balanza:** Para pesar las muestras respectivas.
- **Horno:** Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- **Bandejas:** Para colocar las muestras respectivas.
- **Cucharas Metálicas:** Para recoger las muestras respectivas.
- **Molde metálico:**
- **Varilla Metálica:** Varilla de 5/8 lisa y con punta redondeado. con un largo de 60 cm.
- **Regla Metálica:** para medir.

PROCEDIMIENTO

- **PESO UNITARIO SUELTO:**

- Con el material ya seleccionado y seco de la muestra representativa, se procede hacer el ensayo del agregado fino.
- En este ensayo se utiliza un molde normado de $1/10 \text{ pie}^3$ del cual su volumen es conocido, pero igual lo medimos para luego hacer el llenado y luego pesarlo.

FIGURA N° 21
Molde Para Hacer El Ensayo Peso Unitario Suelto (Fuente Propia)



- Con un cucharón se comienza a echar el agregado fino suavemente al molde con una corta distancia con ayuda del cucharón evitando que la muestra se compacte lo menos posible.

FIGURA N° 22

Proceso de llenado del molde (Fuente propia)



- Una vez lleno el molde, con ayuda de la varilla metálica procedemos a rasar el agregado y lo llevamos a la balanza para tomar su peso respectivo.

FIGURA N° 23

Peso del molde lleno para su peso unitario suelto (Fuente propia)



- Obtenemos el peso del molde más el Agregado Fino y con esto ya tenemos los datos necesarios para hallar el peso específico suelto del Agregado Fino.

3.1.5. PESO UNITARIO compactado del agregado fino

NORMAS

- MTC E-203 2000 Peso unitario y vacíos de los agregados.
- NTP 400.017 (2012), ASTM C29 el agregados. método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

OBJETIVO

- Calcular el mismo procedimiento del peso unitario suelto pero en esta vez se hace por capas de 25 golpes distribuidos uniformemente para tener el material compactado.

EQUIPOS DE LABORATORIO

- **Balanza:** Para pesar las muestras respectivas.
- **Horno:** Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- **Bandejas:** Para colocar las muestras respectivas.
- **Cucharas Metálicas:** para recoger las muestras respectivas.
- **Molde metálico:** Para hacer el ensayo.
- **Varilla Metálica:** de 5/8 lisa y con punta redondeado con un largo de 60 cm.
- **Regla Metálica:** Para medir.

PROCEDIMIENTO

- **PESO UNITARIO COMPACTADO:**

- Realizamos la selección de una muestra representativa, mediante el proceso de cuarteado.
- En este caso, con la ayuda de un cucharón, vaciamos nuestro agregado en tres capas, cada capa se compacta con la varilla de metal aplicándole 25 golpes con la misma intensidad en forma de espiral, se procede a pesar el molde con el agregado compactado.

FIGURA N° 24

Procedimiento de Compactación del Agregado Fino (Fuente propia)



- Volvemos a vaciar el molde hasta llenar completamente el molde y nuevamente damos los 25 golpes con la varilla metálica, para luego enrasar el agregado fino y pesar el molde.

FIGURA N° 25

Enrasado Del Molde Con La Varilla Metálica (Fuente Propia)



- El proceso se vuelve a repetir unas dos veces más para tener una mejor precisión en los datos para hallar el peso compactado.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

- **PESO UNITARIO SUELTO:** Una vez obtenido estos datos aplicamos la siguiente fórmula:

$$P.U.Suelto = \frac{P.del\ molde + Muestra - P.del\ molde}{volumen\ del\ molde} \quad (kg/m^3)$$

Fuente Propia

- **PESO UNITARIO COMPACTADO:** Una vez obtenido estos datos aplicamos la siguiente fórmula:

$$P.U.Compactado = \frac{P.del - P.del\ molde}{volumen\ del\ molde} \quad (kg/m^3)$$

Fuente Propia

TABLA N° 4
Peso unitario suelto del agregado fino

MUESTRA	PESO UNITARIO SUELTO		
	M-1	M-2	M-3
PESO DEL MOLDE (kg)	7.920	7.920	7.920
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (kg)	12.650	12.680	12.635
PESO DE LA MUESTRA (kg)	4.73	4.76	4.72
VOLUMEN DEL MOLDE (m ³)	0.003	0.003	0.003
PESO UNITARIO SECO (kg/m ³)	1576.67	1589.76	1571.67
PROMEDIO			1579.37

$$P.U. Suelto promedio = 1579.37 \text{ kg/m}^3$$

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5
Pesos Unitarios Compactado Del Agregado Fino

MUESTRA	PESO UNITARIO COMPACTADO		
	M-1	M-2	M-3
PESO DEL MOLDE (kg)	7.920	7.920	7.920
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (kg)	13.385	13.43	13.395
PESO DE LA MUESTRA (kg)	5.467	5.510	5.475
VOLUMEN DEL MOLDE (m ³)	0.003	0.003	0.003
PESO UNITARIO SECO (kg/m ³)	1821.67	1836.69	1825.00
PROMEDIO			1827.78

P.U. Compactado promedio = 1827.78 kg/m³

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

NORMAS

- AASHTO – T 27 Análisis granulométrico de los agregados.
- NTP 400.012-2001, ASTM C136 Análisis granulométrico del agregado fino, modelo de ensayos normalizado para la granulometría.

OBJETIVO

- Determinar la Composición Granulométrica del Agregado Fino.
- El modulo granulométrico es el resultado que se obtiene de dividir por 100 la suma de los tantos por ciento retenidos y acumulados de los tamices empleados.

EQUIPO DE LABORATORIO

- Balanza: con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.
- Bandejas: contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento.
- Tamices: tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.
- Maquina Tamizadora: Equipo encargado de provocar movimiento horizontal a los tamices, por el que el material caerá el material por las mallas.

PROCEDIMIENTO

- Para el ensayo de granulometría del agregado fino, primeramente realizamos el proceso de selección de material a través de cuarteo de la muestra.

FIGURA N° 26

Cuarteo para granulometría (Fuente propia)



- Primero seleccionamos los tamices estandarizados que corresponden para el agregado fino y son: 1/4", #4, #10, #20, #40, #100, #200, fondo.

FIGURA N° 27

Tamices estandarizados (Fuente propia)



- Colocamos los tamices ordenadamente colocándolos de un diámetro mayor arriba hasta el diámetro menor.
- Se coloca los tamices en la maquina tamizadora, y la dejamos tamizar el material alrededor de 5 min.

FIGURA N° 28

En la máquina tamizadora (Fuente propia)



- Luego de sacar la muestra una por uno de los tamices para tomar su peso.

FIGURA N° 29

Seleccionado de agregado luego del tamizado (Fuente propia)



- Una vez pesados, todas las muestras y de realizar por 3 veces el ensayo se tuvo que recolectar los datos necesarios para hacer la gráfica de la curva granulométrica

SEGÚN EL ASTM C 33.

Según el ASTM C 33 hay límites que necesitamos cumplir de tal forma que el agregado tenga ciertas características del tamaño de sus partículas para mejorar la calidad final del concreto.

TABLA N° 6
Límites y usos del agregado fino

MALLAS	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
1/4	100	100
N° 4	95	100
N° 10	80	100
N° 20	50	85
N° 40	25	60
N° 100	5	30
N° 200	0	10

Fuente Según Astm C-33

CÁLCULOS Y RESULTADOS

- Módulo de Fineza:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

Fuente: elaboración Propia

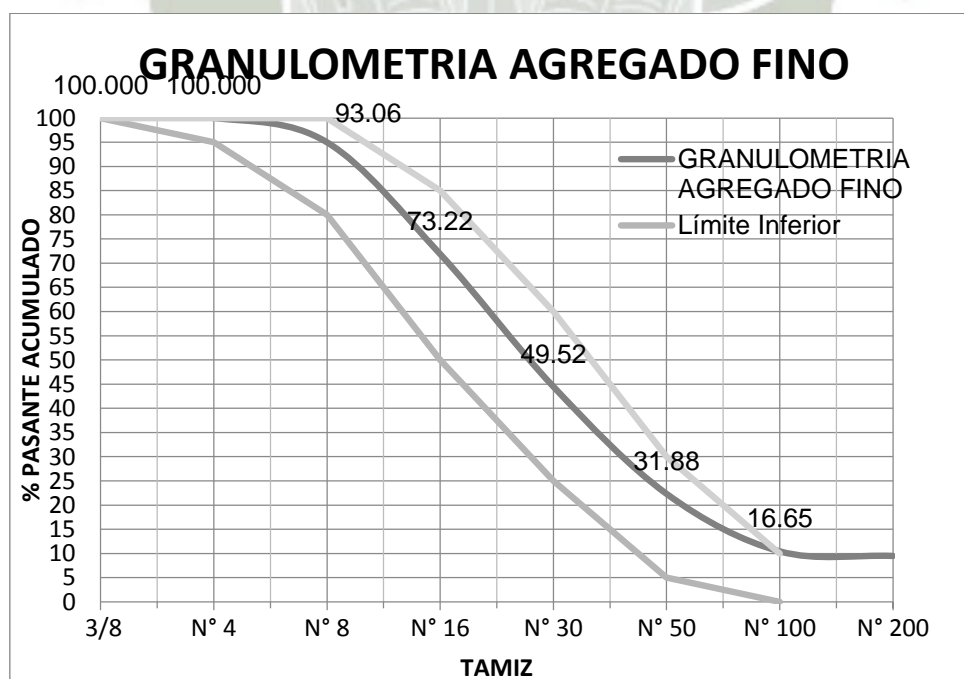
TABLA N° 7
Cuadro granulométrico del agregado fino

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO					
N° de Tamiz	Diámetro (mm)	Peso (W) en g.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
N° 3/8	9.525	0.00	0.00	0.000	100.000
N° 4	4.750	34.40	6.94	6.94	93.06
N° 16	1.18	98.30	19.83	26.78	73.22
N° 30	0.600	117.50	23.71	50.48	49.52
N° 50	0.300	87.40	17.64	68.12	31.88
N° 100	0.150	75.50	15.23	83.35	16.65
N° 200	0.075	53.20	10.73	94.09	5.91
Bandeja	0.000	29.30	5.91	100	0.00
Peso Total		495.6	100	Módulo de Fineza	2.954

El Modulo de fineza = 2.954

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICA 1
Curva Granulométrica del Agregado fino y los límites (Fuente propia)



3.1.7. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

NORMAS

- ASTM – C 128 para determinar la densidad la gravedad específica
- AASHTO – T 84
- NTP 400.021
- NTP 400.022

OBJETIVO

- El objetivo de esta experiencia es de determinar el peso específico absoluto del suelo, de cualquier material compuesto por partículas pequeñas cuya gravedad específica sea mayor que 1.
- Esta práctica es aplicable específicamente a suelos y agregados finos (o arenas) como los utilizados en mezclas de concreto.
- Determinar el peso específico aparente y real.
- Determinar la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño inferior a 4.75 mm.

EQUIPO DE LABORATORIO

- **Balanza:** con capacidad mínima de 1000 g y sensibilidad de 0.1 g.
- **Matraz aforado o picnómetro:** en el que se puede introducir la totalidad de la muestra y capaz de apreciar volúmenes con una exactitud de ± 0.1 cm³. Su capacidad hasta el enrase será, como mínimo, un 50 por ciento.
- **Molde cónico:** un tronco de cono recto, construido con una chapa metálica de 0.8 mm de espesor como mínimo, y de 40 ± 3 mm de diámetro interior en su base menor, 90 ± 3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 ± 3 mm de altura.

FIGURA N° 30
El Picnómetro con arena y agua (Fuente propia)



- Varilla para apisonado: metálica y recta, con un peso de 340 ± 15 g y terminada por uno de sus extremos en una superficie circular plana para el apisonado de 25 ± 3 mm de diámetro.
- Bandejas: para colocar el agregado con un tamaño apropiado
- Cocina o secadora: para que proporcione una corriente de aire caliente de velocidad moderada.

PROCEDIMIENTO

- Preparación de la muestra: se deja una porción de agregado fino, aproximadamente 1000 g a través del método del cuarteo, lo dejamos remojando en agua por 24 horas a más, de tal forma que el agua penetre en todos los poros del agregado, saturándolo completamente.

FIGURA N° 31

Agregado fino totalmente saturado (Fuente propia)



- La muestra previamente seleccionada la dejamos remojándose en agua y la vaciamos en una bandeja. Luego a dejamos secar superficialmente, en nuestro caso nos ayudamos con una cocina eléctrica, vamos removiendo el material constantemente a medida que va secando la muestra.

FIGURA N° 32

Secado de la muestra mediante una cocina
(Fuente propia)



- Luego con la misma muestra llenamos el cono y con ayuda del pistón procedemos a compactarlo dándole 25 golpes, luego de ello retiramos el cono, si la muestra

una vez sacado el cono conserva la forma eso indica que aún falta secar aún más la muestra, pero si por el contrario la muestra pierde la forma al sacar el cono eso indica que ya está lista.

FIGURA N° 33

Compactación del cono con la varilla (fuente propia)



- Luego de dejar secar el agregado podemos ver como se desmorona lo cual ya está listo para realizar el ensayo, proceder a pesar mínimo 500 g del agregado semi-seco, pesamos el picnómetro lleno con agua hasta los 500 ml y vaciamos el agregado seleccionado luego lo agitamos, dejamos que el agregado elimine todos los vacíos, luego se procede a retirar el agregado y se deja en el horno.

FIGURA N° 34

Agregado fino superficialmente seco (Fuente propia)



FIGURA N° 35

Se pone al honor el agregado fino (Fuente propia)



- Sacamos la muestra seca y pasamos hacer los respectivos cálculos del ensayo realizado.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$P.E = \frac{D}{E - C} \dots\dots\dots(1)$$

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

D= W muestra seca al horno.

E = Volumen del frasco.

C = W agua.

- PESO ESPECIFICO DE LA MASA SSS (SSS= SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA)

$$PE_{sss} = \frac{A}{E - C} \dots\dots\dots(2)$$

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

A =W Muestra sss + W probeta + W agua.

E = Volumen del frasco.

C = W agua.

➤ PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$PE_a = \frac{D}{(E - C) - (E - D)} \dots\dots\dots(3)$$

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

D= W muestra seca al horno.

E = Volumen del frasco.

C = W agua.

➤ Porcentaje de absorción:

$$Absorcion \% = \frac{E - D}{D} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

E = Volumen del frasco.

D = W muestra seca al horno.

TABLA N° 8
Peso específico y absorción del agregado fino

MUESTRA	DATOS		
	M-1	M-2	M-3
A (W muestra sss + W probeta + W agua)	957.5	959.5	955.0
B (W muestra sss + W probeta)	658	662	655
C (W agua) = A-B	299.5	297.5	300.0
D (W muestra secado al horno)	475	465	470
E (Volumen del frasco)	500	500	500
RESULTADOS			
Peso específico de la Masa (gr/m ³)	2.47	2.45	2.51
Peso específico Muestra sss (gr/m ³)	4.77	4.73	4.78
Peso específico Aparente (gr/m ³)	2.70	2.77	2.76
Porcentaje de absorción	0.70%	0.78%	0.85%
Promedio de peso específico (gr/m ³)			2.48
Promedio Peso específico Muestra sss (gr/m ³)			4.76
Promedio Peso específico Aparente (gr/m ³)			2.74
Promedio de % de absorción			0.78%

Fuente: Elaboración Propia

Promedio Peso específico de masa = 2.48 gr/m³

Promedio Peso específico de Muestra sss = 4.76 gr/m³

Promedio Peso específico Aparente = 2.74 gr/m³

% absorción = 0.78 %

3.1.8. ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO. NORMAS

- NTP 400.013, MTC E 213 Las impurezas orgánicas en el agregado fino.
- ASTM C 40 Método de ensayo normalizado para la detección de impurezas orgánicas.

OBJETIVO DEL ENSAYO

Este ensayo nos proporciona determinar aproximadamente la cantidad de material orgánico disponible para la presencia de impurezas orgánicas perjudiciales en el agregado fino.

EQUIPOS DE LABORATORIO

- Botella de vidrio: Las botellas deben ser una botella de 240 a 470 ml la cuales deben tener un tapón o tapa impermeable para que no entre ninguna otra impureza.
- Reactivo solución de hidróxido de sodio: es un reactivo químico que se utilizara para el ensayo.

PROCEDIMIENTO

- La preparación de la muestra será secada al aire (el horno cambiaría la composición química de los elementos orgánicos sometidos a ensayo).
- Del material secado desprendemos 500 g a través del método de cuarteo.
- Primero se toma una porción de agregado fino si se hace el cuarteo correspondiente.

FIGURA N° 36

Cuarteto del agregado para verificar las impurezas inorgánicas (Fuente propia)



- Luego llenar en una probeta hasta aproximadamente un nivel de 130 ml con la muestra del agregado fino.

FIGURA N° 37

Llenado de probeta (Fuente propia)



- Luego se añade la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen del agregado y el líquido indicado sea 200 ml.
- Luego de estar colocados los dos materiales se agita para que se combinen los materiales.
- Luego se deja reposando por 24 horas el ensayo en un determinado lugar.

- Finalmente se compara el ensayo con el color de la muestra patrón y se observa si es más oscuro o claro el color del líquido encima del agregado y se coloca el tipo que es.

FIGURA N° 38

Ensayo con la muestra patrón (Fuente propia)



TABLA N° 9

Escala de color Gardner

COLOR GARDNER ESTANDAR N°	PLACA ORGANICA N°
5	1
8	2
11	3
13	4
16	5

Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS DEL ENSAYO

- Los resultados que nos presenta en el ensayo de las impurezas orgánicas es de color más claro que el patrón N° 11 es una agregado aceptada.

3.1.9. AGREGADO ARTIFICIAL DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO

El poliestireno expandido son las perlititas blancas de 3mm o 4mm que se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros por su baja densidad y por su aislamiento térmico al calor y al frío. La inclusión del poliestireno es una manera de poder brindarle propiedades al concreto liviano, esta mismas se incorpora en la masa del concreto durante el proceso de mezclado. Se adquirió dicho material en bolsas de 5 kg. Su producción es industrial, en su composición química no contiene compuestos flúor cloros carbonados. (ECOPLAST, 2011)

FIGURA N° 39
Poliestireno expandido de 5 Kg (Fuente propia)

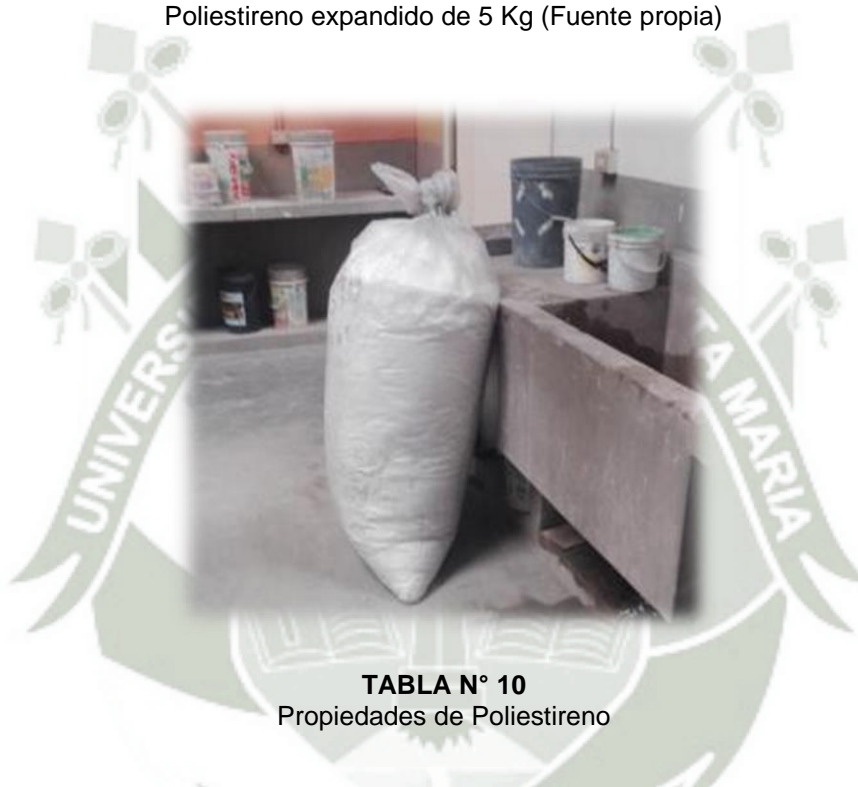


TABLA N° 10
Propiedades de Poliestireno

DESCRIPCION	
FORMA GEOMÉTRICA	Esférico
COLOR	Blanco
DENSIDAD	10 kg/m ³
SOLUBILIDAD	No es hidrosoluble
CADUCIDAD	En condiciones normales

Fuente: Adaptado De coplas, 2011

3.1.10. DENSIDAD y ABSORCIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO NORMAS

- NORMA ASTM C 578-92 para ver las diferentes densidades del poliestireno expandido.
- ASTM D578-14 para ver la absorción del poliestireno expandido.

OBJETIVO DEL ENSAYO

Las propiedades estudiadas de un material deben estar relacionadas con las condiciones reales de trabajo.

DENSIDAD: Una de las principales propiedades del EPS que lo hace atrayente como relleno ligero es su baja densidad, la cual se encuentra entre 12 kg/m^3 y 48 kg/m^3 (ASTM D578-14) (Tabla 1.1)

GRÁFICA N° 3

(Tabla 1.1) Valores de las densidades del poliestireno expandido

CLASIFICACION	TIPO													
	XI	I	VIII	II	IX	X	IV	XV	XII	X	XIII	IV	VI	VII
Densidad Min(kg/m3)	12	15	18	22	29	38	48	19	21	26	23	26	35	48

Fuente de ASTM D-578-14

Las designaciones y densidades del poliestireno expandido para Japón y el reino unido aparecen en Japón (Miki, 1996., citado por Elragi, 2006.)

Se tiene las siguientes aplicaciones de acuerdo a su densidad:

- Concreto liviano con densidad entre $250 - 550 \text{ (kg/m}^3)$ Se usa para protección contra incendios y aislamiento térmico.
- Concreto liviano con densidad entre $600 - 800 \text{ (kg/m}^3)$ Se usa en rellenos, en coberturas ambientales para prevención de derrumbes, en reacondicionamiento de sistemas de alcantarillado, y mampostería.
- Concreto liviano con densidad entre $800 - 900 \text{ (kg/m}^3)$ Se usa en la construcción de bloques y otros elementos no portantes.
- Concreto liviano con densidad entre $1100 - 1400 \text{ (kg/m}^3)$ Se usa en paredes prefabricadas o fundidas en el sitio, ya sean portantes o no portantes, también se usa con éxito en nivelado de pisos.

“Estas aplicaciones son dispuestas por la empresa Tecnología en construcción con poliestirenos.com. Donde se presentaron en aplicaciones según su densidad. (Rengifo y Yupanqui, 2013)

3.2. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO LIVIANO

El diseño de mezclas del concreto liviano es el proceso mediante volúmenes el cual utilizamos los baldes de 4 litros por lo cual el poliestireno expandido ocupa mucho volumen para este tipo de mezcla y/o dosificación se le denominara con una codificación de tipo carácter-numérica conocida como "D-1, D-2, D-3". Se utilizó el diseño de mezclas para poder calcular las cantidades de los materiales a usarse con el fin de lograr un concreto de una buena calidad, que permita una correcta trabajabilidad, durabilidad, etc.

El diseño de mezclas no se hizo una específica ya que es un tema de investigación lo cual se busca el diseño adecuado para poder fabricar unidades de concreto liviano el cual cumpla con la norma E0.70, permita reducir costos así como obtener menores variabilidades dentro de la misma mezcla.

3.2.1. ESPECIFICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA

Para las especificaciones de la mezcla vamos a tener en cuenta todas las características del material del agregado que se utilizó en el laboratorio para poder desarrollar el diseño de mezclas para un concreto liviano, utilizaremos los datos correspondientes.

TABLA N° 11
Características del agregado

CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO
Contenido de Humedad	4.76%
Peso Unitario Suelto	1579.37 kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1827.78 kg/m ³
Peso Especifico	2.48 kg/m ³
% de Absorción	0.78
Módulo de Fineza	2.954
Impurezas Orgánicas	No presenta Impurezas. Orgánicas

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. SECUENCIA DE DISEÑO DE MEZCLA

A este tipo de mezcla y/o dosificación. Se utilizó para el diseño de mezclas el método de diseño Walker. Se determinaron las características de los materiales que constituyen la masa. Utilizaremos la tabla N° 3.8, para poder desarrollar el diseño de mezclas para este tipo de concreto liviano.

Con las características y/o propiedades establecidas, se inició el proceso de diseño con la determinación de:

- Promedio de la resistencia a la compresión $F'c$. que responde a la formula siguiente:

$$F'c = F'cr \text{ de diseño} + 70 \text{ kg/cm}^2.$$

Fuente: Elaboración Propia

- Elección del asentamiento (Slump) De acuerdo a la consistencia se eligió el tipo de asentamiento que es de 3" a 4"
- Selección de tamaño máximo del agregado, Se consideró el tamaño máximo nominal de 3/8" (9.50mm). Debido a que es el tamaño máximo que puede tener las perlitas del poliestireno expandido.
- Estimación del agua de mezclado y contenido de aire Se tomó la cantidad de agua correspondiente a 208 l/m³ y el concreto debido a sus características y a adición de poliestireno expandido en reemplazo del agregado grueso, tendrá un contenido de aire igual a 3%

- Elección de la relación agua/cemento (a/c) Su contenido de agua el cual será de: 0.64
- Calculo del contenido de cemento. El contenido de cemento responde a la siguiente formula:

$$\text{Contenido de Cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lts/m}^3\text{)}}{\text{Relacion a/c}}$$

Fuente: Elaboración Propia

Hallado un total de **325 kg/m³**

- Estimación del contenido de agregado grueso sabemos que el peso seco del agregado grueso se define por:

$$\text{Peso seco (kg/m}^3\text{)} = \text{Volumen agregado} \times \text{Peso Unitario Compactado}$$

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta que se reemplazara en su totalidad el agregado grueso por el poliestireno expandido (perlitas de 3 o 4mm). Se tomara el mismo volumen proporcional, el cual es de 0.50 m³, luego teniendo el peso unitario compactado con un valor de 8 kg/m³, se determinara el contenido del poliestireno expandido en por peso seco.

Teniendo un valor de: **4 kg/m³**

- Estimación del contenido de agregado fino. Se determinara el contenido de agregado fino con apoyo de los volúmenes de agua, cemento, contenido de aire y el reemplazo del agregado grueso.

TABLA N° 12
Volumen de los materiales de la mezcla

Volumen de agua	$208 / 1000 = 0.208$
Volumen de cemento	$325 / (2.88 \times 1000) = 0.113$
Volumen de Ag. Grueso o poliestireno	$4 / (0.01 \times 1000) = 0.400$
Volumen de aire atrapado	$3 / 100 = 0.03$
volumen subtotal	= 0.751

Fuente: Elaboración Propia

- Volumen absoluto de arena Se determinara mediante la diferencia del volumen unitario y el volumen subtotal hallado.

$$\text{Volumen del Ag. Fino} = \text{Volumen unitario (1 m}^3\text{)} - \text{volumen subtotal m}^3$$

Fuente: Elaboración Propia

Volumen absoluto de agregado fino será: **0.249 m³**

- El peso seco corresponde a:

$$\text{Peso seco del Ag. Fino} = V \text{ Ag. Fino} \times P \text{ E. del Ag. Fino}$$

Fuente: Elaboración Propia

Peso seco del agregado fino será: **617.52 kg/m³**

Ajustes por humedad y absorción Los agregados tienen un % de humedad, por lo tanto se tienen que tomar en cuenta en el peso de los mismos, los pesos corregidos serán:

$$\text{Peso corregido} = p \text{ seco del Ag. Fino} \times \left(1 + \frac{\% \text{ de humedad}}{100}\right)$$

Fuente: Elaboración Propia

Peso corregido Ag. Fino = 617.52×1.0476

Peso corregido de Agregado fino húmedo: **646.54 kg/m³**.

- Agua efectiva : El agua que se pierde por absorción de los agregados se determina mediante:

$$\text{Agua efectiva} = (\text{peso seco del Ag. Fino}) \times \left(\frac{\% \text{humedad} - \% \text{absorción}}{100} \right) +$$

Fuente: Elaboración Propia

Agua efectiva = 617.52 x 0.0398 + agua de diseño

El agua efectiva es: **232.57 kg/m³**

- Dosificación

Donde se tiene como resultados:

TABLA N° 13
Dosificación de mezclas en peso

Descripción	Dosificación por peso seco kg/m ³	Dosificación por peso húmedo kg/m ³
Cemento	325	325
Poliestireno	4	4
Ag. fino	617.52	646.54
Agua	208	232.57
Aire (%)	3	3

Fuente: Elaboración Propia

- Proporción en volumen:

$$\frac{\text{Vol. cemento}}{\text{peso cemento}} : \frac{\text{Vol. Ag fino}}{\text{Peo cemento}} : \frac{\text{Vol. Poliestireno}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Agua}}{\text{Peso Cemento}}$$

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 14
Dosificación de mezclas por volumen

Descripción	Dosificación por volumen seco	Dosificación por volumen húmedo
Cemento	1	1
Poliestireno	4	4
Ag. fino	1.90	198
Agua	0.64	0.71

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presenta una tabla de valores en kg. Para unidades de albañilería con un volumen de 0.0082 m³.

TABLA N° 15

Dosificación en peso para unidades de albañilería

Cemento	2.66 kg
Poliestireno	32.8 gr
Ag. fino	5.06 kg
Agua	1.558 l

Fuente: Elaboración Propia

Luego de realizar el diseño de mezcla podemos observar en la tabla 3.14 que para el poliestireno expandido se tiene que utilizar un peso de 32.8 gr, Es un valor muy alto para el diseño de mezcla por su volumen, por lo tanto utilizaremos otro tipo de diseño de mezclas y se reemplazará el diseño de mezcla por un diseño de tanteo para la investigación.

El poliestireno expandido es un material muy ligero lo cual utilizamos dosificaciones por volúmenes para poder hacer diferentes tipos de diseños por tanteo para la investigación y así llegar a la resistencia adecuada que es 25 kg/cm^2 a 30 kg/cm^2 la cual se encuentra en la norma.

3.3. ELABORACIÓN EXPERIMENTAL DE DISEÑOS PARA LAS PROBETAS DE CONCRETO

3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO REALIZADO

En el diseño realizado son ensayos por tanteo para poder realizar las diferentes briquetas para poder llegar a una resistencia de 25 kg/cm^2 lo cual este tipo de diseño no es estructural es un diseño para estructuras no portantes, lo cual haremos diferentes tipos de proporciones para poder fabricar.

3.3.2. PRESENTACIÓN DE LOS DISEÑOS por tanteo d1, d2, d3, d4, d5 y d6

3.3.2.1. EL DISEÑO d1: ES RELACIÓN 1:1:2, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA

La siguiente presentación de los materiales para llevar a cabo el mezclado, la elaboración de probetas y la prueba de la trabajabilidad.

TABLA N° 16
Diseño D1

DESCRIPCION	KG
CEMENTO	4.28
ARENA GRUESA	5.995
POLIESTIRENO	0.1(gr)
AGUA	3.45

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.2. EL DISEÑO d2: ES RELACION 1:2:3, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA

TABLA N° 17
Diseño D2

DESCRIPCIÓN	KG
CEMENTO	4.28
ARENA GRUESA	11.99
POLIESTIRENO	0.15(gr)
AGUA	3.95

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.3. EL DISEÑO C: ES RELACION 1:3:4, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA

TABLA N° 18
Diseño D3

DESCRIPCIÓN	KG
CEMENTO	4.28
ARENA GRUESA	17
POLIESTIRENO	0.2(gr)
AGUA	4.40

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.4. EL DISEÑO d: ES RELACION 1:2:2, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA

TABLA N° 19
Diseño D4

DESCRIPCIÓN	KG
CEMENTO	4.28
ARENA GRUESA	11.99
POLIESTIRENO	0.1(gr)
AGUA	3.75

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.5. EL DISEÑO d: ES RELACION 1:3:3, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA

TABLA N° 20
Diseño D5

DESCRIPCIÓN	KG
CEMENTO	4.28
ARENA GRUESA	17
POLIESTIRENO	0.15(gr)
AGUA	4.30

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.6. EL DISEÑO d: ES RELACION 1:3:5, CEMENTO + ARENA + POLIESTIRENO EXPANDIDO + AGUA

TABLA N° 21
Diseño D6

DESCRIPCIÓN	KG
CEMENTO	4.28
ARENA GRUESA	17
POLIESTIRENO	0.25(gr)
AGUA	4.75

Fuente: Elaboración Propia

Los diseños de mezclas por tanteo más representativos para elaborar concreto liviano se da en el D1, D2 y D3, los otros ensayos D4, D5 y D6 no resaltan en la investigación.

3.3.3. EL MEZCLADO DE CONCRETO LIVIANO

NORMA

- NTP 339.036.1999, ASTM C-172M

EQUIPOS DEL LABORATORIO

- Trompo de 5 pies cúbicos: para poder hacer la mezcla.
- Baldes grandes y pequeños: para poder llenar los agregados.
- Balanza: para poder pesar los agregados.
- Badilejo.
- Cucharón.

PROCEDIMIENTO

- Primero se hace el pesado y colocado de los agregados que se van a mezclar, luego utilizamos baldes pequeños donde está el agregado, el poliestireno, el cemento y el agua debido a la medida en volumen para la mezcla.

FIGURA N° 40
Los agregados listos para colocar al trompo
(Fuente propia).



- El mezclado del concreto liviano puede hacerse de manera mecánica o manual, de la técnica que se utilice depende la homogeneidad y resistencia del concreto. Sin embargo, el procedimiento mecánico ha resultado ser el que brinda mejores

características a la mezcla, es por eso que el mezclado mecánico es el que se realizó en esta investigación.

- Se introdujeron los materiales a la mezcladora. luego se dejó mezclar los materiales para homogenizarlos en la mezcladora. se prosiguió con la adición del agua necesaria de acuerdo a lo especificado en las dosificaciones del diseño D1.

FIGURA N° 41

El mezclado del concreto liviano (Fuente propia)



- Se verifica que se mezcla homogéneamente el poliestireno expandido con la pasta de concreto. Después de que haya una uniformidad en la mezcla se dispone de ella para su colado a una bandeja metálica, para visualización a la adherencia las perlas de poliestireno expandido a la pasta de concreto.

FIGURA N° 42

Vista de la adherencia del poliestireno a la mezcla
(Fuente propia)



3.3.4. CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO

NORMA

- NTP 339 ASTM C-143, para ver el asentamiento

OBJETIVO DEL ENSAYO

- El ensayo para determinar la consistencia del concreto se establece que el asentamiento deberá hacerse dentro de los 5 minutos posteriores a la obtención de la mezcla del concreto.

EQUIPOS PROPIOS Y DEL LABORATORIO

- **El Cono de Abrams:** Para realizar el ensayo de fluidez del concreto fresco.
- **Varilla metálica de compactación:** Debe ser varilla de acero con borde redondeado, recta, lisa y de sección circular con un diámetro de 5/8" y una longitud mínima de 30cm.
- **Cucharón:** Herramienta para color el concreto a los moldes.
- **Regla o Wincha:** Para poder medir el Slump.
- **Balanza:** Para pesar las muestras representativas.

PROCEDIMIENTO

- El cono de Abrams debe de estar en una plancha metálica sostenida el cono con los pies los cuales tiene unos a pollos para poder pisar y así no se mueva.
- Luego se hace el llenado del cono de Abrams dividiendo en tres capas distribuidas uniformemente iguales para luego echar el concreto, posteriormente se introduce la varilla metálica y se da 25 golpes al alrededor del cono.
- Posteriormente luego de estar lleno el cono se enrasado la superficie, se comienza hacer el retiro del cono de Abrams en una dirección vertical para poder observar el Slump.

FIGURA N° 43
Luego de sacar el cono de Abrams
(Fuente propia)



- finalmente luego de retirar verticalmente el cono se produce un asentamiento, lo cual se pone la varilla metálica horizontal encima de la superficie del cono y se puede medir cuanto es asentamiento o Slump.

FIGURA N° 44
Medición de su asentamiento o Slump
(Fuente propia)



- En el caso de nuestra investigación el asentamiento que tenemos en nuestro diseño de mezcla es un asentamiento de 6" lo cual es un concreto fluido.

3.3.5. ELABORACIÓN DE PROBETAS

NORMA

- NTP 339.183 ASTM C-31, preparación y curado de probetas.

OBJETIVO DEL ENSAYO

- El objetivo del ensayo es poder desarrollar la elaboración de probetas para poder hacer los ensayos a la compresión para saber cuánto de resistencia nos puede dar un concreto liviano.

EQUIPOS PROPIOS Y DEL LABORATORIO

- **Moldes:** Cilindros de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro, deben cumplir los requisitos de la norma.
- **Varilla metálica de compactación:** debe ser varilla de acero con borde redondeado, recta, lisa y de sección circular con un diámetro de 5/8" y una longitud mínima de 30 cm.
- **Martillo de goma:** Con cabeza de caucho o goma, con una masa de 0,6 kg \pm 0,2 kg.
- **Cucharón:** Herramienta para color el concreto a los moldes.
- **Badilejo:** Herramienta necesaria para el terminado del concreto.
- **Bandeja de metal:** para la toma de la muestra, debe ser no absorbente y de lámina gruesa.

PROCEDIMIENTO

- Se hace la evaluación de los moldes cilíndricos si se encuentran en buen estado, a los moldes se le hace una limpieza para eliminar las impurezas en toda su interior y base para luego poder echar un lubricante apropiado para poder desmoldar y así no altere el concreto.
- La colocación del concreto en el molde se realiza por capas, el número de capas requeridas depende de las dimensiones del molde, así para los moldes usados en esta investigación se requiere un número de 3 capas distribuidas uniformemente.
- La compactación del concreto se realizó con la varilla metálica, por cada capa de concreto debe introducir la varilla y se comienza a dar un total de 25 golpes por capa; el número de golpes depende de las dimensiones del molde.
- Una vez terminada de colocar la mezcla en los moldes se debe evitar en lo posible su transporte, pues el movimiento excesivo del concreto en estado fresco puede provocar segregación.

FIGURA N° 45

Elaboración de Briquetas de poliestireno expandido
(Fuente propia)



- Las probetas deben permanecer dentro de los moldes un mínimo de 24 horas, de acuerdo con lo establecido en la norma, después de este tiempo serán retiradas de los moldes y se procederá con su curado.

3.3.6. CURADO DE PROBETAS

NORMA

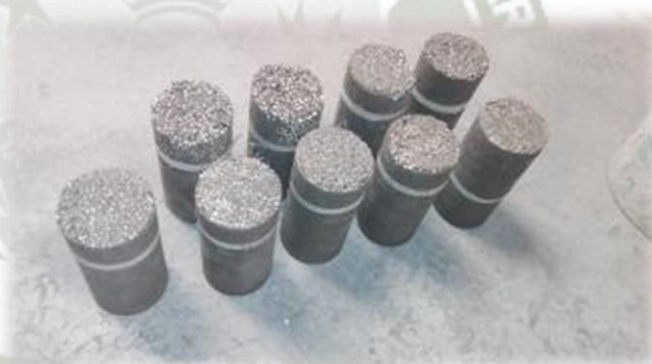
- NTP 339.183 ASTM C-192, preparación y curado de probetas.

PROCEDIMIENTO

- Debido a facilidad del método y a la disponibilidad de instalaciones en el laboratorio, se optó por realizar el curado de especímenes mediante el método de inmersión en agua, cuyo detalle se encuentra en la norma indicada, poniendo la fecha y el diseño realizado.
- Los especímenes permanecerán en estas condiciones hasta su respectivo día de rotura, lo que ayudará al concreto a continuar el proceso de hidratación del cemento, para evitar los procesos de evaporación excesiva que pueden provocar fisuras y que finalmente pueden afectar la resistencia del concreto.

FIGURA N° 46

Se puso la flecha en las cintas para el curado
(Fuente propia)



3.3.7. ENSAYO A LA COMPRESIÓN SIMPLE

NORMA

- NTP 339.034.1999, ASTM C-39.

EQUIPOS DEL LABORATORIO

- Prensa hidráulica para compresión simple.
- Placas metálicas.
- Tapas de neopreno.
- Vernier.

PROCEDIMIENTO

- Identificar las probetas a ensayar para determina la resistencia a compresión haciendo uso de cilindros de concreto manteniendo sus dimensiones en una relación de diámetro igual a uno y altura dos veces el diámetro.
- Con ayuda del vernier se hace lecturas en dos diferentes partes, para calcular su sección circular de la probeta.

FIGURA N° 47

Probetas para el ensayo a la compresión
(Fuente propia)



- Luego se aplicará una carga axial a una velocidad que está dentro de un rango determinado hasta que la muestra falle.
- Las probetas deben centrar en la máquina de ensayo a compresión hasta completar la ruptura. este ensayo se lleva a cabo de acuerdo a la norma ASTM C39, ver la figura de 3.19 y se determina de la siguiente forma:

$$F'c = \frac{PESO AXIAL}{AREA}$$

Fuente: Elaboracion Propia

DONDE:

- ❖ $F'c$ = Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
- ❖ P= peso axial (kg)
- ❖ A = área de la sección en cm²

FIGURA N° 48
Ensayo a la compresión
(Fuente propia)



3.3.8. SELECCIÓN DE DISEÑO ÓPTIMO DE MEZCLA PARA UNIDADES DE CONCRETO LIVIANO PARA MUROS DE TABIQUERIA.

Luego de hacer un diseño mezcla óptimo de muros NP (no portante) se comenzó a fabricar las unidades de concreto liviano para muros de tabiquería, a las que se refiere esta norma E0.70 a los ladrillos y bloques NP en cuya elaboración fue manual, la elaboración fueron 10 ladrillos diarios para poder hacer una cantidad adecuada para poder fabricar muretes.

3.3.8.1. ELABORADOS de ladrillos y bloques CON POLIESTIRENO EXPANDIDO

OBJETIVO

Se elaboró los ladrillos y bloques con poliestireno expandido con los siguientes equipos propios y del laboratorio para poder analizar los diferentes ensayos y hacer las diferentes comparaciones con un ladrillo pandereta y bloque de concreto.

EQUIPOS PROPIOS Y DEL LABORATORIO

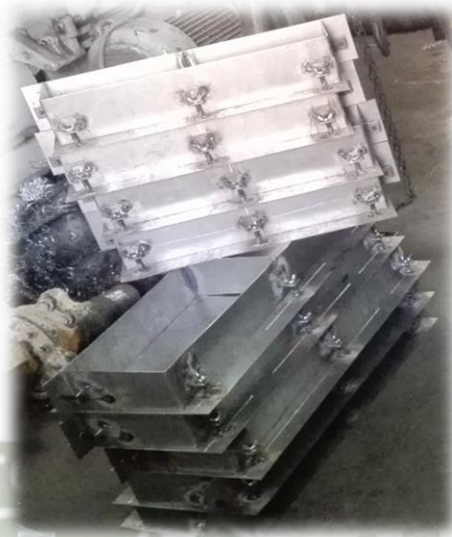
- **Moldes rectangulares de ladrillo:** los moldes rectangulares son de 13 cm de ancho, 10 cm de alto y 24 cm de largo lo cual son medidas de ladrillos existentes.

- **Moldes rectangulares de bloque:** los moldes rectangulares son de 19 cm de ancho, 9 cm de alto y 39 cm de largo lo cual son medidas de bloque existentes.
- **Varilla metálica de compactación:** debe ser varilla de acero con borde redondeado, recta, lisa y de sección circular con un diámetro de 5/8" y una longitud mínima de 30cm.
- **Martillo de goma:** Con cabeza de caucho o goma, con una masa de 0,6kg.
- **Cucharón:** Herramienta para color el concreto a los moldes.
- **Badilejo:** Herramienta necesaria para el terminado del concreto.
- **Bandeja de metal:** para la toma de la muestra, debe ser no absorbente y de lámina gruesa.

PROCEDIMIENTO

- Se evalúa los moldes rectangulares de ladrillos y bloque se elaborara 2 ladrillos y 2 molde de bloques, a los moldes se le hace una limpieza para eliminar las impurezas en toda su interior y base para luego poder echar un lubricante apropiado para poder desmoldar y así no altere el concreto.
- Los moldes de ladrillos y de bloques fueron fabricados en un taller de estructuras metálicas lo cual nos servirá para la investigación y fabricación de nuestro ladrillo y nuestro bloque de concreto liviano.

FIGURA N° 49
Moldes de ladrillos y bloques
(Fuente propia)



- La colocación del concreto en el molde de ladrillo y de bloques se realiza por capas, los moldes usados en esta investigación se requiere un número de 3 capas distribuidas uniformemente.
- La compactación del concreto se realizó con la varilla metálica, se introduce la varilla y se comienza a dar un total de 25 golpes por capa, para luego llenar los moldes dobles de ladrillo, lo mismo se hará con los moldes de bloques.

FIGURA N° 50
Molde doble de ladrillo de 13 cm x 10 cm x 24 cm con concreto liviano (Fuente propia)



FIGURA N° 51

Molde doble de bloques de 19 cm x 9 cm x 39 cm con concreto liviano
(Fuente propia)



- Los ladrillos y los bloques solidos fueron desmoldaron después de 24 horas y curados diariamente por chorros de agua.

FIGURA N° 52

Desenfofrado de los ladrillos de concreto liviano
(Fuente propia)



FIGURA N° 53

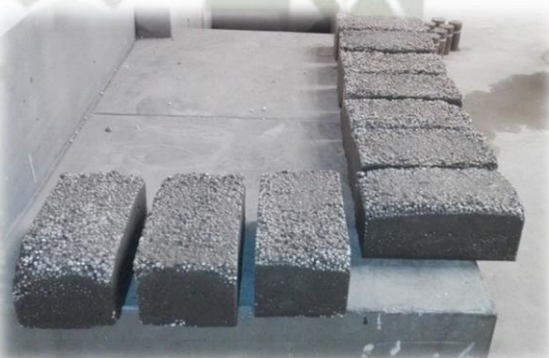
Desencofrado de bloques de concreto liviano
(Fuente propia)



- Se fabricaban 10 ladrillos diarios para luego hacerlo secar para posteriormente hacer diferentes ensayos.

FIGURA N° 54

Ladrillos de concreto liviano (Fuente propia)



- Posteriormente luego de tener la resistencia adecuada que está reglamentada se fabricó como 50 unidades más de ladrillo para poder hacer los ensayos de pilas y de muretes.

3.3.9. CONTROL A LAS PROPIEDADES DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

Para los propósitos de esta investigación se utilizaron ladrillos pandereta tubular, de albañilería no estructural producidos industrialmente y artesanal por una fábrica que presenta una participación significativa en el mercado. Este ladrillo se caracteriza por presentar en su superficie rayas dándole la forma tubular que contribuye a la adherencia ladrillo-mortero, razón por la cual se optó por este tipo de ladrillo pandereta por que más se utiliza para muros de tabiquería.

Especificaciones técnicas del fabricante:

TABLA N° 22
Ladrillo mecanizado

DESCRIPCIÓN	LADRILLO
TIPO	PANDERETA MECANIZADO
DIMENSIONES	13.8 X 10 X 22
PESO	2.6 KG
RENDIMIENTO	36 M2

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 23
Ladrillos artesanales

DESCRIPCIÓN	LADRILLO
TIPO	PANDERETA ARTESANAL
DIMENSIONES	14 X 9 X 22.50
PESO	3. 20 KG
RENDIMIENTO	36 M2

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 24
Ladrillo de concreto liviano

DESCRIPCIÓN	LADRILLO
TIPO	CONCRETO LIVIANO
DIMENSIONES	13.5 X 10X 23
PESO	2.98 KG
RENDIMIENTO	36 M2

Fuente: Elaboración Propia

Se aseguró que los ladrillo a utilizar estuvieran libres de cualquier daño que pudiera afectar los resultados de los ensayos son realizados con la finalidad de clasificar a las unidades desde el punto de vista no estructural. Después de presentar todos los ensayos se clasificará la unidad de albañilería comparando con la tabla de la Norma E.070.

3.3.10. ENSAYO DE DENSIDADES ENTRE MASA Y VOLUMEN

3.3.10.1. Densidades de probetas

En esta prueba determinaremos las densidades del concreto liviano de la investigación corresponde, con la siguiente formula:

$$D = \frac{P}{V}$$

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

D= Densidad. (kg/cm³)

P= Peso de la Muestra. (kg)

V= Volumen de la Muestra. (cm³)

Luego de tener el valor hallado determinaremos que probeta es más densa de las mezclas en relación con su masa (kg) para ver la característica de ligera que tiene todo concreto liviano. Se necesita saber las dimensiones de cada muestra, como también su peso (masa) para determinar sus volúmenes y en su defecto sus respectivas densidades.

3.3.10.2. DENSIDADES DE UNIDADES DE LADRILLOS Y BLOQUES

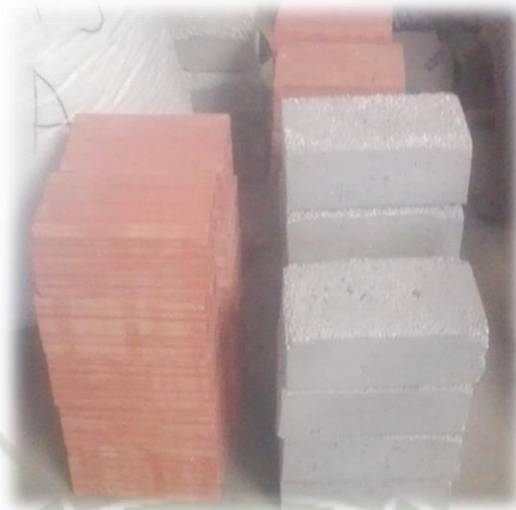
En las densidades de unidades también vamos a tener el mismo procedimiento que se va a llevar como en las probetas tenemos que tener la masa (kg) de los ladrillos y bloques y determinar su volumen para luego tener sus respectivas densidades.

3.3.11. Resistencia a la compresión a las unidades de albañilería

En esta imagen se observa las unidades que van hacer ensayadas en el laboratorio de la Universidad Católica Santa María, para poder saber su resistencia de cada uno de las unidades.

FIGURA N° 55

Ladrillos mecanizados, artesanal y de concreto liviano
(Fuente propia)



Este ensayo, hecho sobre una muestra compuesta por 3 unidades enteras, proporciona la resistencia a compresión axial de la unidad de ladrillo, así como también una medida de su durabilidad, ya que a mayor resistencia, mayor durabilidad del ladrillo. Una vez secas las unidades, se les colocó un capping de yeso-cemento, para obtener una superficie uniforme de contacto entre la unidad y el cabezal de la máquina de compresión. Antes del ensayo a compresión se debe medir las dimensiones de cada unidad de ladrillo.

FIGURA N° 56

Capping de los ladrillos con yeso-cemento
(Fuente propia)



Al igual que en punto 3.3.7 del capítulo anterior esta prueba determinara la resistencia a compresión haciendo uso de ladrillo mecanizado, el ladrillo artesanal y el

ladrillo de concreto liviano, luego se aplicará una carga axial a una velocidad que está dentro de un rango determinado hasta que la muestra falle.

Como se aprecia en la imagen se usó el mismo equipo para la realización del presente ensayo así como en los siguientes ensayos a realizar en esa investigación.

FIGURA N° 57

Ensayo a la compresión al ladrillo
(Fuente propia)



3.3.12. Prismas de Albañilería

Los prismas son pequeños especímenes que nos permiten predecir el comportamiento de los muros de albañilería, mediante ensayos que determinan los parámetros requeridos para el análisis y el diseño no estructural. los prismas son sometidos a solicitaciones semejantes a la realidad, para determinar la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad y la resistencia al corte de la albañilería se construyeron tres pilas y tres muretes usando los ladrillos pandereta y artesanal y de concreto liviano y mortero similares a los muros.

3.3.12.1. ELABORACIÓN de PILAS

- El parámetro de elaboración de las pilas de albañilería a definir en esta investigación es la altura, esta característica se definió usando el rango de la norma técnica de edificación E.070 albañilería (sencico 2004). Además, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones para la construcción de las pilas.

- Con estas consideraciones se construyeron pilas de 3 hiladas, para las cuales se usaron las unidades artesanales e industriales y las de concreto liviano. Por cada serie se hicieron 3 muestras de pilas, se construyeron 3 pilas, lo que dio un lugar de un total de 9 pilas, para luego hacer las respectivas pruebas correspondientes.

FIGURA N° 58

Pilas de ladrillos artesanal, mecanizado y concreto liviano (Fuente propia)



3.3.12.2. CALCULO A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS

La resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería se obtiene de la relación carga máxima sobre el área bruta de la pila.

Formula:

$$F'c = \frac{Pmax}{Area\ de\ la\ pila}$$

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

F'c = resistencia a la compresión axial. (Kg/cm²)

Pmax = Fuerza máxima que resiste la pila. (Kg)

Área = Área bruta transversal a la fuerza. (cm²)

Para calcular la desviación estándar es la resta de una desviación a la resistencia promedio, Según la Norma E.070 el valor de f'c tiene que ser

corregido por esbeltez.

$$F'c = \frac{F'c}{\sigma}$$

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

$F'c$ = Resistencia característica a compresión axial (kg/cm²)

σ = Desviación estándar (kg/cm²)

3.3.12.3. ELABORACIÓN DE MURETES DE ALBAÑILERÍA

La construcción de murete tiene las siguientes características, el tipo de ladrillo que se utilizó fue el ladrillo pandereta y el ladrillo de concreto liviano lo cual tiene una dimensiones de 60 cm de ancho y 60 cm de alto con un espesor 11 cm, la juntas es 1.0 cm relleno con mortero, para evitar la falla local por aplastamiento del ladrillo, los ladrillos ubicados en las esquinas opuestas del murete fueron rellenos con mortero, luego se Colocó una capa de capping yeso-cemento en las esquinas opuestas.(norma E 0.70)

FIGURA N° 59
Muretes típico como está en Norma E0.70
(Fuente propia)

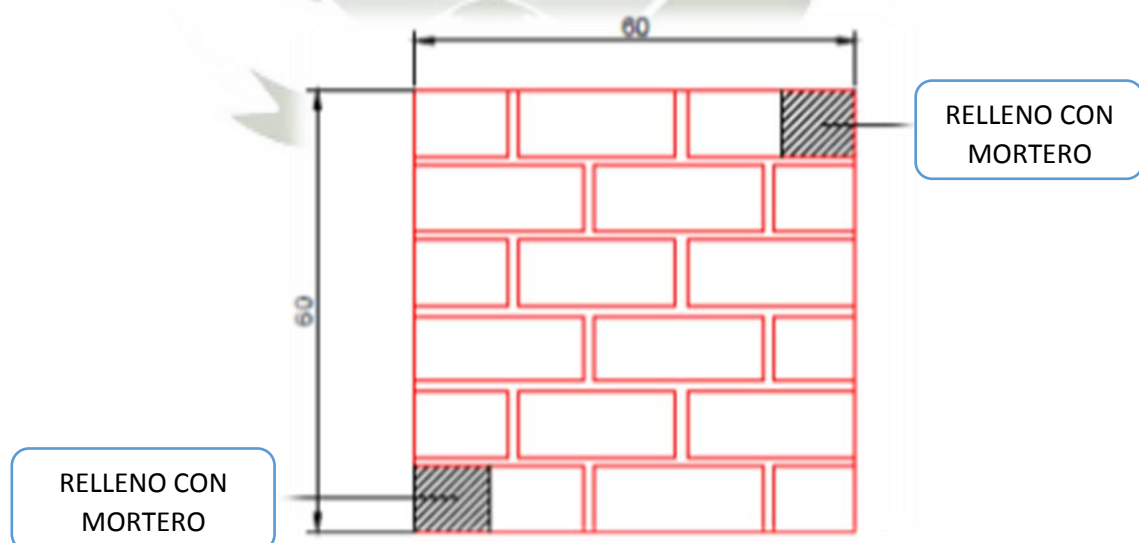


FIGURA N° 60

Muretes de ladrillo concreto liviano y de ladrillo pandereta
(Fuente propia)



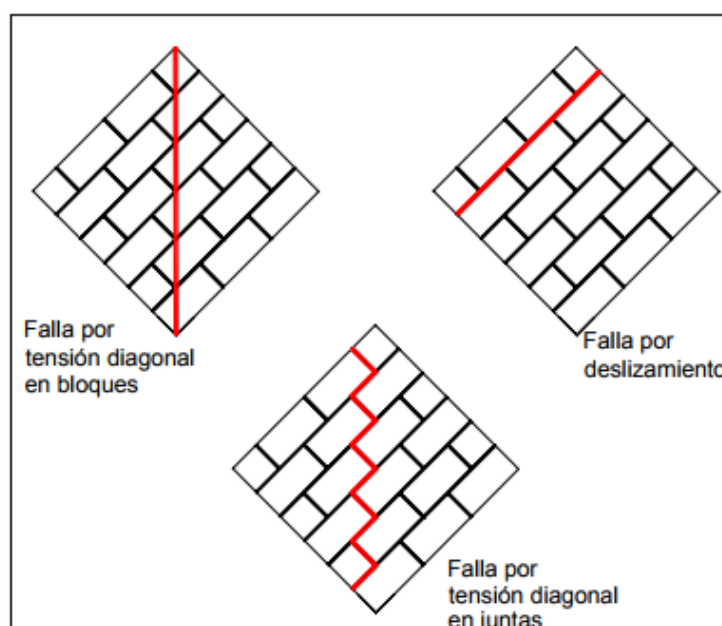
3.3.12.4. CÁLCULO A LA RESISTENCIA DIAGONAL DE UN MURETE

Para hacer el cálculo axial o diagonal se tiene que hacer el ensayo respectivo, pero dar diferente tipos de falla lo cual tenemos las siguientes:

- Falla por tensión diagonal de bloque.
- Falla por deslizamiento
- Falla por tensión diagonal en juntas.

FIGURA N° 61

Tipos de falla de muretes (Fuente: Fernández Baqueiro)



La resistencia axial o corte de los muretes de albañilería simple se calcula de la relación entre la carga de rotura y el área bruta de la diagonal cargada.
(Norma E 0.70)

Fórmula:

$$R'c = \frac{P_{max}}{Area\ diagonal}$$

Dónde:

$R'c$ = Resistencia al corte (kg/cm^2)

Máx. = Peso máxima que resiste el murete (kg)

Área = $d \cdot t$ = área diagonal (cm^2)

El ensayo respectivo se hizo en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

FIGURA N° 62
Muretes de ladrillo mecanizado
(Fuente propia)



FIGURA N° 63
Muretes de ladrillo de concreto liviano
(Fuente propia)



FIGURA N° 64
El ensayo de muretes de ladrillo mecanizado se hizo en el laboratorio de la Universidad Nacional de
San Agustín
(Fuente propia)



FIGURA N° 65

El ensayo de muretes de ladrillo de Poliestireno expandido se hizo en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Agustín
(Fuente propia)



CAPITULO IV ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL ENSAYO DE ASENTAMIENTO

El ensayo de asentamiento del concreto o prueba del cono de Abrams es un método de control de calidad cuyo objetivo principal es medir la consistencia del concreto.

En el caso de nuestra de investigación el asentamiento que visualizamos en nuestros diseño de mezcla es un asentamiento fueron diferentes, lo cual es un concreto fluido. Norma NTC 339.035.

FIGURA N° 66
Asentamiento del concreto liviano adecuado
(Fuente propia)



En el siguiente cuadro se muestra la variabilidad de los asentamientos de los diferentes diseños que hicieron el laboratorio con el concreto liviano.

TABLA N° 25
Asentamiento de las mezclas de concreto con Poliestireno expandido

TIPO DE CONCRETO	ASENTAMIENTO
DISEÑO 1:1:2	3 a 4 Pulg.
DISEÑO 1:2:3	4 a 5 Pulg.
DISEÑO 1:3:4	5 a 6 Pulg.

Fuente: Elaboración Propia

En nuestro diseño de mezclas por volúmenes el más adecuado fue el de diseño de 1 de cemento, 2 de arena, 3 de poliestireno expandido más agua, proporción fue por volumen.

4.2. RESULTADOS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Para determinar el peso unitario del concreto tomamos un muestra de una probeta o briqueta que este normada, ya sea con mezcla o sin mezcla para poder hallar el volumen del recipiente para luego obtener los diferentes valores luego se divide y nos da el peso unitario del concreto.[kg/m3]

VOLUMEN DEL RECIPIENTE

$$V = \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot h$$

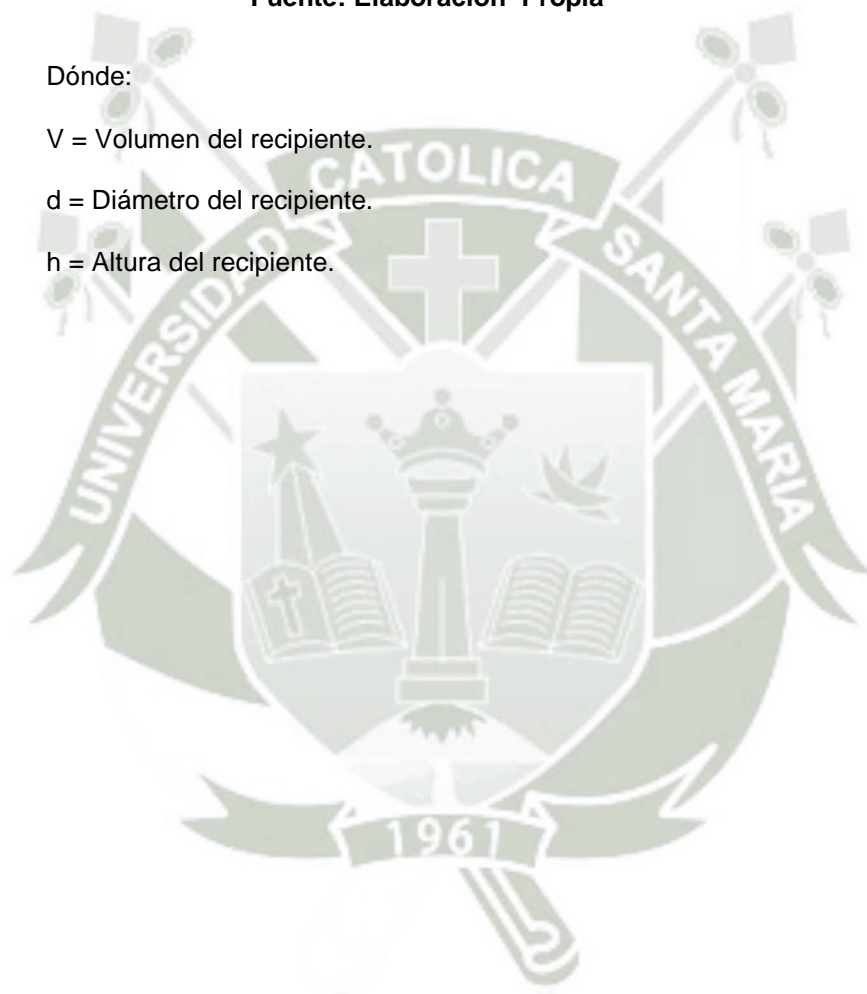
Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

V = Volumen del recipiente.

d = Diámetro del recipiente.

h = Altura del recipiente.



PESO UNITARIO DEL CONCRETO

$$P. U. = \frac{W}{V}$$

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

W = Peso del concreto o de la probeta.

V = Volumen del recipiente.

TABLA N° 26
Peso Unitario de los diferentes diseños de mezcla

TIPO DE CONCRETO	PESO DE PROBETA (kg)	VOLUMEN (m ³)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
DISEÑO 1:1:2	2.148	0.00675	318.320
DISEÑO 1:2:3	1.708	0.00675	253.037
DISEÑO 1:3:4	1.434	0.00675	212.444

Fuente: Elaboración Propia

4.3. RESULTADOS DEL ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Luego de hacer los diferentes tipos de diseños por volumen se ensayó las probetas fabricadas para la investigación, haciendo una comparación de diseño óptimo para buscar una resistencia de 20 a 25 kg/cm² y para ver los porcentajes utilizados en las mezclas y compara con la norma E0.70 para albañilería no estructural.

FIGURA N° 67
Probetas de concreto liviano
(Fuente propia)



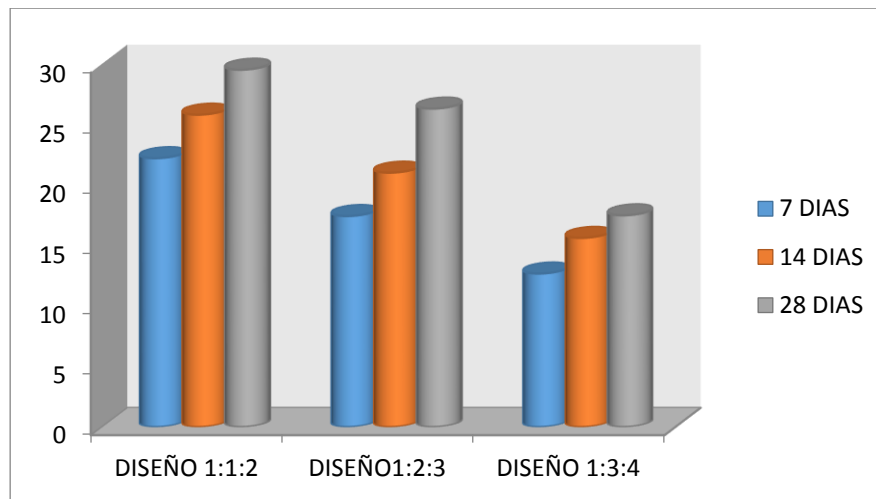
En los resultados tenemos el resumen de los ensayo a la compresión axial que se da para la investigación, de obtener un resistencia adecuada como esta en la norma.

TABLA N° 27
Resultado a la compresión axial de las probetas

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO LIVIANO				
TIPO DE CONCRETO	UND	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS
DISEÑO 1:1:2	1	21.77 kg/cm ²	25.16 kg/cm ²	28.76 kg/cm ²
DISEÑO 1:1:2	2	22.43 kg/cm ²	25.98 kg/cm ²	29.65 kg/cm ²
DISEÑO 1:1:2	3	22.54 kg/cm ²	26.33 kg/cm ²	30.17 kg/cm ²
D1 PROMEDIO		22.25 kg/cm²	25.83 kg/cm²	29.53 kg/cm²
DISEÑO 1:2:3	1	17.44 kg/cm ²	21.11 kg/cm ²	25.46 kg/cm ²
DISEÑO 1:2:3	2	16.88 kg/cm ²	22.58 kg/cm ²	27.12 kg/cm ²
DISEÑO 1:2:3	3	18.15 kg/cm ²	21.51 kg/cm ²	26.39 kg/cm ²
D2 PROMEDIO		17.49 kg/cm²	21.06 kg/cm²	26.33 kg/cm²
DISEÑO 1:3:4	1	13.75 kg/cm ²	16.32 kg/cm ²	18.10 kg/cm ²
DISEÑO 1:3:4	2	12.05 kg/cm ²	15.10 kg/cm ²	16.88 kg/cm ²
DISEÑO 1:3:4	3	12.50 kg/cm ²	15.66 kg/cm ²	17.45 kg/cm ²
D3 PROMEDIO		12.76 kg/cm²	15.69 kg/cm²	17.55 kg/cm²

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICA N° 4
Resultado a la compresión de las probetas



Fuente: Elaboración Propia

Luego de obtener los resultados de las probetas y las más óptimas fueron los del diseño de 1:2:3 lo cual corresponde a 1 de cemento, 2 de arena y 3 poliestireno.

Con ese resultado fabricamos nuestras unidades de concreto liviana, los cuales fabricamos ladrillos de poliestireno expandido y bloques de poliestireno expandido para poder obtener resultados de densidades, resistencia de ladrillos, resistencia de pilas y resistencia de muretes.

4.4. RESULTADOS AL ENSAYO DE DENSIDADES ENTRE MASA Y VOLUMEN

4.4.1. RESULTADO DENSIDADES DE PROBETAS

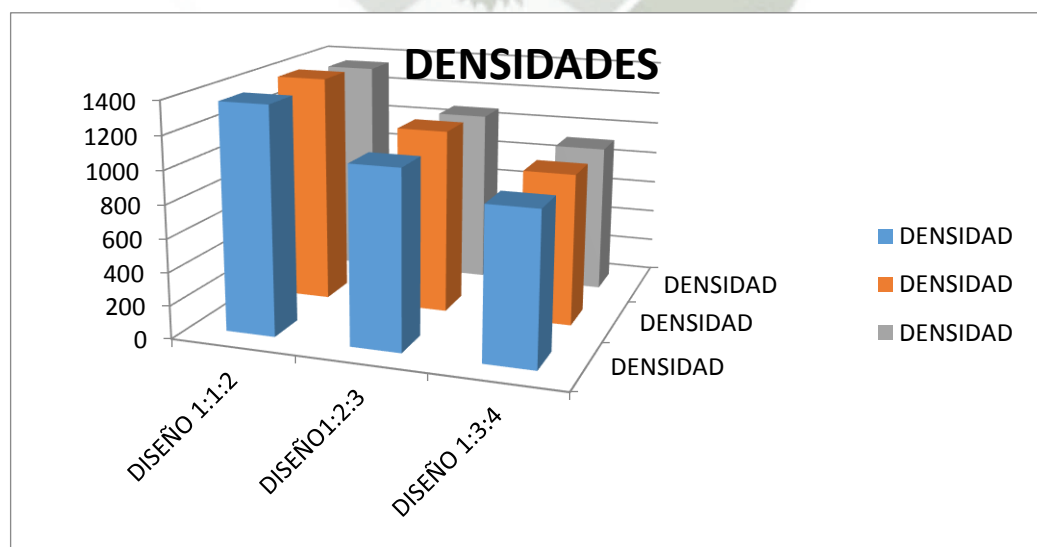
Los datos consignados para este ensayo se muestran a continuación.

TABLA N° 28
Resultado densidades de probetas

TIPO DE CONCRETO	DENSIDADES DE CONCRETO LIVIANO			
	MUESTRA	MASA (kg)	VOLUME (m ³)	DENSIDAD Kg/m ³
DISEÑO 1:1:2	1	2.150 kg	0.001570 m ³	1369.42 kg/m ³
DISEÑO 1:1:2	2	2.186 kg	0.001570 m ³	1392.35 kg/m ³
DISEÑO 1:1:2	3	2.110 kg	0.001570 m ³	1343.94 kg/m ³
PROMEDIO		2.148 kg	0.001570 m ³	1368.15 kg/m ³
DISEÑO 1:2:3	1	1.680 kg	0.001570 m ³	1070.06 kg/m ³
DISEÑO 1:2:3	2	1.760 kg	0.001570 m ³	1121.01 kg/m ³
DISEÑO 1:2:3	3	1.685 kg	0.001570 m ³	1073.24 kg/m ³
PROMEDIO		1.708 kg	0.001570 m ³	1087.89 kg/m ³
DISEÑO 1:3:4	1	1.428 kg	0.001570 m ³	909.55 kg/m ³
DISEÑO 1:3:4	2	1.424 kg	0.001570 m ³	907.00 kg/m ³
DISEÑO 1:3:4	3	1.445 kg	0.001570 m ³	920.38 kg/m ³
PROMEDIO		1.434 kg	0.001570 m ³	913.38 kg/m ³

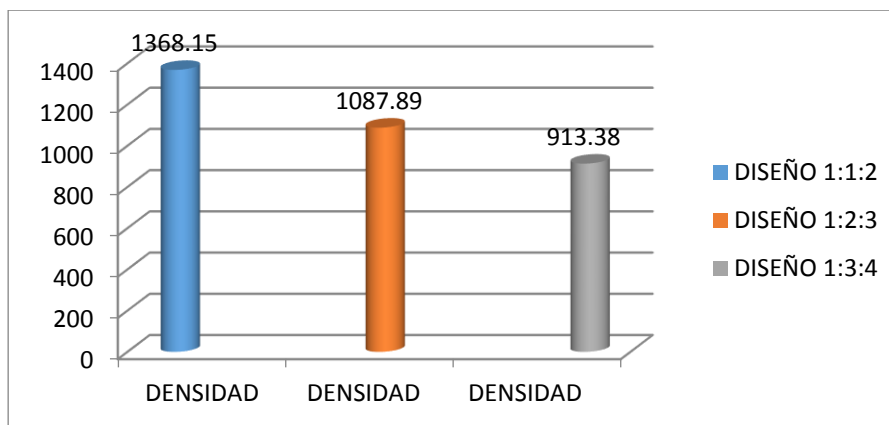
Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICA N° 5
Densidades de los diferentes diseños



Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICA N° 6
Promedio densidades de los diseños



Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. RESULTADOS densidades de los ladrillos y bloques

Los datos consignados de los ladrillos para este ensayo se muestran a continuación.

TABLA N° 29
Resultado densidades de ladrillos

DENSIDADES DE LADRILLOS				
TIPO DE LADRILLO	M	MASA (kg)	VOLUME (m ³)	DENSIDAD (kg/m ³)
LADRILLO MECANIZADO	1	2.600 kg	0.001845 m ³	1409.21 kg/m ³
LADRILLO MECANIZADO	2	2.610 kg	0.001782 m ³	1646.64 kg/m ³
LADRILLO MECANIZADO	3	2.605 kg	0.001908 m ³	1365.30 kg/m ³
PROMEDIO		2.605 kg	0.002709 m ³	1473.71 kg/m ³
LADRILLO ARTESANAL	1	3.205 kg	0.002172 m ³	1475.59 kg/m ³
LADRILLO ARTESANAL	2	3.198 kg	0.002179 m ³	1467.64 kg/m ³
LADRILLO ARTESANAL	3	3.210 kg	0.002106 m ³	1524.21 kg/m ³
PROMEDIO		3.204 kg	0.003013 m ³	1489.14 kg/m ³
LADRILLO DE POLIESTIRENO	1	2.985 kg	0.003240 m ³	921.29 kg/m ³
LADRILLO DE POLIESTIRENO	2	2.980 kg	0.003173 m ³	939.18 kg/m ³
LADRILLO DE POLIESTIRENO	3	3.005 kg	0.003240 m ³	927.47 kg/m ³
PROMEDIO		2.990 kg	0.003217 m ³	929.44 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia

Los datos consignados de los bloques para este ensayo se muestran a continuación.

TABLA N° 30
Resultado densidades de bloques

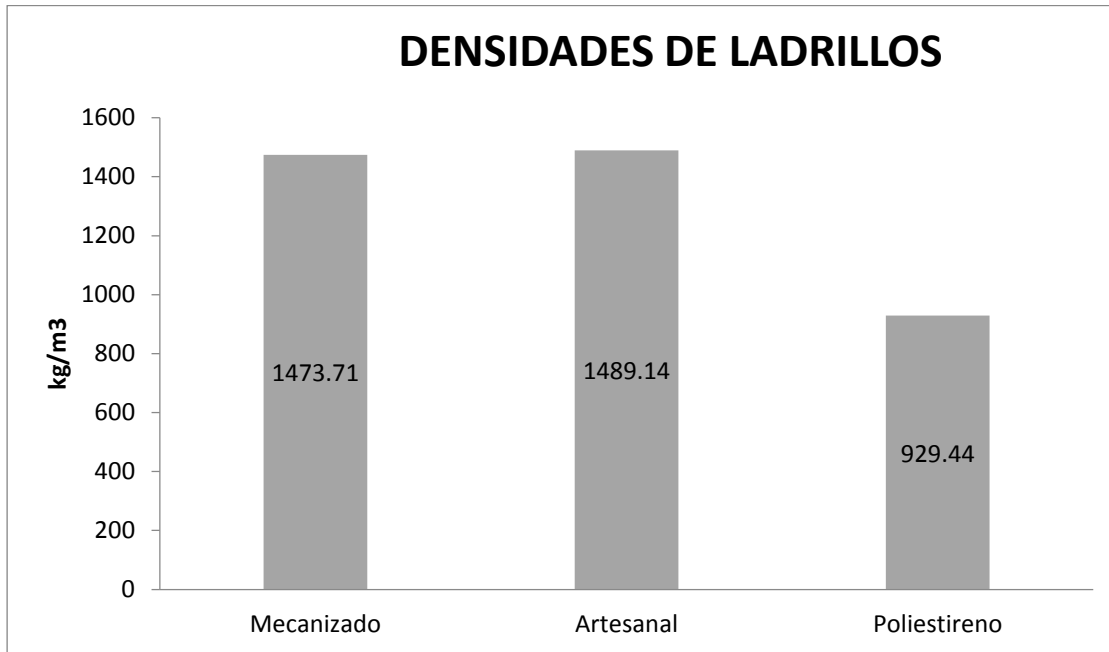
DENSIDADES DE BLOQUES				
TIPO DE BLOQUE	M	MASA (kg)	VOLUME (m ³)	DENSIDAD (kg/m ³)

BLOQUE DE CONCRETO	1	9.940 Kg	0.0046968 m ³	2116.33 Kg/m ³
BLOQUE DE CONCRETO	2	9.950 Kg	0.0047310 m ³	2103.14 Kg/m ³
BLOQUE DE CONCRETO	3	9.850 Kg	0.0046968 m ³	2097.17 Kg/m ³
PROMEDIO		9.913 Kg	0.0047082 m ³	2105.54 kg/m ³
BLOQUE DE POLIESTIRENO	1	6.885 Kg	0.0070725 m ³	973.49 kg/m ³
BLOQUE DE POLIESTIRENO	2	6.855 Kg	0.0068295 m ³	1003.73 kg/m ³
BLOQUE DE POLIESTIRENO	3	6.815 Kg	0.0069160 m ³	985.39 kg/m ³
PROMEDIO		6.851 Kg	0.0069393 m ³	987.28 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia

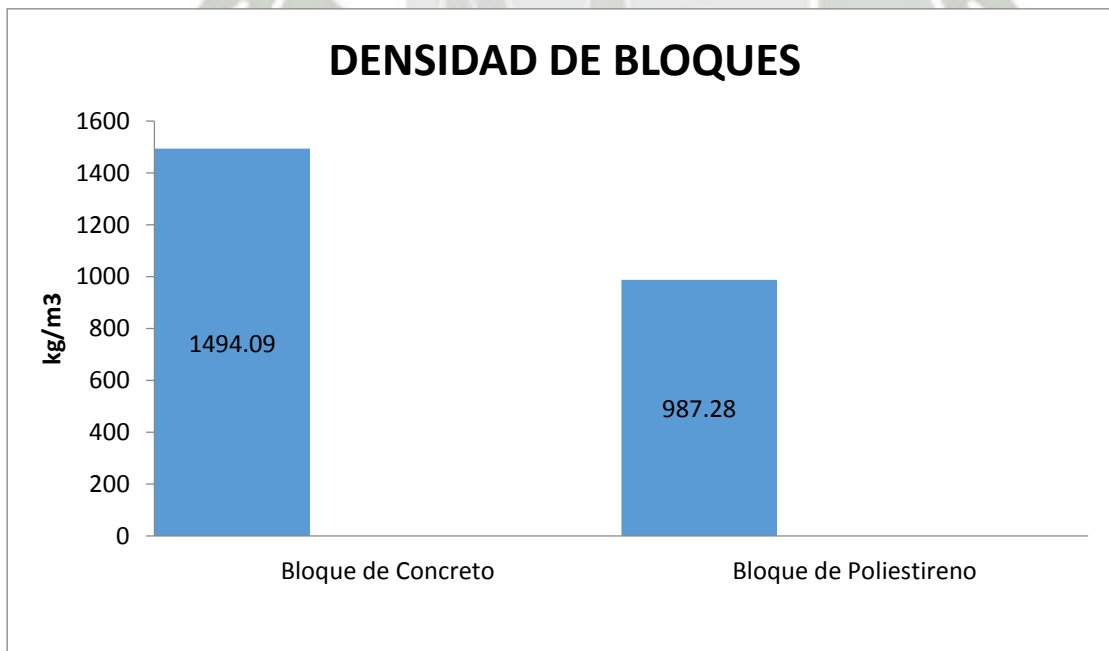


GRÁFICA N° 7
Densidades de ladrillos



Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICA N° 8
Densidades de bloques



Fuente: Elaboración Propia

4.5. RESULTADOS A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA

4.5.1. RESULTADO A LA RESISTENCIA COMPRESION DE LADRILLOS

Este ensayo se realizó para cada una de las muestras de ladrillos mecanizados, artesanales y de poliestireno expando teniendo en cuenta un registro de datos de las dimensiones de los especímenes empleados en la investigación para determinar la resistencia a la compresión.

FIGURA N° 68
Ladrillos de Poliestireno
(Fuente propia)



FIGURA N° 69
Figura 4.1
Ladrillos mecanizados y ladrillos artesanales (Fuente propia)



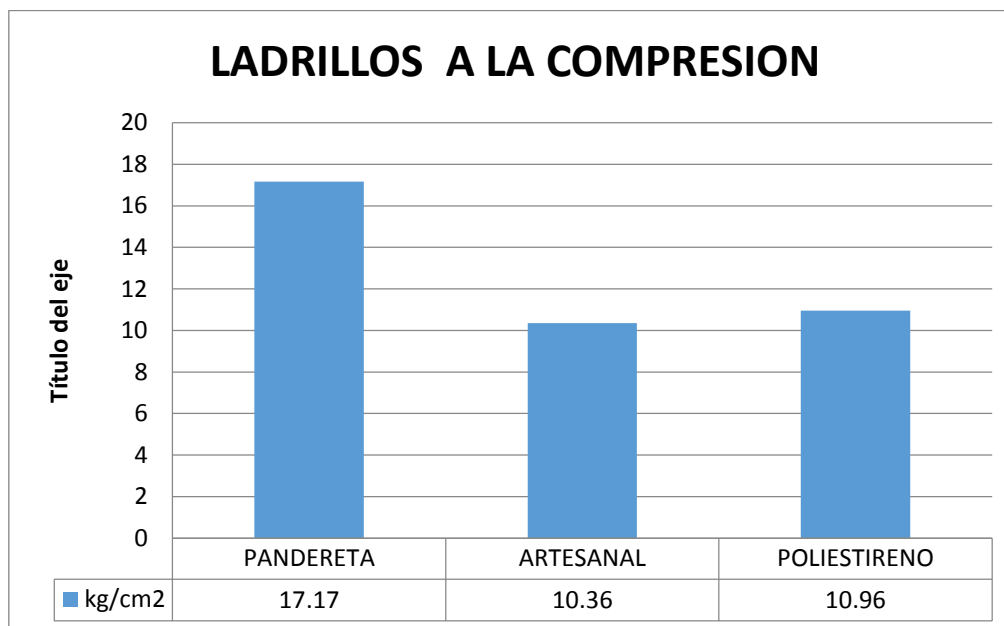
Los datos de los resultados los tenemos en la siguiente tabla.

TABLA N° 31
Resultado ensayo a compresión

	RESISTENCIA LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS			
TIPO DE LADRILLO	M	FUERZA AXIAL (kg)	ÁREA(cm²)	F'c (kg/cm²)
LADRILLO MECANIZADO	1	5290 kg	303.8 cm ²	17.412 kg/cm ²
LADRILLO MECANIZADO	2	5190 kg	302.5 cm ²	17.083 kg/cm ²
LADRILLO MECANIZADO	3	5080 kg	302.8 cm ²	16.776 kg/cm ²
PROMEDIO		5186 kg	302.03 cm ²	17.17 kg/cm ²
LADRILLO ARTESANAL	1	3196 kg	301.5 cm ²	10.60 kg/cm ²
LADRILLO ARTESANAL	2	2989 kg	298.5 cm ²	10.01 kg/cm ²
LADRILLO ARTESANAL	3	3030 kg	288.9 cm ²	10.48 kg/cm ²
PROMEDIO		3071 kg	296.3 cm ²	10.36 kg/cm ²
LADRILLO DE POLIESTIRENO	1	3410 kg	302.76 cm ²	11.26 kg/cm ²
LADRILLO DE POLIESTIRENO	2	3324 kg	305.98 cm ²	10.86 kg/cm ²
LADRILLO DE POLIESTIRENO	3	3280 kg	304.95 cm ²	10.75 kg/cm ²
PROMEDIO		3338 kg	304.56 cm ²	10.96 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICA N° 9
Resultado del ensayo a compresión



Fuente: Elaboración Propia

4.5.2. RESULTADO A LA RESISTENCIA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO

Los resultados para los especímenes de concreto con forma rectangular (bloques) en primer término se procede a determinar las dimensiones medias de los especímenes, y sobre la base del ensayo del material, se muestra los resultados al ensayo a la compresión con la norma E 0.70 de broquetas de concreto, las que se refieren son (NP) no portante las cuales se usa para muros de tabiquería o cerco.

El bloque comparado fue el de Yura tipo 09 con unas dimensiones 39 x 19 x 9 cm no estructural este bloque es usado para muros no portantes, cercos, etc. con una resistencia de 40. 8 kg/cm² fabricados bajo las Normas Técnicas vigentes de Indecopi (Normas Técnicas Peruanas).

FIGURA N° 70
Bloque de Poliestireno expandido
(Fuente propia)



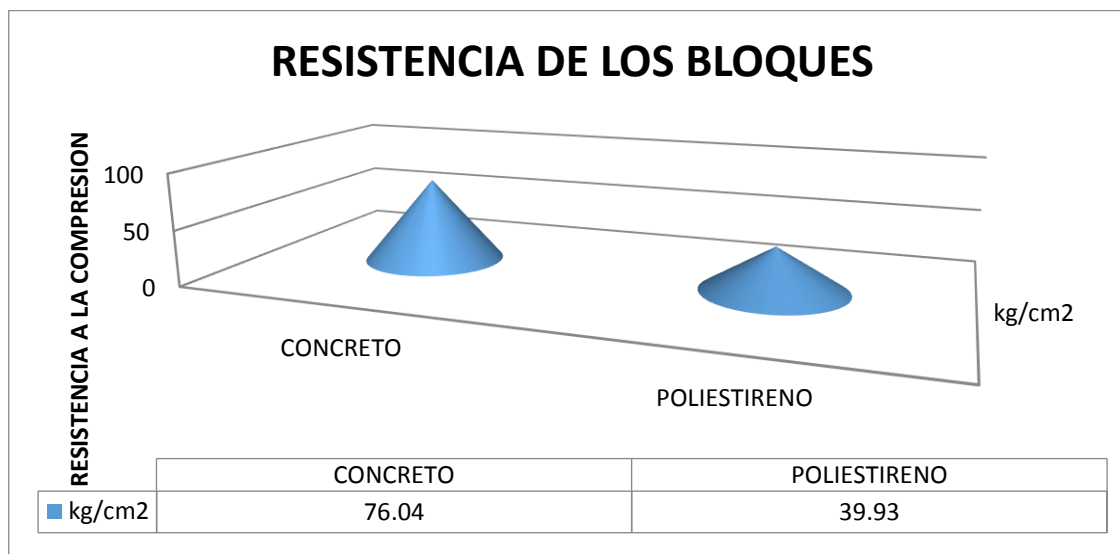
TABLA N° 32
Resultado ensayo a compresión de bloques

TIPO DE BLOQUE	RESISTENCIA LA COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES			
	M	FUERZA AXIAL (kg)	AREA (cm ²)	F'c (kg/cm ²)
BLOQUE DE CONCRETO	1	26230 kg	349.2 cm ²	75.110 kg/cm ²
BLOQUE DE CONCRETO	2	26320 kg	349.2 cm ²	75.370 kg/cm ²
BLOQUE DE CONCRETO	3	27250 kg	351 cm ²	77.810 kg/cm ²
PROMEDIO		26600 kg	349.8 cm ²	76.043 kg/cm ²
BLOQUE DE POLIESTIRENO	1	14320 kg	352.45 cm ²	40.63 kg/cm ²
BLOQUE DE POLIESTIRENO	2	14340 kg	359.45 cm ²	39.89 kg/cm ²
BLOQUE DE POLIESTIRENO	3	14120 kg	359.45 cm ²	39.28 kg/cm ²
PROMEDIO		14260 kg	357.11 cm ²	39.93 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICA N° 10

Resultado del ensayo a compresión de los bloques de concreto y de Poliestireno



Fuente: Elaboración Propia

Luego de tener los resultados a la compresión de los bloques llegamos a cumplir con la Norma Técnico Peruana, que exige una resistencia a la compresión de 35 kg/cm² o (3.5 Mpa). Adicionalmente se compraron bloques de concreto convencionales y concreto de poliestireno expandido se sometieron a compresión, para verificar su calidad. Los resultados fueron los siguientes:

4.6. RESULTADOS AL ENSAYO DE PILAS DE LADRILLOS Y DE BLOQUES

4.6.1. RESULTADO DE PILAS DE LADRILLOS

Las pilas que fueron ensayadas de igual forma que las unidades de concreto liviano se utilizó la norma peruana E-070 establece que las pilas de albañilería deben ser compuestas por dos o más unidades de albañilería, la cual se hicieron 9 pilas de albañilerías 3 de ladrillo artesanal, 3 de ladrillo mecanizado y 3 de concreto liviano.

FIGURA N° 71

Ensayo a la compresión de pila de ladrillo
(Fuente propia)



TABLA N° 33

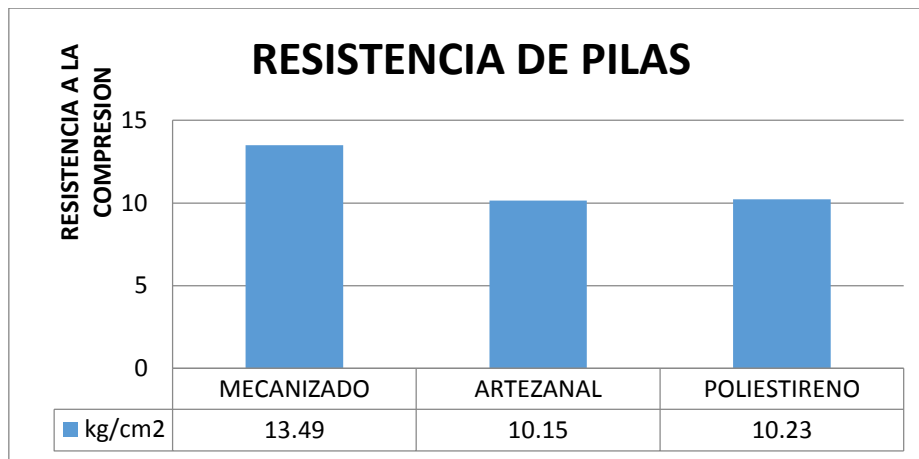
Resultado ensayo a compresión de pilas de albañilería

TIPO DE LADRILLO	RESISTENCIA LA COMPRESIÓN DE PILAS DE LADRILLO			
	M	FUERZA AXIAL (kg)	AREA (cm ²)	F'c = kg/cm ²
LADRILLO MECANIZADO	1	3950 kg	308.58 cm ²	12.800 kg/cm ²
LADRILLO MECANIZADO	2	4170 kg	304.98 cm ²	13.673 kg/cm ²
LADRILLO MECANIZADO	3	4290 kg	305.80 cm ²	14.028 kg/cm ²
PROMEDIO		4137 kg	306.45 cm ²	13.499 kg/cm ²
LADRILLO ARTESANAL	1	2810 kg	278.15 cm ²	10.102 kg/cm ²
LADRILLO ARTESANAL	2	2935 kg	289.12 cm ²	10.151 kg/cm ²
LADRILLO ARTESANAL	3	3030 kg	288.80 cm ²	10.491 kg/cm ²
PROMEDIO		2925 kg	285.36 cm ²	10.250 kg/cm ²
LADRILLO DE POLIESTIRENO	1	3250 kg	311.85 cm ²	10.421 kg/cm ²
LADRILLO DE POLIESTIRENO	2	3190 kg	313.30 cm ²	10.180 kg/cm ²
LADRILLO DE POLIESTIRENO	3	3130 kg	309.95 cm ²	10.100 kg/cm ²
PROMEDIO		3190 kg	311.7 cm ²	10.230 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICA N° 11

Resultados al ensayo a las pilas de ladrillos



Fuente: Elaboración Propia

4.6.2. RESULTADO DE PILAS DE BLOQUES

- Las pilas de bloques fueron ensayadas de igual forma que las unidades de concreto liviano se utilizó la norma peruana e-070 debe calcular la cantidad de mortero que se usa en 1 m² de muro dimensiones donde se observa una entrada en ambos lados del bloque, que hace que ingrese más mortero en esas partes, para simplificar el proceso, se calculó que en dichas partes la junta pasara a ser de 1.00 cm a 2.00 cm, así será como se calculará la cantidad de mortero.

FIGURA N° 72
Pilas de bloques de concreto
(Fuente propia)



- Luego de dejar secando y curando las pilas, lo dejamos 7 días como mínimo para luego hacer sus pruebas de resistencia, lo cual se fabricaron 6 pilas de bloques 3 de concreto y 3 de poliestireno expandido.

FIGURA N° 73
Pilas de bloques de concreto liviano
(Fuente propia)



TABLA N° 34
Resultado ensayo a compresión de bloques

TIPO DE BLOQUE	RESISTENCIA LA COMPRESION DE PILAS DE BLOQUES			
	M	FUERZA AXIAL (kg)	AREA (cm ²)	F'c kg/cm ²
BLOQUE DE CONCRETO	1	16300.20 kg	344.70 cm ²	47.28 kg/cm ²
BLOQUE DE CONCRETO	2	16380.50 kg	346.50 cm ²	47.27 kg/cm ²
BLOQUE DE CONCRETO	3	17100.80 kg	344.70 cm ²	49.61 kg/cm ²
PROMEDIO		16593.83 kg	345.30 cm ²	48.05 kg/cm ²
BLOQUE DE POLIESTIRENO	1	12280.50 kg	352.45 cm ²	34.84 kg/cm ²
BLOQUE DE POLIESTIRENO	2	12405.80 kg	359.45 cm ²	34.51 kg/cm ²
BLOQUE DE POLIESTIRENO	3	12860.60 kg	359.45 cm ²	35.77 kg/cm ²
PROMEDIO		14260 kg	357.11 cm ²	35.01 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados a la compresión de los bloques llegamos a cumplir con la Norma Técnico Peruana, que exige una resistencia a la compresión de 35 kg/cm² o 3.5 MPa. Adicionalmente se compraron bloque de concreto convencional y concreto de poliestireno expandido.

4.7. RESULTADOS DE MURETES DE LADRILLO PANDERETA Y DE UNIDADES DE CONCRETO LIVIANO

4.7.1. RESULTADO DE MURETE DE LADRILLO PANDERETA

Los muretes de ladrillo mecanizado se llevó 3 muestras para que fueran analizadas en el laboratorio de la universidad san Agustín de Arequipa, por falta de equipos en la universidad católica santa maría no se hizo la prueba en el laboratorio.

TABLA N° 35
Resultado compresión diagonal de murete mecanizado

LARGO		ESPESOR	CARGA	AREA	PRESIÓN	PRESIÓN
L1(cm)	L2(cm)	(cm)	APLICADA Pu(kg)	a(cm2)	v´m (kg/cm ²)	v´m (MPa)
60.5	13	55.5	3504	2039.63	1.21	0.12
60	13	55.7	3738	2033.05	1.30	0.13
60	13.1	55	4205	2010.25	1.48	0.15

Promedio	x	1.33 kg/cm ²
Desviación estándar	s	0.13 kg/cm ²
	V´m	1.20 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

La resistencia de la albañilería

$$V´m = 1.20 \text{ kg/cm}^2$$

Luego de hacer el ensayo del murete nos podemos dar cuenta que el murete de ladrillo mecanizado tiende a fallar por una tensión diagonal en bloque, lo vamos a poder observar en la siguiente imagen.

FIGURA N° 74

Ensayo de murete de ladrillo mecanizado
(Fuente propia)



FIGURA N° 75

Falla por tensión diagonal en bloqu
(Fuente propia)



4.7.2. RESULTADO DE MURETE DE UNIDADES DE CONCRETO LIVIANO

También se analizó 3 muestras de muretes de concreto liviano

TABLA N° 36

Resultado compresión diagonal de murete unidades de concreto liviano

LARGO		ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA Pu(kg)	AREA a(cm ²)	PRESION v'm (kg/cm ²)	PRESION v'm (MPa)
L1(cm)	L2(cm)					
58.3	13.8	56.2	5840	2026.01	2.04	0.20
58.7	13.9	57.5	5606	2087.25	1.90	0.19
59.8	13.8	56.5	9110	2079.20	3.10	0.30

Promedio	x	2.34 kg/cm ²
Desviación estándar	s	0.66 kg/cm ²
	V'm	1.69 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

La resistencia de la albañilería

$$V'm = 1.69 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración Propia

Luego de hacer el ensayo de murete a nuestras unidades de concreto liviano, también podemos observar que tiene una falla, pero la falla es por tensión diagonal de junta lo cual se observara en la imagen.

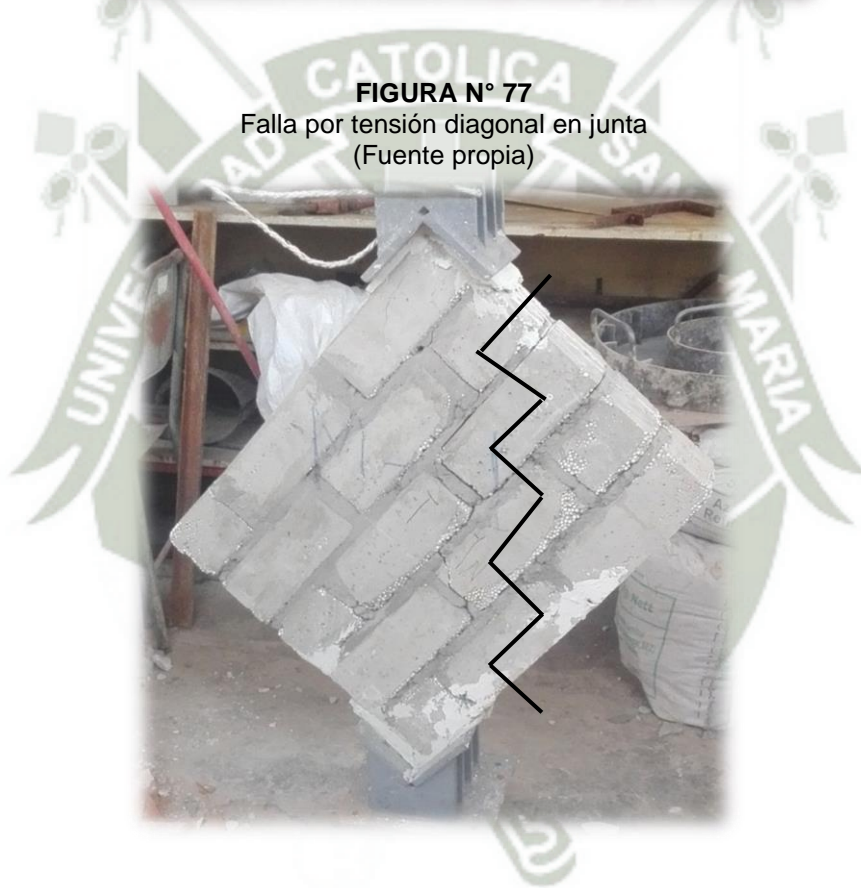
FIGURA N° 76

Ensayo de murete de ladrillo de Poliestireno expandido
(Fuente propia)



FIGURA N° 77

Falla por tensión diagonal en junta
(Fuente propia)



Luego de obtener los resultados podremos hacer una comparación de los ladrillos de concreto liviano y los ladrillos pandereta ya que esta se encuentra en la norma NTP 399.621 – 2004 técnicas de Albañilería E0.70.

CAPITULO V ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

5.1. INTRODUCCIÓN

Se realizó un análisis de costo de cada uno de las mezclas realizadas en esta investigación a continuación se presentan dichos análisis de costos usados durante la investigación, los siguientes materiales empleados en los diferentes diseños:

- Cemento Yura tipo IP
- Agregado Fino de la poderosa
- Poliestireno expandido

5.2. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LOS DISEÑOS ANALIZADOS DE LADRILLOS

Se realizó un análisis de costo unitario de las unidades de ladrillos de concreto liviano de la mezclas realizada en el laboratorio de la Universidad Católica Santa María, a continuación se presentan dichos análisis de costos de los diferentes diseños.



5.2.1 ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL DISEÑO DE 1 CEMENTO: 1 ARENA: 2
POLIESTIRENO PARA UNIDADES DE LADRILLO DE CONCRETO LIVIANO

TABLA N° 37

Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:1:2

CUADRILLA : 2 Operarios + 1 Peón				
RENDIMIENTO: 1200 Ladrillo/ Día				
MANO DE OBRA				
	UND	CANT	P.U	TOTAL
OPERARIO	HH	0.01333	15.00	0.20000
PEON	HH	0.00667	13.00	0.08667
MATERIALES				
CEMENTO	BLS	0.03357	20.20	0.67809
ARENA GRUESA	M3	0.00126	38.00	0.04788
POLIESTIRENO	KG	0.01500	19.00	0.28500
AGUA	LT	0.00126	0.01	0.00001
EQUIPOS - HERRAMIENTAS				
HERAMIENTAS	%M.O	0.02	0.29	0.00573
MEZCLADORA 3 PIE ³	HM	0.00556	8.00	0.04444
COSTO DE UNIDADES	EN	SOLES	1.34782	

Fuente: Elaboración Propia

**5.2.1. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL DISEÑO DE 1 CEMENTO: 2 ARENA: 3
CEMENTO PARA UNIDADES DE LADRILLO DE CONCRETO LIVIANO**

TABLA N° 38

Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:2:3

CUADRILLA : 2 Operarios + 1 Peón				
RENDIMIENTO: 1600 Ladrillo/ Día				
MANO DE OBRA				
	UND	CANT	P.U	TOTAL
OPERARIO	HH	0.01000	15.00	0.15000
PEON	HH	0.00500	13.00	0.06500
MATERIALES				
CEMENTO	BLS	0.02238	20.20	0.45206
ARENA GRUESA	M3	0.00084	38.00	0.03192
POLIESTIRENO	KG	0.01000	19.00	0.19000
AGUA	LT	0.0084	0.01	0.000004
EQUIPOS - HERRAMIENTAS				
HERAMIENTAS	%M.O	0.02	0.22	0.00430
MEZCLADORA 3 PIE ³	HM	0.00417	8.00	0.0
COSTO DE UNIDADES EN SOLES				0.92662

Fuente: Elaboración Propia

**5.2.2. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIOS DE DISEÑO DE 1 CEMENTO: 3 ARENA: 4
POLIESTIRENO PARA UNIDADES DE LADRILLO DE CONCRETO LIVIANO**

TABLA N° 39

Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:3:4

CUADRILLA : 2 Operarios + 1 Peón				
RENDIMIENTO: 2000 Ladrillo/ Día				
MANO DE OBRA				
	UND	CANT	P.U	TOTAL
OPERARIO	HH	0.00800	15.00	0.12000
PEON	HH	0.00400	13.00	0.05200
MATERIALES				
CEMENTO	BLS	0.02014	20.20	0.40685
ARENA GRUESA	M3	0.00076	38.00	0.02873
POLIESTIRENO	KG	0.00900	19.00	0.17100
AGUA	LT	0.00076	0.01	0.000004
EQUIPOS - HERRAMIENTAS				
HERAMIENTAS	%M.O	0.02	0.17	0.00344
MEZCLADORA 3 PIE³	HM	0.00111	8.00	0.08889
COSTO DE UNIDADES	En	Soles		0.86747

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 40

Precio de las unidades de ladrillo por los diferentes diseños de mezclas

DESCRIPCION	UND	EL COSTO S/.
DISEÑO 1:1:2	1	1.347 SOLES
DISEÑO 1:2:3	1	0.926 SOLES
DISEÑO 1:3:4	1	0.867 SOLES

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los tres tipos de dosificación tenemos el costo adecuando para fabricar las unidades de concreto liviano con la dosificación 1:2:3 la cual cumple con la norma E 0.70. Y no excede del costo del ladrillo mecanizado pandereta.

5.3. ANÁLISIS DEL COSTOS UNITARIO DE LOS DISEÑOS DE BLOQUES

Se realizó un análisis de Costo Unitario de las unidades de bloque de concreto liviano de la mezclas realizada en el laboratorio de la Universidad Católica Santa María, a continuación se presentan dichos análisis de costos de los diferentes diseños.



**5.3.1. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL DISEÑO DE 1 CEMENTO: 1 ARENA: 2
POLIESTIRENO PARA UNIDADES BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO**

TABLA N° 41

Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:1:2 de bloque

CUADRILLA : 2 Operarios + 1 Peón				
RENDIMIENTO: 530 Bloque/ Día				
MANO DE OBRA				
	UND	CANT	P.U	TOTAL
OPERARIO	HH	0.030327	15.00	0.454904
PEON	HH	0.015163	13.00	0.197125
MATERIALES				
CEMENTO	BLS	0.076352	20.20	1.542320
ARENA GRUESA	M3	0.002866	38.00	0.108904
POLIESTIRENO	KG	0.034118	20.00	0.682356
AGUA	LT	0.002866	0.005	0.000014
HERRAMIENTAS 2%				
	%M.O	0.02	2.333594	0.046672
COSTO DE UNIDADES				3.032295

Fuente: Elaboración Propia

**5.3.2. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL DISEÑO DE 1 CEMENTO: 2 ARENA: 3
POLIESTIRENO PARA UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO**

TABLA N° 42

Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:2:3 de bloque

CUADRILLA : 2 Operarios + 1 Peón				
RENDIMIENTO: 600 Bloque/ Día				
MANO DE OBRA				
	UND	CANT	P.U	TOTAL
OPERARIO	HH	0.02757	15.00	0.4135
PEON	HH	0.013785	13.00	0.1792
MATERIALES				
CEMENTO	BLS	0.069411	20.20	1.40211
ARENA GRUESA	M3	0.002605	38.00	0.09900
POLIESTIRENO	KG	0.031016	20.00	0.62032
AGUA	LT	0.002605	0.005	0.00001
HERRAMIENTAS 2%				
	%M.O	0.02	2.121449	0.04243
COSTO DE UNIDADES	en	soles		2.75663

Fuente: Elaboración Propia

5.3.3. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL DISEÑO DE 1CEMENTO: 3 ARENA: 4 POLIESTIRENO PARA UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO

TABLA N° 43

Análisis de costos unitarios de una dosificación 1:3:4 de bloque

CUADRILLA : 2 Operarios + 1 Peón				
RENDIMIENTO: 750 Bloque/ Día				
MANO DE OBRA				
	UND	CANT	P.U	TOTAL
OPERARIO	HH	0.023328	15.00	0.34993
PEON	HH	0.011664	13.00	0.15163
MATERIALES				
CEMENTO	BLS	0.058733	20.20	1.18640
ARENA GRUESA	M3	0.002205	38.00	0.08377
POLIESTIRENO	KG	0.026244	20.00	0.52489
AGUA	LT	0.002205	0.005	0.00001
HERRAMIENTAS 2%				
	%M.O	0.02	1.795073	0.03590
COSTO DE UNIDADES				2.33253

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 44

Precio de las unidades de bloques por los diferentes diseños de mezclas

DESCRIPCIÓN	UND	EL COSTO S/.
DISEÑO 1:1:2	1	3.03 SOLES
DISEÑO 1:2:3	1	2.76 SOLES
DISEÑO 1:3:4	1	2.33 SOLES

Fuente: Elaboración Propia

5.4. ANÁLISIS DEL COSTO POR UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE LADRILLO MECANIZADO, ARTESANAL Y DEL CONCRETO LIVIANO

En la siguiente tabla vamos a poder observar cuánto cuesta un ladrillo por cada unidad de albañilería.

TABLA N° 45
Costo por unidad de ladrillo

DESCRIPCION	UND	EL COSTO S/.
LADRILLO MECANIZADO	1	0.93 CENTIMOS
LADRILLO ARTESANAL	1	0.74 CENTIMOS
LADRILLO DE POLIESTIRENO	1	0.91 CENTIMOS

Fuente: Elaboración Propia

5.5. ANÁLISIS EL COSTO POR UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE BLOQUE DE CONCRETO Y BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO

En la siguiente tabla vamos a poder observar cuánto cuesta un ladrillo por cada unidad de albañilería.

TABLA N° 46
Costo por unidad de bloque

DESCRIPCION	UND	EL COSTO S/.
BLOQUE DE CONCRETO	1	2.80 SOLES
BLOQUE DE POLIESTIRENO	1	2.76 SOLES

Fuente: Elaboración Propia

5.6. COMPARACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

5.6.1. LADRILLO CONCRETO LIVIANO VERSUS UN LADRILLO DE ARCILLA COCIDA (PANDERETA ARTESANAL Y MECANIZADO)

- El costo del ladrillo de concreto liviano es muy similar al del ladrillo pandereta la ventaja del concreto es que solo se necesita tres elementos esenciales para fabricar los ladrillos liviano que es el cemento, arena, poliestireno expandido y agua.
- En el caso del ladrillo pandereta tiene un proceso de diseño lo cual utilizan diferentes tipos de proporciones de tierra para poder elaborar el ladrillo de arcilla cocida y se caracteriza por su uniformidad.
- Otra diferencia es que al momento de caerse un ladrillo pandereta o al ser impactado por otro objeto, este se rompe con facilidad, no así un ladrillo de concreto liviano, que es más resistente a los golpes y caídas. Más adelante se verá que esta fragilidad puede ser también medida por los esfuerzos de tensión a los que es sometido el elemento.

TABLA N° 47

Comparación de ladrillos mecanizado, artesanal y de poliestireno

COMPARACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES LADRILLOS			
	MECANIZADO	ARTESANAL	POLIESTIRENO
PESO	2.6 kg	3.205 kg	2.98 kg
FORMA	Rectángula acanalado	Rectangular acanalado	Rectangular macizo
MEDIDAS	13 x 24 x 10	13 x 24 x 10	13 x 24 x 10
DENSIDAD	1473.71 kg/m ³	1489.14 kg/m ³	929.44 kg/m ³ .
RESISTENCIA	17.17 kg/cm ²	10.36 kg/cm ²	10.96 kg/cm ²
FABRICACIÓN	Demora su fabricación	Demora su fabricación	Más rápido su fabricación
COSTO x UND.	0.93 céntimos	0.75 céntimos	0.92 céntimos
IMPACTO	Frágil al impacto	Frágil al impacto	Más resistente al impacto

Fuente: Elaboración Propia

5.6.2. COSTO DE UN BLOQUE DE CONCRETO LIVIANO VERSUS COSTO DE UN BLOQUE CLASE NP (NO PORTANTE).

- Los bloques de concreto son unidades con una dosificación determinada que tienen mayor resistencia que los bloques de concreto liviano.
- Los bloques no portantes son utilizados en la construcción de cercos, muros no portantes, muros de mampostería. El bloque de concreto liviano puede ser utilizado para cumplir los mismos fines con los que se utiliza el bloque de concreto.

TABLA N° 48
Comparación de bloques

COMPARACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		
	CONCRETO	POLIESTIRENO
PESO	9.873 kg	6.851 kg
FORMA	Rectangular con huecos	Rectangular macizo
MEDIDAS	19 x 9 x 39	19 x 9 x 39
DENSIDAD	2105.54. kg/m ³	987.28 kg/m ³ .
RESISTENCIA	17.17 kg/cm ²	10.96 kg/cm ²
FABRICACIÓN	Más rápido su fabricación	Más rápido su fabricación
COSTO x und.	2.80 soles	2.76 soles
IMPACTO	Más resistente al impacto	Más resistente al impacto
	liviano	Mucho más liviano

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

Primera

Se ha demostrado mediante el presente trabajo que es posible diseñar y fabricar unidades de concreto liviano reemplazando el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido.

Segunda

Se evidenció una pérdida de resistencia conforme mayor era el porcentaje de arena y perlas de poliestireno (en reemplazo del agregado grueso), este enunciado se confirma con los diseños D1, D2 y D3 respectivamente mostrados en la tabla 4.3

Tercera

La resistencia óptima desde el punto de vista del costo del producto final y de la utilización del producto como tal, corresponde a la proporción de 1 balde de un galón de cemento, 2 baldes de galón de arena y 3 baldes de galón de poliestireno expandido lo que nos da como resultado 26.33 kg/cm^2 a los 21 días de hacer el ensayo de resistencia a la compresión.

Cuarta

En relación a la tabla 5.9 se ha obtenido un precio de S/.0.91 por unidad de albañilería con concreto liviano en contraste con el precio del ladrillo pandereta de S/.0.93. Entre ambos valores existe una pequeña diferencia a favor del concreto liviano, ésta es producto del tiempo de fabricación requerido para las unidades de albañilería.

Quinta

Las pruebas de rotura de pilas de la tabla 4.9 compuestas por unidades de ladrillo de concreto liviano posee una resistencia a la compresión ubicada por debajo de las unidades mecanizadas en un orden de 76% que es ligeramente mayor a la resistencia de las pilas con unidades artesanales, con las cuales comparten prácticamente la misma resistencia. Desde un punto de vista cualitativo este resultado era previsible desde el momento en que se llevaron a cabo las pruebas de resistencia de las unidades de ladrillo de concreto liviano, ladrillos mecanizados y ladrillos artesanales (ver tabla 4.7)

Sexta

Las pruebas de rotura de pilas de bloques de concreto liviano son, como era de esperarse, menores que el resultado de las pruebas de rotura de pilas conformadas por bloques de concreto en el orden de 73%, según puede apreciarse en la tabla 4.10. Desde un punto de vista cualitativo este resultado era previsible desde el momento en que se llevaron a cabo las pruebas de resistencia de las unidades de bloques de concreto liviano y bloques de concreto (ver tabla 4.8)

Sétima

Las conclusiones cualitativas de los ítems 5) y 6), podrían tomarse como elementos para determinar también cualitativamente la resistencia a la compresión diagonal de los muretes como un paso lógico dentro de la secuencia de las pruebas realizadas (primero unidades, luego pilas y después muretes), sin embargo la realidad ha mostrado lo contrario, los muretes de ladrillo mecanizado tienen una resistencia a la compresión diagonal menor a sus pares de ladrillo con concreto liviano en el orden de 71%, ver los resultados de las tablas 4.11 y 4.12

Octava

Este resultado hubiera podido inferirse antes de realizar las pruebas a los muretes, si se hubiera tomado en cuenta que las unidades de ladrillo pandereta mecanizado son frágiles en comparación con las unidades de concreto liviano, lo que explica los resultados obtenidos a partir de las tablas 4.11 y 4.12, esto indica además que la prueba de compresión diagonal en muretes es función no solo de la resistencia a la compresión de las unidades que la conforman, sino también, del grado de fragilidad de tales elementos.

Novena

Se puede apreciar en las pruebas de compresión diagonal en los muretes, el ladrillo mecanizado falla por tensión diagonal del bloque, mientras que el murete de concreto liviano falla por tensión diagonal de junta, esto es una consecuencia directa de lo indicado en la conclusión anterior y refuerza el hecho de que la menor o mayor fragilidad de un material (expresamente derivada de estas pruebas) está relacionada con los esfuerzos de tensión que éste es capaz de soportar. Así pues al ser el ladrillo pandereta mecanizado un material frágil, este no logra soportar la tensión aplicada y se produce la falla en contraposición al ladrillo de concreto liviano que es menos frágil, a grado tal que es capaz de soportar los esfuerzos a los que es sometido, cediendo finalmente la falla del bloque al otro elemento que lo conforma, en este caso la junta de mortero.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la investigación acerca del uso de dosificaciones por los métodos conocidos de método ACI o métodos de fineza o método Walker.
2. Realizar una investigación acerca de la posibilidad de producir concreto livianos de alta resistencia.
3. Se recomienda tener en cuenta el tiempo de fraguado a la hora del vaciado del concreto liviano, y el uso de aceleradores de fragua.
4. Investigar la cantidad de aire que contiene las mezclas de concreto liviano, y así verificar la mejora o disminución de la durabilidad.
5. Ejecutar ensayos de tal forma que estos sean sujetos de una análisis estadístico para obtener una desviación estándar, de modo tal de poder conocer la variabilidad de la mezcla con el fin de evitar resultados no deseados.
6. Se debe estudiar el efecto del aislamiento térmico y acústico del ladrillo de concreto liviano frente al ladrillo pandereta.
7. Se deben realizar pruebas de impacto del ladrillo de concreto liviano y el ladrillo pandereta, se prevea por los materiales de los que están fabricados tales elementos que el ladrillo pandereta resulte ser más frágil que el ladrillo de concreto liviano.

REFERENCIAS

1. American Society for Testing and Materials, Norma C 128, Volumen 04.02, 2003.
2. ASTM C270 (2002). Standard Specification for Mortar for Unit Masonry. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, EUA.
3. ASTM E519 (2000). Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, EUA.
4. ASTM.C33. Especificación Normalizada para Agregados para Concreto.
<http://poliestirenos.com/d/polystyrene-poliestireno/hormigon-alivianado.html>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=iMi3pE8n1E0>
6. Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association .
7. Norma MTC E 704 – 2000; Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos
8. NORMA TECNICA E.070 – ALBAÑILERÍA (2013)
9. Norma Técnica Peruana; NTP 400.037:2002; Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón. (concreto)
10. NTP 399.600:2010 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso no estructurales.
11. NTP 399.604:2002 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
12. NTP.400.012. (2001). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
13. NTP.400.013. (2002). AGREGADOS. Método de Ensayo Normalizado para Determinar las Impurezas Orgánicas del Agregado Fino.
14. NTP.400.017. (2011). AGREGADOS. Método de Ensayo para Determinar el Peso Unitario del Agregado.
15. NTP.400.021. (2002). Peso Específico y Absorción del Agregado fino.
16. NTP.400.022. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.

17. Waddell J, & Dobrowolsky J, Manual de la Construcción con Concreto, Tomo I, tercera edición 2001, Editorial McGraw-Hill, México.



BIBLIOGRAFÍA

1. Anteproyecto NMX-MURETES (2003). Determinación de la resistencia a compresión diagonal y de la rigidez a cortante de muretes de mampostería de barro y de concreto. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C., México D. F
2. CAPECO, Costos y Presupuestos en Edificaciones, Lima Perú.
3. Concreto Leve de Poliestireno Expandido, Anais do 57° Congresso Brasileiro do Concreto (CBC2015), Outubro 2015. Idioma Portugués.
4. Concreto Leve Produzido com Pérolas de Poliestireno Expandido, Novas Edicoes Academicas. Idioma Portugues.
5. Elizondo, A. (2006). Caracterización Del Concreto Celular Elaborado Con Espuma Preformado. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Nuevo León, México.
6. Enrique Pasquel C. Tópicos de Concreto, Colección del Ingeniero Civil, Año 1993
7. Enrique Riva L. La naturaleza del concreto y materiales, Primera Edición Año 2000
8. Enrique Riva L. Materiales para concreto fondo editorial ICG, Primera Edición Año 2000.
9. Gibson, L. J., Ashby, M. F. (1999). Cellular solids. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.
10. Hazarika H., Okuzono S. (2004). On a performance enhancement of a soil-structure system with sandwiched inclusion.
11. Ing. Enrique Pasquel Carbajal; Tópicos de Tecnología del Concreto; Impreso Lima, Perú 1999; Segunda edición.
12. Ing. Enrique Pasquel Carbajal; Tópicos de Tecnología del Concreto; Impreso Lima, Perú 1999; Segunda edición.
13. Ing. Enrique Riva López; Diseño de Mezclas; Fondo Editorial ICG; Primera Edición 2010.
14. Juan Harman I. Diseño de Mezclas de Agregados, diseño de mezclas de concreto y concreto en obra, Capítulo Peruano ACI Perú, Año 2000.
15. Lightweight Concrete Using EPS, International Journal of Acience and Research (IJSR)
16. Masso Moreu, Y, Mills, N.J. (2004). Rapid hydrostatic compression of low-density polymeric foam. Polymer Testing, Vol. 23.

17. Olavarria, A. (2008) Presentación del Sistema constructivo para Viviendas Ytong, Basado en Hormigón Celular y Estudio Comparativo con Viviendas de Albañilería, Hormigón y Madera. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
18. Rossacci, J., Shivkumar, S. (2003). Bead fusion in polystyrene foams. *Journal of Materials Science*, Vol.38, No. 2.
19. Soluciones con Aislamiento de Poliestireno Expandido (EPS), IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía), Madrid abril 2007.
20. www.textoscientificos.com: Poliestireno Expandido







AREQUIPA-PERU

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONSTANCIA

El que suscribe, **Dr. Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia** Coordinador de Laboratorio de Suelos y Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

HACE CONSTAR

Que el (los) Señor(es) Bachiller(es) en Ingeniería Civil:
GONZALO RENATO NAIZA RAMIREZ

Código N° 2009190091

Han realizado los ensayos en el Laboratorio de Suelos y Concreto correspondientes a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada: **"APLICACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA FABRICACIÓN DE UNIDADES DE CONCRETO LIVIANO PARA MUROS DE TABIQUERÍA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"**.

Los ensayos efectuados por los señores bachilleres fueron los siguientes:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Rotura de Probetas	27.00
Rotura de Bloque de Poliestileno Expandido	3.00
Rotura de Bloques de Concreto	3.00
Compresión de Ladrillos	6.00
Compresión Unidades Albañilería Poliestileno Expandido	3.00
Compresión de Pilas de Albañilería	9.00
Densidad de Probetas, Ladrillos y Bloquetas	12.00
Peso específico y absorción del Ag. Fino	3.00
Contenido de Humedad	3.00
Peso Unitario Suelto del Ag. Fino	3.00
Peso Unitario Compactado del Ag. Fino	3.00
Análisis Granulométrico del Ag. Fino	3.00
Contenido de Impurezas Orgánicas	1.00

El costo total de los ensayos realizados asciende a: S/. 349.00

El costo cancelado por dichos ensayos asciende a: S/. 349.00* (Comprobante BO17-00000304)

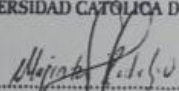
*Según autorización de la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Concreto, se llevaron a cabo entre el 11/08/17 y el 04/09/17.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para continuidad en el trámite de titulación.

Arequipa, 13 de Octubre del 2017

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA


.....
Dr. Ing. ALEJANDRO VÍCTOR HIDALGO VALDIVIA
COORDINADOR DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERIA CIVIL
EPIC- FAICA - CAMPUS PARQUE INDUSTRIAL

ExpanPol®

Perlas de Poliestireno Expandido



ExpanPol, es un polímero termoplástico (PS), que se obtiene de la polimerización del estireno.

Es una espuma rígida de color blanco y gran trabajabilidad, caracterizada por un termoplástico celular de baja densidad y alta resistencia físico-mecánica en relación a su reducido peso aparente, cuyo nombre genérico es Poliestireno Expandido.

Las perlas **ExpanPol**, son perfectamente esféricas y elaboradas con materia prima de primer nivel, su propiedad de aislante térmico, permite la protección ante el calor y el frío. En los procesos de embalaje crea un relleno amortiguante.

CARACTERÍSTICAS

- Fácil manipulación y bajo peso.
- Alta resistencia a la compresión.
- Facilidad de transporte y almacenamiento.
- Estable dimensionalmente.
- Material no corrosivo, inocuo, inodoro, insípido.
- Insensible al ataque y a la proliferación de hongos y microorganismos.
- Durable, 100 % reciclable y ecológico.
- Higroscópico (no absorbe agua).
- Autoextinguible (no propaga llama).



APLICACIONES

- Construcción (mortero y hormigón alivianado).
- Agricultura (compostaje).
- Viveros (múltiples usos).
- Relleno de muñecos, pufs y cojines anti-stress.
- Decoración y cotillón.

ALMACENAMIENTO

Recomendaciones:

- No retirar del empaque hasta el momento de hacer uso del producto.
- Evitar contacto con superficies a temperatura mayor a 90°C.
- No exponer a fuego directo.

PARA ESTRUCTURAS DE MENOR PESO

Las perlas de poliestireno expandido **ExpanPol**, se utilizan como agregado para alivianar morteros y hormigones, elevando sus propiedades térmicas - acústicas y principalmente para lograr estructuras más livianas en: sobrelosas, radieres, cubiertas, etc.

DOSIFICACIÓN

Tabla referencial de dosificación para hormigón liviano por m³.

Densidad aparente del Hormigón Kg/m ³	Perlas <i>ExpanPol</i>		Cemento	Arena			Agua	Resistencia compresión	Coefficiente de conduc. térmica
	(Lt)	bolsas	(Kg)	(Kg)	(Lt)	(Lt)	(Kg/cm ²)	(Kcal*m/m ² *h°C)	
600	1170	4.7	320	142	89	138	14	0.16	
700	1105	4.6	320	239	149	141	20	0.18	
800	1040	4.2	320	336	210	144	23	0.22	
900	1000	4.0	330	415	259	155	33	0.26	
1000	950	3.8	330	508	318	162	38	0.29	
1100	900	3.6	330	598	374	172	48	0.34	
1200	810	3.2	330	695	434	175	59	0.40	

PRESENTACIÓN

Se comercializan en bolsas de 250 litros, con una densidad estándar de 10 Kg/m³ y puede variar según requerimientos especiales.

CALIDAD

HORMIPRET, fabrica industrialmente sus productos de poliestireno expandido bajo marca registrada

ExpanPol cumpliendo la norma chilena NCh 1070.

ASESORAMIENTO TÉCNICO

El departamento técnico de **HORMIPRET** ofrece gratuitamente a sus clientes el asesoramiento sobre las características y aplicaciones específicas de toda la línea de productos **ExpanPol**.

CONCRETO LIVIANO

Versión 2-2010



Descripción

Concreto especialmente diseñado a partir de los materiales tradicionales y con un componente de poliestireno expandido (Concrelight®) para mantener una consistencia plástica y un peso por unidad de volumen que garantice su cualidad de liviano.

Usos

- Aplicaciones que requieran bajo peso en materiales.
- Aplicaciones con requerimientos termoacústicos especiales.
- Rellenos y recubrimientos.
- Páneles.
- Elementos prefabricados.
- Losas de entrepiso.
- Muros divisorios fundidos en sitio.
- Prefabricados livianos.
- Concretos de nivelación de pisos.

Ventajas y Beneficios

- Reducción del peso de la estructura, manteniendo una resistencia especificada.
- Mejor rendimiento en el tiempo de ejecución de acabados, dado su bajo peso y fácil colocación.
- Mejora las propiedades termoacústicas de la estructura.
- Disminuye la transmisión de vibraciones.
- Estabilidad en el rendimiento volumétrico en estado plástico.
- Mejores condiciones de acabado.

Especificaciones Técnicas

ESPECIFICACIÓN	VALOR		OBSERVACIONES
	Concreto especificado por densidad	Concreto especificado por densidad y resistencia	
Asentamiento	6" +/-1" (152 +/-25 mm)	6" +/-1" (152 +/-25 mm)	Evaluado de acuerdo con la NTC 396.
Resistencia especificada a compresión (28 días)	NA	2000 psi (14 MPa) 2500 psi (17,5 MPa) 3000 psi (21 MPa)	Evaluada de acuerdo con la NTC 673.
Tamaño máximo nominal del agregado	1/2", y 1" (12,5mm y 25,4mm)	1/2", y 1" (12,5mm y 25,4mm)	Dependiendo de la disponibilidad de fuentes de suministro de cada región.
Densidad	1200 kg/m ³ (+/-50 kg/m ³) 1600 kg/m ³ (+/-50 kg/m ³)	1800 kg/m ³ (+/-50 kg/m ³)	Evaluada de acuerdo con la NTC 1926.
Características adicionales	Color	Color	Estas características son adicionadas por requerimiento del cliente de acuerdo con sus necesidades y viabilidad técnica. Los colores ofrecidos están sujetos a las materias primas disponibles en cada región.

Recomendaciones

- Al momento de establecer las especificaciones del concreto, tener en cuenta las consideraciones relativas a la durabilidad de las estructuras consignadas en la Norma Colombiana para Construcciones Sismoresistentes NSR - 10 y prácticas recomendadas por el American Concrete Institute ACI.
- Cumplir las prácticas y recomendaciones existentes para los procedimientos de colocación, vibrado, manejo, protección y curado.
- La adición en obra de cemento, agua o aditivo alterará el diseño afectando la calidad del concreto producido.
- Garantizar el sellado de formaleas y el uso de materiales que eviten deformaciones con el fin de disminuir desperdicios.
- No se debe utilizar para concretos en piso industrial o pisos en los cuales se aplica endurecedor como acabado.
- El concreto debe ser colocado máximo 45 minutos después de la llegada a la obra, a no ser que alguna característica especial permita lo contrario.
- La descarga del concreto debe ser tan cerca como sea posible a su posición final, teniendo en cuenta que la caída libre máxima permisible es de 1,20 m. Cuando se supere esta distancia debe proveerse algún mecanismo que atenúe la caída libre y la segregación del concreto.
- La toma del asentamiento debe ser realizada antes de 30 minutos contados después de recibido el concreto en la obra.
- Cumplir con las normas técnicas existentes para la evaluación de la calidad de los concretos.