

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



“EVALUACION DE LA CALIDAD Y COSTO DE BLOQUES DE
CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIRENO COMO
ALTERNATIVA EN MUROS DE ALBAÑILERIA EN VIVIENDAS
MULTIFAMILIARES DE LA CIUDAD DE AYACUCHO”

BORRADOR DE TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

Bach. MAURO ÑAUPA MOREYRA

ASESOR:

Mg Sc. Ing. ANGEL HUGO VILCHEZ PEÑA

Ayacucho – Perú

2018

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, a mis padres Martha Moreyra Rojas y Mauro Ñaupá Márquez y a mis hermanos con todo mi amor.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga-Facultad de Ingeniería de Minas Geología y Civil, por su contribución durante mi desarrollo académico profesional.

Al M.Sc. Ing. Ángel Hugo Vélchez Peña, amigo y asesor de esta tesis, por sus apreciadas sugerencias y apoyo constante durante este trabajo de investigación.

Finalmente, a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA, alma máter, por acogerme dentro de sus aulas durante mis años maravillosos de estudiante universitario.

RESUMEN

Con los bloques elaborados de morteros de cemento con perlitas de poliestireno, se ha determinado la baja densidad en comparación con otras unidades de albañilería (bloque de concreto hueco); la baja densidad del bloque permite la disminución de las cargas muertas de las viviendas, ya que las perlitas de poliestireno están compuesto en mayor porcentaje por aire, haciendo más ligero al bloque de concreto, a su vez a un costo módico a comparación de los ladrillos de arcilla artesanal, evaluados para 1m^2 de muro de albañilería, como alternativa las perlitas de poliestireno puede ser un material utilizado en la elaboración de bloques de cemento, remplazando un porcentaje al agregado fino, en la dosificación de la mezcla. Se ha determinado también que la utilización de perlitas de poliestireno de los agregados y cemento disminuye, haciendo más económica su elaboración.

Para determinar la calidad de los bloques de cemento con poliestireno, se midió a base de ensayos de laboratorio como la resistencia a la compresión de la unidad (f'_b), la densidad absorción y/o otros, por último, una evaluación económica comparativa con los ladrillos existentes de nuestro medio, a fin de ser utilizado en la construcción. Siendo favorable difundir en las construcciones de muros de albañilería en las viviendas multifamiliares en la ciudad de Ayacucho.

ABSTRACT

With the blocks made of cement mortar with polystyrene beads, the low density has been determined in comparison with other masonry units (hollow concrete block); the low density of the block allows the decrease of the dead loads of the houses, since the polystyrene beads are composed in greater percentage by air, making the concrete block lighter, in turn at a reasonable cost compared to the bricks of handmade clay, evaluated for 1m² of masonry wall, as an alternative the polystyrene beads can be a material used in the elaboration of cement blocks, replacing a percentage with the fine aggregate, in the dosage of the mixture. It has also been determined that the use of polystyrene beads of the aggregates and cement decreases, making their preparation more economical.

To determine the quality of the cement blocks with polystyrene, it was measured based on laboratory tests such as compressive strength of the unit (f'_b), absorption density and / or others, finally, a comparative economic evaluation with the existing bricks of our environment, in order to be used in construction. Being favorable to spread in the construction of masonry walls in multifamily housing in the city of Ayacucho.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.1.1. Internacionales	1
1.1.2. Internacionales	2
1.1.3. Nacional	2
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. Problema Central	3
1.3.2. Problema específico.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.4.1. Justificación.....	3
1.4.2. Importancia.....	3
1.5. OBJETIVOS.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
1.6. HIPÓTESIS.....	4
1.6.1. Hipótesis General.....	4
1.6.2. Hipótesis Específicas	4
1.6.3. Organización del estudio	4
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. BÚSQUEDA DE LOS MATERIALES MÁS LIGEROS EN LAS EDIFICACIONES.....	6
2.2. CONCRETO CONVENCIONAL.....	7
2.3. CONCRETO LIVIANO	8
2.3.1. Clasificación de concretos livianos	8
2.3.1.1. Concreto liviano de agregado ligero	8
2.3.1.2. Concreto liviano sin finos.....	9

2.3.1.3.	Concreto liviano aireado celular	9
2.3.2.	Concreto liviano con perlitas de poliestireno	10
2.3.2.1.	Características físicas y mecánicas del concreto liviano	11
2.4.	Poliestireno expandido	13
2.4.1.	Origen del poliestireno	13
2.4.2.	Poliestireno expandido	14
2.4.2.1.	Proceso de fabricación de las perlas de poliestireno	14
2.4.2.2.	Perlitas de poliestireno	16
2.4.3.	Propiedades y características de perlitas de poliestireno	17
2.4.3.1.	Propiedades físicas de perlitas de poliestireno	18
2.4.3.2.	Propiedades mecánicas de perlitas de poliestireno	20
2.4.4.	Poliestireno en la construcción de obras civiles	20
2.5.	Bloques de concreto	21
2.5.1.	Definición	22
2.5.2.	Materiales que conforman los bloques de concreto	23
2.5.2.1.	Cemento portland	23
2.5.2.2.	Agregados	24
2.5.2.3.	Agua	26
2.5.2.4.	Aditivos	26
2.5.2.5.	Fabricación	26
2.5.3.	Proceso de fabricación	27
2.5.4.	Clasificación de bloques	27
2.5.5.	Características de los bloques de concreto	28
2.5.5.1.	Muestreo aleatorio	28
2.5.5.2.	Densidad de los bloques	29
2.5.5.3.	Absorción de los bloques	30
2.5.5.4.	Variabilidad dimensional	31
2.5.5.5.	Alabeo	32
2.5.5.6.	Resistencia a la compresión de unidad, pilas y muretes (f'_b, f'_m, v'_m)	33
2.5.5.7.	Dimensiones del bloque	34
2.6.	MORTERO DE CEMENTO	36
2.6.1.	Clasificación del mortero según el módulo de finura de la arena	37
2.6.2.	Clasificación del mortero según la fluidez	37
2.6.3.	Dosificación de morteros	38

2.6.4.	Granulometría del Agregado para mortero	39
2.6.5.	Resistencia a la compresión del mortero	40
2.6.6.	Moldes de especímenes de ensayo.....	44
MARCO CONCEPTUAL.....		45
MARCO LEGAL		46
CAPÍTULO III.....		47
MATERIALES Y MÉTODOS.....		47
3.1.	Ubicación de la zona en estudio	48
3.2.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	49
3.3.	POBLACIÓN	49
3.4.	MUESTRA	49
3.5.	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
3.6.	HERRAMIENTAS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	50
3.7.	MATERIALES UTILIZADOS	50
3.8.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO	51
3.9.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN..	51
3.10.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO	52
3.11.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA ELABORAR ESPECÍMENES CÚBICOS DE 5X 5 X 5 CM	53
3.12.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CÚBICOS DE 5 X 5 X 5 CM Y BLOQUES DE CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIRENO.	54
3.13.	METODOLOGÍA.	54
3.13.1.	Metodología para la granulometría del Agregado Fino	55
3.13.1.1.	Extracción de muestra	55
3.13.1.2.	Granulometría del agregado fino	58
3.13.2.	Metodología para el peso específico y absorción del agregado fino	58
3.13.3.	Metodología para el peso unitario del agregado fino.....	60
3.13.4.	Metodología para las perlas de poliestireno expandido.....	64
3.13.5.	Metodología para la elaboración de especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero de cemento (ASTM C780)	64
3.13.6.	Metodología para la elaboración de especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero cemento con perlitas de poliestireno.	69
3.13.7.	Metodología de ensayo a la resistencia a la compresión de unidad de especímenes de 5x5x5cm de mortero cemento con/sin perlitas de poliestireno.	72

3.13.8. Metodología de elaboración de bloques de cemento con perlitas poliestireno de 19x39x9cm.....	75
3.13.8.1. Dosificación de mezcla.....	78
3.13.8.2. Fabricación de bloque de cemento con perlita de poliestireno.....	80
3.13.8.3. Ensayos realizados a bloques de cemento con perlitas de poliestireno.....	82
CAPITULO IV	89
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	89
4.1. ENSAYOS DEL AGREGADO FINO	90
4.1.1. Ensayos de granulometría y módulo de finura del agregado fino	90
4.1.2. Ensayos de peso específico y absorción del agregado fino	91
4.1.3. Ensayos de peso unitario del agregado fino.....	92
4.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CÚBICOS DE 5X5X5CM. 93	
4.2.1. Resistencia a la compresión de mortero cemento.....	93
4.2.2. Resistencia a la compresión de mortero cemento con perlitas de poliestireno en especímenes cúbicos de 5x5x5cm.....	98
4.3. ENSAYOS REALIZADO EN BLOQUES DE CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIRENO CON EL DISEÑO ÓPTIMO ENCONTRADO.	108
4.3.1. Resistencia a la Compresión de unidad de bloque de cemento con perlitas de poliestireno.....	108
4.3.2. Absorción del bloque de cemento con perlitas de poliestireno	112
4.3.3. Alabeo del bloque de cemento con perlitas de poliestireno	112
4.3.4. Variabilidad dimensional del bloque de cemento con perlitas de poliestireno	113
4.4. ANALISIS DE COSTOS Y COMPARACION DE RESULTADOS	114
4.4.1. Análisis de costos unitarios del bloque de cemento con perlitas de poliestireno...114	
4.4.2. Comparación de costos con ladrillos artesanal, bloque de concreto con hueco y bloque de cemento con perlitas de poliestireno sólido.	116
4.4.3. Contrastación de resultados con ladrillos artesanal, bloque de concreto hueco y bloque de cemento con perlitas de poliestireno sólido.	120
Conclusiones y recomendaciones	121
Conclusiones	121
Recomendaciones	122
Futuras líneas de investigación	122
BIBLIOGRAFÍA	123
ANEXOS	125

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES.

1.1.1. Internacionales.

El concreto liviano fue trabajado en la cultura romana, en el año 273 A.C., buscando aligerar las cargas de las infraestructuras con rocas volcánicas y áridos ligeros en la preparación de materiales cementante.

El concreto celular fue inventado por el arquitecto sueco J. A. Eriksson (1924), lo cual al principio no tuvo un impacto esperado por la dificultad en su construcción, pero con los avances de la tecnología facilitaron y adquirió su importancia en la construcción como material ligero.

En 1925 un químico alemán consiguió ensamblar varias moléculas de estireno unas con otras en un proceso denominado polimerización. A este polímero lo denominó Poliestireno. También en 1925, otro científico alemán, el DR. Strasky, del grupo químico alemán BASF, realizó la primera expansión del poliestireno, creando el Poliestireno Expandido. El ente regulador de la calidad del poliestireno, la Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido (AIPEX), también lo tiene en algunos países de Sudamérica como Chile y Argentina en donde el poliestireno tiene un papel mucho más representativo.

1.1.2. Internacionales.

Por otro lado, el uso del concreto celular en Latinoamérica resalta mayormente en Brasil, Chile y México, países en los que tanto el concreto celular con polvo de aluminio y el concreto celular a base de espuma preformada ya son popularmente utilizados. Existen varios artículos de investigación sobre este material en países como Ecuador. (Paulino & Espino, 2017)

1.1.3. Nacional.

En el Perú, el uso del poliestireno como material para la elaboración del concreto recién ha comenzado a aplicarse en muy pocos proyectos dado a que no se tiene tanto conocimiento sobre los beneficios que dicho material logra brindar y la poca información que se maneja acerca de su comportamiento en situaciones específicas. (Paulino & Espino, 2017)

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Los primeros edificios eran pesados y no muy altos, en principio su limitante fue el acceso a los pisos superiores, con el invento del ascensor se enfocaron en llevarlos más y más arriba. Sin embargo, seguían siendo pesados y en algunos casos debido a condiciones de suelo presentaban problemas de asentamiento, eran vulnerables.

Los costos y cargas muertas elevadas en las edificaciones, han permitido que se busquen alternativas para disminuir el requerimiento de mano de obra y la disminución de las cargas muertas con materiales más ligeros, para la elaboración de viviendas disminuyendo las cargas, costos y mano de obra en las construcciones de viviendas. En la actualidad se utiliza ladrillo de arcilla artesanal en construcciones de viviendas que no cumplen con las condiciones necesarias en cuanto a la uniformidad, resistencia y entre otros.

La gran demanda de construcción en el mundo actual, ha llevado a buscar nuevas tecnologías en materiales, que tengan como objetivo, mejorar sus propiedades de trabajo, tiempo y principalmente costos.

Alrededor del mundo, la mayoría de las materias primas para construcción, han tenido un fuerte aumento en su valor económico, lo cual ha llevado a la optimización de uso de materiales.

En estas condiciones el presente trabajo, pretende investigar la calidad y costo del bloque de cemento con perlitas de poliestireno y obtener resultados en las

construcciones como alternativa en muros de albañilería en viviendas multifamiliar. Desarrollando un amplio programa experimental en el análisis de bloques de cemento con perlitas de poliestireno, se llevará a cabo estudios en los procesos de dosificación, elaboración y evaluación económica de los bloques de cemento en estado endurecido.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.3.1. Problema Central.

- ¿Con el uso de perlitas de Poliestireno como influye en la calidad del bloque de cemento como alternativa en muros de albañilería en viviendas multifamiliares?

1.3.2. Problema específico.

- ¿De qué manera las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de cemento con perlitas de poliestireno influyen en la resistencia a la compresión?
- ¿De qué manera la proporción optima de diseño de mezcla influye en la elaboración de bloques de cemento con perlitas poliestireno?
- ¿De qué manera la evaluación económica de bloques de cemento con perlitas de poliestireno respecto al ladrillo de arcilla artesanal y bloques de concreto con hueco influye mayor ventaja en costo y rendimiento en la construcción?

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

1.4.1. Justificación.

El presente trabajo de investigación pretende conseguir un menor peso propio de los bloques de concreto con perlas de poliestireno con respecto al bloque tradicional, por su baja densidad de los materiales utilizado en su elaboración del bloque, considerándose una de las grandes ventajas para los diseños del cálculo estructural por cuanto aligerará el peso propio del elemento, permitiendo reducir la carga muerta las que se encuentran sometidas los elementos estructurales de una edificación.

1.4.2. Importancia.

Los bloques de concreto con perlitas de poliestireno, constituyen una plataforma importante para el desarrollo de las construcciones modernas en las Edificaciones. El uso de estos bloques es parte de una alternativa de los bloques tradicionales usados en la actualidad, una de las ventajas que ofrece estos bloques de concreto con perlas de poliestireno, es su mayor rapidez de construcción de los muros, menor costo de transporte y acarreo en obra, por cuanto su peso es muy liviano en consideración a los bloques tradicionales y se facilitará inclusive al traslado de los mismos por personal femenino mayor de edad que trabaja en las obras.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. Objetivo General.

- Evaluar la calidad de bloques de cemento con perlitas de Poliestireno a fin de determinar como alternativa en muros de albañilería en viviendas multifamiliares.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de cemento con perlitas de poliestireno a fin de determinar la resistencia a la compresión.
- Encontrar la dosificación óptima de diseño de mezcla a fin de fabricar un prototipo de bloques de cemento con perlitas de poliestireno.
- Realizar la evaluación económica de bloques de cemento con perlitas de poliestireno con el ladrillo de arcilla artesanal y bloques de concreto con hueco a fin de determinar el presupuesto mínimo.

1.6. HIPÓTESIS.

1.6.1. Hipótesis General.

- Con la calidad de bloques de cemento con perlitas de poliestireno se tiene como alternativa en muros de albañilería en viviendas multifamiliares.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- Con las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de cemento con perlitas de poliestireno se determina la resistencia a compresión.
- Con la Dosificación óptima de diseño de mezcla se obtendrá un buen prototipo de bloques de cemento para su utilización en la construcción.
- Con la evaluación económica de bloques de cemento con perlitas de poliestireno con el ladrillo de arcilla y bloques de concreto con hueco se determina el presupuesto mínimo.

1.6.3. Organización del estudio.

La presente tesis se ha organizado de tal manera que siga la secuencia de campo, laboratorio, procesamiento y resultados. Para iniciar con el estudio se ha realizado sondeos y extracciones de muestra inalteradas selladas para evitar la alteración de sus propiedades mecánicas y dejen de ser representativas, la secuencia seguida es la siguiente:

- **El capítulo 1:** Se expone como surge el interés de realizar la presente tesis. La sustentación del problema de investigación. La justificación y la importancia de

estudio. Asimismo, se hace un planteamiento final de los objetivos que persigue la tesis.

- **En el capítulo 2:** Se presenta los conceptos fundamentales, referente al Concreto, las bases teóricas al concreto Liviano, Perlitas de poliestireno su propiedades físicas y mecánicas, utilización en la construcción y los bloques de concretos y por último el mortero cemento, sus propiedades físicas y mecánicas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana (N.T.P).
- **En el capítulo 3:** Presenta la descripción de los equipos necesarios para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los insumos que intervienen en la preparación de los bloques con perlitas de poliestireno. Así también se detalla la metodóloga seguida para la determinar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de cemento con y sin perlitas de poliestireno
- **En el capítulo 4:** Aborda todo los resultados y discusiones de las propiedades físicas y mecánicas de los insumos en la preparación de bloques de cemento con y sin perlitas de poliestireno.
- **En el capítulo 5:** Se ocupa de las conclusiones y recomendaciones que se debe seguir de los resultados obtenidos en la presente investigación.
- **Referencias bibliográficas:** se presenta el material e información utilizada en el presente estudio (libros, tesis, revistas, apuntes).
- **En el apéndice:** Se adjunta los diferentes resultados obtenido de los ensayos y diseño de los bloques de cemento con y sin poliestireno realizados en hoja de cálculo Excel.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

2.1. BÚSQUEDA DE LOS MATERIALES MÁS LIGEROS EN LAS EDIFICACIONES

Históricamente, las características más requeridas en las edificaciones han sido la capacidad de aislar sonido y el control de la temperatura interna del edificio debido a la gran concentración humana en un espacio delimitado, esta concentración provoca que la libertad se vea disminuida por la pérdida de privacidad que esto genera, en construcciones de concreto con diseños estructurales más conservadores los elementos eran más robustos, lo cual beneficiaba sin querer la privacidad minimizando la incidencia del ruido externo, aunque sin tener mucho éxito en el ámbito del aislamiento térmico. (Paulino & Espino, 2017)

Un importante avance para aligerar el peso propio de las estructuras se obtuvo mediante la aparición de nuevos materiales y técnicas de construcción, permitiendo así llegar más alto y con más seguridad, tomando en consideración todas las circunstancias y exigencias necesarias para que la construcción cumpla con las condiciones de rigidez, equilibrio y estabilidad. (Gonzalez, 2016)

La primera solución para obtener un concreto liviano es por medio de un agregado especial para disminuir el peso propio del concreto. Esto se logra cambiando los agregados tradicionales con otros de menor densidad, como son los agregados artificiales.

Los concretos de baja densidad tienen su origen debido a la necesidad de encontrar materiales nuevos para la construcción, teniendo en consideración la evolución de los diferentes sistemas constructivos. (Olavarria, 2008)

Para la generación de un concreto de baja densidad, se puede basar en el empleo de las siguientes tres técnicas; utilizando agregados livianos, usando aditivos espumantes y usando espumas preformadas, que producen burbujas de aire que son elementales en la característica del concreto celular, además de presentar un contraste de los materiales de construcción convencionales presentado las ventajas y desventajas de estos mismos. (Lituma & Zhunio, 2015)

2.2. CONCRETO CONVENCIONAL

El concreto, o también conocido en otros países como hormigón, puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno agregados o áridos, agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto piedra artificial y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos a compresión. (Zamora, 2015)

El concreto se constituye aproximadamente de entre 70-80% de agregados (grava y arena) en volumen, el resto es pasta de cemento. La pasta de cemento a su vez se compone de un 30-50% de cemento en volumen y el resto es agua. La Figura 9.1 muestra esquemáticamente la estructura del concreto. (Bustamante & Diaz, 2014)

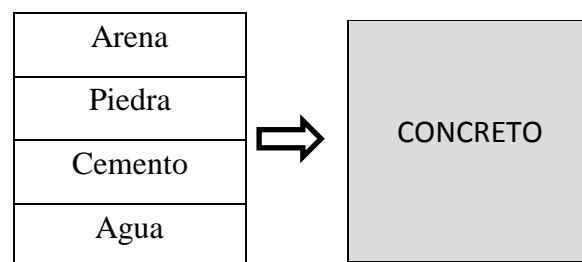


Figura 2.1: Estructura del concreto convencional.

La resistencia a la compresión para concretos normales está en el rango de 180 a 500 [kg/cm²] con densidades alrededor de 2400 (kg/cm³), mientras que para los concretos especiales alcanzan resistencias hasta 2000 (kg/cm²) con densidad de más de 3200 (kg/cm³). (Arapa, 2016).

2.3. CONCRETO LIVIANO.

El concreto liviano denominado es aquel cuya densidad es menor a la del concreto convencional (2400 kg/cm^3). Esta densidad se encuentra en un rango muy amplio que varía entre $300 - 1850 \text{ kg/m}^3$. Este tipo de concreto por lo general es usado para optimizar el diseño estructural, debido a que por sus propiedades logra reducir las cargas muertas a las que se encuentran sometidas los elementos estructurales de una edificación. (Izquierdo & Ortega, 2017)

El concreto liviano puede producirse dentro de la mezcla mediante medios mecánicos o químicos, la introducción del polvo de aluminio, aire incorporado, agregado mineral ligero, piedra pómez, pizarra, arcilla, o la espuma de perlas de poliestireno expandido (EPS), poliuretano o de otros materiales poliméricos. Las ventajas de tener materiales con baja densidad son muy numerosas; por ejemplo, reducción de las cargas muertas, mayor rapidez de construcción, menores costos de transportes y acarrees.

El hecho que el concreto liviano presente menor densidad no quiere decir que no se pueda realizar tales concretos para fines estructurales. Todo dependerá de que cantidad de cemento y agregados se añada a la mezcla. (Paulino & Espino, 2017)

2.3.1. Clasificación de concretos livianos.

Los Concretos Livianos se clasifican en tres grupos, según los materiales y métodos de elaboración del concreto ligero, reduciendo su densidad y en sus propiedades físicas, se divide de la siguiente manera:

2.3.1.1. Concreto liviano de agregado ligero.

Mezcla constituida por agregado ligero. Puede ser fino o grueso; cemento y agua. Poseen densidades menores que la de un concreto convencional. La propiedad más significativa de este concreto es la densidad, que está entre 300 y 1850 kg/m^3 , con resistencias que se encuentran desde 35 kg/cm^2 hasta 422 kg/cm^2 . (Yagual & Villacis, 2015)

Los agregados ligeros que se incorporan al concreto pueden ser orgánicos e inorgánicos, naturales o artificiales y de granulometría continua o discontinua. Entre los agregados orgánicos encontramos cascarilla de arroz, viruta de madera y el poliestireno expandido. (Izquierdo & Ortega, 2017). Dentro de los agregados ligeros naturales son en su mayoría agregados porosos de origen volcánico, podemos mencionar la piedra pómez, la escoria volcánica y

diatomita y por último se tiene a los agregados artificiales fabricados industrialmente de materias primas encontramos las pizarras, arcillas expandidas, ladrillo triturado, algunas cenizas industriales y agregados plásticos (perlitas de poliestireno expandido) en vez de agregado normal.

En la presente investigación tomaremos como referente como materia prima a las perlas de poliestireno expandido (EPS), el cual está considerado como un agregado liviano artificial, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire.

2.3.1.2. Concreto liviano sin finos.

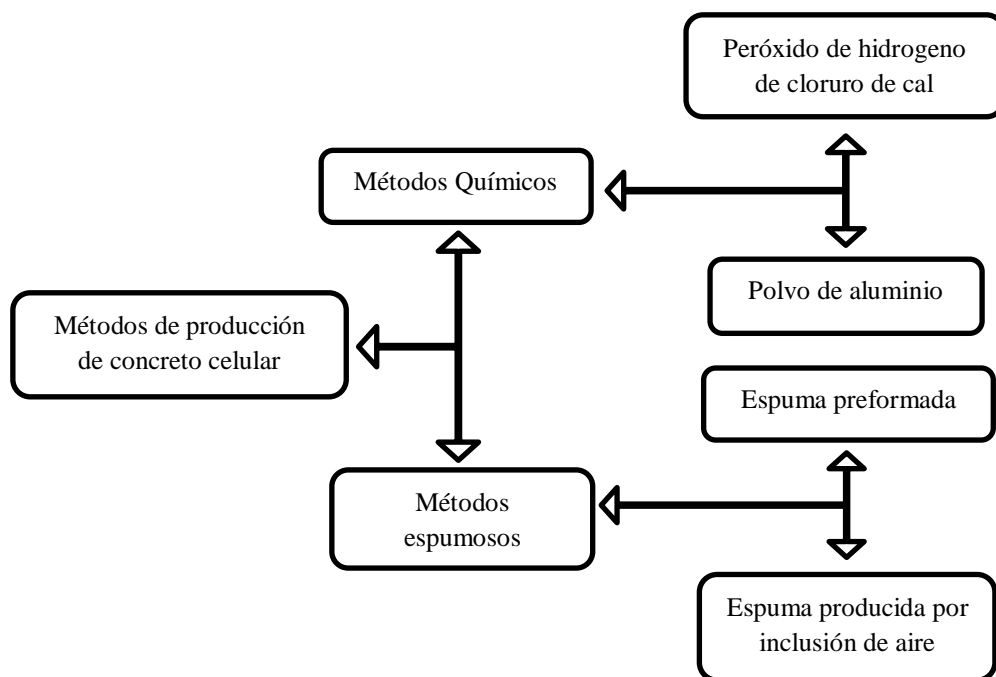
Consiste en agregado grueso, cemento y agua, El concreto sin finos contiene un mínimo o nada de agregado fino. Poseen una densidad entre 1600 y 2000 kg/m², donde el tamaño de las partículas más comunes es de 10 y 20 mm, evitando que el grano sea inferior de 4,76 mm. La resistencia esta entre 14 y 141 kg/m². (Yagual & Villacis, 2015).

El concreto sin finos está caracterizado por poseer vacíos uniformemente distribuidos. Las partículas de agregado se cubren con una pasta delgada de cemento y están en contacto punto a punto, lo cual proporciona la resistencia. La gran interconexión entre los vacíos le proporciona una baja densidad comparada con la del concreto convencional.(Zamora, 2015).

2.3.1.3. Concreto liviano aireado celular.

Consiste en producir burbujas de aire dentro del concreto, de tal modo que al fraguar se produzca una estructura celular interna. Se tiene dos maneras de producir el concreto celular: con el método químico y el método espumado (Arapa, 2016), tal como se observa en la gráfica.

Cuadro 2.1: Procedimiento de fabricación de concreto celular.



Existen diferentes metodologías químicas para lograr la introducción de aire en el concreto, pero el objetivo de todas ellas es producir burbujas de aire en la lechada de cemento, que al endurecerse tendrá una estructura esponjosa. Se obtiene así una disminución en la densidad del concreto, pero también una disminución en su resistencia debido a la presencia de vacíos. (Lituma & Zhunio, 2015).

Se han podido lograr densidades de 200 kg/m^3 (rango inferior) y 1950 kg/m^3 (rango superior), dependiendo del uso que se ha querido darle. (Izquierdo & Ortega, 2017).

2.3.2. Concreto liviano con perlitas de poliestireno.

Es un concreto el cual se obtiene mezclando cemento, arena, agua y perlitas de poliestireno. Este tipo de concreto se diferencia de otros concretos livianos por las propiedades que le aportan las partículas de poliestireno. (Paulino & Espino, 2017).

Su aplicación se limita generalmente para uso estructural debido a sus aparentes propiedades de baja resistencia. Sin embargo, dadas sus excelentes propiedades de capacidad de deformación, este material ha sido utilizado en la fabricación de varios elementos estructurales, tales como: paneles de revestimiento, muros no estructurales, sistemas de pisos compuestos, bloques de concreto para muros de carga, pavimentos, estructuras flotantes marinas. (Gonzalez, 2016).

De acuerdo a las definiciones de los conceptos realizados, se conoce como Concreto Liviano al uso de agregados livianos porosos de origen natural y/o artificial de bajas densidades en remplazo de agregados de peso convencional. La presente investigación está enfocada al estudio de perlitas de poliestireno en el bloque de concreto, es decir determinar las propiedades físicas y mecánicas, así como del uso en unidades de albañilería no estructural, se obtendrá las muestras necesarias para los ensayos de laboratorio que será el soporte necesario a la presente investigación de tesis.

2.3.2.1. Características físicas y mecánicas del concreto liviano.

Las características que brinda el concreto Liviano con perlitas de poliestireno es su baja densidad comparada con el concreto convencional, resistencia, ventajas y desventajas de su uso en la construcción.

- **Densidad del concreto liviano con perlitas de poliestireno.**

La baja densidad que presenta el concreto liviano con perlitas de poliestireno permite optimizar el diseño estructural, reduciendo a su vez las cargas que transmiten a las vigas, columnas y finalmente a las cimentaciones, así como también mayor rapidez de construcción, menores costos de transportes y acarreos.

Existen informaciones en base a pruebas realizadas por investigaciones, instituciones o empresas que utilizaron este material en obras de ingeniería, Como a manera de ejemplo se puede mostrar unas dosificaciones hechas para 1 m³, tanto en porcentajes como en pesos, para obtener ciertas densidades.

Cuadro 2.2: Cantidad de material en porcentajes por 1m³ de concreto liviano (Paulino & Espino, 2017)

Densidad de la mezcla (kg/m ³)	Poliestireno (%)	Cemento (%)	Arena (%)	Agua (%)	Total (%)
450	3.333	77.778	0.000	18.889	100
500	2.600	50.000	25.800	21.600	100
800	1.250	43.750	30.250	24.750	100
1200	0.667	37.500	36.833	25.000	100

Cuadro 2.3: Cantidad de material en peso por 1m³ de concreto liviano (Paulino & Espino, 2017)

Densidad de la mezcla (kg/m ³)	Poliestireno (kg)	Cemento (kg)	Arena (kg)	Agua (Lts)

450	15	350	0	85
500	13	250	129	108
800	10	350	242	198
1200	8	450	442	300

En las tablas mostradas se puede observar que a una mayor densidad de mezcla el porcentaje de perlitas de poliestireno utilizado decrece, mientras que el porcentaje de arena y agua se incrementa para darle mayor densidad y trabajabilidad a la mezcla del concreto que se requiere en las diversas construcciones.

La resistencia a la compresión se encuentra directamente relacionada a la densidad que se logre obtener en el diseño de mezcla.

- **Resistencia a la compresión del concreto liviano con perlitas de poliestireno.**

Se encuentra directamente relacionada a la densidad que se logre obtener en el diseño de mezcla.

Cuadro 2.4: Cantidad de material en peso por 1m³ de concreto liviano y resistencia a la compresión (Gonzalez, 2016).

Densidad (kg/m ³)	Perlas de Poliestireno		Cemento kg	Arena		Agua lt	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
	kg	lt		kg	lt		
600	11.7	1170	320	142	89	133	14
700	11.05	1105	320	239	149	141	20
800	10.4	1040	320	336	210	144	23
900	100	1000	330	415	259	155	33
1000	9.5	950	330	508	318	162	38
1100	9	900	330	598	374	172	48
1200	8.1	810	330	695	434	175	59

Debido a las características que presenta el concreto liviano con perlitas de poliestireno, surgen ciertas ventajas y desventajas al utilizar las perlitas de poliestireno en la construcción del concreto liviano, con respecto a un concreto de peso normal, son las siguientes:

- **Ventajas del concreto liviano con perlitas de poliestireno.**

- ✓ Al trabajar con elementos prefabricados de concreto aligerado con EPS, estos son más fáciles de manipular debido a su ligereza.
- ✓ Los encofrados soportarán menos peso.
- ✓ Edificios que se encuentran sujetos a impactos o carga dinámica, generalmente levantados en zonas sísmicas, resultan beneficiados por la capacidad de absorción de energía del hormigón con EPS.
- ✓ Reducción del tamaño de las cimentaciones. (Lituma & Zhunio, 2015)
- **Desventajas del concreto liviano con perlitas de poliestireno.**

Los edificios sujetos a impacto en zonas sísmicas se benefician por la capacidad de absorción de energía de las perlas de EPS, sin embargo, esta propiedad puede considerarse una desventaja ya que el concreto con EPS presenta menor resistencia a la compresión y mayor capacidad de deformación, respecto a los concretos de peso normal. Recomienda envolver las perlas de EPS en una capa de conglomerante (cemento), para lo cual se han de utilizar aditivos con dispersiones de materias sintéticas y los adhesivos de resinas sintéticas, para que así las perlas se adhieran al material y no puedan flotar cuando se somete a compactación. (Lituma & Zhunio, 2015).

2.4. Poliestireno expandido.

2.4.1. Origen del poliestireno.

En 1831 un líquido incoloro, el estireno, fue aislado por primera vez de una corteza de árbol. Hoy día se obtiene mayormente a partir del petróleo.

El poliestireno expandido fue sintetizado por primera vez a nivel industrial en el año 1930. Hacia fines de la década del 50, la firma BASF (Alemania) por iniciativa del Dr. Fritz Stastny, desarrolla e inicia la producción de un nuevo producto: poliestireno expandible, bajo la marca Styropor.

Ese mismo año fue utilizado como aislante en una construcción dentro de la misma planta de BASF donde se realizó el descubrimiento. Al cabo de 45 años frente a escribanos y técnicos de distintos institutos europeos, se levantó parte de ese material, y se lo sometió a todas las pruebas y verificaciones posibles. La conclusión fue que el material después de 45 años de utilizado mantenía todas y cada una de sus propiedades intactas. (Arapa, 2016).

El poliestireno Expandible es transformado en artículos acabados de poliestireno expandido mediante un proceso que consta de tres etapas: una etapa de Expansión,

seguida de una etapa de Estabilizado, finalizando con una última Expansión y el moldeo.

La producción del poliestireno expandido son productos derivados del petróleo, sin embargo, el consumo de este recurso natural es realmente muy limitado.

Solo el 4% el petróleo que se utiliza a nivel mundial se destina a la producción de materiales plásticos, y dentro del conjunto de materiales plásticos, el EPS representa solo un 2,5% del total.

2.4.2. Poliestireno expandido.

El Poliestireno Expandido (EPS) se define técnicamente como un material plástico espumoso, perteneciente a la familia de los termoplásticos, en aproximadamente un 98% del volumen de este material es aire y apenas el 2% es material sólido (poliestireno). Este material se obtiene a partir del estireno.

La abreviatura EPS deriva del inglés Expanded Poly Styrene. Este material es conocido también como durapax, telgopor, porexpan, poliexpan, styropor, tecnopor o Corcho Blanco. (Roman, 2017).

El poliestireno expandible, se obtiene por polimerización del estireno con introducción de un agente de expansión: el pentano. Este polímero se presenta en perlas esféricas de diámetros entre 0,3 y 2 mm. El Poliestireno Expandido – EPS se obtiene a partir del poliestireno expandible después de tres fases de fabricación: (Sierra, 2014).

2.4.2.1. Proceso de fabricación de las perlas de poliestireno.

El proceso de fabricación del Poliestireno Expandido consta de 3 etapas tal como se muestra en la figura 2.2.

- Pre-expansión
- Reposo Intermedio
- Moldeo Final

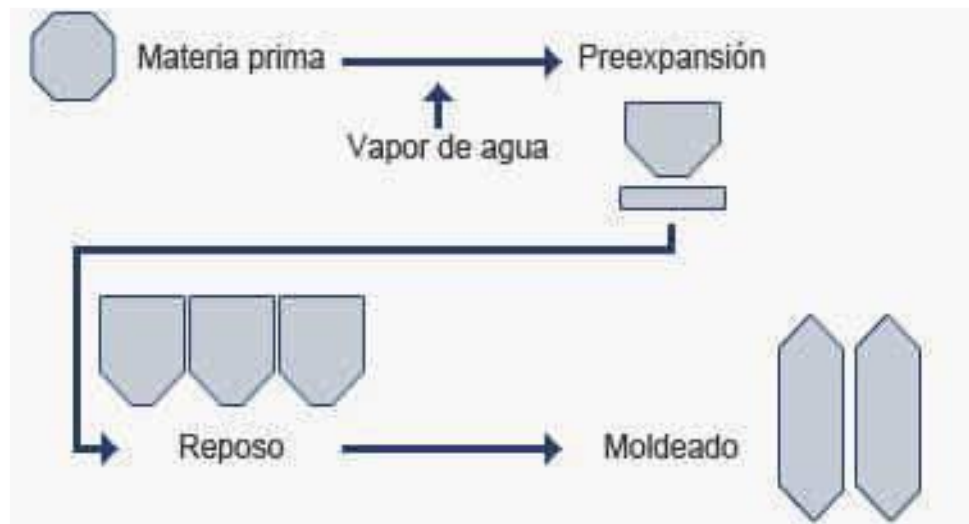


Figura 2.2: Proceso de fabricación de poliestireno expandido (Bustamante & Diaz, 2014).

- **Pre-expansión de perlas de poliestireno.**

La materia prima es introducida en unas máquinas denominadas pre-expandidores. El proceso consiste en la expansión de la perla de poliestireno expandido, mediante la aportación de vapor de agua. De esta forma, el agente expansivo que lleva la materia prima, permite que esta se expanda, bajando por tanto su densidad aparente. El control de la densidad, se realiza mediante el control de distintos parámetros, como la temperatura y del tiempo de exposición, la densidad aparente del material disminuye de unos 630 kg/m^3 a densidades que oscilan entre los $10\text{-}30 \text{ kg/m}^3$.

En el proceso de pre-expansión, las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior. (Vidal, 2010).

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

- **Reposo intermedio y estabilización de perlas de poliestireno.**

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 mecánica de las perlas, el material es trasladado a silos de reposo ventilados durante un mínimo de 12 horas.

Una vez que las perlas son transportadas a los silos de reposo, se les aplica aire por difusión para compensar las presiones de vacío generadas 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.

- **Expansión y moldeo final de perlas de poliestireno.**

En esta etapa las perlas pre-expandidas y estabilizadas se transportan a unos moldes o bloques cuya geometría depende del uso que vaya a dársele al producto final. Para el caso de aplicaciones geotécnicas el EPS se utiliza en bloques rectangulares de dimensiones variables.

La temperatura y tiempo de expansión son dos parámetros que deben ser estrictamente controlados durante el proceso de fabricación del EPS ya que estos intervienen en el comportamiento mecánico del material (Rossacci y Shivkumar, 2003).

2.4.2.2. Perlitas de poliestireno.

Son perlitas de forma esféricas cuyos diámetros pueden ser entre 0.3 y 2 mm. dicho material posee una gran trabajabilidad debido a su baja densidad y alta resistencia física-mecánica en relación a su reducido peso aparente.



Figura 2.3: Perlas de poliestireno expandido.

El tamaño de las esferas de EPS depende básicamente de la etapa de expansión en su proceso de producción. Un mayor grado de expansión da como resultado perlas de mayor tamaño, como se muestra en la tabla. (Lituma & Zhunio, 2015).

Cuadro 2.5: Tamaño de las perlas de poliestireno según 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

Como el tamaño de las perlas, son propiedades dependientes del proceso de expansión, se puede relacionar bajos valores de densidad a tamaños mayores, como muestra en el cuadro 2.6.

Cuadro 2.6: Tamaño de las perlas de poliestireno según su densidad

Tamaño (mm)	Densidad (kg/cm ³)
0,8-2,5	15
0,8-1,6	16
0,4-1,0	18
0,4-0,8	20

Las perlitas presentan las siguientes características: Fácil manipulación, transporte y almacenamiento, material no corrosivo, inocuo, insípido, durable, 100 % reciclable, higroscópico (no absorbe agua) y auto extingible (no propaga llama) (Paulino & Espino, 2017).

2.4.3. Propiedades y características de perlitas de poliestireno.

El poliestireno presenta características de porosidad, dureza, densidad, forma, color, rugosidad superficial, tamaños comerciales y absorción. Por otro lado, el poliestireno presenta propiedades de resistencia mecánica, aislamiento acústico y térmico. (Paulino & Espino, 2017).

2.4.3.1. Propiedades físicas de perlitas de poliestireno.

Son las que hacen diferentes a los demás materiales, siendo los encargados de la versatilidad de este material, lo que ha hecho que el Poliestireno Expandido sea utilizado en una gran cantidad de actividades y ocupaciones que realiza el ser humano. (Ramirez, 2012).

○ **Estructura de perlitas de poliestireno.**

La estructura del poliestireno expandido consiste en perlas o esferas artificiales, con diámetros que varían de 2 a 4 mm. Poseen una textura suave y un bajo peso debido a su composición de 98% de aire y 2% de poliestireno. En el proceso de producción las perlas esféricas de EPS al ser expandidas adquieren una microestructura poliédrica, es decir, la perla expandida está formada a su vez por numerosas microestructuras poliédricas cuya unión se asemeja a un panal de abejas. (Lituma & Zhunio, 2015).

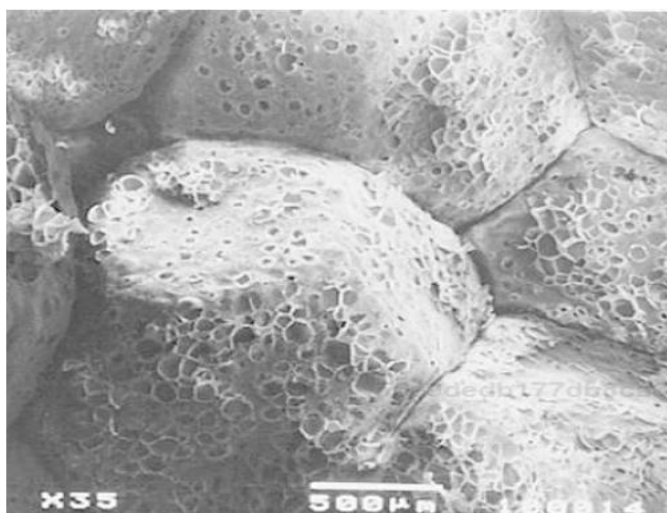


Figura 2.4: Microestructura poliédrica de las perlas de poliestireno

Cada perla de poliestireno expandido está constituida por una estructura celular tridimensional de tipo cerrado y de tamaño variable en la que se mantiene aire ocluido, lo cual da origen a un material liviano.

○ **Densidad de perlitas de poliestireno.**

Una de las principales propiedades del poliestireno expandido EPS es su baja densidad, esto se debe a que aproximadamente el 98% del volumen de este material es aire y el porcentaje restante es poliestireno. La densidad del EPS está determinada durante su proceso de fabricación por la temperatura y el tiempo de pre-expansión y expansión de las perlas. (Ossa, 2009).

Este proceso de expansión crea un material con gran cantidad de burbujas de aire o vacíos, lo que da como resultado una estructura en volumen de 98% aire y 2% estireno en las perlas de EPS, y consecuentemente densidades entre los 10-35 kg/m³. Perlas con valores inferiores a este rango no son recomendadas pues provocan dificultades en su manipulación y transporte. Es esta baja densidad característica de las perlas de EPS lo que las convierte en una opción de árido ultra-ligero para hormigones. (Lituma & Zhunio, 2015).

○ **Granulometría de perlitas de poliestireno.**

El tamaño de las perlas de poliestireno expandido, así como el de las celdas que las conforman, al igual que la densidad de los bloques de EPS dependen de la temperatura y el tiempo de fusión utilizados durante los procesos de pre-expansión y expansión. Las perlas al interior de un bloque de EPS con menor densidad tendrán mayor tamaño debido a que existe un mayor volumen de aire ocluido al interior de cada una de las celdas (Vaitkus et al., 2006). (Ossa, 2009).

○ **Comportamiento frente al agua de perlitas de poliestireno.**

Las perlas de poliestireno expandido bajo inmersión de agua durante 28 días alcanzan una absorción entre el 1-3% en volumen, lo que se considera niveles mínimos de absorción. En sus investigaciones (Baculima Bernal, 1985) obtuvo valores de absorción en peso, para una inmersión de 7 y 28 días, más bajos que se muestran a continuación (Lituma & Zhunio, 2015).

Cuadro 2.7: Agua absorbida por perlitas de poliestireno (Lituma & Zhunio, 2015).

Densidad (kg/m ³)	Agua absorbida/ días	
	7	28
30	0,35 8	0,38 8
25	0,43 4	0,51 3
20	0,62 5	0,69 9
13	0,91 7	1,00 3

Las membranas que conforman la estructura celular cerrada del poliestireno expandido no son permeables al agua, es decir no tiene la capacidad de absorber agua.

○ **Comportamiento ante el fuego de perlitas de poliestireno.**

Su carga de fuego es muy baja ya que posee sólo un 2% de plástico (es menor a otros elementos utilizados comúnmente en construcción como madera, poliuretano, telas, etc.). En caso de incendio, los humos desprendidos son de baja toxicidad, menor a los llamados materiales “naturales” como madera, lino, yute, lana y corcho, y que el poliuretano y la mayoría de los plásticos. Incluso es apto para muros cortafuego. (Polinorte S.A., s,f).

El Poliestireno expandido empieza a ablandarse y posteriormente contraerse por efecto de la temperatura a partir de los 100°C para temperaturas de corta duración, si la temperatura continúa subiendo el material se funde, colapsando así su estructura. Alrededor de los 80°C el calor en cualquiera de sus formas no afecta al EPS, incluso si la temperatura se mantiene por varios días y bajo acción de carga. Es por esta razón que la mayoría de investigaciones considera al EPS como un elemento con buena respuesta al fuego. (Lituma & Zhunio, 2015).

2.4.3.2. Propiedades mecánicas de perlitas de poliestireno.

Una propiedad importante para el Poliestireno Expandido es su resistencia mecánica bajo esfuerzos de corta y larga duración, al ser sometido a esfuerzos este presenta una marca o huella, y de manera lenta recupera su forma original, todo este comportamiento mecánico dependen de la densidad de la espuma, varias de las propiedades físicas del EPS dependen de su densidad, y el comportamiento mecánico no es la excepción. (Lituma & Zhunio, 2015).

2.4.4. Poliestireno en la construcción de obras civiles.

El Poliestireno Expandido, para usos constructivos, se encuentra en un constante crecimiento, ampliando cada vez su utilización dentro de las obras de la Ingeniería Civil de manera significativa, gracias a las propiedades de maleabilidad y aislación térmica, de la misma manera se aprovecha el poco peso que este agrega en las construcciones. (Bustamante & Diaz, 2014).

En el sector de la construcción, tanto en la edificación como en la obra de ingeniería civil, nos encontramos con numerosas aplicaciones del poliestireno expandido, que aportan numerosos beneficios medioambientales principalmente derivados de su función de aislante térmico y por la utilización que lleva implícito un bajo consumo de recursos materiales y energéticos.

Figura 2.5: Uso del poliestireno en la construcción de vivienda.



La construcción actual y futura se caracteriza por las exigencias de ahorro energético, la protección contra el ruido y cuidado del medio ambiente.

En condiciones climáticas rigurosas, el aislamiento térmico es muy importante. Tanto para la climatización en verano como para calefacción en invierno, el EPS reduce la pérdida de energía significativamente siendo su coeficiente de aislación superior a muchos materiales usados comúnmente en aislaciones térmicas. (Polinorte S.A., s,f).

2.5. Bloques de concreto.

Según investigaciones el primer bloque de hormigón fue diseñado por Harmon S. Palmer en los Estados Unidos en 1890. Así, patentó su diseño en 1900. Los bloques de Palmer fueron de 20.3 x 25.4 x 76.2 cm.

La construcción con bloques de hormigón presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, las cuales se ponen de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra. Estas ventajas se originan en la rapidez, exactitud y uniformidad de las medidas de los bloques, resistencia y durabilidad, desperdicio casi nulo y sobre todo, por constituir un sistema modular (Sierra, 2014).

En el Perú la primera planta de bloques inició su producción en 1928 y sus productos se utilizaron en la construcción del primer barrio obrero del Callao. Posteriormente se

instalaron en Lima dos fábricas más, una de ellas se ubicó en la antigua chancadora del Puente del Ejército y la otra, en el Jr. Tingo María, Breña.

Los bloques de concreto tienen su origen en Europa, alcanzan gran avance en su producción con el desarrollo de la industria del cemento. Los primeros bloques eran sólidos y pesados, empleándose cal en su fabricación como una sustancia aglomerante.

En 1918, cuando aparece el bloque hueco de concreto, dando una gran transformación a la actividad constructora, la cual se volcó a optimizar las técnicas de producción, dando inicio a su empleo masivo en Europa Occidental. Conforme pasaba el tiempo se fueron perfeccionando las técnicas de fabricación. (Flores, 2001).

2.5.1. Definición.

El bloque de concreto es una pieza prefabricada con forma de prisma recto y con uno o más huecos verticales, para su utilización en sistemas de mampostería simple o estructural, esto debido a la posibilidad de reforzar las piezas vertical y horizontalmente si sea el caso de ser estructural, también para tabiques y paneles no estructurales el gran acabado que tienen sin necesidad de un acabado final. (Paulino & Espino, 2017).

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

Existen investigaciones realizadas de tres dosificaciones en volumen de los bloques, a partir de bibliografía y experiencias pasadas se tiene, con una relación 60% arena y 40% confitillo: (Arrieta & Peñaherrera, 2000).

1:6 en la proporción de 4 de arena gruesa y 2 de confitillo (60% arena 40% confitillo)

1:7 en la proporción de 5 de arena gruesa y 2 de confitillo.

1:8 en la proporción de 5 de arena gruesa y 3 de confitillo.

Los bloques de concreto son elaborados de acuerdo a las Normas Peruanas NTP 339.005 y 339.007; deben cumplir ciertas propiedades y características físicas, establecidas en la NTP. Como la fabricación, resistencia a la compresión del bloque, absorción, contenido de humedad y entre otros.

2.5.2. Materiales que conforman los bloques de concreto.

Los materiales para la elaboración de bloques son de vital importancia ya que de ellos dependerá la calidad del producto final, los materiales que se utilizan para la elaboración de los bloques son: cemento, agua y áridos finos y/o gruesos y/o artificiales con o sin aditivos y se identifican tres tipos de bloques de acuerdo a los materiales que se utilizan:

- ✓ Concreto normal que contiene grava natural o piedra triturada como agregado; los bloques pueden ser sólidos, con celdillas o huecos.
- ✓ Concreto fabricado con agregado de peso ligero; también en este caso pueden ser sólidos, con celdillas o huecos.
- ✓ Concreto aireado, con el cual los bloques solo pueden ser sólidos. (Instituto Colombiano de Productores de Cemento, s,f)

2.5.2.1. Cemento portland.

Polvo gris, caracterizado por tener propiedades de adherencia y cohesión que permiten la formación de una gran roca artificial sólida, mediante la unión de los fragmentos minerales, siendo muy usado en obras de edificación, particularmente en la preparación del concreto. Su fabricación proviene de la pulverización del Clinker, derivado de la calcinación, a fusión inicial, de una mezcla homogénea de materiales calcáreos y arcillosos. Existen diversos tipos de cemento que satisfacen necesidades variadas, la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009, la cual es espejo de los estándares americanos de denominación ASTM C150-99 los clasifica en 5 tipos. Están definidos de acuerdo a su composición química y a sus características físicas.

- ✓ Tipo I: De uso general que no requiera propiedades especiales.
- ✓ Tipo II: para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- ✓ Tipo III: para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales y elevado calor de hidratación.
- ✓ Tipo IV: para usar cuando se requiera bajo calor de hidratación.
- ✓ Tipo V: para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

En la fabricación de bloques, se emplea el cemento Portland Tipo I, debido a que es el más indicado (uso general en edificación), los demás tipos, se usan en

casos restringidos, con el fin de otorgar propiedades especiales; la densidad y resistencia de la masa de concreto dependen de la dosificación y de la calidad del cemento. (Flores, 2001).

2.5.2.2. Agregados.

Son materiales inertes, de origen natural o artificial generalmente obtenidos de arenas naturales o depósitos de grava, que poseen resistencia propia y son utilizados dentro de la mezcla de concreto (estos no perturban ni afectan su proceso de endurecimiento).

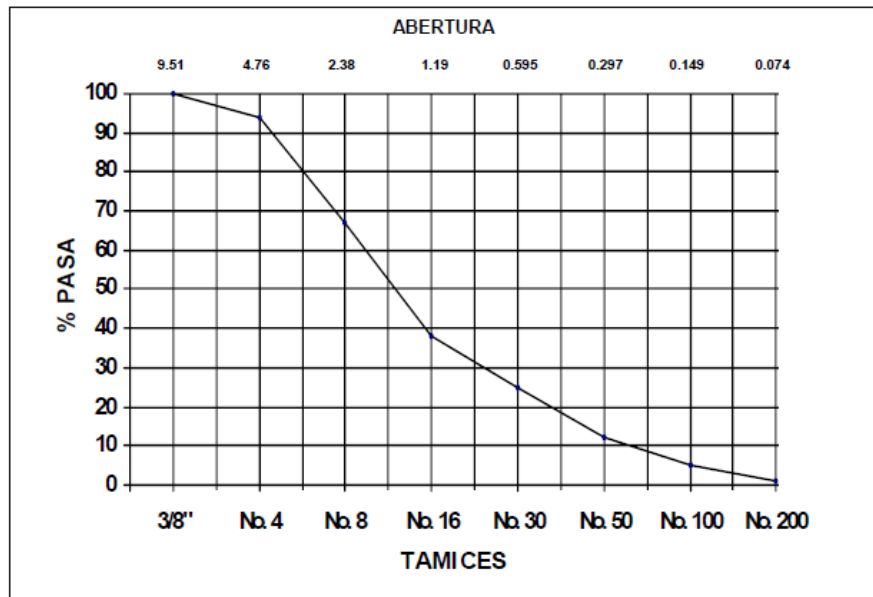
Estos materiales son clasificados en agregado grueso y agregado fino. Con un tamaño de 4,76 mm a 0,075 mm para el fino o arena y de 4,76 en adelante para el grueso. Por lo general el agregado grueso se subdivide en rangos de 4,76 mm a 19 mm para gravilla y de 19 mm a 51 mm para la grava. La selección del agregado está en función a la estructura que se desea realizar. (Izquierdo & Ortega, 2017).

El calibre máximo del agregado grueso, debe ser de 9.52 mm (3/8"); las gravas de dimensiones variables y en forma suelta, presentan de un 30-40% de vacíos, en cambio, las graduadas pueden presentar hasta un 28% de vacíos, el cual es aplicable, para la elaboración del bloque, tal como se muestra en la tabla. (Flores, 2001).

Cuadro 2.8: Rangos granulométricos de los agregados finos para bloques (Flores, 2001).

Tamiz ASTM	% que pasa		
	Textura fina	textura media	textura gruesa
3/8"	100	100	100
N°4	75	75	70
N°8	64	60	50
N°16	49	45	33
N°30	34	30	19
N°50	18	15	9
N°100	6	5	2
Módulo de fineza	3.5	3.7	4.2

Figura 2.6: Curva granulometría del agregado fino: (Rivera, s,f).



El **Módulo de Finura (MF)**, es el controlador de la composición granulométrica que permite estimar que tan fino o grueso es un material, el cual es un índice numérico aproximadamente igual al tamaño promedio de la partícula de los áridos.

El módulo de finura se puede calcular a cualquier material, sin embargo, se recomienda determinar el módulo de finura al agregado fino y se puede clasificar tal como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 2.9: Clasificación del agregado fino según el módulo de finura (Rivera, s.f).

MODULO DE FINURA	MODULO DE FINO
Menor que 2.00	Muy fino o extrafino
2,00-2,30	Fino
2,30 - 2,60	Ligeramente fino
2,60 - 2,90	Mediano
2,90 - 3,20	Ligeramente grueso
3,20 - 3,50	Grueso
Mayor que 3,50	Muy grueso o extra grueso

Para bloques de concreto un valor eficaz del módulo de finura de la arena (MF = 3.70), dicho valor corresponde a un modelo de curva granulométrica diseñada

para obtener un prototipo de mezcla eficiente que permita lograr una óptima compactibilidad, máxima densidad y el mejor comportamiento resistente, con la menor cantidad posible de cemento (Flores, 2001).

Los agregados desempeñan un papel importante en la determinación de las propiedades y características finales de los bloques, tales como la durabilidad, la resistencia, la uniformidad y sus propiedades térmicas y acústicas.

2.5.2.3. Agua.

El agua que se utilice en la elaboración de los bloques debe ser dulce, limpia, de preferencia potable y no debe contener materia orgánica, azúcares u otras sustancias químicas que afecten la durabilidad o la resistencia del bloque.

El agua es el agente hidratante de las partículas del cemento, produciendo que este desarrolle sus propiedades aglutinantes. Al combinar el cemento y el agua se produce una pasta cuya consistencia está directamente relacionada a la cantidad de cemento existente. (Izquierdo & Ortega, 2017).

2.5.2.4. Aditivos.

Los aditivos son productos que se adicionan a la mezcla antes o durante el mezclado, es decir, modificar las propiedades del concreto fresco o endurecido. Se requiere que los aditivos cumplan con la NTP 334.089. Para su dosificación y utilización se deben seguir las recomendaciones del fabricante del aditivo. Por lo general se le adicionan al concreto previamente disueltos en el agua de la mezcla.

2.5.2.5. Fabricación.

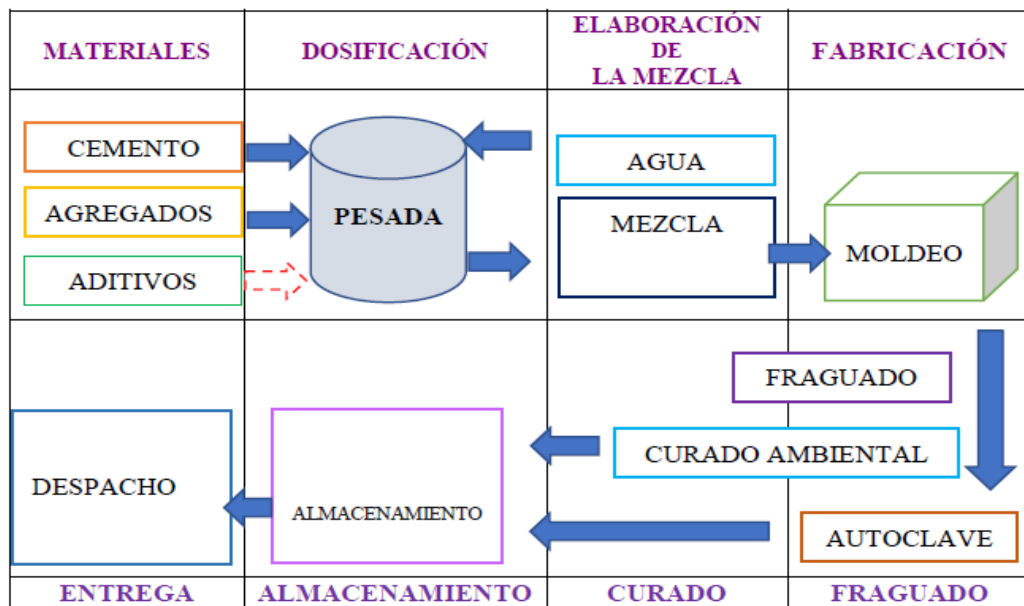
Para la Fabricación de los bloques de concreto deben cumplir con la Norma Técnica E.070 para Albañilería la cual nos indica los requisitos y exigencias mínimas para la aceptación del bloque de concreto portante y no portante, garantizando la calidad de obra.

La fabricación de bloques de concreto depende del tipo de equipo de producción y de los procesos de curado, almacenamiento y despacho. Los equipos deben ser los adecuados en tamaño, tecnología y costos para el medio que se va a suministrar o el proyecto que se va a construir. (Caballero & Florez, 2016).

2.5.3. Proceso de fabricación.

El proceso de Fabricación es el conjunto de fases o actividades sucesivas para la creación de un producto. Para la fabricación de bloques es necesario contar con dos equipos que son la mezcladora y la máquina para hacer bloques. El proceso de fabricación se muestra en el siguiente esquema.

Cuadro 2.10: Proceso de fabricación del bloque de concreto (Instituto Colombiano de Productores de Cemento, s,f).



El tiempo de mezclado varía según la capacidad y potencia del motor, este proceso generalmente dura de 2 a 5 o 6 minutos para cada mezcla dependiendo de la homogeneidad que se requiere.

En la mesa vibradora la mezcla se vibra aproximadamente de 10 a 15 segundos lo que nos garantiza un acomodamiento y compactado adecuado de la mezcla. (Sierra, 2014). Los bloques de concreto se elaboran según diferentes modalidades que van desde una producción manual, hasta una fabricación totalmente automatizada. Para cualquiera de las modalidades de fabricación de bloques las etapas son básicamente las mismas.

2.5.4. Clasificación de bloques.

Los Bloques se clasifican dependiendo del uso para el cual fue diseñado, teniendo en cuenta la norma E.070 en dos, los portantes y no portantes, ambos deben cumplir con las especificaciones establecidas para su aceptación en la construcción, tal como muestra el siguiente cuadro.

Cuadro 2.9: Clasificación de los ladrillos y bloques (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESION f'b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	hasta 100 mm	hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	±6	±4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6,9(70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9,3(95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12,7(130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17,6(180)
Bloque P	±4	±3	±2	4	4,9(50)
Bloque NP	±7	±6	±4	8	2,0(20)

En nuestro trabajo de investigación nos enfocaremos en bloque NP, usado en la construcción de muros no portantes. Para su utilización del bloque de concreto en las construcciones, como unidad de albañilería debe cumplir ciertos requisitos, que exige la norma técnica Peruana NTP 399.604 a través de ensayos que a continuación se describe estas características.

2.5.5. Características de los bloques de concreto.

Las características que deben tener los bloques de concreto como unidad de albañilería, durante el proceso de fabricación de los bloques se contemplan el control de calidad, su forma original y sus propiedades de servicio de los mismos con la finalidad de su correcta utilización en la construcción, garantizando la calidad de obra.

2.5.5.1. Muestreo aleatorio.

Corresponde a la toma de muestras (al azar) de la producción de bloques, a modo de inspeccionar las características físicas de las unidades, así como, evaluar su calidad, con el objetivo de mejorar el diseño y la fabricación del mismo. (Flores, 2001).

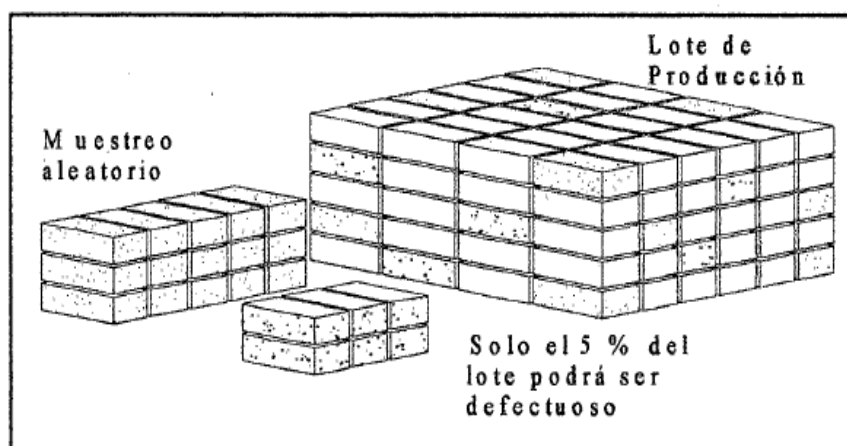


Figura 2.12: Muestreo aleatorio (Flores, 2001)

El muestreo se realizará una inspección previa, la cual consistirá en que por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo; cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

2.5.5.2. Densidad de los bloques.

La densidad de un bloque depende del peso de los agregados, del proceso de fabricación y de la dosificación de la mezcla. La densidad debe ser la máxima que se pueda alcanzar, pues de ella dependen sus otras características como: resistencia a la compresión, absorción, permeabilidad, durabilidad y comportamiento al manejo durante su producción, transporte y manejo en obra; capacidad de aislamiento térmico y acústico, y textura y color de su superficie. (Caballero & Florez, 2016).

Para la fabricación de bloques, según las solicitudes se prefiere; para muros de carga, los concretos con densidades de 1700kg/cm^3 (Concreto Ligero estructural); para tabiques, se prefiere los concretos con densidades de 1600kg/cm^3 (Concreto ligero No-Estructural). Como se ve en el siguiente cuadro 2.10 las densidades según el tipo del concreto. (Flores, 2001).

Cuadro 2.10: Pesos unitarios del concreto.

ALGUNOS TIPOS DE CONCRETO	(KG/M ³)
Concreto pétreo armado normal	2400
Concreto pétreo simple normal	2300

Concreto pétreo simple ligero para losas	1900
Concreto estructural ligero para muros de carga	1700
Concreto no estructural ligero para tabiques	1600
Concreto ligero de escorias para relleno	1200

La densidad está íntimamente ligada a la absorción (característica que define la porosidad o compactibilidad de un material), según la ASTM C90 define tres clasificaciones para los bloques de concreto, de acuerdo a su densidad en estado seco al horno, tal como muestra el cuadro 2.11 la clasificación.

Cuadro 2.11: Clasificación de bloques de concreto de acuerdo con su densidad (Fonseca, 2015).

DENSIDAD (Kg/m ³)		
Peso Liviano	Peso Medio	Peso Normal
Menos de 1680	Entre 1680 y 2000	2000 o mas

Los "bloques normales" poseen excelentes resistencias mecánicas, una buena durabilidad y un excelente aislamiento acústico, por lo que son muy empleados en exteriores y para usos estructurales. (Flores, 2001).

La densidad permite determinar si un bloque es pesado o liviano, además indica el índice de esfuerzo de la mano de obra o de equipo requerido para su manipulación desde su fabricación hasta su asentado.

2.5.5.3. Absorción de los bloques.

Representa el grado de porosidad o compactibilidad de un bloque de concreto, dicha característica junto con la resistencia a la compresión, determina la durabilidad del bloque y el posible uso en muros exteriores sin revestimientos. El rango de absorción deberá estar comprendido entre 0.21 y 0.32 g/cm³ (Flores, 2001).

La absorción es la propiedad del concreto del bloque para absorber agua hasta saturarse. Está relacionada con su permeabilidad o sea la posibilidad de que haya paso de agua a través de sus paredes.

Es importante tener la menor absorción posible en el bloque, pues mientras mayor sea, más agua succionará del mortero, y se puede reducir la hidratación del cemento en la superficie que los une, perdiendo adherencia y originando

fisuras. Por el contrario, bloques totalmente impermeables evitan el intercambio de humedad y la creación de una superficie de adherencia, resultado en uniones de baja resistencia, con fisuras permeables al agua. (Caballero & Florez, 2016).

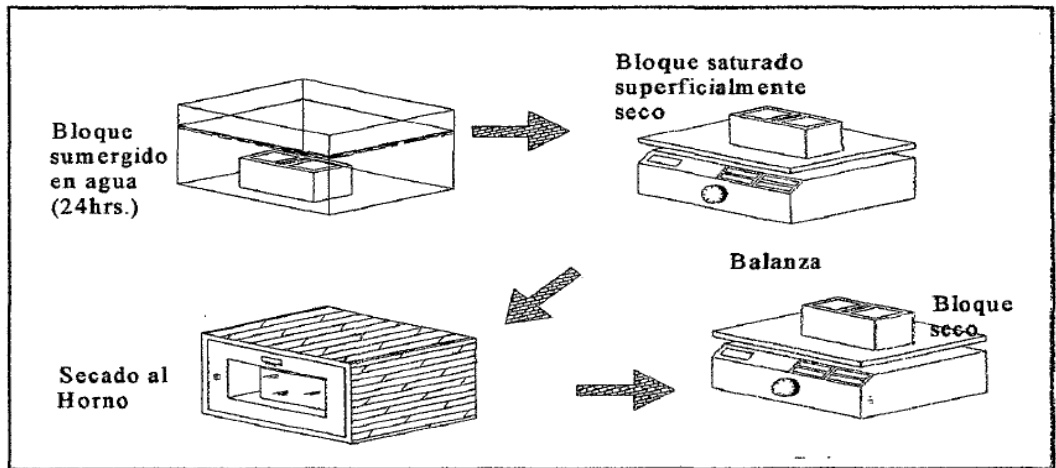


Figura 2.12: Ensayo de absorción (Flores, 2001).

Una absorción baja reduce la entrada de agua y de contaminantes en el bloque, mejorando su durabilidad. Como la absorción es inversamente proporcional a resistencia a la compresión, por lo general es mayor para las unidades de menor resistencia.

2.5.5.4. Variabilidad dimensional.

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de las juntas de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, el cual es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión (Flores, 2001).

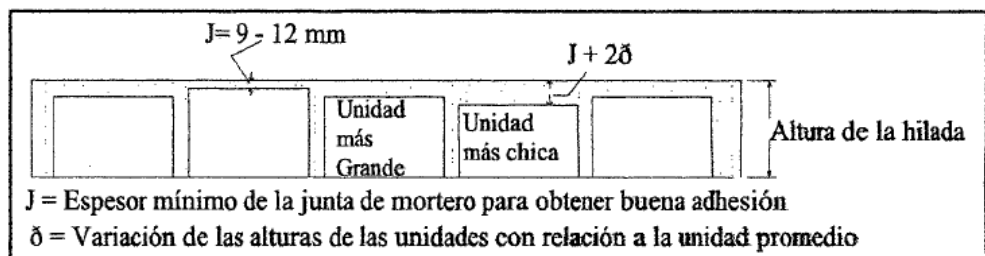


Figura 2.13: Determinación de la altura de la hilada (Flores, 2001).

Se mide en cada espécimen entero el largo, el ancho y la altura, con la precisión de 1mm; cada medida se obtiene como el promedio de tres medidas en los bordes y al medio en cada cara.

2.5.5.5. Alabeo.

El ensayo de alabeo tiene por objetivo verificar la distorsión del bloque, el alabeo se presenta como convexo o cóncavo en dicho bloque, para esto la norma NTP 399.613 establece una medición, la cual es colocar una regla metálica en cada una de las caras del bloque en forma diagonal.

Para medir la concavidad, se coloca el borde recto de la regla longitudinalmente, y se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima: Para la medición de la convexidad se apoya el ladrillo sobre una superficie plana, se introduce en cada vértice opuestos diagonalmente en dos aristas, buscando el punto para la cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida. La tolerancia en el alabeo para unidades apilables de bloques de concreto deberá ser mucho menor a la señalada por la Norma Técnica Peruana de estructuras E - 070 (Tipo I-4 mm; Tipo II - 8 mm).



Figura 2.14: Ensayo de Alabeo cóncavo y convexo.

En las unidades apilables las deformaciones superficiales de concavidad y convexidad no podrán ser absorbidas por el mortero, por ello, es preferible que las unidades se apoyen unas con otras, en forma uniforme, evitando así, se formen concentraciones de esfuerzos y exista estabilidad en el proceso constructivo del muro. (Flores, 2001).

2.5.5.6. Resistencia a la compresión de unidad, pilas y muretes (f'_b , f'_m , v'_m).

La resistencia a la compresión es la principal propiedad que deben tener los bloques, y determina si se pueden usar para mampostería estructural (portante) o divisoria (no portante o no estructural), como se puede ver en la siguiente tabla. (Caballero & Florez, 2016).

Cuadro 2.12: Resistencia a la compresión de unidad, pilas y muretes (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

Materia Prima	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES
		f'_b	f'_m	v'_m
		Mpa(kg/cm ²)	Mpa(kg/cm ²)	Mpa(kg/cm ²)
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5(5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8(8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3(85)	0,9(9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,2(160)	10,8(110)	1,0(9,7)
	Dédalo	14,2(145)	9,3(95)	1,0(9,7)
	Estándar y mecano	14,2(145)	10,8(110)	0,9(9,2)
Concreto	Bloque tipo P (*)	4,9(50)	7,3(74)	0,8(8,6)
		6,4(65)	8,3(85)	0,9(9,2)
		7,4(75)	9,3(95)	1,0(9,7)
		8,3(85)	11,8(120)	1,1(10,9)

Cuando hablamos de resistencia, hablamos de la capacidad del material para resistir los esfuerzos de compresión, además de resistir esfuerzos de tensión, esfuerzos de corte y esfuerzos de adherencia, todo depende de las dosificaciones de los agregados y de la capacidad de liga de los aglomerantes, con las cuales se fabrican los bloques; para hablar acerca de la resistencia de

los bloques, se debe conocer la denominada "Carga última de rotura (f'_c)", el cual, es el esfuerzo último de compresión, obteniéndose al aplicar a una probeta de concreto, un ensayo de compresión, posterior a los 28 días de curado como se puede ver en la figura. (Flores, 2001).

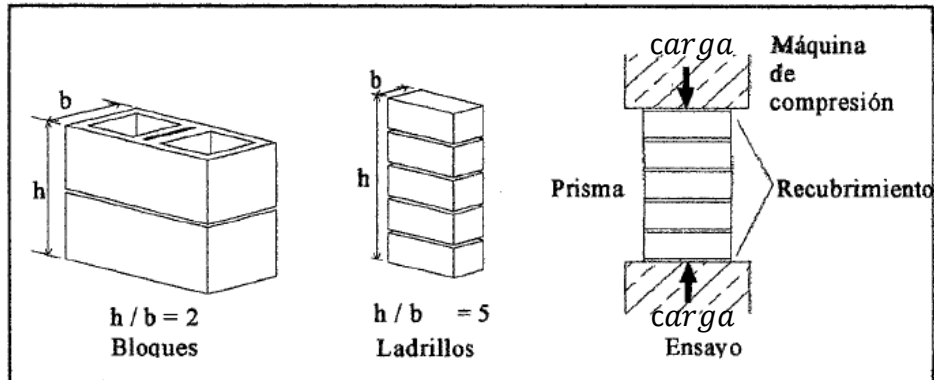


Figura 2.15: Ensayo a la compresión de unidad y pilas. (Flores, 2001).

La resistencia a la compresión está especificada para ser alcanzada a los 28 días de producidos los bloques; pero se pueden pegar en el muro a edades menores cuando se tenga un registro sobre la evolución de la resistencia de bloques de iguales características, y éste indique que alcanzarán dicha resistencia, de esa manera se evita la verificación directa de la calidad de los bloques (Caballero & Florez, 2016).

El ensayo se realiza sobre unidades secas, aplicando una carga perpendicular a la cara de asiento de la muestra. La velocidad de carga será de $20 - 30 \text{ kg/cm}^2 / \text{minuto}$; dichos ensayos se deberán realizar tanto para los bloques como unidad (f'_b) y los bloques como conjunto (f'_m).

2.5.5.7. Dimensiones del bloque.

Las dimensiones de los bloques están definidas como: ancho, altura y longitud y se expresan de tres maneras: las dimensiones reales son las que se toman directamente sobre la unidad en el momento de evaluar su calidad; las dimensiones estándar son las designadas por el fabricante en su catálogo (dimensiones de producción), y las dimensiones nominales son las dimensiones estándar más el espesor de una junta de pega, o sea 1 cm. Por ejemplo, un bloque de dimensiones nominales (ancho, altura, longitud) $20 \times 20 \times 40$, tiene unas dimensiones estándar de $19 \times 19 \times 39$, pero sus dimensiones reales podrán ser $19,1 \times 18,9 \times 39,2$, todas las medidas dadas en centímetros, como se muestra en la imagen. (Caballero & Florez, 2016).

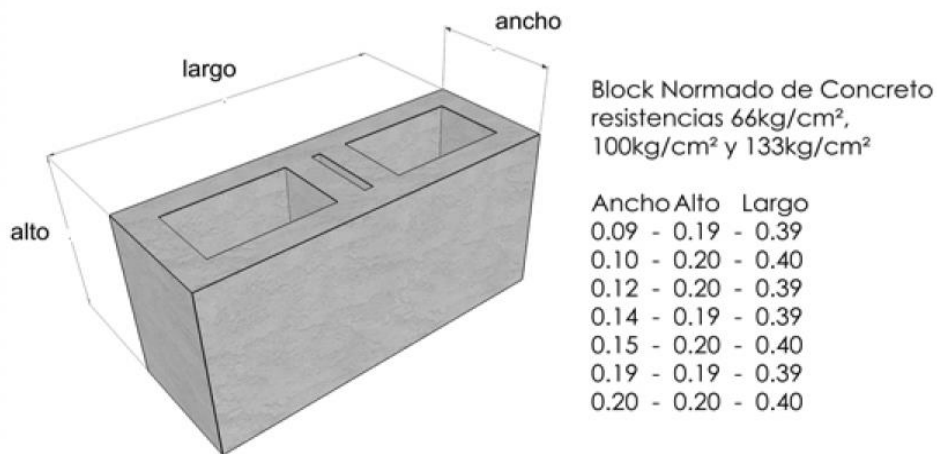


Figura 2.16: Dimensiones estándar del Bloque (<https://www.multiblocks.com.gt/producto-listado/item/6-block-normado>).

Las dimensiones del bloque están dadas por sus dimensiones reales, que corresponden a la unidad prototipo. Las dimensiones usualmente consideradas en las normas son para bloques de concreto estructural y no estructural son las siguientes:

Cuadro 2.13: Dimensiones de los bloques de concreto para uso no estructural. (Flores, 2001).

Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
29	19	29
39	19	19
39	29	19
29	24	29

Para su utilización en albañilería armada y confinada.

Cuadro 2.14: Dimensiones de los bloques de concreto para uso estructural (Flores, 2001).

Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
29	14	19
39	14	
39	14	

Para las unidades estándar, el total de las dimensiones (ancho, alto y longitud) no debe diferir por más de ± 3 mm de las dimensiones especificadas. Además, pueden adoptarse otras dimensiones según las medidas modulares de la Norma Técnica Peruana 400.006. (Zamora, 2015).

2.6. MORTERO DE CEMENTO.

Son los más empleados en las obras del Perú, se componen de la mezcla de agregado fino-arena, agua y cemento Portland, en algunos casos con aditivos.

Este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción de cemento y arena. Debe prepararse teniendo en cuenta el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación. (Ibarcena , 2013), tal como se muestra en la figura siguiente.



Figura 2.18: Componentes de Mortero de cemento (<http://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/comoHacerlo/como-elegir-mortero.html>).

El mortero en la mayor parte de sus aplicaciones debe actuar como elemento de unión resistente compartiendo las sollicitaciones del sistema constructivo. Según (Rodríguez, 2003). El mortero utilizado en juntas debe soportar inicialmente las sucesivas hiladas de ladrillos o bloques. Luego, la resistencia del mortero influirá, por ejemplo, en la capacidad de una fábrica para soportar y transmitir las cargas a las que se ve sometida. Así mismo, el mortero para solados resistirá el peso de personas y enseres que se asienten sobre él.

Su comportamiento del mortero de cemento, depende de la proporción cemento: arena (determina la trabajabilidad, la resistencia y el comportamiento al secado), la granulometría, el módulo de finura, forma y textura de la arena (determina el acomodamiento de las partículas), el contenido de materia orgánica juega un papel decisivo en su calidad del mortero de cemento.

2.6.1. Clasificación del mortero según el módulo de finura de la arena.

La clasificación del mortero, según el “módulo de finura” de la arena, se pueden sub clasificar como se indica en la tabla.

Cuadro 2.15: Clasificación del mortero según módulo de finura de la arena (Mejía, Chinchilla, & Mendoza, 2012).

Tipo de montero	Módulo de finura	Usos
Monteros finos	1,8 - 2.3	Repellos y cielo raso
Monteros medios	2,3 - 2.7	Pegamento de mampostería
Monteros gruesos	1,7 - 3.2	Pisos, rellenos para mampostería

2.6.2. Clasificación del mortero según la fluidez.

En este ensayo determinar la fluidez de los morteros de cemento, significa también determinar la cantidad necesaria de agua que necesita un mortero de cemento para su homogeneización entre el cemento y el árido (arena). (Lopez & Perez, 2017). Para el cual el mortero deberá estar compuesto de materiales y proporciones utilizadas en la construcción con el agua de mezclado. La clasificación de los morteros en función de la fluidez, se presenta en la siguiente Tabla.

Cuadro 2.16: Clasificación del mortero en función de la fluidez para diversas tipos de estructura.

Consistencia	Fluidez %	Condiciones de colocación	Ejemplo de uso	Ejemplo de sistemas de colocación
Dura(seca)	80 - 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones de recubrimiento de los túneles, galerías, pantallas de cimentación y pisos	Proyección neumática con vibradores de pared
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	pega de mampostería estructural, morteros auto	Manual con palas y palustres

			nivelantes para pisos	
Fluida (húmeda)	120 - 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros auto nivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

2.6.3. Dosificación de morteros.

En nuestro país el uso del mortero de cemento es ampliamente difundido y utilizado en diferentes obras, y se dosifica de acuerdo a la proporción en peso de cemento y arena. Se resumen las diferentes proporciones de los morteros cemento en la siguiente tabla.

Cuadro 2.17: Usos de los morteros de cemento por proporción.

MORTERO	USOS
1:1	Montero muy rico para impermeabilizacion, rellenos.
1:2	Para impermeabilizacion y pañetes de tanques subterranos.
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos.
1:4	Para muros de albañileria, estuques finos. Pañetes finos.
1:5	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines, peñetes y mamposteria en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1,7	Peñetes interiores. Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mamposteria en general. Pañetes no muy finos.
1:8 y 1:9	Pega para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilizacion de taludes en cimentaciones.

De acuerdo a los usos que se recomienda en las proporciones del mortero cemento, se tiene las características específicas por proporciones.

- ✓ Los morteros 1:1 a 1:3 son morteros de gran resistencia y deben hacerse con arena limpia.
- ✓ Los morteros 1:4 a 1:6 se deben hacer con arena limpia o semi lavada.
- ✓ Para los morteros 1:7 a 1:9 se puede usar arena sucia, pues estos morteros tienen muy poca resistencia.

En nuestro trabajo de investigación utilizaremos como referencia las proporciones mostradas en la tabla 12, que se optó por conveniencia, ya que no tenemos informaciones algunas al respecto. Solo se tendrá en cuenta la relación a/c con respecto a la relación 1: n, de acuerdo a CAPECO, en el diseño del mortero, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.18: Cantidad de materiales por 1m³ de mortero. (Ramos, 2004).

Proporción	Relación agua cemento (a/c)	Cantidad de materiales por m ³ Mortero		
		Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Agua (litros)
1:1	0,29	23,2	0,66	286
1:2	0,43	15,2	0,86	277
1:3	0,57	11,2	0,96	272
1:4	0,72	8,9	1,00	272
1:5	0,85	7,4	1,05	268
1:6	1,00	6,3	1,07	269
1:7	1,14	5,5	1,10	267
1:8	1,29	4,9	1,11	268

2.6.4. Granulometría del Agregado para mortero.

La granulometría idónea de un mortero depende de las exigencias que vayamos a requerir y de su aplicación específica. Obtenerla requiere precisión y control al suministrador lo que no siempre es fácil de aplicar en obra.

Para la fabricación del mortero, las arenas de grano mezclado son muy favorables, el aglomerante actúa como una cola para la unión de los granos más gruesos, por lo que

la cantidad del aglomerante es reducida. (Flores, 2001). El agregado fino tiene que ser libre de materia orgánica y sales.

Cuadro 2.19: Granulométrica de arenas para mortero (Salamanca, 2001).

% que pasa el tamiz, mm (No.)	Arena natural	Arena de trituración	Arena para concreto
4.75(No. 4)	100	100	95 - 100
2.36 (No. 8)	95 - 100	95 - 100	80 - 100
1.18(No. 8)	70 - 100	70 - 100	50 - 85
0.60 (No. 30)	40 -75	40 - 75	25 - 60
0.30(N°.50)	10 a 35	20 - 40	10 -30
0.15 (N°.100)	2 a 15	10 - 25	2 – 10
0.075 (No. 200)	Menos de 2	0 - 10	-
Módulo de finura	2.83 – 1.75	2.65 - 1.60	3.38 - 2.15

Para comprobar la gradación normalizada, se toma el contenido de un saco lleno de arena, de aproximadamente 45 kg, se extiende en una superficie plana y por cuarteo se toman unos 700 g; de esta muestra, se toman unos 100 g y se hace el tamizado, tomando las mallas en forma independiente; en 60 segundos de continuo tamizado no pasarán por el tamiz más de 0,5 g. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). Como lo especifica la gradación mostrada en el cuadro 2.19.

2.6.5. Resistencia a la compresión del mortero.

La resistencia a la compresión de un espécimen de mortero mide la calidad del mortero como un conjunto que considera las siguientes etapas: la dosificación, mezclado, el curado y la preparación de las muestras. (Lopez & Perez, 2017), todo esto teniendo en cuenta el cumplimiento de las especificaciones descritas en la NTP.

La resistencia a la compresión del mortero, se obtiene de los resultados de la rotura de probetas cilíndricas o cúbicas de 28 días de edad, conservada en agua del laboratorio, tal como se muestra el ensayo a la compresión de la cubeta.



Figura 2.19: Prensa para ensayos mecánicos.

Para los ensayos a realizarse a la compresión de los especímenes, se debe romper progresivamente conforme a la edad de ensayo que se muestra en el cuadro 2.20; deben ser rotos dentro de la tolerancia admisible siguiente:

Cuadro 2.20: Tolerancia de Ensayo de un mortero para un espécimen.

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 h	$\pm 1 / 2$ h
3 días	± 1 h
7 días	± 3 h
28 días	± 12 h

Se aplica la velocidad de carga con una velocidad relativa de movimiento entre las platinas superior e inferior correspondiente a una carga sobre el espécimen con el rango de 900 a 1800 N/s (0.9 a 1.8 Kn/s). (Norma Tecnica Guatemalteca, 2012).

Existe investigación realizada en Colombia por Rodolfo Salamanca, que realizo ensayos referentes a las proporciones del mortero para tres canteras diferentes, se presentan a continuación los datos de resistencia a la compresión obtenidos para las tres arenas estudiadas tanto en el ensayo rápido, como a los 3, 7 y 28 días (para cilindros de 7.5 cm. de diámetro y 15 cm. de altura), y la resistencia a los 28 días para los cilindros de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, tal como se muestra en los cuadros siguientes.

Cuadro 2.21: Resistencia a la compresión de diferentes edades, arena de Tunjuelito,
M.F.=3.39. (Salamanca, 2001).

Proporción		Para Cilindros de 7.5x15cm(kg/cm ²)			Para Cilindros de 15x30cm(kg/cm ²)
		Edad (días)			Edad (días)
Cemento	Arena	3	7	28	28
1	2	135	232	374.6	-
		103	198.1	311.7	-
1	3	55	119.3	226.5	213.3
		55.5	113	217.3	218.4
1	4	50.6	79.9	126.8	-
		56.6	66.4	120.2	-
1	5	27.5	54.7	84.5	103.8
		26.5	49.5	71	93.1
1	6	15.9	27.1	56.3	-
		17.3	28	52.2	-
1	10	5.1	10.2	21.9	20.3
		4.2	8.7	19.4	17.7
1	15	2.7	5.2	7.9	-
		-	-	7.6	-

Cuadro 2.22: Resistencia a la compresión de diferentes edades, arena de San Francisco, M.F.=2.43. (Salamanca, 2001).

Proporción		Para Cilindros de 7.5x15cm(kg/cm ²)			Para Cilindros de 15x30cm(kg/cm ²)
		Edad (días)			Edad (días)
Cemento	Arena	3	7	28	28
1	2	155.6	259.6	346.8	-
		139.8	234.1	324.8	-
1	3	61.0	110.0	169.9	164.8
		58.0	107.1	160.1	163.1
1	4	22.0	47.0	88.9	-
		20.5	39.0	66.6	-
1	5	14.5	28.00	55.3	52.7
		14.0	29.1	53.9	53.0
1	6	10.5	20.3	44.9	-
		8.9	19.4	37.8	-
1	8	6.1	11.3	21.1	19.3
		4.1	9.7	20.1	18.0

Cuadro 2.23: Resistencia a la compresión de diferentes edades, arena de la cita,
M.F.=1.97. (Salamanca, 2001).

Proporción		Para Cilindros de 7.5x15cm(kg/cm ²)			Para Cilindros de 15x30cm(kg/cm ²)
		Edad (días)			Edad (días)
Cemento	Arena	3	7	28	28
1	2	97.8	190.7	310.4	-
		104	188.2	297.0	-
1	3	45.0	84.0	136.8	133.6
		38.5	73	137.9	130.4
1	4	18.6	36.0	76.0	-
		19.4	34.9	65.9	-
1	5	14.3	25.40	39.7	40.5
		11.8	22.8	42.2	39.9
1	6	7.3	14.3	27.3	-
		6.5	12.8	26.1	-
1	8	3.4	7.3	14.8	15.1
		3.8	7.4	13.6	14.8

Estos resultados obtenidos que muestran el cuadro 2.21, 2.22 y 2.23. Servirán para el trabajo de investigación como referente. Nótese que se presentan las resistencias para las diferentes proporciones usadas (partes de cemento y arena en peso).

2.6.6. Moldes de especímenes de ensayo.

Para el ensayo del mortero se debe hacerse un mínimo de 3 cubetas según la Norma ASTM C-109. Colocar una capa de más o menos 25 mm (1") de espesor (aproximadamente la mitad del molde), en cada uno de los compartimentos, y se apisonan con 32 golpes que se aplicarán sobre la superficie, en 30 segundos en 4 etapas de 8 golpes adyacentes sobre la superficie de del espécimen, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016), tal como se muestra en la imagen:

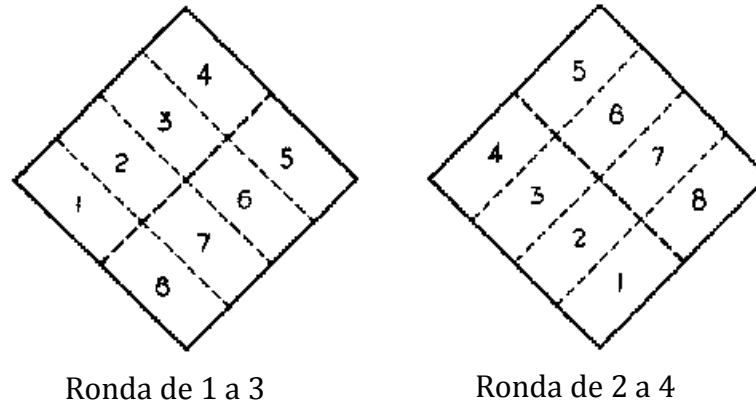


Figura 2.20: Orden de apisonado en el moldeo de los especímenes de ensayo (Norma Técnica Guatemalteca, 2012).



Figura 2.21: Modelo de Molde para la elaboración de las cubetas.

Los resultados de los ensayos realizados de la resistencia a la compresión a partir de cilindros o cubos moldeados, se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del mortero o para estimar la resistencia de éste ya colocado en la mampostería.

MARCO CONCEPTUAL

Para realizar el trabajo de investigación del marco conceptual de las variables consignadas, en los objetivos específicos que intervienen en el proceso de la investigación.

Evaluación: Acto de comparar una medida con un estándar y emitir un juicio basado en la comparación.

Calidad: Calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren capacidad de satisfacer necesidades, gustos y preferencias, y de cumplir con expectativas en el consumidor.

Costo: es el gasto económico ocasionado por la producción de algún bien o la oferta de algún servicio. Este concepto incluye la compra de insumos, el pago de la mano de trabajo, los gastos en las producción y administrativos, entre otras actividades.

Bloque: El término permite hacer referencia a un trozo grande de material compacto.

Perlita de poliestireno: son pequeñas esferas de diámetros variables de 3mm y 7 mm, son utilizados básicamente en la construcción de concreto liviano.

Poliestireno: Es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno monómero.

Mortero cemento: es un material de construcción obtenido al mezclar arena y agua con cemento, que actúa como conglomerante, que sirven para aparejar elementos de construcción tales como ladrillos, piedras, bloques de hormigón, etc.

Dosificación: La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o adherencia correctos.

MARCO LEGAL

Para realizar el presente trabajo de investigación, se utilizó la norma técnica peruana (N.T.P) y Asociación Americana de Ensayo de Materiales (A.S.T.M).

- N.T.P E.070 del albañilería para evaluar la calidad del bloque de cemento,
- A.S.T.M C-136, para determinar la Granulometría del agregado fino.
- Manual de ensayos de materiales del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).
- Y para la dosificación del agua cemento se utilizó (Ramos, 2004)-CAPECO.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS.

En este capítulo se realiza la ubicación de la zona en estudio del trabajo de investigación. Además, se realiza la recopilación de los datos necesarios tanto de los materiales, equipos y la metodología a seguir para desarrollar el trabajo experimental de laboratorio, con el fin de llevar un procedimiento de manera ordenada.

El segundo aspecto importante es dar a conocer las principales propiedades mecánicas de los materiales de la mezcla del mortero cemento. En esta experiencia se desea determinar en qué medida varía la resistencia a la compresión del mortero para diferentes proporciones (1: cemento y n: arena), según cámara peruana de la construcción (CAPECO); con diferentes relaciones de agua/cemento. Por último, se adiciona diferentes porcentajes (%) de perlitas de poliestireno al mortero para diferentes proporciones, y luego determinamos la resistencia a la compresión del mortero, todo este proceso se realiza en un molde que consta de 3 cubos. Ya conocidas los resultados de los ensayos de cada proporción del mortero, se procede a utilizar dichos datos en la dosificación del mortero cemento con perlitas de poliestireno para la elaboración del bloque liviano.

3.1. Ubicación de la zona en estudio.

Para la investigación se utilizó los agregados de la cantera de la localidad de Accomachay, que colinda con la provincia de Mayoc de propiedad de la familia Silvera, que abastece a la provincia de Huanta, Churcampa y entre otros. Los ensayos de la muestra se realizaron en el laboratorio V.G. Geotecnia & Ingeniería S.A.C. Ubicado en la ciudad de Huamanga.

Ubicación de la Cantera.

Localidad: Cantera Accomachay

Distrito: Huanta

Provincia: Huanta

Departamento: Ayacucho

Comprendidas entre las coordenadas de ubicación geográfica son:

Altitud : 2160 m.s.n.m.

Latitud sur : 74°19'48.42''

Longitud Sur : 12°50'25.06''



Figura 3.1: Ubicación de la Cantera de Accomachay.

3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

Nuestro trabajo de investigación, es del tipo experimental-proyectiva, ya que primero se trató de determinar experimentalmente una dosificación óptima del mortero a través de los cubos de 5x5x5cm, evaluando sus propiedades tanto en su estado fresco y estado endurecido. Luego se procede a fabricar, con la dosificación óptima los bloques de cemento con perlitas poliestireno y evaluar sus características físicas y mecánicas, con la finalidad de verificar y comprobar si los bloques con perlitas de poliestireno cumplen con la Norma Técnica Peruana.

El tipo de investigación, trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. En nuestro trabajo de investigación es del tipo proyectiva, ya que plantea dar una propuesta en el uso de los bloques de cemento con perlitas poliestireno en muros de albañilería.

3.3. POBLACIÓN.

La población viene a ser el conjunto de elementos que nosotros queremos indagar y conocer sus características y entre otras propiedades. Para nuestro trabajo de investigación viene a ser la población de estudio los cubos de mortero de cemento, sin perlitas y con perlitas de poliestireno, elaborados para determinar la dosificación óptima de diseño, luego fabricar los bloques de cemento con perlitas de poliestireno.

3.4. MUESTRA.

La muestra es una parte de población, es decir, un número de individuos u objetos representativos. La muestra es obtenida con el fin de investigar sus características, propiedades. En nuestro trabajo de investigación se tomó una muestra no probabilística de carácter Intencional, se elaboró 54 Cubos de mortero de cemento y 108 cubos de mortero de cemento con perlitas de poliestireno 5x5x5cm, para determinar la dosificación óptima y, por último, 12 bloques de cemento con perlitas de poliestireno de 9x19x39 cm, a fin de evaluar las características y propiedades del bloque.

3.5. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

La técnica de recolección de datos son procedimientos utilizados en la investigación, para tener una base en la obtención de los resultados. En respuesta a la técnica utilizada fue la observación directa, la cual consistió en observar atentamente el suceso o caso estudiado, luego tomar la información y registrarla para la interpretación y analizarla.

En respuesta a la técnica de observación directa podemos destacar.

- ✓ El diseño de mezcla adecuado, es decir la dosificación óptima para el diseño de los bloques y resultados obtenidos de las mezclas tanto en estado fresco y endurecido.
- ✓ La prensa hidráulica, para los ensayos de la resistencia a la compresión. Obtenida para cada cubo y bloque de cemento con perlita de poliestireno, el tiempo de curado, la fecha de ensayo, las medidas de la muestra y la carga de ruptura.
- ✓ Balanza para medir el peso de los cubos y bloques
- ✓ Cámara fotográfica, la cual nos permite registrar imágenes y actividades realizadas del trabajo de la investigación.
- ✓ Ensayos de laboratorio, la cual nos permite obtener toda la información técnica de cada cubo, bloque de mortero y entre otros.
- ✓ Computadora y cuadernos de apuntes.

3.6. HERRAMIENTAS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

El procesamiento de datos y gráficos para el trabajo de investigación, se realizó mediante el software Microsoft Excel 2013 y el S10 para determinar el costo unitario.

3.7. MATERIALES UTILIZADOS.

Los materiales a utilizarse en la investigación para los ensayos físicos en los diseños del mortero, para elaborar especímenes cúbicos de 5 x 5x 5 cm. y los bloques de cemento con perlititas de poliestireno son los siguientes:

- ✓ **Agregado fino:** Los áridos a emplearse dentro de este ensayo son la arena y las perlas de poliestireno, se utilizó solo un tipo de arena proveniente de la cantera de Accomachacc de la ciudad de Huanta-Ayacucho.
- ✓ **Cemento:** Se utilizó el cemento Porlán tipo I (cemento andino de P. E=3.15gr/cm³), proveniente de la ciudad de Tarma - Junín. Que cumple con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009, la cual es espejo de los estándares americanos del ASTM C150.
- ✓ **Agua Potable:** Para la preparación de todas las mezclas se utilizó agua potable del laboratorio, la cual puede usarse sin verificar su calidad según NTP.
- ✓ **Perlas de poliestireno:** Son derivados del petróleo, se utilizó en diferentes porcentajes de diámetro de 3mm como agregado fino, se caracterizará en base a la bibliografía estudiada en el trabajo de investigación.

3.8. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.

Los equipos y herramientas que se utilizó para determinar la distribución en tamaños de los granos, y el módulo de finura del agregado Fino, son los siguientes:

- ✓ Juego de tamices estándar: N°4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, tapa y fondo.
- ✓ Balanza Digital precisión 0.01
- ✓ Recipiente para muestras (Charolas), Brocha y Cepillo de alambre (según Norma).
- ✓ Horno T°C
- ✓ Y herramientas manuales pala, cucharas y Brocha



Figura 3.2: Juego de Tamices para la granulometría del agregado.

3.9. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.

Los equipos y herramientas para la determinación del Peso específico de la masa, superficialmente seco y aparente; y absorción del agregado fino son los siguientes:

- ✓ Balanza Electrónica de 5kg
- ✓ Horno de 500°C
- ✓ Canastilla
- ✓ Picnómetro o Fiola
- ✓ Tela absorbente
- ✓ Secadora



Figura 3.3: Horno de 500°C para determinar el contenido de humedad del agregado Fino.

3.10. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO.

Los equipos y herramientas que se utilizó para determinar el peso unitario suelto o compactado del agregado fino (arena), y las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino se tienen:

- ✓ Molde metálico
- ✓ Cucharon metálico
- ✓ Balanza electrónica de 5kg
- ✓ Brocha (1und)
- ✓ Wincha de 5m
- ✓ Pala (1und)
- ✓ Varilla de acero \varnothing de 5/8'' (60cm de Long.)



Figura 3.4: Balanza Electrónica de 5kg para el pesado de los materiales.

3.11. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA ELABORAR ESPECÍMENES CÚBICOS DE 5X 5 X 5 CM.

Los equipos y herramientas que se utilizó para elaborar especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero, se efectuará tres muestras por cada período de prueba especificada, que ayudaran a determinar la resistencia a la compresión del diseño óptimo para la elaboración del bloque de cemento se tiene:

- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Varilla de acero (60cm de Long.)
- ✓ Desmoldante (aceite mineral).
- ✓ Cuchara, cucharon metálico, espátula.
- ✓ Moldes para especímenes cúbicos de 2 pulg. (50 mm) según la norma ASTM C109.
- ✓ Franela, brocha y esponja. Wincha.
- ✓ Enrasador (regla).
- ✓ Pila de curado.
- ✓ Marcador.



Figura 3.5: Moldes para preparar especímenes cúbicos de mortero.

3.12. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CÚBICOS DE 5 X 5 X 5 CM Y BLOQUES DE CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIRENO.

Los equipos y herramientas para este método de prueba nos ayudan en determinar la fuerza a la compresión de los morteros de cemento y bloques de cemento, utilizando especímenes cúbicos de 5 x 5 x 5cm, se tiene:

- ✓ Máquina de Ensayo (Máquina Universal). Según ASTM C 39.
- ✓ Marcador.
- ✓ Balanza y cinta métrica.



Figura 3.6: Máquina de ensayo para la rotura a la compresión –(Lab. UNSCH).

3.13. METODOLOGÍA.

En el desarrollo de la metodología experimental se realizarán todos los ensayos de laboratorio a los materiales mencionados, en cada uno de ellos el procedimiento que se debe seguir durante la investigación y la norma a emplear; además se mencionara el procedimiento para los ensayos que se realizan a las mezclas del mortero en su estado fresco y en estado endurecido.

3.13.1. Metodología para la granulometría del Agregado Fino.

El análisis granulométrico consiste en determinar la clasificación de un material por sus tamaños de partículas individuales; valiéndose para su verificación aceptable de la curva granulométrica. Para el trabajo de investigación se siguieron los lineamientos descritos en la norma ASTM C-136.

El ensayo se realizó a través de diferentes mallas tal como especifica la norma ASTM C-136. Lo cual se conoce como Análisis Granulométrico, para el trabajo de investigación se realizó de forma manual.

3.13.1.1. Extracción de muestra.

El agregado fino que se utilizó para la investigación es procedente de la cantera Accomachay que pertenece a la provincia de Huanta, región Ayacucho. Una vez realizada la visita a la cantera, se extrajo la muestra del agregado fino, esta se depositó en sacas para luego trasladarlos al laboratorio para realizar los análisis correspondientes. Los ensayos necesarios para el análisis granulométrico del agregado fino se describen a continuación:



Figura 3.7: Extracción de agregado fino de la cantera de Accomachay.

Procedimiento.

- ✓ Una vez lavado y secado a la temperatura del ambiente el agregado fino, tomamos la muestra aproximadamente 10 Kg. Se procede a cuartear (coger partes opuestas y descargar las otras) la muestra, hasta obtener el espécimen de laboratorio de 800 g. Luego pesamos en una balanza electrónica la muestra de espécimen de laboratorio de 800 g.



Figura 3.8: Muestra para el pesado correspondiente.

Para efectuar el tamizado del agregado se ha realizado de forma manual, utilizando los tamices en el orden siguiente: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, tapa y un fondo, colocando uno sobre otro, asegurándonos de que los tamices estén limpios antes de la prueba. Una vez dispuesto los tamices se introduce el agregado a la parte superior del tamiz, para luego seguir su respectivo procedimiento de agitar los tamices, de forma horizontal y vertical durante un periodo de 10 a 15 minutos, para que los granos así solo queden retenidos del material en las mallas del tamiz.



Figura 3.9: Introducción de la muestra de la arena al juego de tamiz.



Figura 3.10: Agitamiento vertical del tamiz con la muestra incluido.

- ✓ Una vez concluido el tamizado, se dejó de agitar y se puso a reposar como mínimo 3 minutos. Luego se destapo desde el tamiz N° 4 para poder observar cuanto retuvo cada tamiz, para luego proceder a pesar las cantidades retenidos en cada uno de las mallas y el fondo.



Figura 3.11: Pesado de las cantidades retenidas del tamiz.

- ✓ La arena retenida en la malla N° 200 fue lavada para poder eliminar arcillas y limos de nuestro agregado. Luego se sometió al horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 105^{\circ}$ por 24 horas. Se retiró la arena puesta en el horno para poder pesarla y obtener el peso de la malla N°200.



Figura 3.12: Lavado y secado en horno.

Se realiza otro ensayo con las mismas características, luego se saca un promedio de los pesos retenidos en cada malla y luego se procesan los datos obteniendo para luego trazar la curva granulométrica del material en una gráfica.

3.13.1.2. Granulometría del agregado fino.

Se calcula los porcentajes de material retenido en cada tamiz, luego definimos los porcentajes retenidos parciales y calculamos los porcentajes retenidos acumulado, detallamos los porcentajes que pasan, luego Trazamos la curva granulométrica del material en una gráfica para el agregado fino en estudio.

3.13.2. Metodología para el peso específico y absorción del agregado fino.

El peso específico y la absorción, son propiedades físicas de los agregados que brindan información de gran ayuda en las propiedades de la mezcla de mortero.

La gravedad específica, peso específico o densidad relativa de un agregado, es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para la proporción de mezclas y control.

Procedimiento.

- ✓ Para obtener el peso específico y el porcentaje de absorción de la arena se siguió lo descrito de la norma ASTM C-136, Seleccionar por cuarteo 1 Kg de muestra y dejar secarla en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta que la arena esté completamente seca, luego dejarla enfriar a una temperatura cómoda al tacto.

- ✓ Conocidos los pesos de la arena seca, se sumerge en agua a la muestra por completo dejando reposar por 24 horas. Terminado este proceso, decantar el exceso de agua evitando la pérdida de finos de la muestra.
- ✓ Extender al sol la muestra en una bandeja metálica hasta obtener el secado homogéneo de la muestra, para obtener la condición saturada superficialmente seca de la arena.
- ✓ luego se hace la prueba del cono truncado, llenándolo la arena en dos capas, 15 golpes con el pisón en la primera capa y por último 10 golpes en la segunda capa, haciendo un total de 25 golpes, luego se enrasa y se retira el cono.
- ✓ Si en la prueba la arena tiene la forma del cono, nos dice que la arena tiene exceso de humedad, luego debemos seguir secando la muestra y repetir los mismos procedimientos lo antes descrito, hasta obtener que el cono de arena se desmorone lentamente; una vez logrado el objetivo del ensayo, podemos decir que la arena se encuentra en su estado de saturado y superficialmente seco (SSS).



Figura 3.13: Procedimiento del cono truncado para la humedad superficial (según N.T.P)

- ✓ Una vez encontrada la arena en su estado de saturado y superficialmente seco (SSS). Pesar 500gr de muestra para utilizar en el ensayo de procedimiento gravimétrico, luego se introduce la muestra SSS en el picnómetro los 500 g y se añade agua hasta los 500 cm³, determinado el agua introducida, se agita el picnómetro en conjunto con la muestra hasta que salga el aire contenido en burbujas, luego se retira el material del recipiente y se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ durante 24 horas.



Figura 3.14: Procedimiento del picnómetro

- ✓ Por último, extraer la muestra del horno para determinar su peso y con estos datos se procede a calcular el peso específico y la absorción de la arena.

3.13.3. Metodología para el peso unitario del agregado fino

Para determinar el peso unitario de un agregado, se obtiene de la relación del peso de una determinada cantidad de este material y el volumen ocupado por el mismo, incluyendo el volumen de vacíos propios del agregado. Los vacíos en los agregados, dependen de varios factores como: tamaño, forma, textura de superficie, granulometría y compactación.

Existen dos valores para el peso unitario de un material granular, dependiendo del sistema que se emplee para acomodar el material antes de la prueba; la denominación que se le dará a cada uno de ellos es:

Peso unitario suelto:

Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen; es decir, para conocer el consumo de áridos por metro cúbico de hormigón.

Peso unitario compactado:

Este valor se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que están sujetos a acomodamiento o asentamientos provocados por el tránsito sobre ellos o por la acción del tiempo. También es de una utilidad para el cálculo de por ciento de vacíos de los materiales.

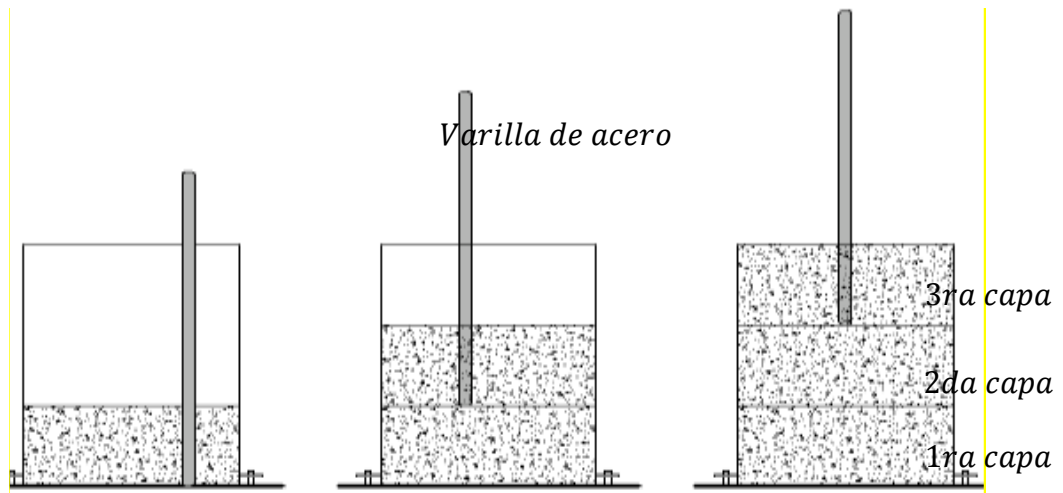


Figura 3.15: Cálculo de peso unitario del agregado fino.

Las fórmulas que se utilizan para el cálculo del peso unitario de un agregado es:

$$PU = \frac{PA}{VM}$$

Donde:

PU: Peso unitario (kg/m³)

PA: Peso del agregado (kg/m³)

VM: Volumen del molde (m³)

Esta fórmula es válida para Peso Unitario suelto y compactación. Para obtener valores confiables, se realizan 2 a 3 ensayos de Peso Unitario y se promedia.

Para Contenido de Vacíos

$$\% \text{ Vacios} = \frac{100((S \times W) - PU)}{(S \times W)}$$

Donde:

S: Peso específico de la arena (kg/m³)

W: Densidad del agua (kg/m³)

PU: Peso unitario (kg/m³)

Procedimiento

- ✓ Para determinar el ensayo del peso unitario del agregado fino se siguió lo descrito de la norma de la ASTM C138/C138M y la NTP 339.046. Seleccionar la muestra

del agregado fino seco, luego se pesa y mide el molde o recipiente vacío para el agregado fino, detallaremos el procedimiento de los ensayos de estado suelto y compacto.



Figura 3.16: Selección de la muestra del agregado fino.



Figura 3.17: Verificando medidas del molde y peso.

a) Ensayo para el estado suelto.

Una vez pesado las muestras y el molde, introducir el material con un cucharón dejándole caer dentro del molde, desde una altura de 5cm se debe echar en caída libre, hasta que se llene y luego se procede a enrazar utilizando una varilla y se determina su peso, este procedimiento se realiza 3 veces.



Figura 3.18: Proceso de llenado y enrasado

b) Ensayo para el estado compacto.

Seleccionamos una muestra y luego introducimos el material del agregado fino con un cucharón, dejándolo caer al molde en tres capas. En la primera capa se deposita el material del agregado fino hasta un tercio del molde, aplicándole 25 golpes con una varilla redondeada en forma distribuida, en toda el área del recipiente. Luego en la segunda capa, se llena el material de agregado fino al recipiente, hasta el segundo tercio y se vuelve a golpear 25 veces con la varilla en toda su área. Por último, en la tercera capa se llena por completo y se vuelve a golpear 25 veces y luego se enrasa utilizando una varilla y se determina su peso, este procedimiento se realiza tres veces como mínimo.



Figura 3.19: Proceso de llenado, varillado por capas y enrasado.

3.13.4. Metodología para las perlas de poliestireno expandido.

Las perlas de poliestireno, se usaron como reemplazo progresivo de la arena, en porcentajes de volumen, para así obtener un mortero liviano y luego fabricar el bloque de cemento con perlitas de poliestireno, que es el objetivo de este trabajo de investigación. Estas perlitas de poliestireno, fueron adquiridos en nuestra capital de Lima, poseen un diámetro nominal igual a 3mm con una densidad de 12 kg/m^3 .



Figura 3.20: Perlas de poliestireno de 3mm de diámetro.

Existen perlas de diferentes densidades de 12 , 15 y 21 kg/m^3 , para nuestro trabajo de investigación se utilizaron perlas con una densidad igual a 15 kg/m^3 .

3.13.5. Metodología para la elaboración de especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero de cemento (ASTM C780).

Esta metodología consiste en fabricar especímenes de 5x5x5cm. Utilizando moldes, para luego evaluar mediante ensayos su resistencia a la compresión del mortero para diferentes proporciones (1, n); según cámara peruana de la construcción (CAPECO) con diferentes relaciones de agua/cemento, como se muestra en el cuadro 3.1.

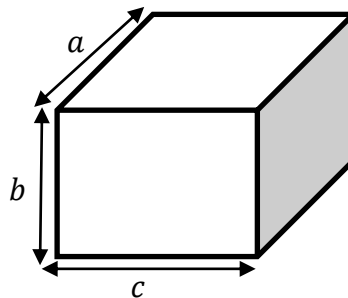


Figura 3.21: Especímenes a fabricar para los ensayos a la compresión ($a=b=c=5\text{cm}$).

Cuadro 3.1: Proporción de mortero cemento para elaborar especímenes de 5x5x5cm (Ramos, 2004).

Proporción		Relación agua cemento (a/c)
Cemento (c)	Arena(n)	
1	1	0.29
1	2	0.43
1	3	0.57
1	4	0.72
1	5	0.85
1	6	1.00
1	7	1.14
1	8	1.29

Donde: (1, n)

1: Cemento

n: Arena

Para nuestro trabajo de investigación se realizará tres muestras de especímenes por cada proporción de mortero cemento, para cada período de prueba especificada.

Procedimiento.

- ✓ Para elaborar los especímenes cúbicos tal como especifica el ASTM C780, se fabricó 4 moldes de madera por conveniente propio, para su desencofrado inmediato con las medidas internas de 5.0 x5.0x 5.0cm, que permite a fabricar cubetas de mortero para diferentes proporciones y luego determinar su resistencia a la compresión a través de ensayos.



Figura 3.22: Molde para elaborar especímenes de mortero cemento de 5x5x5cm para los ensayos.

- ✓ Una vez obtenido el molde, se aplica una ligera capa de aceite mineral en las superficies interiores o/e exteriores de los cubos (por ejemplo, petróleo), este permitirá el desmoldeo de las cubetas sin dañar la estructura, sin tener que forzar.
- ✓ Una vez definida la cantidad de materiales de acuerdo al diseño, preparar la mezcla del mortero con los pesos establecidos según la dosificación obtenido de los materiales en un tazón, tal como se describe de la siguiente manera: Colocar la arena según el peso de la dosificación, colocar el cemento de la misma manera según dosificación y luego se mezcla el mortero hasta obtener una consistencia uniforme, durante un tiempo aproximado de 3-4 minutos y por último se adiciona agua según la dosificación y seguir con la mezcla del mortero a una velocidad normal por un total de 5 minutos.



Figura 3.23: Pesado de materiales para la preparación del mortero cemento.



Figura 3.24: Amasado de materiales para la preparación del mortero.

- ✓ Se procede a vaciar la mezcla de forma manual en los moldes de madera de forma cubica de 5x5x5 cm, dentro de los especímenes en un tiempo total no mayor de 2 min y 30 s después de completar la mezcla inicial de la amasada del mortero. Se realiza en dos etapas el llenado del mortero sobre el espécimen, llenar la primera capa de mortero aproximadamente la mitad de la profundidad del molde, luego se apisona con una barrilla metálica al mortero en cada compartimiento cúbico de 4 veces por cada lado, que hacen un total de 16 golpes y por último se llena la segunda capa con el mismo procedimiento de trabajo del primera capa, haciendo un total de 32 golpes en los dos capas, cada ronda debe ser en ángulos recto respecto a las otras y luego enrazar la superficie del espécimen para que quede uniforme, como se ilustra en la Figura 3.25.

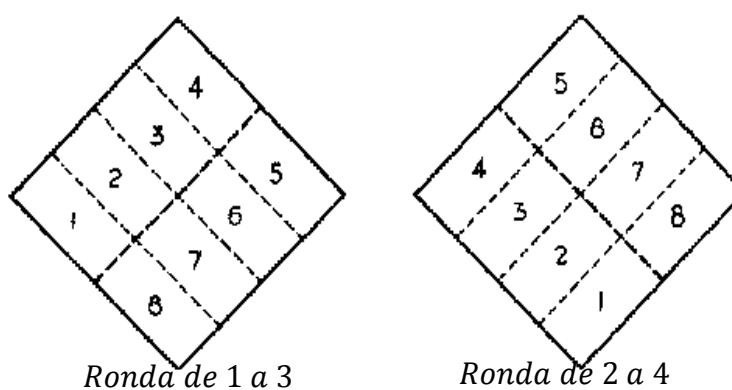


Figura 3.25: Orden de apisonado en el moldeo de los especímenes de ensayo.

(Norma Técnica Guatemalteca, 2012).



Figura 3.26: Procedimiento de elaboración en el moldeo de los especímenes cúbicos.

- ✓ Después de 24 ± 4 horas, trasportarlas con cuidado los moldes para el desmoldado, una vez retirado del molde las cubetas, almacenarlo en un ambiente húmedo, o pila de curado, en cumplimiento con la especificación ASTM C 511, hasta la edad necesaria a la que se van a ensayar.



Figura 3.27: Desmoldado de especímenes cúbicos.



Figura 3.28: Curado de especímenes cúbicos.

3.13.6. Metodología para la elaboración de especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero cemento con perlitas de poliestireno.

Esta metodología consiste en los mismos procedimientos de Elaboración de especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero cemento, utilizando moldes de madera con la única diferencia es de adicionar porcentajes de perlitas de poliestireno, en las diferentes proporciones que requiera el diseño del mortero de cemento con perlitas de poliestireno. Luego determinaremos mediante ensayos su resistencia a la compresión, de la misma manera para nuestro trabajo de investigación se realizará tres muestras por cada proporción de mortero cemento con perlitas de poliestireno, por cada período de prueba especificada así obtendremos el diseño optimo que estamos buscando.

Procedimiento.

- ✓ Definida la cantidad de materiales de acuerdo al diseño, preparar la mezcla del mortero cemento con perlitas de poliestireno según la dosificación en un tazón, tal como se describe de la siguiente manera:



Figura 3.29: Pesado de insumos del mortero cemento con perlitas de poliestireno.

- Colocar la arena sobre un tazón, según el peso de la dosificación.
- Colocar el cemento de la misma manera según dosificación, luego se mezcla durante un tiempo aproximado de 3-4 minutos.
- Se adiciona agua a la mezcla del mortero, según la dosificación y seguir con la mezcla a una velocidad normal por un total de 3 minutos.
- Y por último se agrega el porcentaje requerido de perlitas de poliestireno a la mezcla y se sigue con el amasado del mortero hasta obtener una consistencia uniforme.



Figura 3.30: Amasado del mortero cemento con perlitas de poliestireno.

- ✓ Se procede a vaciar la mezcla del mortero cemento con perlitas de poliestireno, sobre los moldes de madera en un tiempo total no mayor de 2 min y 30s después de completar la mezcla inicial de la amasada del mortero. Se realiza los mismos procedimientos que el ítem 3.11.6; en dos etapas el llenado del mortero sobre el espécimen, luego se apisona con una barrilla metálica en cada compartimiento cúbico de 4 veces por cada lado, haciendo un total de 32 golpes en las dos capas, y luego enrazar la superficie del espécimen para que quede uniforme, como se muestra en la figura siguiente.



Figura 3.31: Preparación de especímenes del mortero cemento con perlita de poliestireno.

- ✓ Luego, después de 24 ± 4 horas desamoldar con cuidado, una vez retirado del molde las cubetas, almacenarlo en una pila de curado, hasta la edad necesaria a la que se van a ensayar.

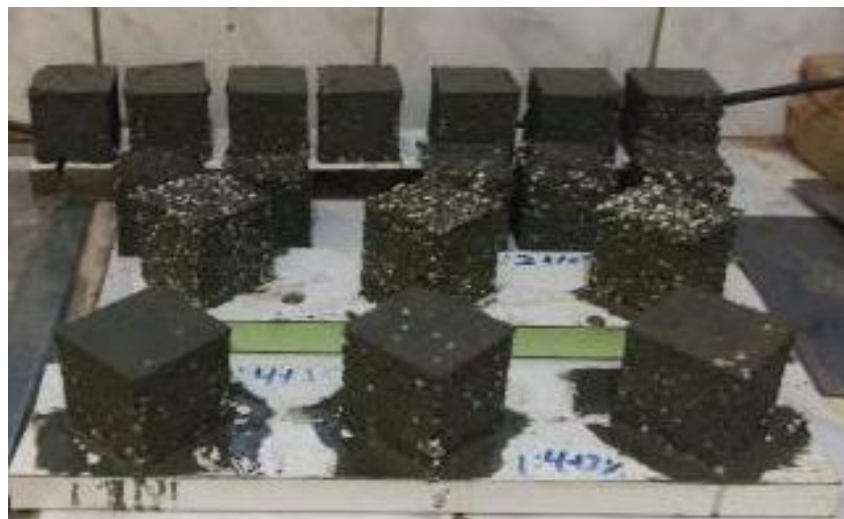


Figura 3.32: Desmoldado de especímenes de mortero cemento con perlitas poliestireno.

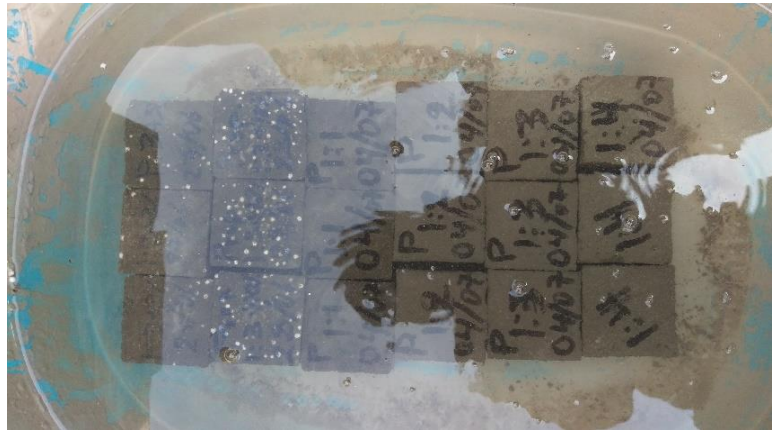


Figura 3.33: Curado de especímenes de mortero cemento con perlitas poliestireno.

3.13.7. Metodología de ensayo a la resistencia a la compresión de unidad de especímenes de 5x5x5cm de mortero cemento con/sin perlitas de poliestireno.

Esta metodología consiste en determinar la resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero cemento con/sin perlitas de poliestireno, utilizando máquina de ensayo para la rotura de los cubos. Tal como se muestra la cantidad de especímenes cúbicos para los ensayos de resistencia a la compresión en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.2: Cantidad de especímenes de 5x5x5cm de mortero cemento para el ensayo.

Proporción		Edad (días)			Sub Total
Cemento (c)	Arena (a)	3	7	28	
1	2	3	3	3	9
1	3	3	3	3	9
1	4	3	3	3	9
1	5	3	3	3	9
1	6	3	3	3	9
Total, de especímenes para el ensayo					45

Cuadro 3.3: Preparación de especímenes de 5x5x5cm de mortero cemento con perlitas de poliestireno para el ensayo.

Proporción		Edad (días)			Sub total
Cemento (c)	Arena (a)	3	7	28	
1	3+15%	3	3	3	9
1	3+25%	3	3	3	9
1	3+35%	3	3	3	9
1	3+40%	3	3	3	9
1	4+15%	3	3	3	9
1	4+25%	3	3	3	9
1	4+35%	3	3	3	9
1	4+40%	3	3	3	9
1	5+15%	3	3	3	9
1	5+25%	3	3	3	9
1	5+35%	3	3	3	9
1	5+40%	3	3	3	9
Total, de especímenes para el ensayo					108

Procedimiento.

- ✓ Una vez curado hasta la edad necesaria a la que se van a ensayar. Se retira las muestras de la pila de curado y se deben mantener estos especímenes cubiertos con un paño hasta el momento del ensayo.



Figura 3.34: Muestras representativa de especímenes 5x5x5 de mortero cemento.

- ✓ Luego se toma los pesos de las muestras y las medidas con el vernier para el ensayo a la compresión a la que se van a ensayar.



Figura 3.35: Medición de los especímenes cúbicos de mortero cemento.

- ✓ Se utilizará tres muestras para el ensayo de resistencia a la compresión por cada proporción de mortero cemento con perlitas de poliestireno, por cada período de prueba especificada. De los resultados obtendremos el diseño óptimo que estamos buscando para la elaboración del bloque.

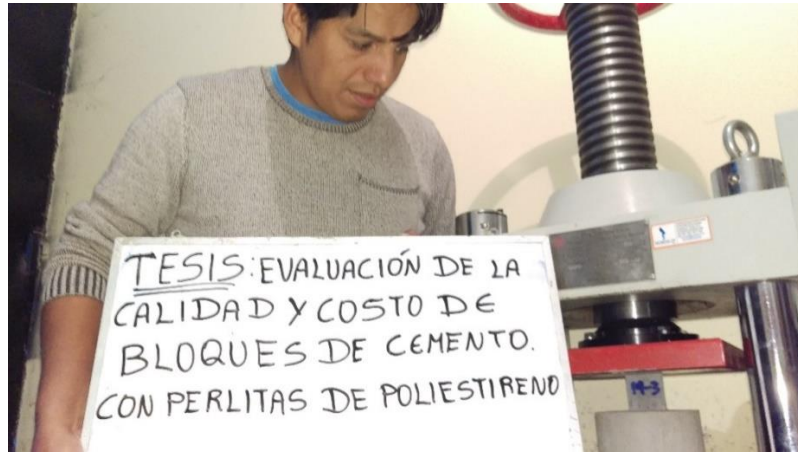


Figura 3.36: Ensayo de rotura de resistencia a la compresión de especímenes de 5x5x5cm.

3.13.8. Metodología de elaboración de bloques de cemento con perlitas poliestireno de 19x39x9cm.

A continuación, se describe como se elaboran los bloques de cemento con perlitas de poliestireno, una vez encontrado la dosificación óptima de las diferentes proporciones del mortero cemento con porcentajes de perlitas de poliestireno elaboradas experimentalmente a través de cubetas. Una vez fabricado los bloques de cemento con perlitas de poliestireno, se procedió a evaluar la calidad a través de ensayos como: ensayo a la compresión, absorción, densidad, alabeo, dimensionamiento y el costo del bloque en el ámbito local de nuestra ciudad de Ayacucho.

Procedimiento.

- ✓ Para elaborar los bloques de cemento con perlitas de poliestireno, se fabricó un molde de metal por conveniente propio con las medidas internas de 19x39x9cm, que permite fabricar bloques de cemento solido en forma manual.



Figura 3.37: Molde de acero para vaciado del bloque 19x39x9cm.

- ✓ Una vez definida el diseño óptimo del bloque a fabricar, se realizó el pesado de los materiales de acuerdo a la cantidad de bloques a fabricar para los ensayos que requiera. Se preparó la mezcla del mortero cemento con perlitas de poliestireno según la dosificación en una mezcladora eléctrica, tal como se describe de la siguiente manera.



Figura 3.38: Pesado y mezcladora para la preparación del bloque de cemento con perlita de poliestireno.

- Colocar la arena sobre la mezcladora, según el peso de la dosificación
- De la misma manera colocar el cemento sobre la mezcladora según la dosificación, luego se mezcla durante un tiempo aproximado de 5 minutos.
- Se adiciona agua a la mezcladora del mortero cemento, según la dosificación y seguir con la mezcla a una velocidad normal por un total de 5 minutos.
- Y por último se agrega las perlitas de poliestireno a la mezcladora y se sigue con el amasado hasta obtener una consistencia uniforme.

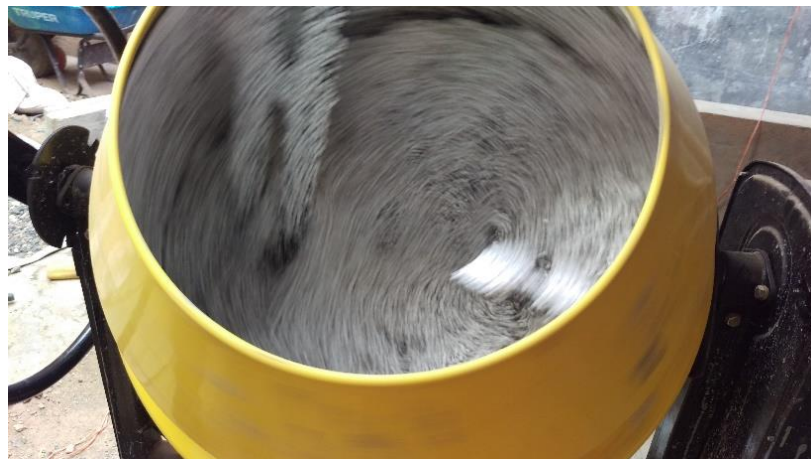


Figura 3.39: Amasado del mortero cemento con perlitas de poliestireno.

- ✓ Una vez amasado por completo el mortero cemento con perlititas de poliestireno, se procede a llenar la mezcla sobre el molde en un tiempo no mayor de 3min. Luego del llenado por completo la mezcla al molde, se enraza la superficie del molde del bloque para que quede uniforme y por último se desmolda de inmediato con cuidado en forma vertical para obtener el boque final, tal como se muestra en la figura siguiente.



Figura 3.40: Llenado de mezcla al molde.



Figura 3.41: Desmolde y producto final del bloque.

- ✓ Luego, después de 24 ± 4 horas, una vez retirado del molde los bloques, almacenarlo en una pila de curado, hasta la edad necesaria a la que se van a ensayar.

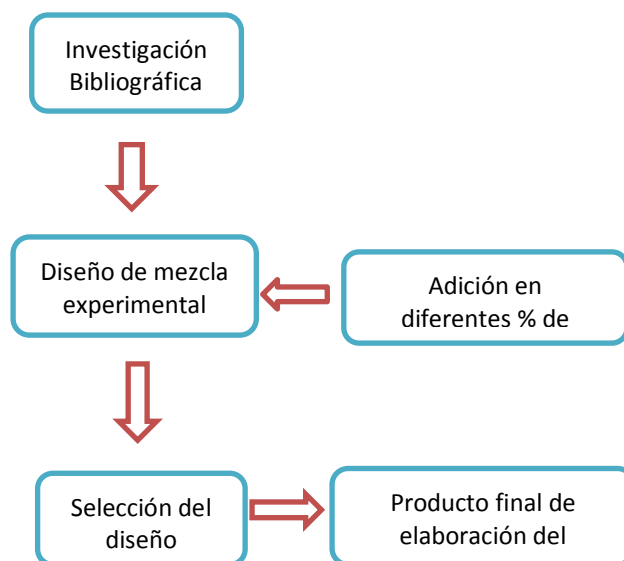


Figura 3.42: Curado de bloque de cemento con perlita poliestireno.

3.13.8.1. Dosificación de mezcla.

El objetivo principal de dosificar una mezcla de mortero es de obtener las propiedades físicas y mecánicas que se requieren tanto en su estado fresco como endurecido. Para determinar una dosificación adecuada se seguirá un plan de trabajo que consta de una investigación bibliográfica de diseños de mortero, luego se realizó los primeros diseños experimentales y terminando finalmente con una selección del diseño óptimo para la fabricación del prototipo de bloque macizo, de tal manera se puede resumir en la siguiente imagen, mediante un esquema de trabajo de dosificación. En el anexo 3 se muestra el procedimiento del diseño del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Cuadro 3.4: Esquema de trabajo para Dosificación.

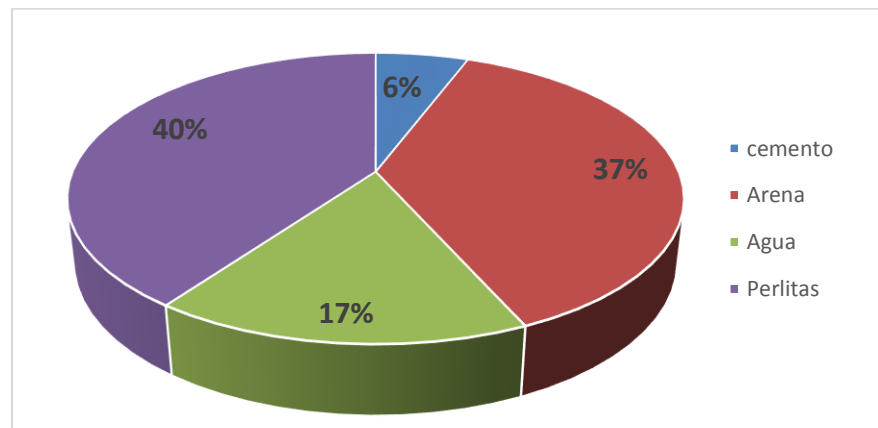


Se muestra a continuación en un cuadro, la dosificación a utilizar para fabricar una unidad de bloque de 19x9x39cm conocidos a partir de ahora como “ bloques de cemento con perlitas de poliestireno”.

Cuadro 3.5: Cantidad de materiales para 1m³ de mortero cemento con perlitas de poliestireno.

Descripción	Peso(kg)	Volumen (m ³)	% volumen
cemento	182.50	0.06	5.79
Arena	1004.72	0.37	37.49
Agua	167.17	0.17	16.72
Perlitas	6.00	0.40	40.00
Total		1.00	100.00

Cuadro 3.6: Porcentaje de Volumen para 1m³ de mortero de cemento con perlitas de poliestireno.



Cuadro 3.7: Cantidad de insumos para fabricar una unidad de bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

PROPORCION		
1cemento: 5arena+40%P. P		
Descripción	kg	gr
cemento	1.217	1217.08
Arena	6.701	6700.51
Agua(lt=kg)	1.115	1114.84
Perlitas	0.040	40.01

Para un buen control de diseño de mezcla, se tiene en conocimiento ciertos parámetros que ayuden la aceptación del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, validando lo descrito de la Norma Técnica Peruana como:

El peso específico adecuado deberá tener al alrededor o menor de 1,700 kg/m³, para validar el concepto del concreto Liviano y los ensayos de la resistencia a la compresión será mayor a 20 kg/cm², de acuerdo a lo establecido de la norma E-070 es la resistencia mínima requerida para bloques no portantes.

3.13.8.2. Fabricación de bloque de cemento con perlita de poliestireno.

Para elaborar los bloques de cemento con perlitas de poliestireno se realizó la misma metodología que se siguió para elaborar los especímenes cúbicos visto en el apartado 3.13.7. En el proceso de fabricación de los bloques de cemento con perlitas de poliestireno se realizará con moldes metálicos. Los moldes a usar tienen medidas de 19x9x39cm, tal como se muestra en la siguiente figura.

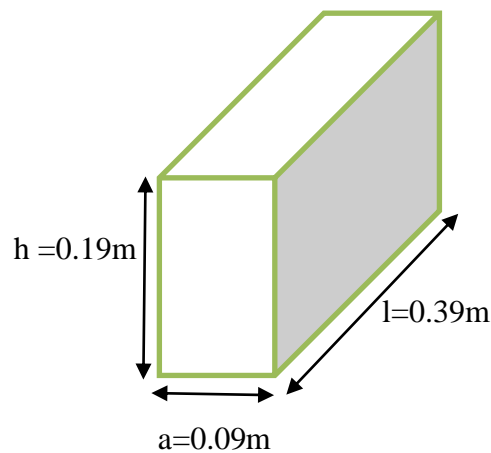


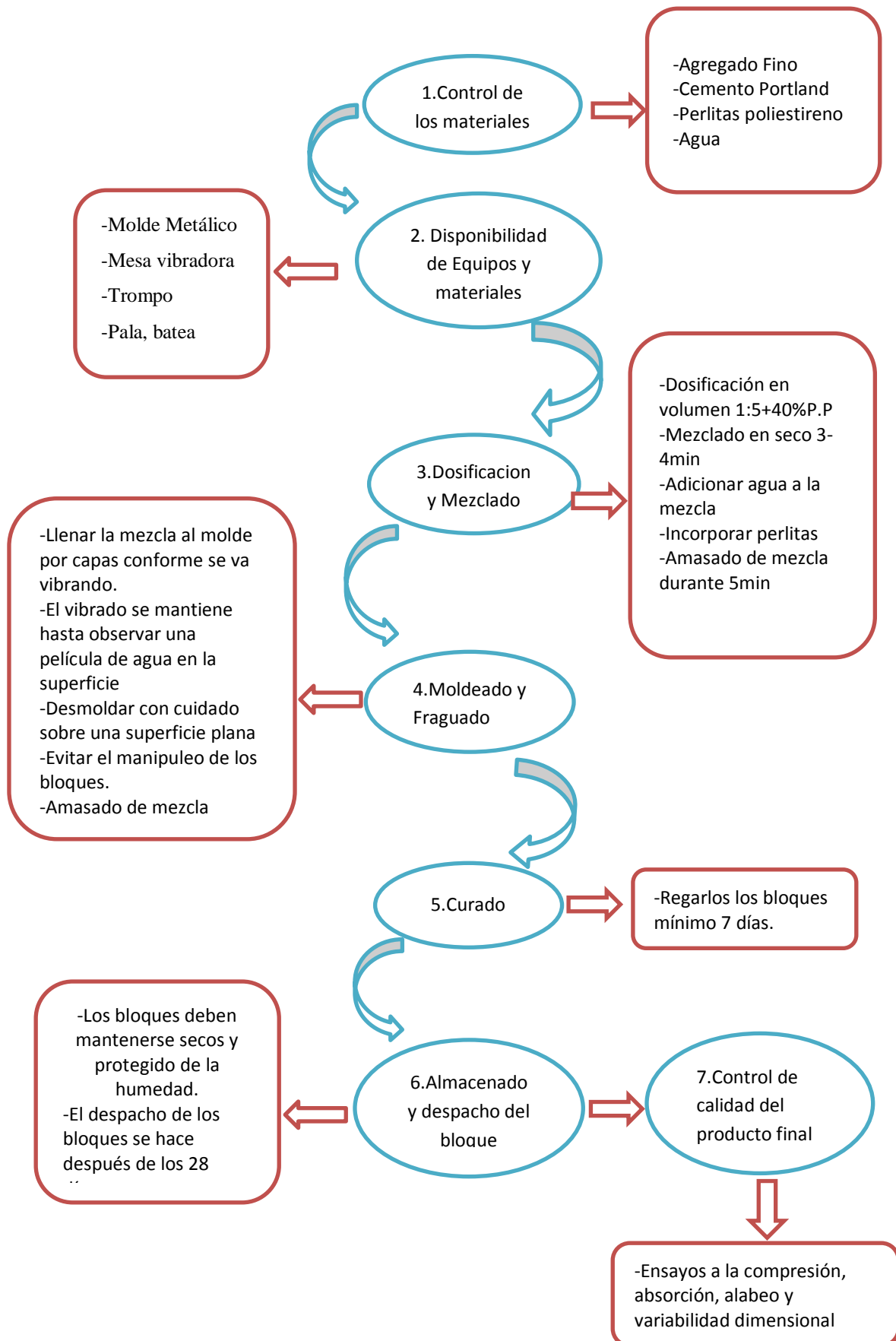
Figura 3.43: Dimensiones del bloque a fabricar.

Donde: $l = 0.39\text{m}$, $a = 0.09\text{m}$, $h = 0.19\text{m}$

Calculando se tiene el volumen del bloque sólido $V=0.006669\text{m}^3$

El procedimiento a seguir en la elaboración de bloques de cemento con perlitas de poliestireno en nuestro trabajo de investigación se resume mediante un flujo de fabricación, desde su etapa inicial hasta su etapa final, como muestra en la siguiente figura.

Cuadro 3.8: Flujo de fabricación del bloque de cemento con perlitas de poliestireno de forma manual.



3.13.8.3. Ensayos realizados a bloques de cemento con perlitas de poliestireno.

Una vez obtenido los bloques, se realiza el control de calidad a través de ensayos a la compresión, absorción, Densidad, alabeo, dimensionamiento y el costo del bloque en el ámbito local de nuestra ciudad de Ayacucho.

a) Ensayo a la compresión de unidad del bloque (f'_b).

Los ensayos a la compresión de unidad es la propiedad más importante del bloque, se realizaron ensayos de 12 unidades de bloques de cemento con perlitas de poliestireno a los 7, 14, 21 y 28 días de edad (03 unidades por cada edad). Tal como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 3.7: Cantidad de muestras de bloque de cemento con perlitas de poliestireno para el ensayo de unidad.

Proporción		Edad (días)				
Cemento (c)	Arena(a) +%P. P	7	14	21	28	Sub total
1	5+40%	3	3	3	3	12
Total, de muestras de bloques						12

Procedimiento:

- ✓ Se registró su peso y medidas largo, ancho y alto del bloque a ensayar.



Figura 3.44. Tomando medidas del bloque antes del ensayo de unidad a la compresión.

- ✓ Los bloques son colocados en la máquina, el cual contiene una placa metálica como base y otra placa superior que se coloca sobre el bloque a realizar el ensayo a la compresión de unidad.
- ✓ El bloque debe estar centrado entre las dos placas, superior e inferior estas deben estar perfectamente alineadas entre sí.



Figura 3.45. Muestras de bloque de cemento con perlitas poliestireno antes del ensayo a la compresión de unidad.



Figura 3.46. Ensayo a la compresión de unidad de bloques de cemento con perlitas poliestireno 19x9x39cm (Lab. UNSCH-Setiembre, 2018).

La resistencia a la compresión de unidad del bloque, se determinó dividiendo la carga máxima entre el área bruta, se calculó con la siguiente fórmula.

$$f'_b = \frac{P_m}{A_b}$$

Donde:

f'_b : Resistencia a la compresión del área bruta (Kg/Cm²)

P_m : Carga máxima (Kg.)

A_b : Área bruta (Cm²)

La velocidad de carga para la rotura del bloque fue tal, que la presión sobre el bloque aumente entre 10 y 20 Kg/cm²/s.

b) Ensayo de densidad del bloque de cemento con perlitas poliestireno.

La densidad de un bloque de cemento con perlitas de poliestireno depende del peso de los agregados, del proceso de fabricación y de la dosificación de la mezcla. De la densidad del bloque dependen sus características como: resistencia a la compresión, absorción, durabilidad y comportamiento al manejo durante su producción, transporte y manejo en obra.

El ensayo de la densidad del bloque se realizó a los 28 días de edad, para este ensayo primero se tomaron los pesos del bloque, luego se determinó el volumen del bloque y por último se reemplaza los datos en la siguiente fórmula:

$$D = \frac{m}{v}$$

Donde:

D = Densidad del Bloque (Kg/cm³)

m = Masa del bloque (kg)

v = Volumen del bloque (cm³)

La densidad del bloque será muy importante determinar en nuestro trabajo de investigación, este ensayo nos permitirá estar dentro de lo permisible del concreto liviano y estar dentro de los parámetros de la resistencia a la compresión del bloque según la Norma Técnica Peruana.

c) Ensayo de absorción del bloque.

El ensayo de absorción se realizó en bloques de 28 días de edad. Para estos ensayos se tomaron tres muestras de bloque, de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.187. Para bloques de concreto no portante se acepta un % de absorción máxima de 15%.

Procedimiento:

- ✓ El ensayo consiste, primero en tomar el peso del bloque de 28 días de edad en una balanza.



Figura 3.47. Pesado del bloque de cemento con perlitas poliestireno seco de 28 días de edad.

- ✓ Seguidamente luego se sumerge en agua durante 24 horas en una pila de curado, la temperatura promedio debe estar entre los 16°C y 26°C.



Figura 3.48. Bloque de cemento con perlitas poliestireno sumergido en agua durante 24 horas.

- ✓ Transcurrido las 24 horas se retira el bloque del agua y dejar unos minutos que se escurra luego con un paño de franela eliminar el exceso de agua, se procede a tomar nuevamente el peso del bloque.



Figura 3.49. Pesado del bloque húmeda.

De tal manera calculamos con una ecuación la absorción del bloque de cemento con perlita de poliestireno.

$$\%Abs = \frac{(A - B)}{B} \times 100$$

Donde:

% Abs= Porcentaje de Absorción.

A=Peso del bloque en condición húmedo (kg)

B=Peso del bloque seco al ambiente (kg)

d) Ensayo de alabeo del bloque

Para el ensayo de alabeo, se verifico la distorsión del bloque de cemento con perlitas de poliestireno. Se determina según se trate de concavidad y/o convexidad.

Procedimiento:

- ✓ Se colocó una regla metálica en forma diagonal en cada una de las caras del bloque.

- ✓ Luego con la ayuda de una cuña graduada en forma perpendicular a la regla, se mide en la parte central y extremos de la cara del bloque.
- ✓ Por último, se verifica la concavidad y/o convexidad. Tal como se puede mostrar en la siguiente imagen.



Figura 3.50. Verificando el Alabeo del bloque.

Si la cuña indica una medición en la zona central de una cara es porque se tiene una superficie cóncava y cuando se tenga mediciones en los extremos la superficie será convexa.

El alabeo en los bloques puede generar vacíos en el ancho de un muro. Esto haría que la resistencia del muro disminuya debido a que la estructura de este tendría diferentes secciones lo cual produciría que no se comporte como el esperado.

e) Ensayo de variabilidad dimensional.

Para el ensayo de variabilidad dimensional del bloque de cemento con perlita de poliestireno consistió en verificar las medidas del largo, ancho y altura de acuerdo a la NTP 339.604.

Procedimiento:

- ✓ Se realizó las medidas de cada unidad de bloque de cemento con perlitas de poliestireno el largo, el ancho y la altura, con la precisión de 1mm.

- ✓ Cada medida se obtiene como el promedio de tres medidas en los bordes y al medio en cada cara. Tal como se puede ver en la siguiente imagen.



Figura 3.51. Verificación de variabilidad dimensional del bloque de cemento.

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presentan y se interpretan los resultados obtenidos de los experimentos realizados en laboratorio a través de tablas, fotos y gráficos. Una vez realizado los procedimientos en el cap. III, de los ensayos del agregado fino, del mortero cemento sin/con perlitas de poliestireno y los resultados de los ensayos a la compresión, absorción, alabeo y variabilidad dimensional del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, la cual es nuestro objetivo del trabajo de investigación, y por último se evaluará el análisis de costos de dicho bloque en estudio. Los procedimientos establecidos de los ensayos se siguieron de acuerdo a las normas empleadas para cada una de estas pruebas. El análisis y discusión de los resultados se presentan a continuación.

4.1. ENSAYOS DEL AGREGADO FINO.

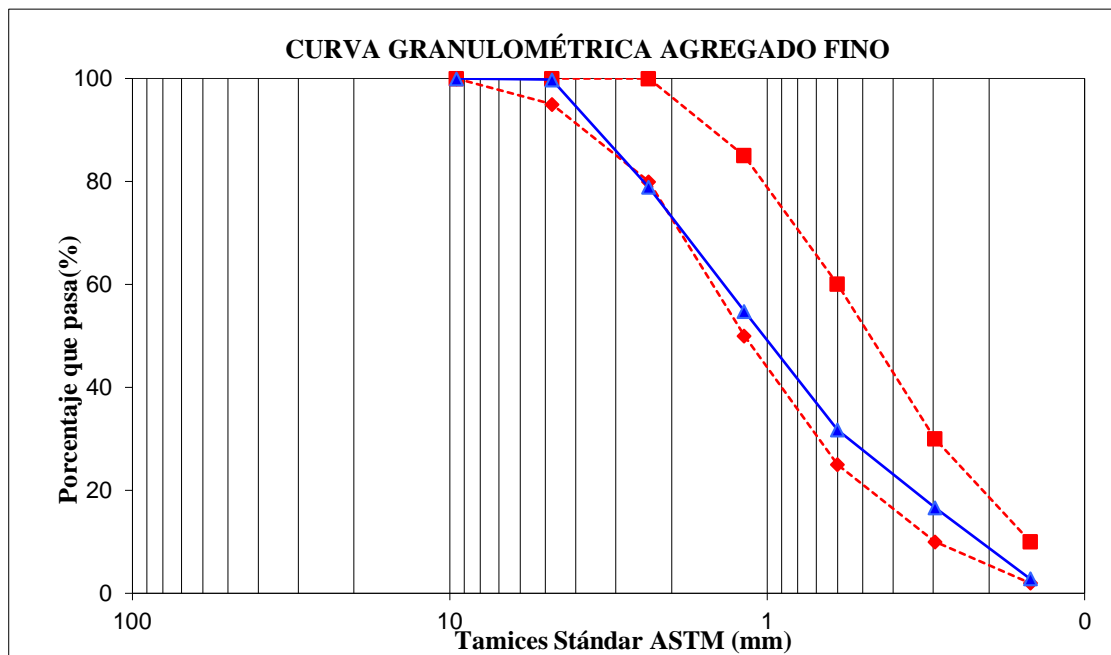
4.1.1. Ensayos de granulometría y módulo de finura del agregado fino.

Para elaborar bloques de cemento Ligero a base de perlitas de Poliestireno de densidad aparente de 1700 kg/m^3 , se optó por una granulometría del agregado fino con un tamaño máximo de partículas de 9mm. De acuerdo a los ensayos realizados en el cap. III, del agregado fino los resultados se muestran en el cuadro 4.1 y 4.2, a continuación, se muestra la granulometría de la arena a utilizar.

Cuadro 4.1: Granulometría del agregado Fino.

Mallas	Abertura (mm)	Material Retenido		Porcentaje Acumulados		Especificaciones	
		(GRS)	(%)	Retenidos	Que Pasan	ASTM C-136	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº 4	4.76	3.53	0.22	0.22	99.78	95	100
Nº 8	2.36	332.03	20.87	21.09	78.91	80	100
Nº 16	1.18	383.50	24.11	45.20	54.80	50	85
Nº 30	0.60	367.07	23.07	68.27	31.73	25	60
Nº 50	0.30	239.78	15.07	83.35	16.65	10	30
Nº 100	0.15	220.23	13.84	97.19	2.81	2	10
Nº 200	0.07	37.37	2.35	99.54	0.46		
Lavado		0.00	0.00	99.54	0.46		
Fondo	0.000	5.83	0.37	99.91	0.09		

Cuadro 4.2: Curva Granulométrica del agregado Fino.



Interpretación:

Analizados los resultados de agregado fino(arena); se puede observar mediante el gráfico de la curva granulométrica que esta se encuentra dentro de los límites inferior y superior de las especificaciones del ASTM C-136; dando como resultado para este agregado fino un módulo de finura de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices de la serie estándar (N°4,N°8, N°16, N°30, N°50, N°100), dividido entre 100 como se muestra:

Calculo del módulo de finura (M.F.):

$$MF = \frac{0.22 + 21.09 + 45.20 + 68.27 + 83.35 + 97.19}{100} = 3.15$$

Como resultado el módulo de Finura de la arena es igual a 3.15; que se encuentra dentro de los agregados ligeramente grueso.

4.1.2. Ensayos de peso específico y absorción del agregado fino.

De los ensayos realizados en el cap. III, se obtiene los resultados del peso específico y la absorción de la arena, a través de una operación matemática los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 4.3: Peso específico y absorción del agregado fino.

AGREGADO FINO				
Identificación		"A"	"B"	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)	500.00	500.00	500.00
B	Peso Frasco + H2O	719.56	719.65	719.61
C	Peso Frasco + H2O + A	1219.56	1219.65	1219.61
D	Peso Mat. + H2O en el frasco	1028.83	1028.97	1028.90
E	Vol. de Masas + Vol. De Vacios = C - D	190.73	190.68	190.71
F	Peso Mat. Seco en estufa (105 °C)	494.06	493.69	493.88
G	Vol. de Masa = E - (A - F)	184.79	184.37	184.58
	Pe Bulk (Base Seca) = F/E	2.59	2.59	2.59
	Pe Bulk (Base Saturada) = A/E	2.62	2.62	2.62
	Pe Aparente (Base Saturada) = F/G	2.67	2.68	2.68
	% de Absorción = ((A - F)/F) X 100	1.20	1.28	1.24

4.1.3. Ensayos de peso unitario del agregado fino.

Una vez realizados los ensayos realizados en el capítulo anterior, se obtiene los resultados del peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco del agregado fino, luego se realiza una operación matemática como se muestra los resultados en el siguiente cuadro.

Resultados del ensayo de peso unitario suelto seco del agregado fino.

Cuadro 4.4: Peso Unitario suelto seco del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO SECO				
Agregado		Fino		
Tamaño máximo		-----		
Número de ensayo		Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
1	Peso molde (gr)	7,021.00	7,021.00	7,021.00
2	Peso Agregado + molde (gr)	21,265.00	21,253.00	21,235.00
3	Peso Agregado suelto (gr) = (2) - (1)	14.244	14.232	14.214
4	Ø interno molde (cm)	22.80	22.80	22.80
5	Altura interna molde (cm)	22.80	22.80	22.80
6	Volumen molde = $\text{PI} \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m ³)	0.009309	0.009309	0.009309
7	Peso Unitario Suelto Seco = (3) / (6) (Kg/m ³)	1,530.16	1,528.87	1,526.94
Promedio		1,528.65 KG/M3		

Resultados del ensayo de peso unitario compacto seco del agregado fino.

Cuadro 4.5: Peso Unitario compacto seco del agregado fino.

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO				
Agregado		Fino		
Número de ensayo		Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
1	Peso molde (gr)	7,021.00	7,021.00	7,021.00
2	Peso Agregado compactado + molde (gr)	22,388.00	22,395.00	22,350.00
3	Peso Agregado compactado (gr) = (2) - (1)	15.367	15.374	15.329
4	Ø interno molde (cm)	22.80	22.80	22.80
5	Altura interna molde (cm)	22.80	22.80	22.80
6	Volumen molde = $\text{PI} \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m ³)	0.009309	0.009309	0.009309
7	Peso Unitario Seco Compactado = (3) / (6) (Kg/m ³)	1,650.80	1,651.55	1,646.71
Promedio		1,649.69 KG/M3		

Estos valores del peso unitario se utilizan para el diseño de mezcla de mortero y para convertir los pesos a volumen y viceversa.

De tal forma en el siguiente cuadro 4.6 se muestra el resumen de resultados obtenidos de los cuadros anteriores.

Cuadro 4.6: Resumen de datos del agregado fino.

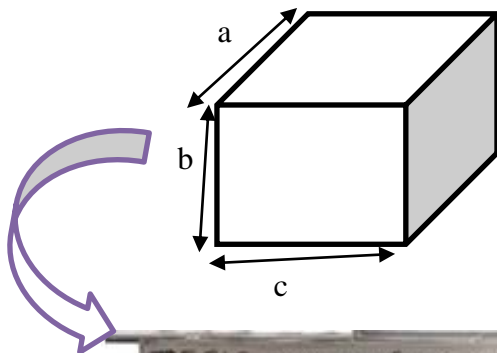
Descripción	Und	Arena
Peso específico (γ)	gr/cm ³	2.68
% de Absorción (a)	%	1.24
% Humedad(W)	%	0.176
Peso Unitario Suelto Seco (PUSS)	Kg/m ³	1,528.65
Peso Unitario Seco Compactado (PUCS)	Kg/m ³	1,649.69
Módulo de Finura (MF)		3.15

4.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CÚBICOS DE 5X5X5CM.

4.2.1. Resistencia a la compresión de mortero cemento.

La resistencia a la compresión es una propiedad importante del mortero cemento, después de un largo proceso de trabajo de elaboración, curado y por último se elaboraron 3 cubos de diferentes proporciones para determinar su resistencia a la compresión para cada una de las edades a evaluar en la máquina de ensayo.

Espécimen de cubeta de 5x5x5cm



Donde:

$$a=5\text{cm}$$

$$b=5\text{cm}$$

$$c=5\text{cm}$$



Figura 4.1: Muestras de cubetas preparados y ensayo de rotura a la compresión.

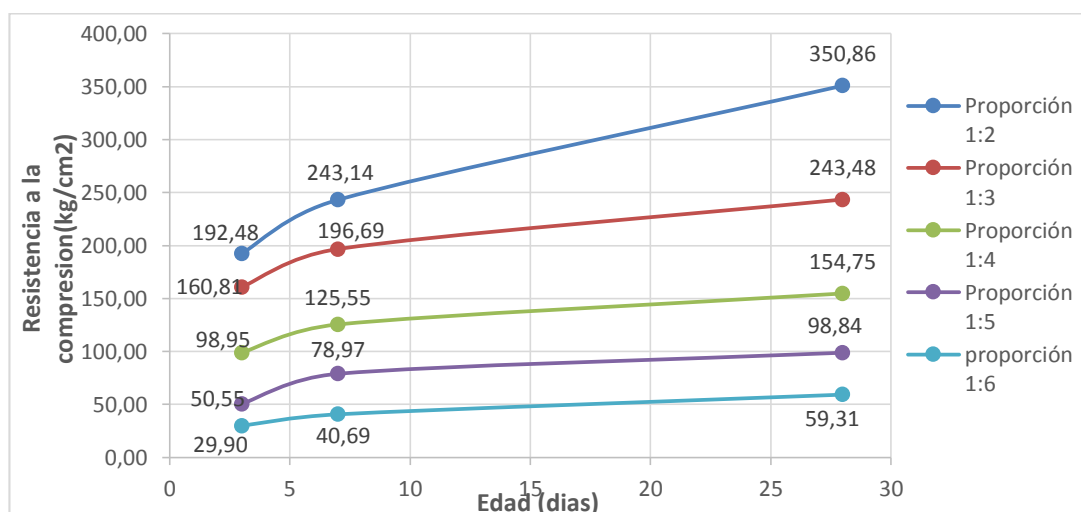
De tal forma, se presenta el resumen de los resultados de los ensayos realizados del anexo 01 de la resistencia a la compresión del mortero cemento, para cada una de las edades a evaluar 3,7 y 28 días de los especímenes cúbicos del mortero cemento, de diferentes proporciones realizado en laboratorio. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2) y se designa con el símbolo f'_c . Tal como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 4.7: Resultado de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de $5 \times 5 \times 5 \text{cm}$ de mortero cemento de edades 3,7 y 28 días.

Proporción		Resistencia a la compresión de diferentes Edades-días(kg/cm^2)		
Cemento (c)	Arena(n)	3	7	28
1	2	192.48	243.14	350.86
1	3	160.81	196.69	243.48
1	4	98.95	125.55	154.75
1	5	50.55	78.97	98.84
1	6	29.90	40.69	59.31

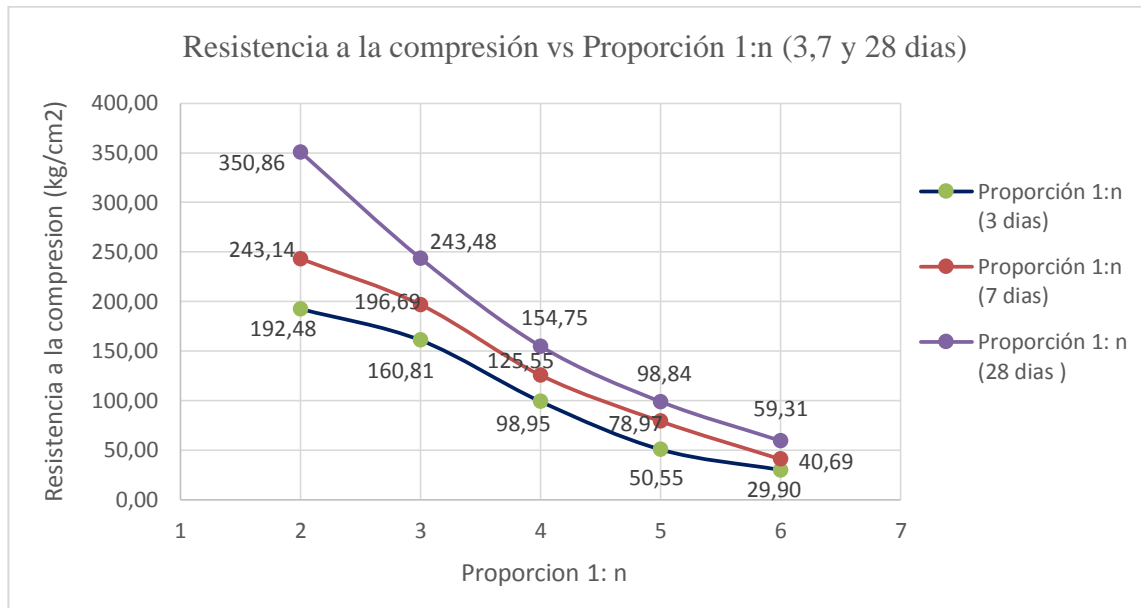
En el cuadro 4.8 se presenta los resultados de la madurez del mortero cemento a los 3, 7 y 28 días de edad vs resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de $5 \times 5 \times 5 \text{cm}$ de cada proporción, se tuvo como referencia como dato inicial el agua/ cemento según CAPECO, se observa en el cuadro 4.8 que las resistencias a la compresión a los 28 días de edad de las proporciones evaluadas, tiene una buena resistencia superando a $50 \text{kg}/\text{cm}^2$; de tal manera utilizamos dichas proporciones en nuestro trabajo de investigación.

Cuadro 4.8: Resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de $5 \times 5 \times 5 \text{cm}$ vs diferentes edades de proporción de mortero cemento.



En el siguiente cuadro 4.9 se presenta los resultados de cada proporción (1, n); de 3,7 y 28 días de edad vs resistencia a la compresión de especímenes de 5x5x5cm de mortero cemento. Se observa que los resultados de la resistencia a la compresión vs las diferentes proporciones evaluadas son descendentes en cada proporción y se ajusta a una ecuación polinómica.

Cuadro 4.9: Resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5x5cm vs proporción (1, n) de 3,7 y 28 días de edad de mortero cemento.



Como se puede observar en el cuadro 4.9 los resultados de los especímenes de mortero cemento de proporciones diferentes, con una mayor proporción presentan una menor resistencia a la compresión, es decir que conforme se incrementa la proporción de la arena hay una disminución de la resistencia a la compresión.

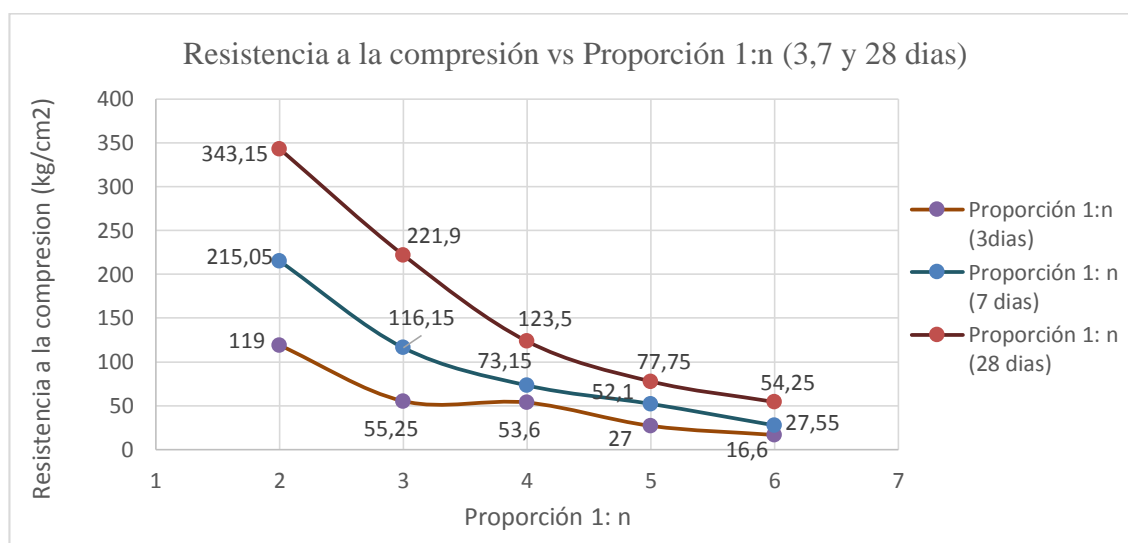
En el cuadro 4.10 se presenta los resultados de resistencia a la compresión de una investigación realizado en Colombia por Dr. Rodrigo Salamanca, de cada proporción (1, n); de 3,7 y 28 días de edad, realizado en especímenes de cilindro de 7.5x15cm de mortero cemento, utilizando la arena de Tunjuelito con un módulo de finura (MF=3.39). Tal como se muestra los datos en el cuadro 4.10.

Cuadro 4.10: Resumen de resultado de resistencia a la compresión de especímenes de cilindro 7.5x15cm² de diferentes edades de mortero cemento (MF=3.39).

Proporción		Para cilindros de 7.5x15cm(kg/cm2)		
		Edad (días)		
Cemento(c)	Arena (n)	3	7	28
1	2	119	215.05	343.2
1	3	55.25	116.15	221.9
1	4	53.6	73.15	123.5
1	5	27	52.1	77.75
1	6	16.6	27.55	54.25

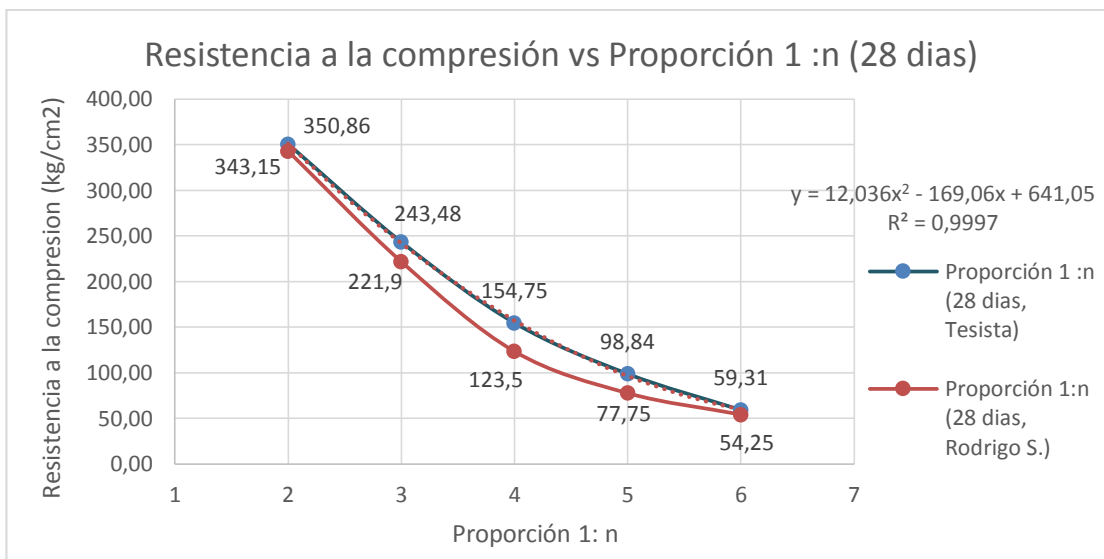
De tal manera se muestra en el siguiente cuadro 4.11 los resultados de resistencia a la compresión de especímenes de cilindro 7.5x15cm vs proporción (1, n); de 3,7 y 28 días de edad de mortero cemento. Se observa que los resultados de la resistencia a la compresión vs las diferentes proporciones evaluadas son descendentes en cada proporción y se ajusta a una ecuación polinómica.

Cuadro 4.11: Resistencia a la compresión de especímenes de cilindro 7.5x15cm vs proporción (1, n) de 3,7 y 28 días de edad de mortero cemento.



Por último, se hace una comparación de resultados obtenidos del cuadro 4.9 y 4.11 de resistencia a la compresión vs proporción (1, n); de 28 días, del trabajo de investigación realizado en especímenes cúbicos de 5x5x5cm y la investigación del Dr. Rodrigo Salamanca realizado en especímenes de cilindro de 7.5x15cm. De tal manera se muestra en el siguiente cuadro 4.12 los resultados comparativos.

Cuadro 4.12: Resistencia a la compresión de especímenes de cilindro 7.5x15cm y especímenes cúbicos de 5x5x5cm vs proporción (1, n) de 28 días de mortero cemento.



Existen otras investigaciones de resistencia a la compresión de mortero, empleando especímenes cilíndricos y cúbicos de edades de 3,7 y 28 días, tal como se muestra en el siguiente cuadro 4.13.

Cuadro 4.13: Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos y cúbicos de mortero. (Mejía, Chinchilla, 2012).

Edad (días)	Resistencia a la compresión (kg/cm2)			
	Cilindros 6x12pug	Cilindros 3x6pug	Cilindros 2x4pug	Cubos 2x2pug
3	32.08	47.48	63.86	91.5
7	69.73	86.08	98.18	150.3
28	126.84	146.74	154.5	218.34

Interpretación de resultados:

Los resultados comparativos obtenidos del cuadro 4.12 de la resistencia a la compresión a los 28 días de edad vs proporción (1: n); de los especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero cemento, desarrollado en laboratorio tal como especifica el ASTM C-780, y los resultados obtenidos del Dr. Rodrigo Salamanca elaborado en especímenes de cilindro 7.5x15cm; se observa que los resultados de nuestra investigación, muestra una diferencia con los resultados del Dr. Rodrigo Salamanca y se ajusta a una ecuación polinómica

En nuestro trabajo de investigación se utilizó especímenes cubico de 5x5x5cm, de tal manera se obtiene mayor resistencia a la compresión del mortero cemento. Tal como muestra los resultados en el cuadro 4.13 que existe las diferencias de resultados

empleando especímenes cilíndricos y cúbicos. Los resultados obtenidos por el Dr. Rodrigo Salamanca nos servirán como referencia comparativa y luego evaluar en qué proporción de mortero cemento se podrá utilizar los porcentajes de perlitas de poliestireno mediante ensayos a la compresión de especímenes cúbicos y luego encontrar el diseño óptimo del bloque.

4.2.2. Resistencia a la compresión de mortero cemento con perlitas de poliestireno en especímenes cúbicos de 5x5x5cm.

Para poder evaluar la resistencia a la compresión de mortero cemento con perlitas de poliestireno, se realizaron ensayos en laboratorio de especímenes cúbicos de 5x5x5cm. Se elaboraron 3 cubos de 5x5x5cm de proporciones elegidas según los resultados obtenidos de su resistencia a la compresión del mortero cemento (del apartado 4.2.1). tal como se muestra los procesos de elaboración de las muestras en la siguiente figura.

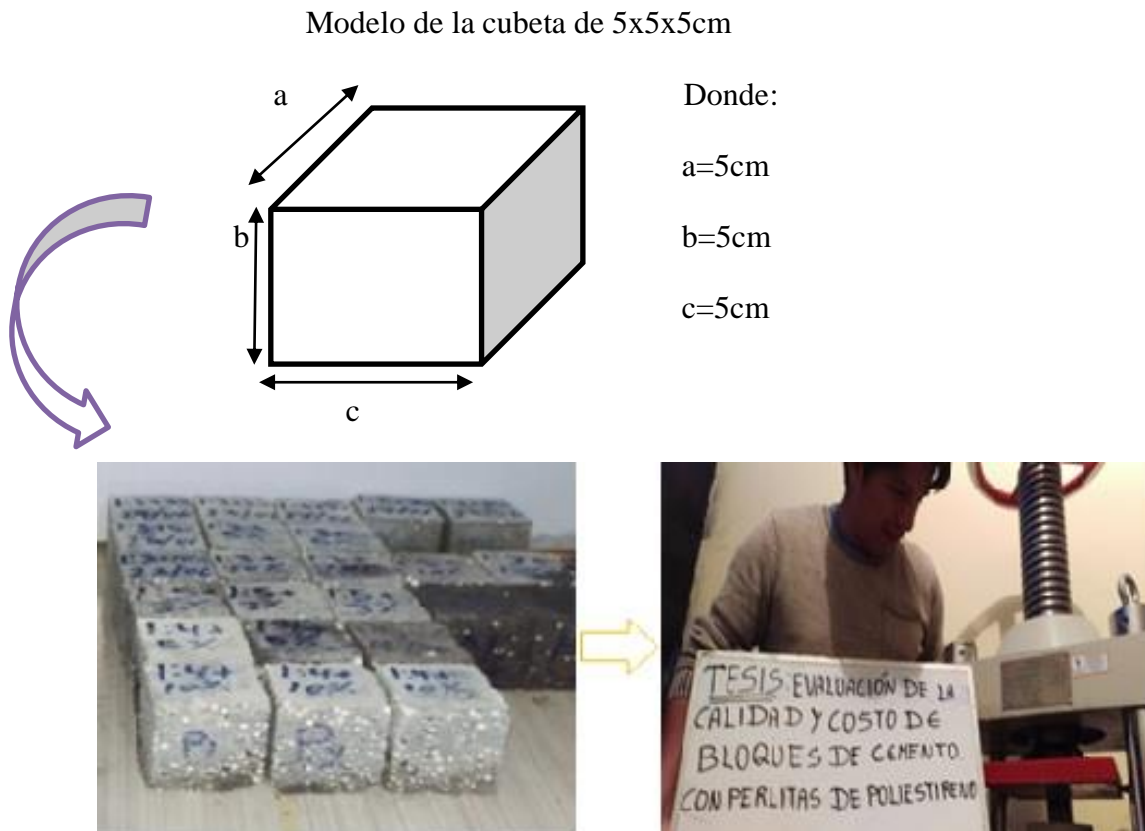


Figura 4.2: Muestras de cubetas preparados y ensayo de rotura a la compresión.

De tal manera se realizó los ensayos en las edades de 3,7 y 28 días, estos resultados se muestran al detalle en el anexo 02. Para determinar el diseño óptimo del bloque se tomó los datos de la resistencia a la compresión a los 28 días de edad, tal como se muestra en los siguientes cuadros los resultados de acuerdo a los ensayos.

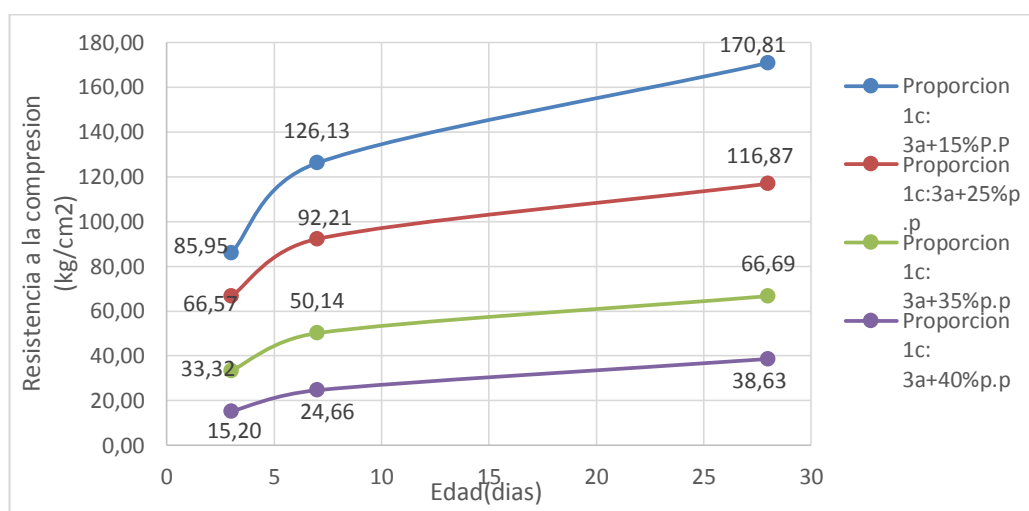
i) Resultado de ensayo a la compresión de mortero cemento con perlitas de poliestireno de proporción; 1cemento: 3arena +% perlitas de poliestireno en cubetas de 5x5x5cm a los 3,7 y 28 días de edad.

Cuadro 4.14: Resultados de resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero cemento con perlitas de poliestireno, proporción (1cemento:3arena+%P. P).

Proporción		Resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 5x5x5cm(kg/cm ²)		
Cemento (c)	3 arena +%P. P	Edad (días)		
		3	7	28
1	15	85.95	126.13	170.81
1	25	66.57	92.21	116.87
1	35	33.32	50.14	66.69
1	40	15.20	24.66	38.63

En el siguiente cuadro 4.15 se presenta los resultados de la madurez del mortero cemento con perlitas de poliestireno a los 3, 7 y 28 días de edad vs resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 5x5x5cm de cada proporción evaluada en cada una de las edades.

Cuadro 4.15: Resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5x5cm vs edad de proporción (1cemento:3arena+%P.P.).



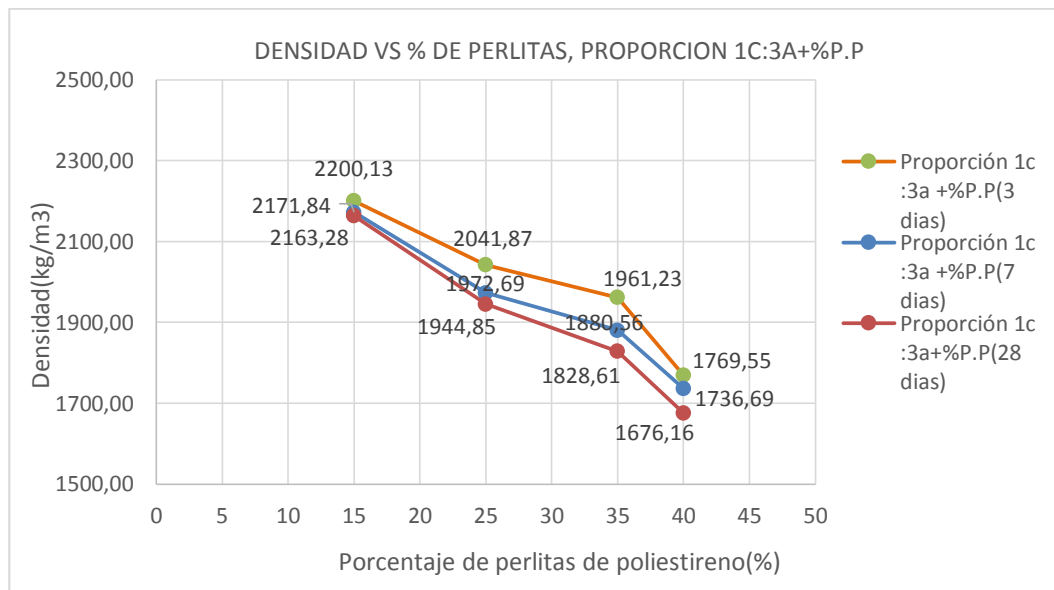
A continuación, se presenta en el siguiente cuadro 4.16 los resultados de las densidades de mortero cemento con perlitas de poliestireno de edades 3,7 y 28 días de edad de proporción 1cemento: 3 arena +%P. P; que corresponden a cada ensayo.

Cuadro 4.16: Resumen de resultados de densidad de mortero cemento con perlitas de poliestireno de proporción (1cemento:3 arena+%P. P).

Proporción		Densidad (kg/m ³)		
Cemento (c)	3 arena +%P. P	Edad (días)		
		3	7	28
1	15	2200.13	2171.84	2163.28
1	25	2041.87	1972.69	1944.85
1	35	1961.23	1880.56	1828.61
1	40	1769.55	1736.69	1676.16

En el cuadro 4.17 se presenta los resultados de densidad de mortero cemento con perlitas de poliestireno de proporción (1cemento :3arena +%P. P); de 3, 7 y 28 días de edad, elaborado en especímenes cúbicos de 5x5x5cm. Se observa que la densidad de los especímenes es de forma descendentes, todo esto causa por la cantidad de porcentaje de perlitas de poliestireno.

Cuadro 4.17: Resultado de densidad vs porcentaje de perlitas de poliestireno elaborado en espécimen cubico de 5x5x5cm (3, 7 y 28 días de edad)



Se observa en el cuadro 4.17 los resultados de los especímenes cubico de mortero cemento con perlitas de poliestireno, con mayor porcentaje de perlitas de poliestireno presentan una densidad menor de especímenes, es decir que conforme se incrementa el porcentaje de perlitas de poliestireno hay una disminución de densidad del espécimen.

Para las proporciones evaluadas de mortero cemento con perlitas de poliestireno de 1cemento: 3 arena+ % perlita de poliestireno se encontró un diseño óptimo para una densidad de 1676.16 kg/cm³, el diseño encontrado con las proporciones de 1cemento: 3 arena+40% perlita de poliestireno obteniendo como resultado una densidad, resistencia y % de perlitas de poliestireno como se muestra a continuación.

- **Diseño óptimo de proporción: 1cemento :3arena+40% perlitas de poliestireno.**

Densidad: 1676.16 kg/m³

Resistencia a la compresión: 38.63kg/cm²

% de Perlitas de poliestireno: 40%

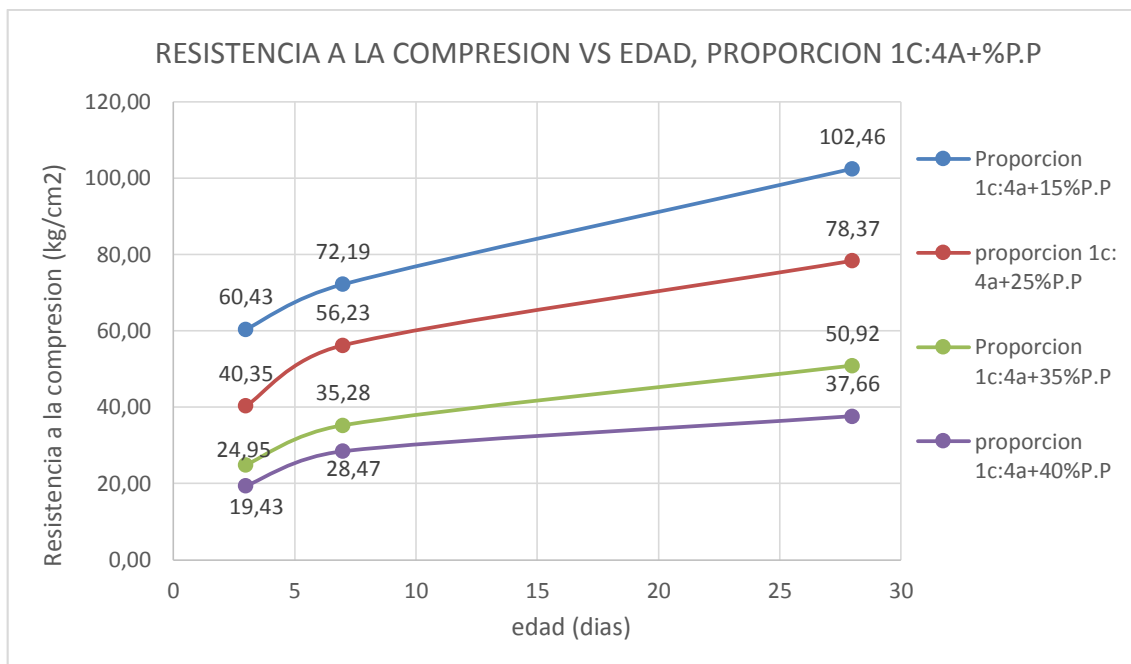
- ii) Resultado de ensayo a la compresión de mortero cemento con perlita de poliestireno en proporción; 1cemento: 4arena +% perlitas de poliestireno en cubetas de 5x5x5cm a los 3,7 y28 días de edad.

Cuadro 4.18: Resultados de resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero cemento con perlitas de poliestireno, proporción (1cemento:4arena+%P. P).

Proporción		Resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 5x5x5cm(kg/cm ²)		
Cemento (c)	4 arena +%P. P	Edad (días)		
		3	7	28
1	15	60.43	72.19	102.46
1	25	40.35	56.23	78.37
1	35.0	24.95	35.28	50.92
1	40	19.43	28.47	37.66

En el cuadro 4.19 se presenta los resultados de la madurez del mortero cemento con perlitas de poliestireno a los 3, 7 y 28 días de edad vs resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 5x5x5cm de cada proporción evaluada en cada una de las edades.

Cuadro 4.19: Resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5x5cm vs edad de proporción (1cemento:4arena+%P.P.).



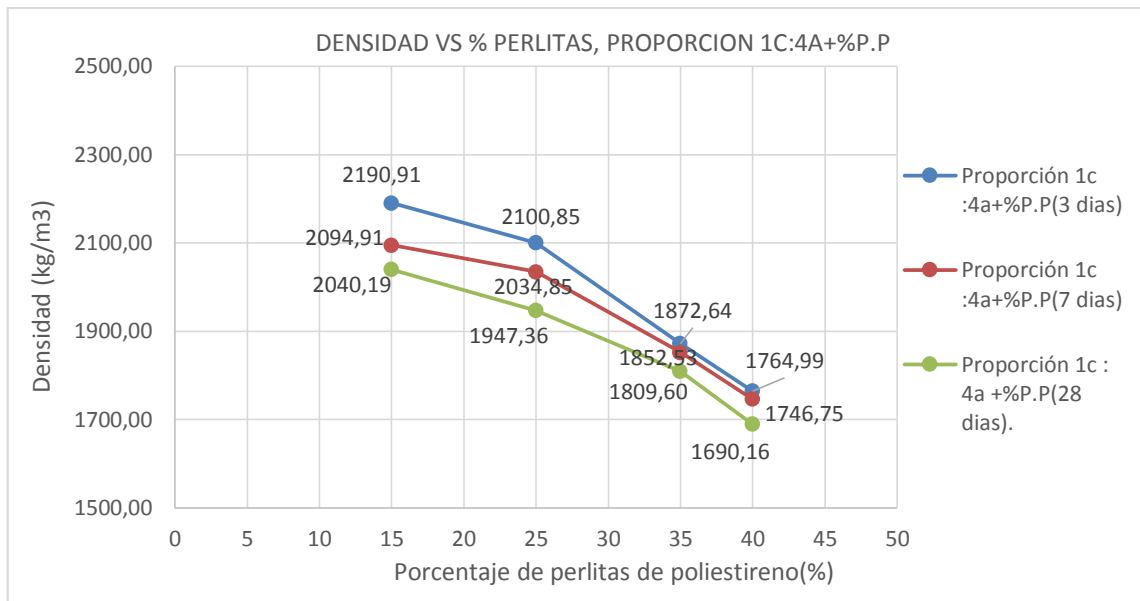
Se presenta en el cuadro 4.20 los resultados de las densidades de mortero cemento con perlitas de poliestireno de edades 3,7 y 28 días de edad de proporción 1 cemento: 4 arena +%P. P; que corresponden a cada ensayo.

Cuadro 4.20: Resumen de resultados de densidad de mortero cemento con perlitas de poliestireno de proporción (1 cemento:4 arena +%P. P).

Proporción		Densidad de diferentes Edades(gr/cm^3)		
Cemento (c)	4 arena +%P. P	3	7	28
1	15	2190.91	2094.91	2040.19
1	25	2100.85	2034.85	1947.36
1	35	1872.64	1852.53	1809.60
1	40	1764.99	1746.75	1690.16

En el cuadro 4.21 se presenta los resultados de densidad de mortero cemento con perlitas de poliestireno de proporción (1 cemento :4arena +%P. P); de 3, 7 y 28 días de edad, elaborado en especímenes cúbicos de 5x5x5cm. Se observa que la densidad de los especímenes es de forma descendentes, todo esto causa por la cantidad de porcentaje de perlitas de poliestireno.

Cuadro 4.21: Resultado de densidad vs porcentaje de perlitas de poliestireno elaborado en espécimen cubico de 5x5x5cm (3, 7 y 28 días de edad).



Para las proporciones evaluadas de mortero cemento con perlitas de poliestireno de 1cemento: 4 arena+% perlita de poliestireno se encontró un diseño óptimo para el diseño con las proporciones de 1cemento: 4 arena+40% perlita de poliestireno obteniendo como resultado una densidad, resistencia y % de perlitas de poliestireno como se muestra a continuación.

- **Diseño óptimo de proporción: 1cemento :4 arena+40% perlitas de poliestireno.**

Densidad: 1690.16 kg/m³

Resistencia a la compresión: 37.66kg/cm²

% de Perlitas de poliestireno: 40%

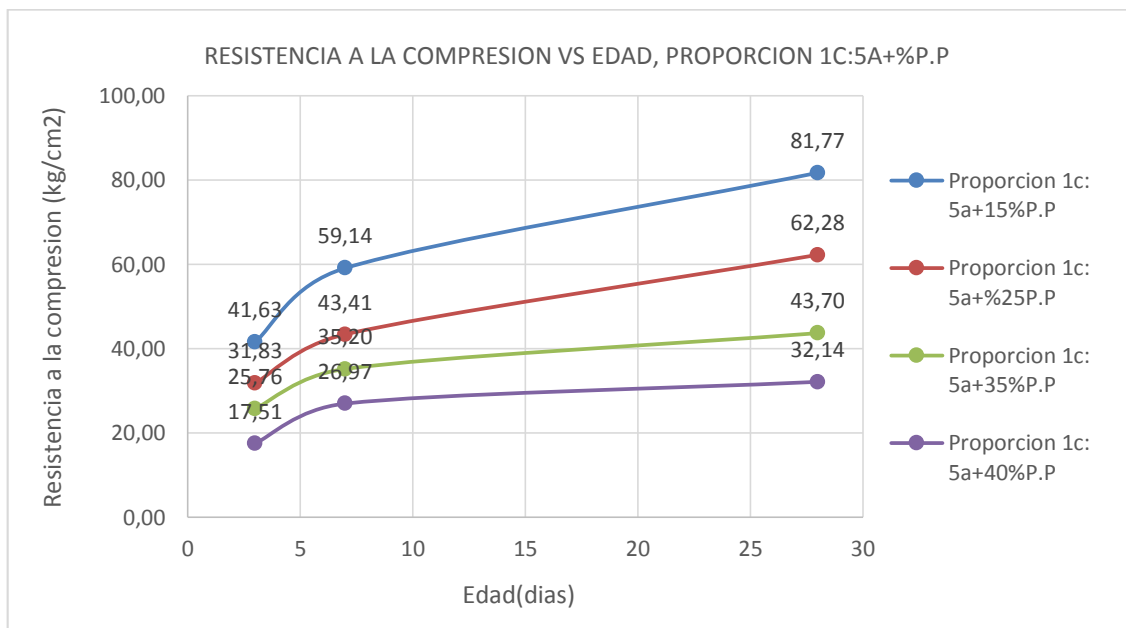
iii) Resultado de ensayo a la compresión de mortero cemento con perlita de poliestireno en proporción; 1cemento: 5arena +% perlitas de poliestireno en cubetas de 5x5x5cm a los 3,7 y 28 días de edad.

Cuadro 4.22: Resultados de resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 5x5x5cm de mortero cemento con perlitas de poliestireno, proporción (1cemento:5arena+%P. P).

Proporción		Resistencia a la compresión de diferentes Edades(kg/cm ²)		
Cemento	5 arena +%P. P	3	7	28
1	15	41.63	59.14	81.77
1	25	31.83	43.41	58.20
1	35	25.76	35.20	43.70
1	40	17.51	26.97	32.14

En el siguiente cuadro 4.23 se presenta los resultados de la madurez del mortero cemento con perlitas de poliestireno a los 3, 7 y 28 días de edad vs resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 5x5x5cm de cada proporción evaluada en cada una de las edades.

Cuadro 4.23: Resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5x5cm vs edad de proporción (1cemento:5arena+%P.P.).



Se muestra en el cuadro 4.24 los resultados de las densidades de mortero cemento con perlitas de poliestireno de edades 3,7 y 28 días de edad de proporción 1cemento: 5 arena +%P. P; que corresponden a cada ensayo.

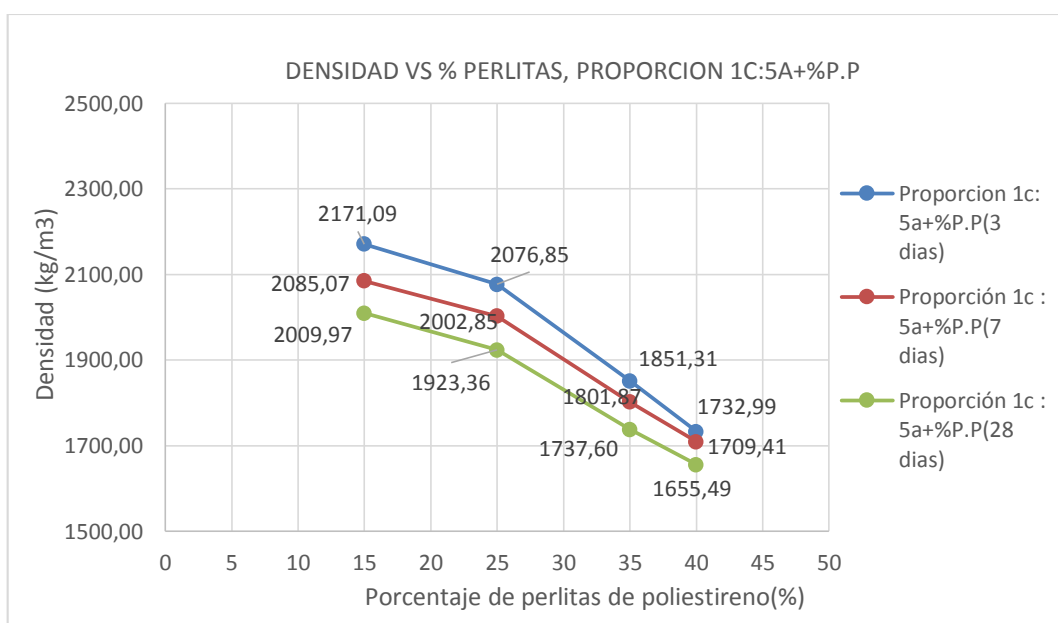
Cuadro 4.24: Resumen de resultados de densidad de mortero cemento con perlitas de poliestireno de proporción (1cemento:5 arena+%P. P).

Proporción		Densidad (kg/m ³)
Cemento		Edad (días)

	5 arena +%P. P	3	7	28
1	15	2171.09	2085.07	2009.97
1	25	2076.85	2002.85	1923.36
1	35	1851.31	1801.87	1737.60
1	40	1732.99	1709.41	1655.49

En el cuadro 4.25 se presenta en forma de grafico los resultados de densidad de mortero cemento con perlitas de poliestireno de proporción (1cemento:5arena +%P. P); de 3, 7 y 28 días de edad, elaborado en especímenes cúbicos de 5x5x5cm. Se observa que la densidad de los especímenes es de forma descendentes, todo esto causa por la cantidad de porcentaje de perlitas de poliestireno.

Cuadro 4.25: Resultado de densidad vs porcentaje de perlitas de poliestireno elaborado en espécimen cubico de 5x5x5cm (3, 7 y 28 días de edad).



Se observa en el cuadro 4.25 los resultados de los especímenes cubico de mortero cemento con perlitas de poliestireno, con mayor porcentaje de perlitas de poliestireno presentan una densidad menor de especímenes, es decir que conforme se incrementa el porcentaje de perlitas de poliestireno hay una disminución de densidad del espécimen.

Para las proporciones evaluadas de mortero cemento con perlitas de poliestireno de 1cemento: 5 arena+% perlita de poliestireno se encontró un diseño óptimo para el diseño con las proporciones de 1cemento: 5 arena+40% de perlita de poliestireno

obteniendo como resultado una densidad, resistencia y % de perlitas de poliestireno como se muestra a continuación.

- **Diseño óptimo de proporción: 1cemento :5 arena+40% perlitas de poliestireno.**

Densidad: 1655.49 kg/m³

Resistencia a la compresión: 32.14kg/cm²

% de Perlitas de poliestireno: 40%

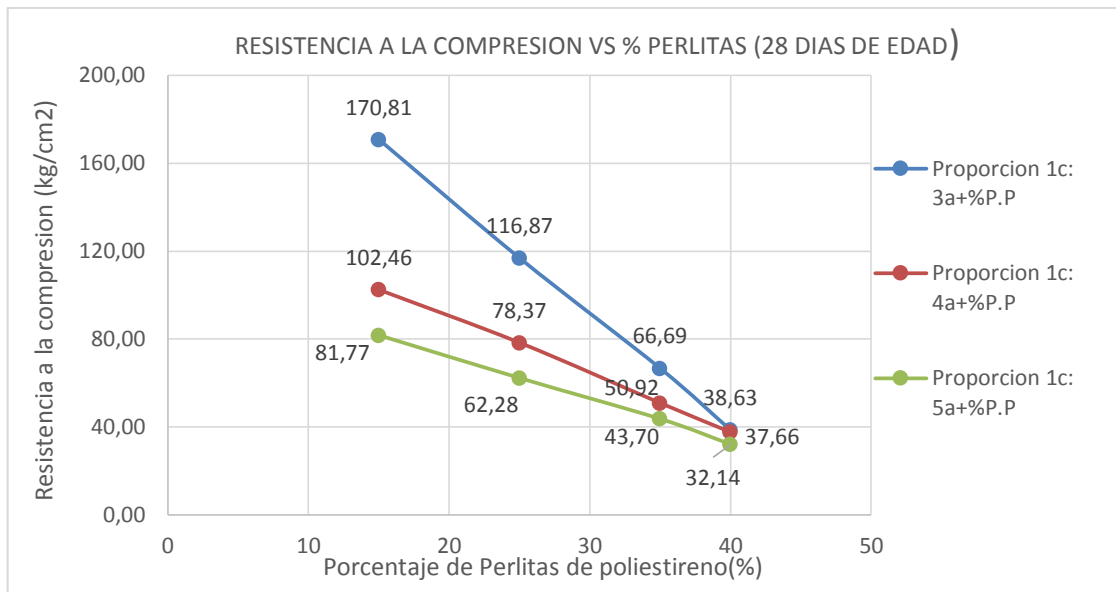
Se presenta en el siguiente cuadro 4.26 el resumen de los resultados de resistencia a la compresión, de 28 días de edad de las proporciones evaluadas, la cual nos interesa para tomar las decisiones correctas.

Cuadro 4.26: Resumen de resultados de ensayo a la compresión del mortero cemento con perlitas de poliestireno de 28 días de edad, proporciones variados.

Proporción		Resistencia a la compresión de 28 días de Edad (kg/cm ²)		
Cemento (c)	%P. P	1c: 3a+%P. P	1c: 4a+%P. P	1c: 5a+%P. P
1	15	170.81	102.46	81.77
1	25	116.87	78.37	58.20
1	35	66.69	50.92	43.70
1	40	38.63	37.66	32.14

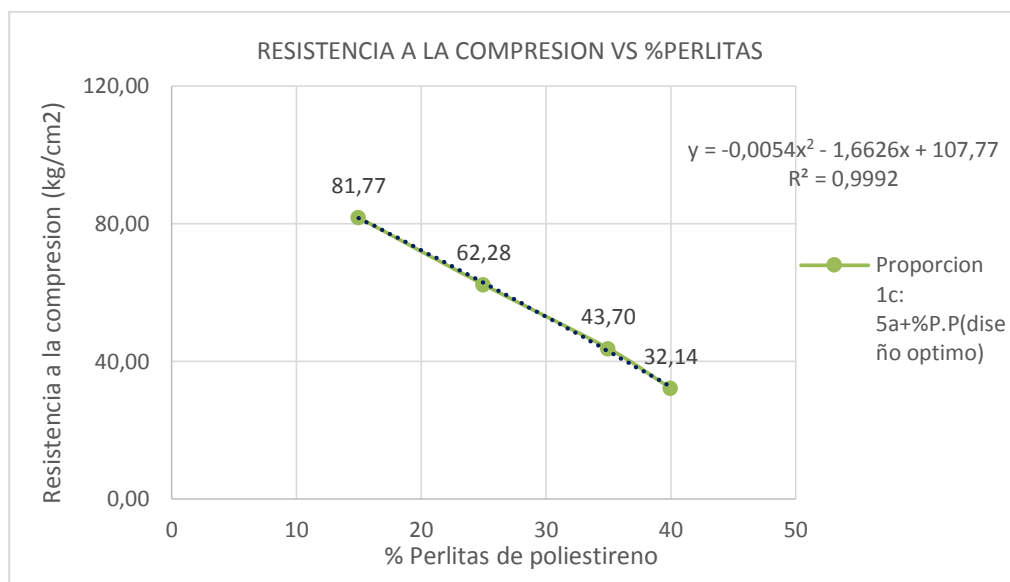
De los datos obtenidos del cuadro 4.26 se realiza un gráfico de cada proporción con sus respectivos porcentajes de perlitas de poliestireno, tal como se muestra en el siguiente cuadro 4.27 los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de edad, de las proporciones evaluadas.

Cuadro 4.27: Resultado de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5x5cm vs porcentaje de perlitas de poliestireno (28 días de edad).



Una vez obtenido los resultados de las diferentes proporciones evaluado con porcentajes diferentes de perlitas de poliestireno, de tabla 4.27 se obtiene la proporción óptimo 1cemento:5arena + 40% de perlitas de poliestireno, tal como se muestra en el cuadro 4.28 y se ajusta a una ecuación polinómica de grado 2 para así calcular la resistencia a la compresión en función a los porcentajes de perlitas de poliestireno.

Cuadro 4.28: Proporción óptimo de resistencia a la compresión de especímenes de 5x5x5cm vs porcentaje de perlitas de poliestireno (28 días de edad).



Se observa en el cuadro 4.28 los especímenes cúbicos de mortero cemento con perlitas de poliestireno con un mayor porcentaje de perlitas de poliestireno presentan

menor resistencia a la compresión, es decir que conforme se incrementa los porcentajes de perlitas hay una disminución de la resistencia a la compresión.

La ecuación para determinar el porcentaje de perlitas de poliestireno en el mortero cemento de proporción (1 cemento: 5arena +%P. P), será de la siguiente manera:

$$f'c = -0.0054x^2 - 1.6626x + 107.77$$

Donde:

$f'c$: resistencia a la compresión del mortero cemento (kg/cm^2)

x: porcentaje de perlitas de poliestireno (%)

Dicha proporción se utilizará para elaborar el bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Interpretación de resultados:

De los resultados obtenidos, de los diferentes porcentajes de perlitas de poliestireno en las proporciones evaluadas según los ensayos realizados de la resistencia a la compresión, en los especímenes cúbicos de 5.0x5.0x5.0 cm, desarrollado en laboratorio se obtiene el diseño óptimo para elaborar los bloques de cemento de proporción, 1cemento: 5arena +40% perlitas de poliestireno. La densidad de 1655.49kg/m^3 se encuentra dentro de los concretos livianos y la resistencia a la compresión de 32.14 kg/cm^2 nos permite estar dentro de lo permitido de la norma técnica peruana, que especifica la resistencia mínima a la compresión mayores a 20 kg/cm^2 que debe tener una unidad de albañilería no estructural en los bloques de concreto. Encontrado el diseño óptimo de la proporción, se elabora los bloques de cemento con perlitas de poliestireno que es nuestro objetivo de nuestro trabajo de investigación.

4.3. ENSAYOS REALIZADO EN BLOQUES DE CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIRENO CON EL DISEÑO ÓPTIMO ENCONTRADO.

4.3.1. Resistencia a la Compresión de unidad de bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Después de un largo proceso de trabajo, como diseño óptimo, la elaboración de bloques, curado y por último el ensayo a la resistencia a la compresión de los bloques

de cemento con perlititas de poliestireno para cada una de las edades a evaluar en la máquina de ensayo.

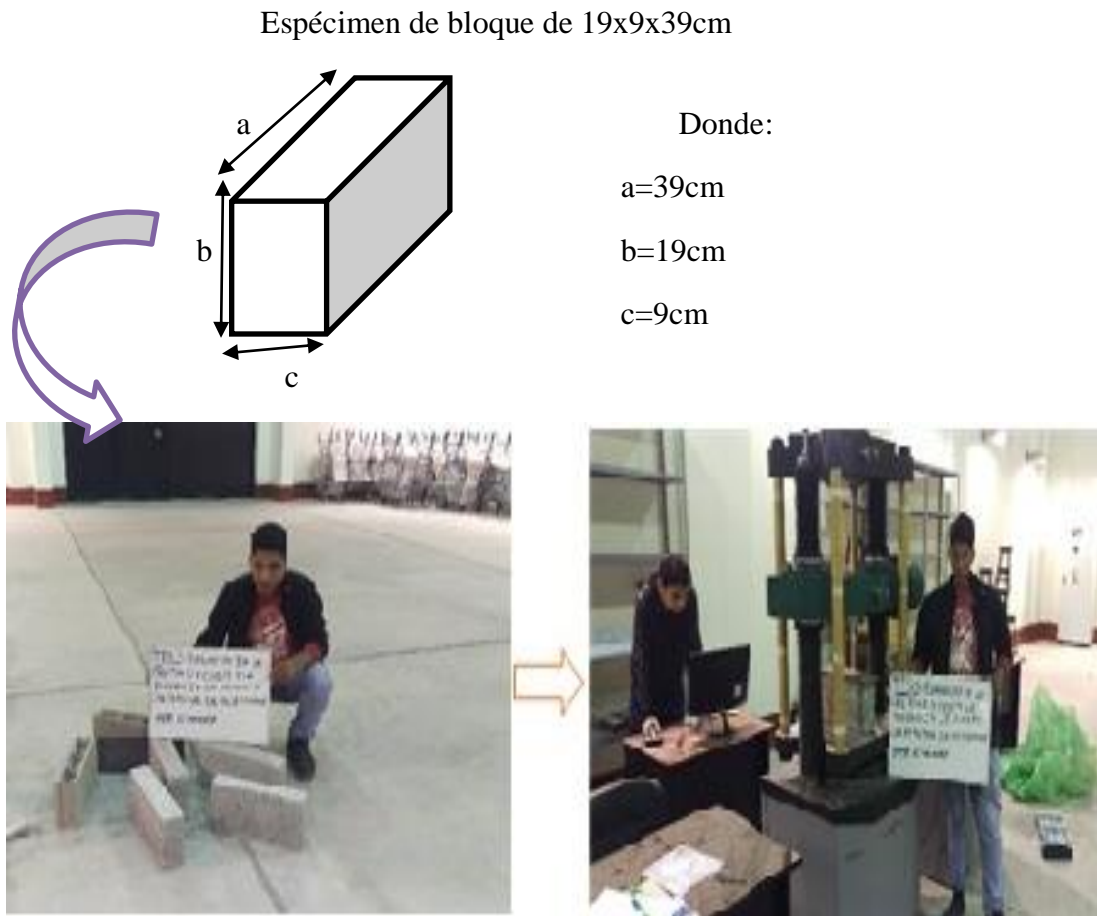


Figura 4.3: Muestras de Bloques preparados y ensayo de rotura a la compresión.

Se presenta el resumen de resultados del diseño óptimo de los ensayos realizados de la resistencia a la compresión de unidad del bloque de cemento con perlititas de poliestireno, para cada una de las edades a evaluar 7, 14, 21 y 28 días. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2) y se designa con el símbolo f'_b . Tal como se muestra en la siguiente tabla.

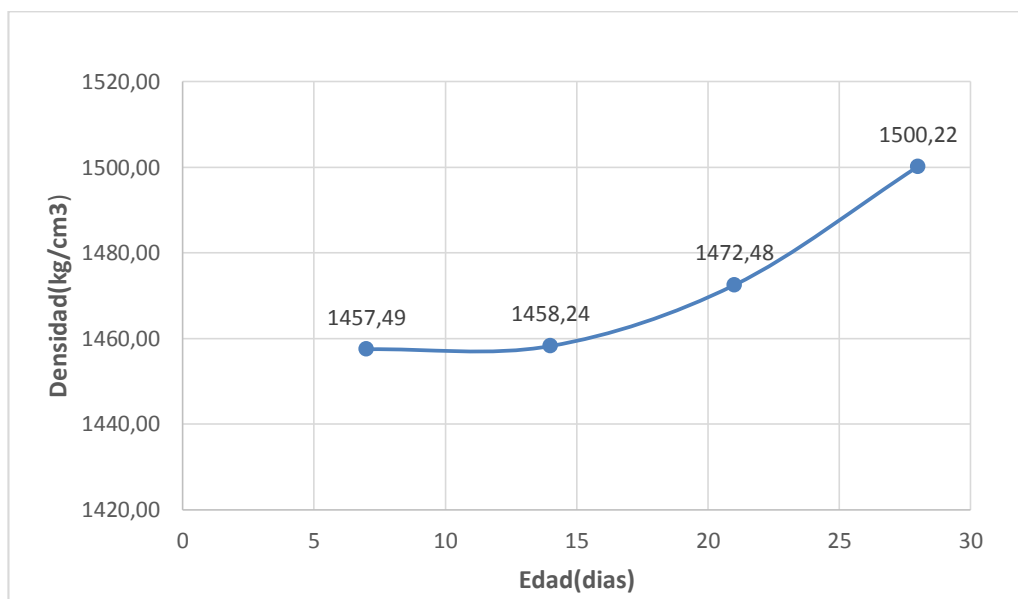
Cuadro 4.36: Resistencia a la compresión de bloques de cemento con perlititas poliestireno de edades 3,7,21 y 28 días.

Proporción		Edad (días)	Densidad (kg/cm^3)	Resistencia (kg/cm^2)
1Cemento	5A+%P. P			
1	40%	7	1457.49	17.13

1	40%	14	1458.24	20.10
1	40%	21	1472.48	23.50
1	40%	28	1500.22	30.55

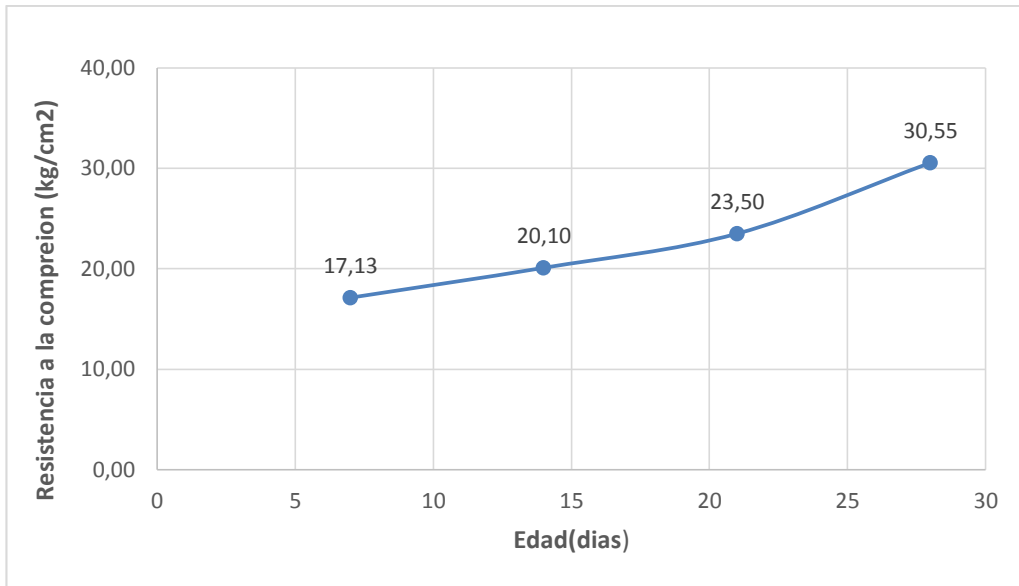
A continuación, se presentan en los siguientes cuadros 4.37, 4.38 y 4.39; las resistencias obtenida por cada uno de los bloques de cemento con perlitas de poliestireno en cada una de las edades que corresponden a cada ensayo.

Cuadro 4.37: Densidad vs Diferentes Edades del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.



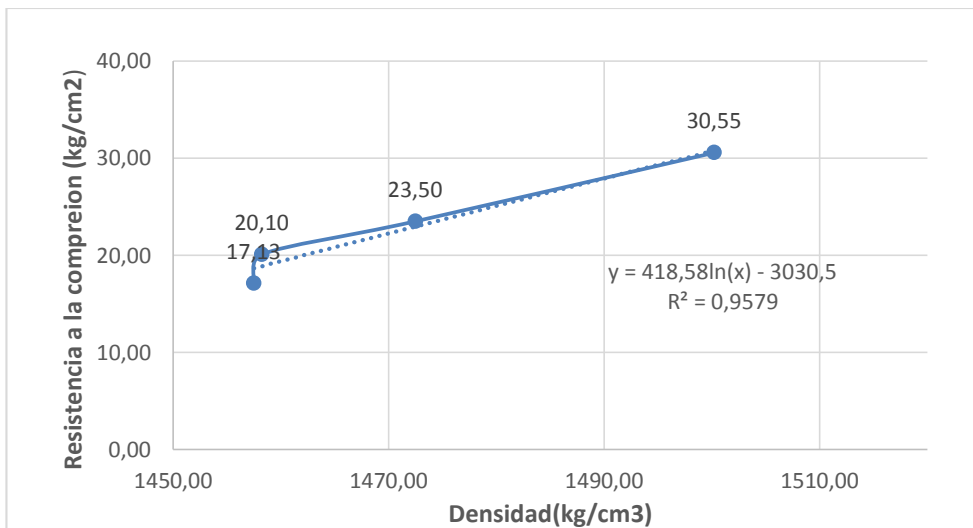
Se observa en el siguiente cuadro 4.37 los resultados de la madurez del bloque de cemento con perlitas de poliestireno a los 7,14,21 y 28 días de edad vs densidad del bloque de la proporción óptimo, a medida va pasando los días de madurez la densidad aumenta progresivamente.

Cuadro 4.38: Resistencia a la compresión vs Diferentes Edades del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.



Como se observa en el cuadro 4.38 los resultados de la resistencia a la compresión vs diferentes edades de 7,14,21 y 28 días del bloque de cemento con perlitas de poliestireno de la proporción óptimo, a medida va pasando los días de madurez la resistencia a la compresión va aumenta progresivamente.

Cuadro 4.39: Resistencia a la compresión vs Densidad del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.



Como puede observarse en el cuadro 4.39 los bloques de cemento con perlitas de poliestireno con una mayor densidad presentan una mejor resistencia a la compresión, es decir que conforme se incrementa la densidad del bloque hay un aumento directamente proporcional de la resistencia a la compresión.

Interpretación de resultados.

De los resultados obtenidos de los ensayos realizados de la resistencia a la compresión, de los bloques de cemento con perlita de poliestireno de 19x9x39cm, desarrollado en laboratorio. Se utilizó la proporción óptimo de 1cemento:5 arena+ 40% de perlitas de poliestireno en la elaboración del bloque, el resultado obtenido de la resistencia a la compresión del bloque a los 28 días de edad es de 30.55kg/cm², nos permite estar dentro de la norma técnica peruana E-070, que especifica una resistencia mínima de 20kg/cm², que debe tener una unidad de albañilería no estructural en los bloques de concreto.

4.3.2. Absorción del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

El ensayo realizado para la absorción de los bloques de cemento con perlitas de poliestireno, consistió en dejar 5 unidades de muestra de bloque por 24 horas sumergido en agua tal como lo especifica la norma técnica peruana 400.022. Se tomó en cuenta el peso seco al ambiente y peso húmedo, tal como se muestra en el cuadro 4.40 los resultados:

Cuadro 4.40: Resultado de Absorción del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Proporción		Identificador	Sumergido en agua (horas)	Peso (kg)		% Absorción
cemento (C)	Arena+ %P.P			Bloque Húmedo (A)	Bloque Seco (B)	
1	5+40%P. P	M-1	24	10.45	10.34	1.10
		M-2		10.15	9.99	1.68
		M-3		9.29	9.16	1.42
		M-4		9.99	9.86	1.32
		M-5		9.79	9.64	1.56

Los resultados obtenidos en el cuadro 4.40 de la absorción del bloque de cemento con perlitas de poliestireno nos permite la poca absorción de agua en el bloque. Las perlitas de poliestireno bajo inmersión de agua durante 28 días alcanzan una absorción entre el 1-3% en volumen.

De acuerdo a lo establecido en la NTP 399.604. Para bloques de concreto no portante se acepta un % de absorción máxima de 15%.

4.3.3. Alabeo del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Los ensayos realizados para el alabeo de los bloques, consistió en verificar la distorsión del bloque de cemento con perlitas de poliestireno. Se determina según se trate de

concavidad y/o convexidad, tal como se muestra los resultados 05 siguiente cuadro 4.41.

Cuadro 4.41: Resultado de Alabeo del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Muestras	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)
M-1	0	0
M-2	0	1
M-3	0	1
M-4	1	0
M-5	0	0

Los resultados obtenidos en el cuadro 4.41 del alabeo del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, se encuentra dentro lo permitido de la Norma Técnica E.070 de albañilería; donde el alabeo para bloques no portantes como máximo es 8mm.

4.3.4. Variabilidad dimensional del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Para los ensayos de variabilidad dimensional realizados para los bloques se tiene en el anexo 06; consistió en verificar las medidas largo, ancho y altura del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, con la precisión de 1mm; cada medida se obtiene como el promedio de tres medidas en los bordes y al medio en cada cara, tal como se muestra en el cuadro 4.40 los resultados:

Cuadro 4.42: Resultado de Variabilidad dimensional del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Espécimen	Dimensión Nominal (cm)	Dimensión Real (cm)	Variación (mm)	% de variación
Largo	39	38.90	-1.01	0.26
Altura	19	18.94	-0.56	0.30
Espesor	9	8.96	-0.38	0.42

Los resultados obtenidos del cuadro 4.42 de variabilidad dimensional del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, se encuentra dentro lo permitido que establece la Norma Técnica E.070 de albañilería para bloque no portante.

4.4. ANALISIS DE COSTOS Y COMPARACION DE RESULTADOS.

4.4.1. Análisis de costos unitarios del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Previo al análisis de costos del bloque de cemento con perlitas de poliestireno se presenta la dosificación para 1m³ de mezcla de proporción 1 cemento: 5 arena +40% perlitas de poliestireno en el cuadro 4.43. En ella observamos las cantidades de materiales que forman la mezcla del bloque.

Cuadro 4.43: Dosificación para 1m³ de mezcla de proporción 1 cemento: 5 arena +40% perlitas de poliestireno.

Materiales	Und	Cantidad
Cemento	bls	4.29
Arena	m ³	0.66
Perlitas de poliestireno	kg	6
Agua	lt	167.17

La cantidad de los materiales para los costos unitarios en el bloque sólido, se realizó para una unidad de espécimen de dimensiones 19x9x39cm que hacen un volumen de $V=0.006669 \text{ m}^3$ de mortero cemento con perlitas de poliestireno.

Cuadro 4.44: Resultado de la cantidad de materiales para el análisis de costos unitarios en una unidad bloque solido de dimensiones 19cmx9cmx39cm.

Materiales	Und	Peso Unitario
Cemento	bls	0.02861001
Arena	m ³	0.00440154
Perlitas de poliestireno	kg	0.040014
Agua	m ³	0.001114857

Una vez obtenido los resultados de la cantidad de los materiales, se realiza el análisis de costos unitarios de mano de obra, material y herramientas. El análisis consistió en la elaboración de una unidad de bloque de cemento con perlitas de poliestireno y se tomaron las siguientes consideraciones.

- ✓ Costo de cemento de acuerdo a los precios de venta en la ciudad de Huanta.
- ✓ Costo de la arena de acuerdo a los precios de venta de los proveedores de agregados en Huanta.
- ✓ Costo de perlitas de Poliestireno de acuerdo al precio de venta en la ciudad de huamanga- Ayacucho.
- ✓ Jornal del personal obrero de acuerdo al pago en las construcciones en la ciudad de Huanta.
- ✓ En caso de herramientas se estima que su desgaste es el 3% con respecto a la mano de obra. (Vásquez, 2011)

Cuadro 4.45: Análisis de costos unitarios de elaboración para una unidad de bloque solido de dimensiones 19x9x39cm. (Fuente propia).

Partida: Elaboración de bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.032	8.75	0.28	
Peón	hh	1	0.032	6.25	0.2	
Costo de mano de obra						0.48
Materiales						
Cemento	bls		0.0286	24	0.68664	
Arena	m ³		0.0044	40	0.17606	
Perlitas de poliestireno	kg		0.0400	15	0.60021	
Agua(lt=kg)	m ³		0.0011	2	0.00223	
Costo de materiales						1.47
Equipos y herramientas						
Herramientas manuales (3%)	%MO		0.03	0.48	0.0144	
Costo de equipos y herramientas						0.014
Total, s/.						1.96

Donde

Rendimiento:	250 und/día	Operario:	70 soles/día
Unidad:	Und	Peón:	50 soles/día
Cuadrilla:	1 Operario+ 1 Peón	Jornada:	8 horas

El resultado del costo de la elaboración de una unidad de bloque de cemento con perlitas de poliestireno, nos permite para hacer una comparación de precios con otros materiales de construcción utilizados en los muros de albañilería no portante.

4.4.2. Comparación de costos con ladrillos artesanal, bloque de concreto con hueco y bloque de cemento con perlitas de poliestireno sólido.

El análisis de costos de un proyecto en las obras de ingeniería civil juega un papel muy importante, por ello se evaluó los costos de elaboración de los bloques para poder presentar una validez frente a otros materiales de construcción de muros de albañilería en la ciudad de Huanta-Ayacucho.

Se realiza un análisis comparativo para un metro cuadrado la cantidad del mortero cemento de asentamiento, ladrillo artesanal, bloques de concreto que son utilizados para la construcción de muros de tabiquería no portante, y el bloque de cemento con perlitas de poliestireno, propuesta de la investigación de la tesis.

Cuadro 4.46: Cantidad de ladrillos, bloques y mortero cemento de proporción 1:5 en un metro cuadrado.

Descripción	Dimensiones de Unidad			Cantidad /m ²	Cantidad de mortero (m ³)
	Ancho (m)	Altura (m)	Longitud (m)		
ladrillo Artesanal (Leguia, 2018)	0.115	0.085	0.21	47.85	0.016782297
Bloques de concreto (Fuente Propio)	0.10	0.20	0.40	11.61	0.007084785
Bloques de cemento con perlitas de poliestireno (Fuente Propio)	0.09	0.19	0.39	12.50	0.0066375

Para la cantidad de los materiales que se realizó para los morteros de asentamiento de ladrillo/bloques, se elaboró con las proporciones de 1cemento: 5arena (Ramos, 2004), con una junta de 1cm entre bloques.

Cuadro 4.47: Dosificación para 1m³ de mortero cemento para asentado de bloques/ladrillo de proporción 1cemento:5arena.

Materiales	Und	Cantidad
Cemento	bls	7.4
Arena	m ³	1.05
Agua	lt	268

La cantidad de los materiales para los costos unitarios del mortero cemento para el asentado de ladrillo/bloques se realizó para 1m².

Cuadro 4.48: Resultado de la cantidad de materiales para el análisis de costos unitarios en 1m² de muro de ladrillo/bloques.

Materiales	Und	Ladrillo artesanal	Bloque de concreto con hueco	Bloque de cemento con perlitas de poliestireno, solido
Cemento	bls	0.124189	0.052427	0.0491175
Arena	m ³	0.017621	0.007439	0.006969375
Agua	lt	4.497656	1.898722	1.77885

Una vez obtenido los resultados de la cantidad de los materiales del ladrillo /bloque y del mortero cemento de asentamiento, se realiza el análisis de costos unitarios de la mano de obra, materiales y herramientas. El análisis se realizó por 1m² de muro de albañilería.

Cuadro 4.49: Resultado de análisis de costos unitarios en muro de ladrillo artesanal de arcilla cocida (soga) en 1m² de muro de albañilería.

Partida: Muro de ladrillo de arcilla sogá, Dimensión=8.5x11.5x21cm, Mortero:1:5, Junta=1cm.

Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						
Operario	hh	1	1	7.5	7.5	
peón	hh	0.5	0.5	5	1.25	
Costo de mano de obra						8.75
Materiales						
Ladrillo artesanal 8.5x11.5x21cm	m ²		48	0.5	24	
Cemento	bls		0.124189	24.5	3.0426304	
Arena gruesa	m ³		0.017621	40	0.7048565	
Agua	m ³		4.497656	2	8.995311	
Costo del material						36.74
Equipos y herramientas						
Herramientas manuales (3%)	%MO		0.03	8.75	0.2625	
Costo del Equipos y herramientas						0.263
Total, s/.						45.76

Donde

Rendimiento:	8	m ² /día	Operario:	60	soles/día
Unidad:		m ²	Peón:	40	soles/día
Cuadrilla:	1	Operario+ 1 Peón	Jornada:	8	horas

Luego se tiene en el cuadro 4.50 los resultados del análisis de costos unitarios para 1m² de muro con bloques de concreto.

Cuadro 4.50: Resultado de análisis de costos unitarios de bloque de concreto con hueco para 1m² de muro de albañilería.

Partida: Muro de bloque de concreto con hueco, Dimensión:10x20x40cm, Mortero:1:5, Junta=1cm

Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.666667	7.5	5	
peón	hh	0.5	0.333333	5	0.8333333	
Costo de mano de obra						5.833
Materiales						
Bloques de concreto 10x20x40cm	m ²		12	1.3	15.6	
Cemento	bls		0.052427	24.5	1.2844715	
Arena gruesa	m ³		0.007439	40	0.297561	
Agua	m ³		1.898722	2	3.7974448	
Costo del material						20.98
Equipos y herramientas						
Herramientas manuales (3%)	%MO		0.03	5.833333333	0.175	
Costo del Equipos y herramientas						0.175
Total, s/.						26.99

Donde

Rendimiento:	12	m ² /día	Operario:	60	soles/día
Unidad:		m ²	Peón:	40	soles/día
Cuadrilla:	1	Operario+ 1 Peón	Jornada:	8	horas

A continuación, mostramos en el cuadro 4.51 los resultados del análisis de costos unitarios para 1m² de muro con bloques de cemento con perlitas de poliestireno de la mano de obra, materiales, herramientas y por último el costo total.

Cuadro 4.51: Resultado de análisis de costos unitarios de bloque de cemento con perlitas de poliestireno, solido en 1m² de muro de albañilería.

Partida: Muro de bloque de cemento con perlitas de poliestireno, Dimensión=9x19x39cm, Mortero:1:5, Junta=1cm

Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.666667	7.5	5	

peón	hh	0.5	0.333333	5	0.8333333	
Costo de mano de obra						5.833
Materiales						
Bloques de cemento con perlitas de poliestireno 9x19x39cm	m ²		12.5	2	25	
Cemento	bls		0.049118	24.5	1.2033788	
Arena gruesa	m ³		0.006969	40	0.278775	
Agua	m ³		1.77885	2	3.5577	
Costo del material						30.04
Equipos y herramientas						
Herramientas manuales (3%)	%MO		0.03	5.833333333	0.175	
Costo del Equipos y herramientas						0.175
Total, s/.						36.05

Donde:

Rendimiento:	12	m ² /día	Operario:	60	soles/día
Unidad:		m ²	Peón:	40	soles/día
Cuadrilla:	1	Operario+ 1 Peón	Jornada:	8	horas

Luego una vez evaluado el análisis de costos unitarios por 1m² en los muros de albañilería de cada material, se tiene el resumen de resultados en el cuadro 4.52 de cada material evaluado para la comparación de precios.

Cuadro 4.52: Resumen de resultados del análisis de costos unitarios para 1m² de muro de albañilería.

N °	Material	Und	Precio (s/.)
1	Ladrillo Artesanal	m ²	45.76
2	Bloque de concreto con hueco	m ²	26.99
3	Bloque de cemento con perlitas de poliestireno	m ²	36.05

De acuerdo al cuadro 4.52 la escala de precios del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, se encuentra dentro del rango del mercado en comparación de las unidades evaluados y se puede observar en el cuadro 4.51 mayor rendimiento en comparación al ladrillo artesanal, debido a la disminución de actividades como la mezcla de mortero, unidad de bloque y entre otros.

4.4.3. Contratación de resultados con ladrillos artesanal, bloque de concreto hueco y bloque de cemento con perlitas de poliestireno sólido.

Una vez obtenido los diferentes resultados del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, se realiza un análisis comparativo de los ensayos en estado endurecido con el ladrillo de arcilla artesanal y bloques de concreto con hueco, que son utilizados para la construcción de muros de albañilería en las viviendas. Tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.53: Comparación de resultado del ladrillo artesanal y/o bloque.

Descripción	Ladrillo de arcilla artesanal	Bloque de concreto con hueco	Bloque de cemento con perlitas de poliestireno. Solido
Fuente	(Leguia, 2018)	Propio	Propio
Dimensiones de unidad (m)	0.085x0.115x0.215	0.10x0.20x0.40	0.09x0.19x0.39
Peso por Unidad (kg)	2.85	9.438	10.005
Cantidad de unidad para 1m ²	48	12	12.5
Peso por metro cuadrado (kg/m ²)	136.80	113.26	125.06
Resistencia a la compresión de unidad f' b, (kg/cm ²)	69	74.23	30.55
Densidad (gr/cm ³)	1.48	2.0>	1.50
Absorción (%)	23	-	1.25
Clasificación (clase)	I	P	NP
Costo s/.	45.76	26.99	36.05

En el cuadro comparativo, no se considera el peso del mortero en el análisis del peso del muro por metro cuadrado. Podemos afirmar que los bloques de cemento con perlitas de poliestireno en comparación con las unidades evaluadas, tienen ventajas y desventajas en el ámbito de la construcción del muro de albañilería.

Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones.

Luego de realizar los ensayos necesarios de la unidad de bloque de cemento con perlitas de poliestireno desarrollado en la presente tesis se concluye lo siguiente:

- El resultado obtenido de la resistencia a la compresión de unidad (f'_b), del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, fueron contrastados de acuerdo a la norma E-070, de tal manera cumplimos con dicha resistencia requerida solo para bloque no portantes, tal como se muestra los resultados:

Clase	f'_b (kg/cm ²)	Descripción
Bloque portante	50	NORMA E-070
Bloque no portante	20	NORMA E-070
Bloque con perlitas de poliestireno	30.55	Fuente propio

- La resistencia a la compresión de unidad (f'_b) del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, depende en gran parte de su densidad y la proporción evaluada. Como se muestra los resultados comparativos en las cubetas de especímenes de 5x5x5cm.

Proporción		1c: 3a+%P. P		1c: 4a+%P. P		1c: 5a+%P. P	
Cemento	%P. P	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)
1	15	170.81	2163.28	102.46	2040.19	81.77	2009.97
1	25	116.87	1944.85	78.37	1947.36	62.28	1923.36
1	35	66.69	1828.61	50.92	1809.60	43.70	1737.60
1	40	38.63	1676.16	37.66	1690.16	32.14	1655.49

- La resistencia a la compresión disminuye al aumentar los porcentajes de perlitas de poliestireno, es decir que conforme se incrementa los porcentajes de perlitas hay una disminución de la resistencia a la compresión. En el amasado se tiene dificultades por tener una densidad muy liviano, motivo cual flotan por un momento las perlas de poliestireno. En el acabado final (enrazado), presenta dificultades en dar una superficie uniforme.
- Los resultados obtenidos de la densidad del bloque con perlitas de poliestireno, permite determinar si un bloque es pesado o liviano, de acuerdo a las clasificaciones

de unidades de mampostería de concreto según su densidad. En nuestro trabajo de investigación obtenemos como resultado la densidad de 1500.22kg/cm^2 , cumpliendo con la densidad de peso ligero para tabiques (no estructural).

DENSIDAD (Kg/m^3)		
Peso Liviano	Peso Medio	Peso Normal
Menos de 1680	Entre 1680 y 2000	2000 o mas

- Las perlas de poliestireno se pueden utilizar en el mortero cemento en porcentajes menores para así lograr la resistencia requerida y la densidad deseada del bloque a fabricar, debido a que las perlas de poliestireno no absorben agua, no tienen impurezas y no reaccionan con el cemento.
- De acuerdo al análisis de costos unitarios del bloque de cemento con perlitas de poliestireno, se encuentra dentro del rango de precios en el mercado en comparación del ladrillo de arcilla artesanal y bloques de concreto hueco y se tiene mayor rendimiento en comparación al ladrillo artesanal, debido a la disminución de actividades como la mezcla de mortero, unidad de bloque y entre otros.

Recomendaciones.

- Se debe tener presente una adecuada dosificación del agua, ya que de ello depende la resistencia y el desmoldar del molde, si la mezcla es muy seca no permite el desmoldeo inmediato del bloque.
- Se recomienda agregar un aditivo a la mezcla, ya que las perlas de poliestireno no se tratan de amasarse de inmediato, por tener una densidad muy liviano por ello flotan por un momento en el mezclado.
- Control permanente a la mano de obra durante la elaboración del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.
- En el desmoldado del bloque, se debe tener mucho cuidado al retirar el molde del bloque, se debe realizar de la forma más perpendicular posible, debido a que en esta etapa son bastante plástico y se deforma con facilidad.

Futuras líneas de investigación.

- Seguir con las investigaciones que no se realizaron, como la resistencia a compresión en pilas (f'_m) y muretes (v'_m), tal como especifica la norma E-070.

- Se puede utilizar otras proporciones de los resultados obtenidos de los especímenes cúbicos de 5x5x5cm, de nuestro trabajo de investigación, para la elaboración del bloque cemento.
- Para futuras investigaciones utilizar otras dimensiones de especímenes cilíndricas, de diámetro 7.5cm y altura 15cm para la comparación de resultados con los especímenes cubicas de 5x5x5cm obtenidos en la investigación.
- Para futuras investigaciones se puede utilizar los materiales reciclados triturados del Tecnopor como agregado en el bloque de concreto.

BIBLIOGRAFÍA

Arapa, J. E. (2016). Analisis y Diseño Comparativo de Concreto Celular Usando Espuma de Poliestireno y Agente Espumante. *Tesis*, s,p.

- Arrieta, J., & Peñaherrera, E. (2000). Fabricación de Bloques de Concreto con una mesa Vibradora. *Programa Científico PC-CISMID*.
- Bustamante, D. M., & Diaz, C. A. (2014). Evaluacion de las Propiedades Mecanicas del Concreto Alivianado con Perlas de Poliestireno Expandido Reciclado. *Tesis, s,p*.
- Caballero, B., & Florez, O. (2016). Elaboracion de Bloques en Cemento Reutilizando el Plastico Polietilen-Tereftalato(PET) como Alternativa Sostenible Para la Construccion. *Tesis, s,p*.
- Flores, P. C. (2001). Estado de Arte de la Construccion con Bloques de Concreto. *Tesis, s,p*.
- Fonseca, C. (2015). Densidad de la mampostería de concreto en Costa Rica. *Tesis*.
- Gonzalez, E. (2016). Estudio de Factibilidad del Uso de Perlas de Poliestireno Expandido como Sustituto del Aliven Para la Fabricacion de Bloques de Concreto usados en la Construccion de Losas de Techo y Paredes . *Tesis, s,p*.
- Ibarcena , C. R. (2013). uso de Concreto Ligero con Agregados de Roca Volcanica en la Fabricacion de Unidades de Albañileria no Estructural. *Tesis, s,p*.
- Instituto Colombiano de Productores de Cemento. (s,f). Fabricacion de Bloques de Concreto. *Notas Tecnicas, s,p*.
- Izquierdo, M. I., & Ortega, O. E. (2017). Desarrollo y Aplicacion del Concreto Celular a Base de Aditivo Espumante Para la Elaboracion de Bloques Macizos Destinados a Tabiquerias no Portantes en Edificaciones. *Tesis, s,p*.
- Leguia, G. (2018). Evaluacion de la Resistencia al Corte y Flexion de Muros de Albañileria Confinada artesanal con Carga Dinamica Ciclica.
- Lituma, M. C., & Zhunio, B. T. (2015). Influencia de las Perlas de Poliestireno Expandido(EPS) en el Peso y en la Resistencia a Compresion del Hormigon. *tesis, s,p*.
- Lopez, G., & Perez, D. (2017). ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL MORTERO DE PEGA EN FUNCIÓN DE LAS DOSIFICACIONES POR PROPORCIÓN ESTABLECIDAS EN EL TÍTULO D DE LA NSR-10. *Tesis*.
- Mejia, M. A., Chinchilla, V. P., & Mendoza, C. M. (2012). Determinación de la Resistencia a la Compresión de mortero empleando especimenes cilindricos y cubicos, utilizando arena del occidente del pais. *Tesis*.
- Merlos, R., Ventura, E., & Ayala, N. (2008). Mejoramiento de la Tecnologia para la construccion y difusion de la vivienda popular sismo-resistente. *Informe de resultados de la investigacion del sistema constructivo bloque de concreto con refuerzo integral*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayo dee Materiales. *Manual de Ensayo dee Materiales*.
- Norma Tecnica E.070 Albañileria. (2006). *Norma Tecnica Peruana*.
- Norma Tecnica Guatemalteca. (2012). Método de Ensayo. *Norma Tecnica Guatemalteca*.
- Olavarria, A. A. (2008). Presentacion del sistema Constructivo Para Viviendas Ytong, basado en Hormigon Celular y Estudio comparativo con Viviendas de Albañileria, Hormigon y Madera. *Tesis, s,p*.

- Ossa, A. (2009). Comportamiento Mecánico del Poliestireno Expandido(EPS) Bajo Carga de Compresión. *Tesis*, s,p.
- Paulino, J. C., & Espino, R. A. (2017). Análisis Comparativo de la Utilización del Concreto Simple y el Concreto Liviano con Perlitas de Poliestireno como Aislante Térmico y Acústico Aplicado a Unidades de Albañilería en el Perú. *Tesis*, s,p.
- Polinorte S.A. (s,f). EL poliestireno Expandido y el Medio Ambiente. *EPS y Medio Ambiente*, s,p.
- Ramírez, M. L. (2012). Comparación Entre Mezcla Tradicional y Mezcla Reforzada con Poliestireno Expandido. *Tesis*, s,p.
- Ramos, J. (2004). Costos y Presupuestos en Edificaciones. *CAPECO*, s,p.
- Rivera, G. A. (s,f). *Tecnología del concreto y mortero*. Colombia.
- Rodríguez, O. (2003). Morteros Guía General. *Libro*.
- Roman, D. M. (2017). Propuesta de Tratamiento de Residuos del Área de Moldeo de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. Para su Reingreso al Proceso. *tesis*, s,p.
- Salamanca, R. (2001). La Tecnología de los Morteros. *Revista*.
- Sierra, J. A. (2014). Análisis Comparativo Entre Bloques de Concreto Tradicional y Bloques de Concreto Aliviado con Poliestireno. *Tesis*, s,p.
- Vásquez, O. (2011). Todo sobre presupuestos en Edificaciones.
- Vidal, F. G. (2010). Caracterización y Evaluación del Comportamiento de Hormigones Livianos, Usando como Materia prima Poliestireno Expandido Modificado(MEPS). *Tesis*, s,p.
- Yagual, D. G., & Villacis, D. W. (2015). Hormigón Liviano de Alto Desempeño con Arcilla Expandida. *Tesis*, s,p.
- Zamora, L. P. (2015). Diseño de un Bloque de Concreto Celular y su Aplicación como Unidad de Albañilería no Estructural. *Tesis*, s,p.

ANEXOS

En este anexo se adjuntan los siguientes reportes:

1. Diseño de mezcla de mortero cemento.

2. Diseño de mezcla de mortero cemento con perlitas de poliestireno proporción 1: 3n+% P.P, 1:4n+% P.P y 1:5n +% de Perlitas de poliestireno.
3. Reporte de elaboración de especímenes cúbicos 5 x 5 x 5cm en laboratorio para el ensayo a la compresión de diferentes proporciones de mortero cemento
4. Reporte de elaboración de cubeta de 5.0 x 5.0 x 5.0 cm en laboratorio para su ensayo a la compresión de diferentes porcentajes de perlitas de poliestireno.
5. Resultado de ensayo a la compresión de bloques de cemento con perlita de poliestireno en proporción 1cemento: 5 arena + 40 % perlitas de poliestireno en moldes de bloques de 19x9x39cm de diferentes edades
6. Resultado de variación dimensional del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

ANEXO I

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CEMENTO

DATOS DE LOS MATERIALES

Cemento

<i>Cemento Andino tipo I</i>	<i>Símbolo</i>	<i>gr/cm³</i>	<i>kg/m³</i>
Específico seco	γ_c	3.15	3150

Características físicas de la arena

<i>Descripción</i>	<i>Símbolo</i>	<i>gr/cm³</i>	<i>kg/m³</i>
P.U. Suelto seco	γ_{ss}	1.53	1528.65
P.U. Compacto seco	γ_{cs}	1.65	1649.69
Específico seco	γ	2.68	2680
Módulo de Fineza	M.f	3.15	
% Humedad	w	0.18	
% Absorción	a	1.24	
Específico agua	γ_w	1.00	1000



1) Dosificación de morteros según Capeco

<i>Proporción</i>		<i>Relación a/c</i>	<i>Cantidad de materiales por m³ de mortero</i>		
			<i>Cemento (Bolsa)</i>	<i>Arena (m³)</i>	<i>Agua (litros)</i>
1	1	0.29	23.2	0.66	286
1	2	0.43	15.2	0.86	277
1	3	0.57	11.2	0.96	272
1	4	0.72	8.9	1.00	272
1	5	0.85	7.4	1.05	268
1	6	1.00	6.3	1.07	269
1	7	1.14	5.5	1.1	267
1	8	1.29	4.9	1.11	268

2) Datos para una proporción:

Se evaluará para un 1Pie³ de bolsa de cemento

Proporción (1c: n)

<i>Descripción</i>	<i>Pie³</i>	<i>kg</i>
Cemento (c)	1	42.5
Arena (n)	5	-

Donde

c: cemento

n: Proporción de la arena

3) Calculo de la relación a/c: para diferentes proporciones (1, n)

se sabe que la relación a/c varia con respecto a la relación 1: n, de las proporciones a/c según capeco,

se buscó una función que defina la relación

entre las dos variables:

Se tiene

$$a/c = 0.1425n + 0.145$$

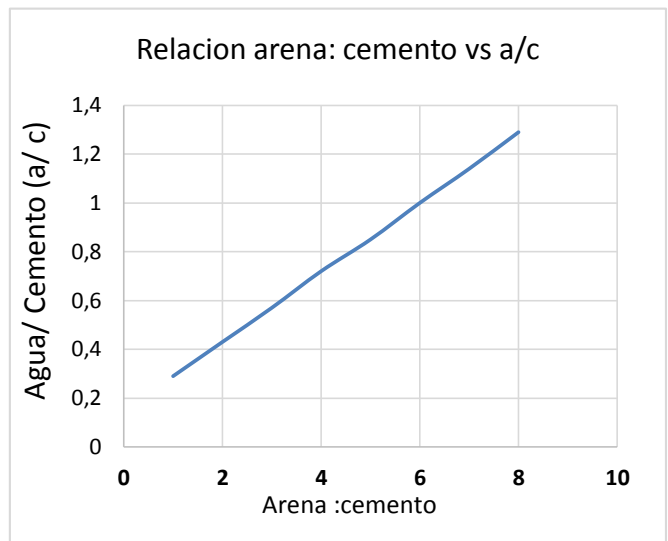
$$a/c = 0.8575$$

Donde

$$n = 5 \quad \text{Proporción de arena}$$

Se sabe:

De la relación a/c se tiene el peso del agua para una bolsa de cemento de 42.5kg



$$R^{a/c} = \frac{W_w}{W_c} \therefore W_w = R^{a/c} \cdot W_c$$

Peso agua a = 36.44375 kg

4) Calculo del peso de una proporción:

Se utiliza las proporciones según capeco

Donde n define la relación del mortero (1: n), tenemos

Descripción	Volumen (pie3)	Volumen (m3)	Peso Unitario (kg/m3)	Peso(kg)
cemento	1	0.02831682	42.5	42.5
Arena	5	0.1415841	1649.69	233.57
Agua	-	-	-	36.44
Total				276.06987

Unidad de Conversión

$$1 \text{ m}^3 = 35.3147 \text{ pie}^3$$

$$1 \text{ lt} = 1000 \text{ gr} = 1 \text{ kg}$$

5) Corrección por humedad del agregado Fino

Se calcula la cantidad de agua aportada por la arena

A. Fino = peso seco x ((%w/100) + 1) = 233.980022 kg/m³

6) Humedad Superficial

Para el Agregado Fino= (W % - % abs) = -1.064

7) Aporte de agua a la mezcla

Para Agregado Fino= (% w - % abs) x A. seco/100 = -2.486

8) Agua Efectiva

Agua Efectiva= 38.9298677

9) Pesos de los materiales corregidos y en Volumen absoluto

Una vez corregido por humedad los materiales se tiene los pesos para ser empleados en diseño del mortero.

Descripción	Peso(kg)	Peso Específico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
cimento	42.5	3150	0.013
Arena	233.98	2680	0.087
Agua	38.93	1000	0.039
Total	315.41		0.140

Calculo de Volumen absoluto en función a 1 m³

Calculemos para 1m³ de mortero considerando 1% de aire atrapado

Vol. Absoluto de mortero = 0.99 m³

Factor Cemento = Vol. Absoluto/Vol. Absoluto de colada = 7.09 bolsas

11) Cantidad de material por 1m³ de mortero en peso

Descripción	Peso(kg)
cimento	301.120944
Arena	1657.8
Agua	275.83

10) Dosificación para un metro cubico en peso y volumen del mortero

Se calcula la cantidad de material que se usara para una bolsa de cemento

Proporción en Peso del mortero

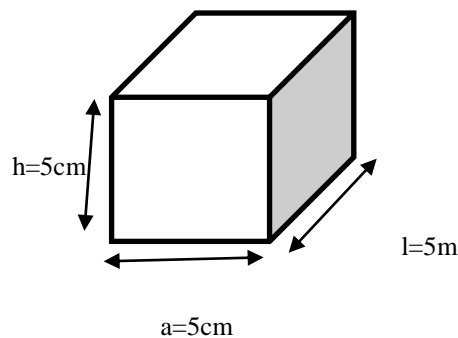
cimento (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Agua (lt/m ³)
301.12	1657.79	275.83
1	5.51	0.92

Dosificación en Volumen del mortero

cimento (bolsas)	Arena (m ³)	Agua (m ³)
7.09	1.08	0.28
1	5.41	0.04

Cantidad de volumen para una cubeta de espécimen V= 5x5x5cm en laboratorio

Se tiene el cubo tal como se muestra en la figura, de 50mm en cada arista (ancho, largo, altura), se concluye que su volumen es de 125cm³ o 0.000125m³.



Datos

L= 0.05 m
 A= 0.05 m
 H= 0.05 m

Calculo de Volumen del Solido

V= 0.000125 m³

Calculemos la cantidad de los materiales para un Volumen de 0.000125m³ de mortero.

Descripción	Proporción 1:5			
	kg	gr	20% Desp	Total (gr)
cimento	0.03764012	37.64011798	7.5280236	45.168142
Arena	0.20722437	207.2243677	41.4448735	248.66924
Agua(lt=kg)	0.03447823	34.47823093	6.89564619	41.373877

Cantidad a utilizar en laboratorio para 1 molde (3 cubeta)

Cada molde consta de 3 cubos, se necesita 1 molde para los ensayos de resistencia a la compresión, como se realizan pruebas a los 3, 7 y 28 días según la norma ASTM C 109. Se requiere 1 molde (3 cubetas) que hacen un volumen de 0.000375m³.

Proporción		Relación a/c	Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (gr)
1	5	0.92	135.50	746.01	124.12

Cantidad de material de mortero cemento en laboratorio para 1 molde (3 cubetas) de diferentes proporciones

Proporción		Cantidad de materiales para 1 molde (3 cubetas)			
Cemento	Arena	Relación a/c	Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (gr)
1	2	0.45	279.74	616.03	126.83
1	3	0.61	206.48	682.05	125.46
1	4	0.76	163.63	720.66	124.65
1	5	0.92	135.50	746.01	124.12
1	6	1.07	115.63	763.92	123.75

Nota: Se usará una proporción de (1, n)

Donde:

1 : cemento

n: Define la relación del mortero (1, n) se usará proporción variante de 2 al 6

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIRENO PROPORCION (CEMENTO: 5ARENA +%P.P)

DATOS DE LOS MATERIALES

Cemento

Cemento Andino tipo I	<i>símbolo</i>	<i>gr/cm³</i>	<i>kg/m³</i>
Específico seco (gr/cm ³)	γ_c	3.15	3150

Perlitas de Poliestireno

Perlitas de Poliestireno (P.P)	<i>símbolo</i>	<i>kg/m³</i>
Específico	γ_p	15

Características físicas de la arena

<i>Descripción</i>	<i>símbolo</i>	<i>gr/cm³</i>	<i>kg/m³</i>
P.U. Suelto seco	γ_{ss}	1.53	1528.6 5
P.U. Compacto seco	γ_{cs}	1.65	1649.6 9
Específico seco	γ	2.68	2680
Módulo de Fineza	M.F.	3.15	
% Humedad	w	0.176	
% Absorción	a	1.24	
Específico agua	γ_w	1	1000

1) Dosificación de morteros según Capeco

Proporción		Relación a/c
Cemento (c)	Arena (n)	
1	1	0.29
1	2	0.43
1	3	0.57
1	4	0.72
1	5	0.85
1	6	1.00
1	7	1.14
1	8	1.29

2) Datos para una proporción:

Se evaluará para un 1Pie3 de bolsa de cemento

Proporción Aparente:

1: n + %
P.P

Descripción		Pie ³	kg
Cemento (c)		1	42.5
Arena (n)		5	-
% Poliestireno (P.P)		40	0.4

Donde

n: Proporción de la arena

3) Calculo de la relación a/c: para diferentes proporciones (1, n)

se sabe que la relación a/c varia con respecto a la relación 1: n, de las proporciones a/c según capeco,

se buscó una función que defina la relación entre las dos variables:

Se tiene

$$a/c = 0.1425n + 0.145$$

$$a/c = 0.8575$$

Donde

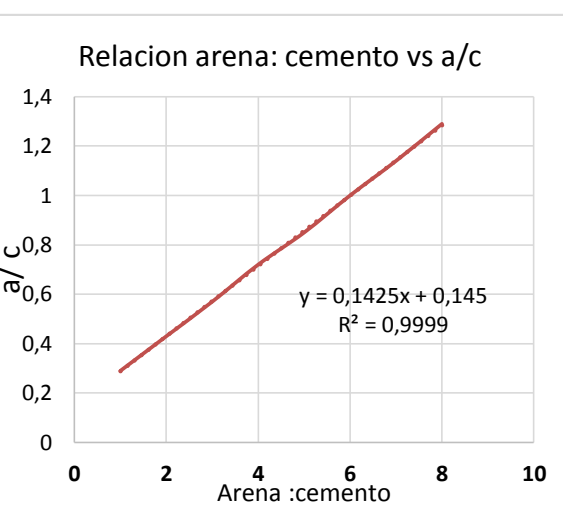
$$n = 5$$

Proporción de arena

Se sabe:

De la relación a/c se tiene el peso del agua para una bolsa de cemento de 42.5kg

$$R^{a/c} = \frac{W_w}{W_c} \therefore W_w = R^{a/c} \cdot W_c$$



Peso agua a = $\frac{36.443}{75}$ kg

4) Calculo de una proporción en peso para el diseño:

Se calcula para la dosificación deseada para 1Pie³

Descripción	Volumen n (pie ³)	Volumen (m ³)	Peso Unitario (kg/m ³)	Peso(kg)
cemento	1	0.028317	42.5	42.5
Arena	5	0.141584	1649.69	233.57
Agua	-	-	-	36.44
Total				312.51

Unidad de Conversión

$$1 \text{ m}^3 = 35.3147 \text{ Pie}^3$$

$$1 \text{ lt} = 1000 \text{ gr} = 1 \text{ kg}$$

5) Corrección por humedad el agregado Fino

Se calcula la cantidad de agua aportada por la arena

$$\text{Fino} = \text{A. seco} \times ((\%w/100) + 1) = 233.98 \text{ kg/m}^3$$

6) Humedad Superficial

$$\text{Para el Agregado Fino} = (W \% - \% \text{ abs}) = -1.06$$

7) Aporte de agua a la mezcla

$$\text{Para Agregado Fino} = (\% w - \% \text{ abs}) \times \text{A. seco}/100 = -2.49$$

8) Agua Efectiva

$$\text{Agua Efectiva} = 38.93$$

9) Pesos de los materiales corregidos y en Volumen absoluto

Una vez corregido por humedad los materiales se tiene los pesos corregidos para calcular el volumen absoluto sin considerar aire atrapado se utilizó la siguiente formula:

Descripción	Peso(kg)	Peso Específico (kg/m ³)	Volumen (m ³)
cemento	42.5	3150	0.0135
Arena	233.98	2680	0.0873
Agua	38.93	1000	0.0389
Total			0.1397

10

) Calculo de Volumen absoluto en 1 m³

Como en un 1m³ de mezcla debe haber un % de Perlitas de poliestireno

Vol. Abs. En un 1 m³ de mortero sin considerar P.P =

$$1-\% \text{ P.P} = 0.60\text{m}^3 \text{ de mortero}$$

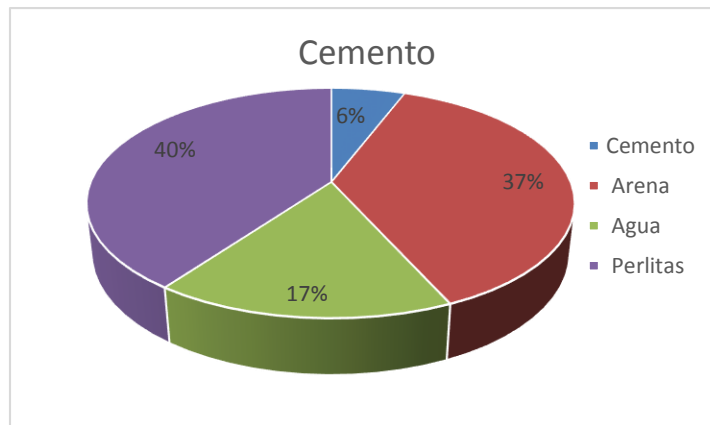
$$\text{y se tendrá } 0.40 \text{ m}^3 \text{ de perlita}$$

$$\text{Factor Cemento} = \frac{\text{Vol. Absoluto}}{\text{Vol. Absoluto de colada}} = \frac{4.29}{1} \text{ bolsas}$$

11 Cantidad de material por 1m³ de mortero en peso

Descripción	Peso(kg)	Factor cemento	Peso (kg)	Vol.(m ³)	% vol.
cemento	42.5	4.29	182.50	0.06	5.79
Arena	233.98	4.29	1004.72	0.37	37.49
Agua	38.93	4.29	167.17	0.17	16.72
Perlitas	6.00	1.00	6.00	0.40	40.00
Total			1360.39	1.0	100

Descripción	Peso(kg)	Volumen (m ³)	% volumen
cemento	182.50	0.06	5.79
Arena	1004.72	0.37	37.49
Agua	167.17	0.17	16.72
Perlitas	6.00	0.40	40.00
Total		1.00	100.00



12 Dosificación para un metro cubico en peso y volumen del mortero

Se calcula la cantidad de material que se usara para una bolsa de cemento

Proporción en Peso del mortero

cemento (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Perlitas (kg/m ³)	Agua (lt/m ³)
182.50	1004.72	6.0	167.17

1	5.51	0.033	0.92
---	------	-------	------

Proporción en Volumen del mortero en obra

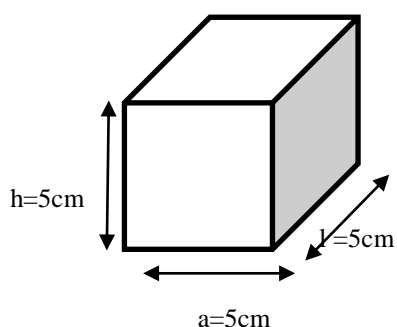
cemento (bolsa)	Arena (m ³)	Perlitas (m ³)	Agua (m ³)
4.29	0.66	0.40	0.17

1	5.41	3.290	0.039
---	------	-------	-------

lt/bolsa

Calculo de volumen para espécimen cubico V=5 x 5x 5cm en laboratorio

Se tiene el cubo tal como se muestra en la figura, de 50mm en cada arista (ancho, largo, altura),
se concluye que su volumen es de 125cm^3 o 0.000125m^3 .



Datos

L= 0.05 m
A= 0.05 m
H= 0.05 m

Calculo de Volumen del Solido

$V= 0.000125 \text{ m}^3$

Calculemos la cantidad de los materiales para un Volumen de 0.000125m^3 de mortero.

Descripción	Proporción 1:n			
	kg	gr	20% Desp	Total (gr)
cemento	0.023	22.81	4.56	27.37
Arena	0.126	125.59	25.12	150.71
Agua(lt=kg)	0.021	20.90	4.18	25.08
Perlitas	0.00075	0.75	0.15	0.90

Cantidad a utilizar en laboratorio para 1 molde (3 cubeta)

Cada molde consta de 3 cubos, se necesita 1 molde para los ensayos de resistencia a la compresión, como se realizan pruebas a los 3, 7 y 28 días según la norma ASTM C 109. Se requiere 1 molde (3 cubeta) que hacen un volumen de 0.000375m^3 .

Para el diseño de mortero con perlita de poliestireno se agregará diferentes porcentajes de perlitas de poliestireno, se evaluará por conveniente solo para tres proporciones diferentes de tal manera se determinará en laboratorio la resistencia a la compresión.

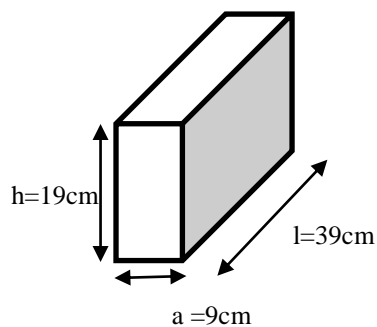
Proporción		Relación a/c	Cemento(g r)	Arena (gr)	Perlitas (gr)	Agua (gr)
1	5	0.92	82.12	452.13	2.70	75.23

Cantidad de material de mortero cemento con perlitas de poliestireno en especímenes cúbicos de $5 \times 5 \times 5\text{cm}$ en laboratorio para 1 molde (3 cubetas) de diferentes proporciones

N°	Proporción		Relació n a/c	Cantidad de materiales para 1 molde (3 cubetas)			
	1c	n+%P.P		Cemento (gr)	Arena (gr)	Perlitas (gr)	Agua (gr)
1	1	3+15%P. P	0.608	177.279	585.597	1.013	107.7 1
2	1	3+25%P. P	0.608	156.42	516.70	1.69	95.04
3	1	3+35%P. P	0.608	135.57	447.81	2.36	82.37
4	1	3+40%P. P	0.608	125.14	413.36	2.70	76.03
1	1	4+15%P. P	0.762	157.03	691.60	1.33	119.6 2
2	1	4+25%P. P	0.762	153.79	677.34	2.17	117.1 6
3	1	4+35%P. P	0.762	149.74	659.52	3.17	114.0 7
4	1	4+40%P. P	0.762	145.70	641.69	4.11	110.9 9
1	1	5+15%P. P	0.916	116.34	640.51	1.01	106.5 7
2	1	5+25%P. P	0.916	102.65	565.16	1.69	94.03
3	1	5+35%P. P	0.916	88.97	489.80	2.36	81.49
4	1	5+40%P. P	0.916	82.12	452.13	2.70	75.23

Calculo de volumen necesario para bloque de cemento con perlita de poliestireno $V = 0.19 \times 0.39 \times 0.09 \text{ m}$ en laboratorio

Se tiene el molde tal como se muestra en la figura de ancho, largo y altura. se concluye que su volumen es de 6669 cm^3 o 0.00667 m^3 .



Datos

L= 0.39 m
A= 0.09 m
H= 0.19 m

Calculo de Volumen del bloque Solido

$$V = 0.006669 \text{ m}^3$$

Calculemos la cantidad de los materiales para un Volumen de 0.006669 m^3 de bloque de cemento.

PROPORCION 1cemento: 5arena+40%P. P		
Descripción	kg	gr
cemento	1.217	1217.08
Arena	6.701	6700.51
Agua(lt=kg)	1.115	1114.84
Perlitas	0.040	40.01

ANEXO III

REPORTE DE ELABORACION DE ESPECIMENES CUBICOS 5 X 5 X 5CM EN LABORATORIO PARA EL ENSAYO A LA COMPRESION DE DIFERENTES PROPORCIONES DE MORTERO CEMENTO

Tesis:

Evaluación de la Calidad y Costo de Bloques de Cemento con Perlitas de Poliestireno como alternativa en Muros de Albañilería en Vivienda Multifamiliares de la Ciudad de Ayacucho

Elaborado:

Bach. Mauro Ñaupa Moreyra

*Molde para fabricar cubetas de
5x5x5 cm*



PROPORCION DE MORTERO CEMENTO (1 Cemento : 2 Arena)

Muestras		Edad (días)	Fecha		Peso (gr)	Dimensión (cm)			Densidad (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	04/07/2018	07/07/2018	321.69	5	5	5	2.57	188.24	192.48
2	M-2		04/07/2018	07/07/2018	317.9	5	5	5	2.54	192.48	
3	M-3		04/07/2018	07/07/2018	317.9	5	5	5	2.54	196.72	
4	M-1	7	03/07/2018	10/07/2018	313.01	5	5	5	2.50	246.16	243.14
5	M-2		03/07/2018	10/07/2018	314.91	5	5	5	2.52	242.89	
6	M-3		03/07/2018	10/07/2018	314.82	5	5	5	2.52	240.36	
7	M-1	28	07/06/2018	05/07/2018	318.3	5	5	5	2.55	344.74	350.86
8	M-2		07/06/2018	05/07/2018	319.05	5	5	5	2.55	356.12	
9	M-3		07/06/2018	05/07/2018	315.97	5	5	5	2.53	351.71	

<u>PROPORCION DE MORTERO 1 Cemento: 3 Arena</u>											
Muestras		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	Dimensión (cm)			Densidad (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	04/07/2018	07/07/2018	310.46	5	5	5	2.48	160.13	160.81
2	M-2		04/07/2018	07/07/2018	310.39	5	5	5	2.48	159.11	
3	M-3		04/07/2018	07/07/2018	310.31	5	5	5	2.48	163.19	
4	M-1	7	03/07/2018	10/07/2018	314.25	5	5	5	2.51	199.41	196.69
5	M-2		03/07/2018	10/07/2018	314.25	5	5	5	2.51	192.27	
6	M-3		03/07/2018	10/07/2018	307.58	5	5	5	2.46	198.39	
7	M-1	28	07/06/2018	05/07/2018	310	5	5	5	2.48	235.31	243.48
8	M-2		07/06/2018	05/07/2018	312.55	5	5	5	2.50	240.69	

9	M-3		07/06/2018	05/07/2018	320.69	5	5	5	2.57	254.44	
---	-----	--	------------	------------	--------	---	---	---	------	--------	--

<u>PROPORCION DE MORTERO 1 Cemento: 4 Arena</u>											
Muestras		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr) Inicial	Dimensión (cm)			Densidad (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Longitud	Ancho	Altura			
1	M-1	3	04/07/2018	07/07/2018	306.12	5	5	5	2.45	100.95	98.95
2	M-2		04/07/2018	07/07/2018	304.47	5	5	5	2.44	97.81	
3	M-3		04/07/2018	07/07/2018	301.93	5	5	5	2.42	98.10	
4	M-1	7	03/07/2018	10/07/2018	301.79	5	5	5	2.41	124.89	125.55
5	M-2		03/07/2018	10/07/2018	298.12	5	5	5	2.38	126.48	
6	M-3		03/07/2018	10/07/2018	300.81	5	5	5	2.41	125.26	
7	M-1	28	07/06/2018	05/07/2018	306.41	5	5	5	2.45	153.89	154.75
8	M-2		07/06/2018	05/07/2018	304.47	5	5	5	2.44	155.32	
9	M-3		07/06/2018	05/07/2018	308.38	5	5	5	2.47	155.04	

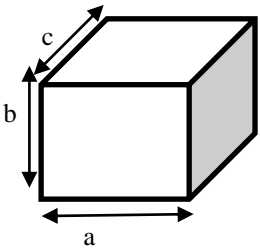
<u>PROPORCION DE MORTERO 1 Cemento: 5 Arena</u>											
Muestras		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr) Inicial	Dimensión (cm)			Densidad (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Longitud	Ancho	Altura			

1	M-1	3	04/07/2018	07/07/2018	300.56	5	5	5	2.40	46.34	50.55
2	M-2		04/07/2018	07/07/2018	301.83	5	5	5	2.41	53.19	
3	M-3		04/07/2018	07/07/2018	305.3	5	5	5	2.44	52.13	
4	M-1	7	03/07/2018	10/07/2018	290.98	5	5	5	2.33	77.33	78.97
5	M-2		03/07/2018	10/07/2018	289.44	5	5	5	2.32	80.80	
6	M-3		03/07/2018	10/07/2018	287.61	5	5	5	2.30	78.76	
7	M-1	28	07/06/2018	05/07/2018	291.06	5	5	5	2.33	98.10	98.84
8	M-2		07/06/2018	05/07/2018	297.56	5	5	5	2.38	96.59	
9	M-3		07/06/2018	05/07/2018	294.78	5	5	5	2.36	101.85	

PROPORCION DE MORTERO 1 Cemento: 6 Arena											
Muestras		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	Dimensión (cm)			Densidad (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	04/07/2018	07/07/2018	298.93	5	5	5	2.39	27.53	29.90
2	M-2		04/07/2018	07/07/2018	294.55	5	5	5	2.36	32.55	
3	M-3		04/07/2018	07/07/2018	302.41	5	5	5	2.42	29.61	
4	M-1	7	03/07/2018	10/07/2018	279.15	5	5	5	2.23	38.18	40.69
5	M-2		03/07/2018	10/07/2018	281.18	5	5	5	2.25	40.83	
6	M-3		03/07/2018	10/07/2018	284.96	5	5	5	2.28	43.07	
7	M-1	28	07/06/2018	05/07/2018	287.28	5	5	5	2.30	56.65	59.31
8	M-2		07/06/2018	05/07/2018	288.08	5	5	5	2.30	62.65	
9	M-3		07/06/2018	05/07/2018	292.39	5	5	5	2.34	58.61	

Resultado de ensayo a la compresión de mortero cemento en proporción 1 cemento: n arena en cubetas de 5 x 5 x 5cm

Modelo de cubetas de 5x5x5 cm

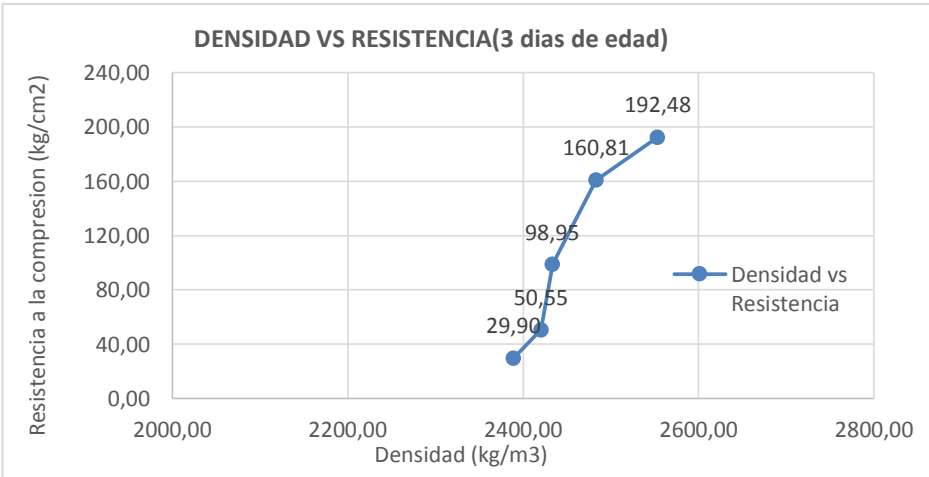


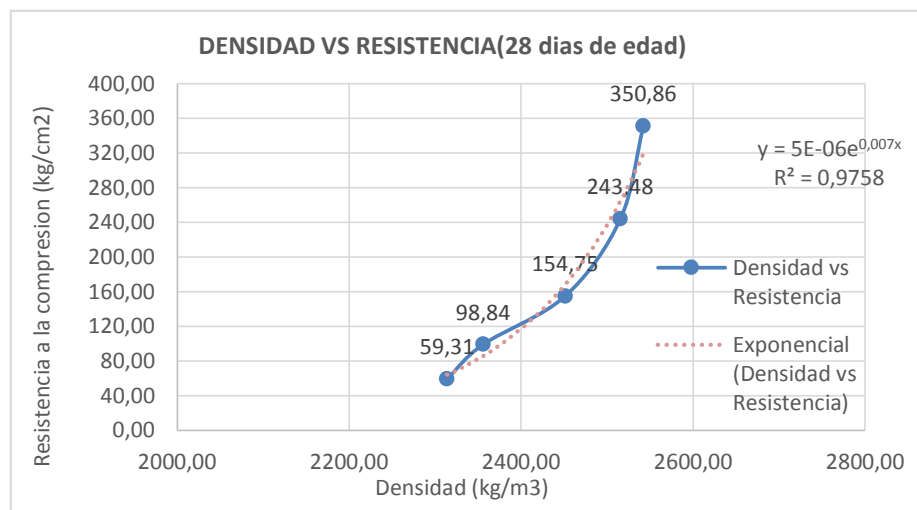
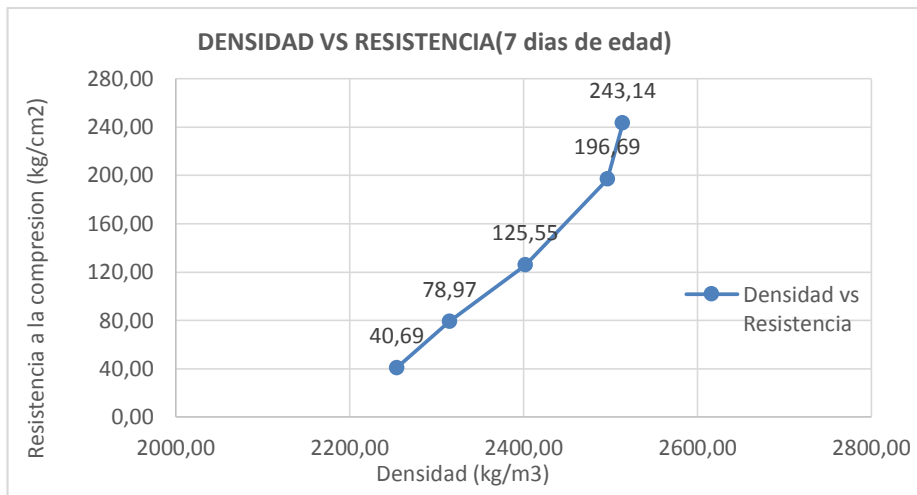
Donde
a=5cm
b=5cm
c=5cm



Ensayo de resistencia a la compresión

Resumen de resultados de especímenes 5x5x5cm de mortero cemento de diferentes proporciones							
Proporción		Densidad (gr/cm3)			Resistencia a la compresión (kg/cm2)		
		Edad (días)			Edad -días		
Cemento (c)	Arena(n)	3	7	28	3	7	28
1	2	2553.31	2513.97	2542.19	192.48	243.14	350.86
1	3	2483.09	2496.21	2515.31	160.81	196.69	243.48
1	4	2433.39	2401.92	2451.36	98.95	125.55	154.75
1	5	2420.51	2314.75	2355.73	50.55	78.97	98.84
1	6	2389.04	2254.11	2314.00	29.90	40.69	59.31





Resultado de ensayo a la compresión de mortero cemento en proporción
1 cemento: n arena en cubetas de 5 x 5 x 5cm

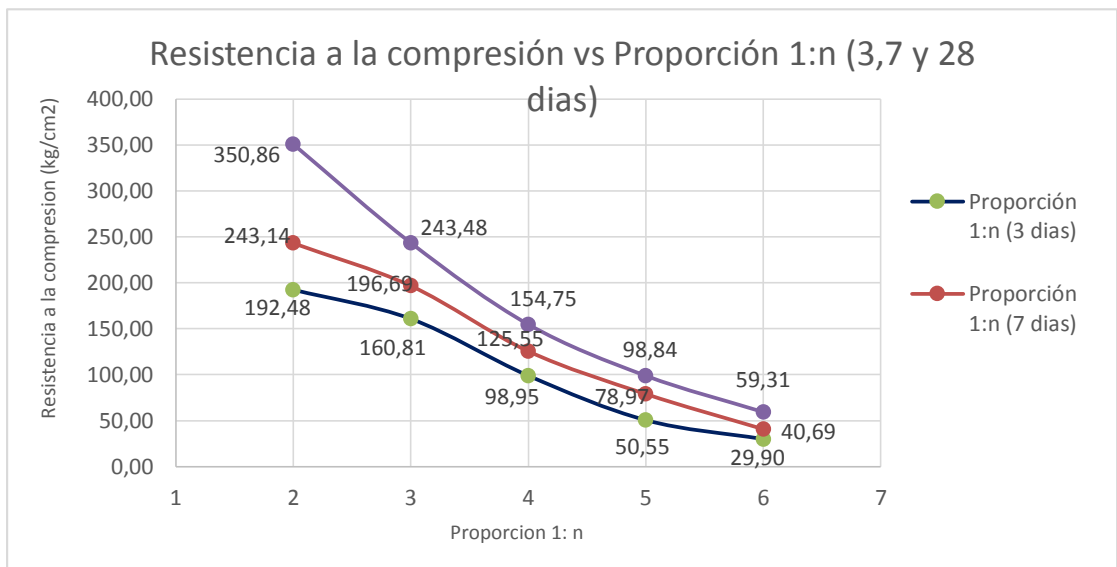
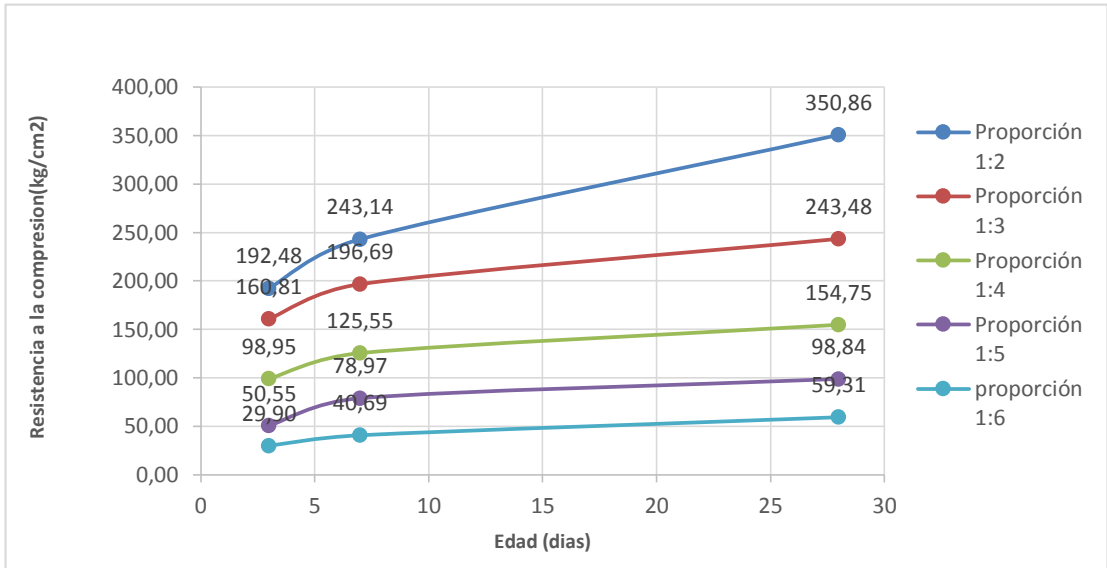


Muestras de cubetas antes de la rotura

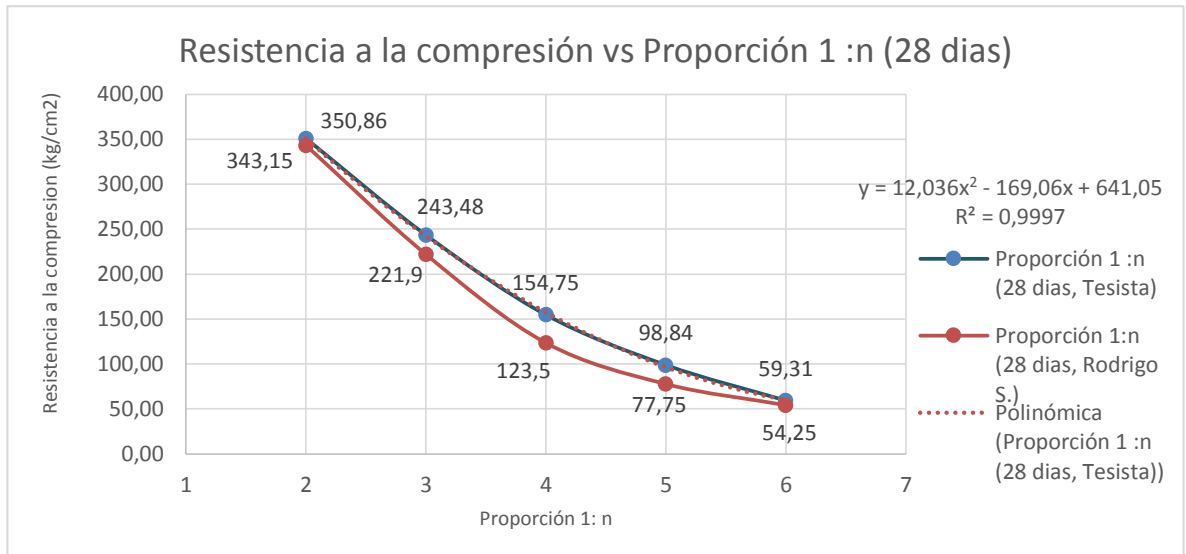


Ensayo de resistencia a la compresión

Resumen de resultados de especímenes 5x5x5cm de mortero cemento de diferentes proporciones				
Proporción		Resistencia a la compresión de diferentes Edades-días(kg/cm ²)		
Cemento (c)	Arena(a)	3	7	28
1	2	192.48	243.14	350.86
1	3	160.81	196.69	243.48
1	4	98.95	125.55	154.75
1	5	50.55	78.97	98.84
1	6	29.90	40.69	59.31

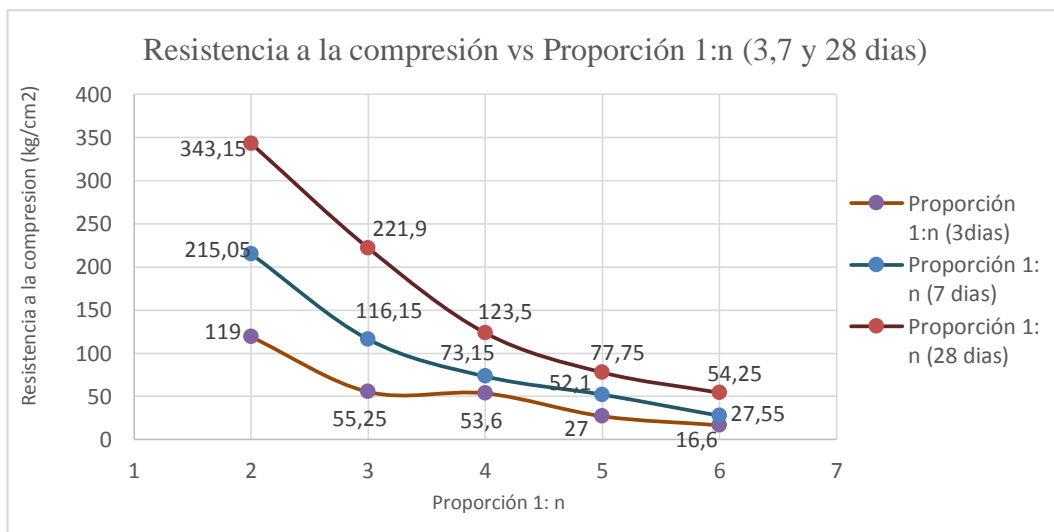


Comparación de resultados del tesista y Dr., Rodrigo Salamanca



Resultados de otras investigaciones (Rodrigo Salamanca)

Proporción		Para cilindros de 7.5x15cm(kg/cm2)		
		Edad (días)		
Cemento(c)	Arena (n)	3	7	28
1	2	119	215.05	343.15
1	3	55.25	116.15	221.9
1	4	53.6	73.15	123.5
1	5	27	52.1	77.75
1	6	16.6	27.55	54.25
1	10	4.65	9.45	20.65
1	15	2.7	5.2	7.75



ANEXO IV

REPORTE DE ELABORACION DE CUBETA DE 5.0 X 5.0 X 5.0 CM EN LABORATORIO PARA SU ENSAYO A LA COMPRESION DE DIFERENTES PORCENTAJES DE PERLITAS DE POLIESTIRENO

Tesis: Evaluación de la Calidad y Costo de Bloques de Cemento con Perlitas de Poliestireno como alternativa en Muros de Albañilería en Vivienda Multifamiliares de la Ciudad de Ayacucho

Molde para fabricar cubetas de 5.0x5.0x5.0 cm



PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIREBO (1 Cemento: 3 Arena +15% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	27/06/2018	01/07/2018	275.12	5	5	5	2.20	86.23	
2	M-2		27/06/2018	01/07/2018	275.42	5	5	5	2.20	87.86	85.95
3	M-3		27/06/2018	01/07/2018	274.51	5	5	5	2.20	83.78	
4	M-1	7	27/06/2018	05/07/2018	270.51	5	5	5	2.16	124.53	

5	M-2	28	27/06/2018	05/07/2018	271.78	5	5	5	2.17	125.83	126.13
6	M-3		27/06/2018	05/07/2018	272.15	5	5	5	2.18	128.03	
7	M-1		12/06/2018	10/07/2018	271.13	5	5	5	2.17	174.82	
8	M-2		12/06/2018	10/07/2018	270.54	5	5	5	2.16	161.72	170.81
9	M-3		12/06/2018	10/07/2018	269.56	5	5	5	2.16	175.88	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIREBO (1 Cemento: 3 Arena +25%P.P)

MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	28/06/2018	01/07/2018	255.25	5	5	5	2.04	67.10	
2	M-2		28/06/2018	01/07/2018	254.87	5	5	5	2.04	65.10	66.57
3	M-3		28/06/2018	01/07/2018	255.58	5	5	5	2.04	67.50	
4	M-1	7	28/06/2018	05/07/2018	245.63	5	5	5	1.97	89.08	
5	M-2		28/06/2018	05/07/2018	246.64	5	5	5	1.97	90.63	92.21
6	M-3		28/06/2018	05/07/2018	247.49	5	5	5	1.98	96.91	
7	M-1	28	12/06/2018	10/07/2018	243.57	5	5	5	1.95	116.08	
8	M-2		12/06/2018	10/07/2018	245.56	5	5	5	1.96	120.85	116.87
9	M-3		12/06/2018	10/07/2018	240.19	5	5	5	1.92	113.68	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIREBO (1 Cemento: 3 Arena +35%P.P)

MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	28/06/2018	01/07/2018	245.54	5	5	5	1.96	34.47	
2	M-2		28/06/2018	01/07/2018	245.27	5	5	5	1.96	33.32	33.32
3	M-3		28/06/2018	01/07/2018	244.65	5	5	5	1.96	32.18	

4	M-1	7	28/06/2018	05/07/2018	234.58	5	5	5	1.88	48.86	
5	M-2		28/06/2018	05/07/2018	235.18	5	5	5	1.88	50.41	50.14
6	M-3		28/06/2018	05/07/2018	235.45	5	5	5	1.88	51.15	
7	M-1	28	12/06/2018	10/07/2018	229.78	5	5	5	1.84	70.36	
8	M-2		12/06/2018	10/07/2018	228.47	5	5	5	1.83	66.69	66.69
9	M-3		12/06/2018	10/07/2018	227.48	5	5	5	1.82	63.02	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITAS DE POLIESTIREBO (1 Cemento : 3 Arena +40% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	28/06/2018	01/07/2018	221.15	5	5	5	1.77	15.30	
2	M-2		28/06/2018	01/07/2018	221.65	5	5	5	1.77	17.05	15.20
3	M-3		28/06/2018	01/07/2018	220.78	5	5	5	1.77	13.26	
4	M-1	7	28/06/2018	05/07/2018	215.82	5	5	5	1.73	20.64	
5	M-2		28/06/2018	05/07/2018	217.15	5	5	5	1.74	24.72	24.66
6	M-3		28/06/2018	05/07/2018	218.29	5	5	5	1.75	28.63	
7	M-1	28	12/06/2018	10/07/2018	208.33	5	5	5	1.67	37.16	
8	M-2		12/06/2018	10/07/2018	209.94	5	5	5	1.68	37.32	38.63
9	M-3		12/06/2018	10/07/2018	210.29	5	5	5	1.68	41.40	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITA DE POLIESTIRENO (1 Cemento: 4 Arena +15% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	07/07/2018	10/07/2018	273.29	5	5	5	2.19	57.84	
2	M-2		07/07/2018	10/07/2018	274.47	5	5	5	2.20	63.34	60.43

3	M-3		07/07/2018	10/07/2018	273.83	5	5	5	2.19	60.12	
4	M-1	7	18/07/2018	25/07/2018	261.92	5	5	5	2.10	72.44	
5	M-2		18/07/2018	25/07/2018	262.54	5	5	5	2.10	76.40	72.19
6	M-3		18/07/2018	25/07/2018	261.13	5	5	5	2.09	67.75	
7	M-1	28	12/06/2018	10/07/2018	254.86	5	5	5	2.04	104.38	
8	M-2		12/06/2018	10/07/2018	254.28	5	5	5	2.03	101.89	102.46
9	M-3		12/06/2018	10/07/2018	255.93	5	5	5	2.05	101.11	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITA DE POLIESTIRENO (1 Cemento: 4 Arena +25% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	07/07/2018	10/07/2018	263.85	5	5	5	2.11	43.28	
2	M-2		07/07/2018	10/07/2018	262.25	5	5	5	2.10	40.34	40.35
3	M-3		07/07/2018	10/07/2018	261.72	5	5	5	2.09	37.44	
4	M-1	7	18/07/2018	25/07/2018	252.72	5	5	5	2.02	56.45	
5	M-2		18/07/2018	25/07/2018	252.09	5	5	5	2.02	51.52	56.23
6	M-3		18/07/2018	25/07/2018	258.26	5	5	5	2.07	60.73	
7	M-1	28	11/06/2018	09/07/2018	245.53	5	5	5	1.96	77.37	
8	M-2		11/06/2018	09/07/2018	241.22	5	5	5	1.93	78.27	78.37
9	M-3		11/06/2018	09/07/2018	243.51	5	5	5	1.95	79.46	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITA DE POLIESTIRENO (1 Cemento: 4 Arena +35% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	07/07/2018	10/07/2018	232.42	5	5	5	1.86	25.04	

2	M-2	7	07/07/2018	10/07/2018	236.64	5	5	5	1.89	25.53	24.95
3	M-3		07/07/2018	10/07/2018	233.18	5	5	5	1.87	24.27	
4	M-1		18/07/2018	25/07/2018	232.45	5	5	5	1.86	35.00	
5	M-2	28	18/07/2018	25/07/2018	231.47	5	5	5	1.85	33.65	35.28
6	M-3		18/07/2018	25/07/2018	230.78	5	5	5	1.85	37.20	
7	M-1		07/07/2018	05/08/2018	226.57	5	5	5	1.81	51.19	
8	M-2	28	07/07/2018	05/08/2018	224.58	5	5	5	1.80	48.74	50.92
9	M-3		07/07/2018	05/08/2018	227.45	5	5	5	1.82	52.82	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITA DE POLIESTIRENO (1 Cemento: 4 Arena +40% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	07/07/2018	10/07/2018	221.37	5	5	5	1.77	20.43	
2	M-2		07/07/2018	10/07/2018	220.78	5	5	5	1.77	19.86	19.43
3	M-3		07/07/2018	10/07/2018	219.72	5	5	5	1.76	17.99	
4	M-1	7	18/07/2018	25/07/2018	217.56	5	5	5	1.74	28.92	
5	M-2		18/07/2018	25/07/2018	218.85	5	5	5	1.75	23.70	28.47
6	M-3		18/07/2018	25/07/2018	218.62	5	5	5	1.75	32.79	
7	M-1	28	11/06/2018	09/07/2018	210.09	5	5	5	1.68	33.36	
8	M-2		11/06/2018	09/07/2018	211.16	5	5	5	1.69	38.63	37.66
9	M-3		11/06/2018	09/07/2018	212.56	5	5	5	1.70	40.99	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITA DE POLIESTIRENO (1 Cemento: 5 Arena + 15% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			

1	M-1	3	18/07/2018	21/07/2018	272.13	5	5	5	2.18	43.19	
2	M-2		18/07/2018	21/07/2018	271.44	5	5	5	2.17	38.30	41.63
3	M-3		18/07/2018	21/07/2018	270.59	5	5	5	2.16	43.40	
4	M-1	7	27/06/2018	05/07/2018	261.44	5	5	5	2.09	57.31	
5	M-2		27/06/2018	05/07/2018	259.91	5	5	5	2.08	62.12	59.14
6	M-3		27/06/2018	05/07/2018	260.55	5	5	5	2.08	58.00	
7	M-1	28	27/06/2018	25/07/2018	251.84	5	5	5	2.01	78.92	
8	M-2		27/06/2018	25/07/2018	250.09	5	5	5	2.00	84.15	81.77
9	M-3		27/06/2018	25/07/2018	251.81	5	5	5	2.01	82.23	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITA DE POLIESTIRENO (1 Cemento: 5 Arena + 25% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	17/07/2018	20/07/2018	260.85	5	5	5	2.09	34.22	
2	M-2		17/07/2018	20/07/2018	259.25	5	5	5	2.07	29.08	31.83
3	M-3		17/07/2018	20/07/2018	258.72	5	5	5	2.07	32.18	
4	M-1	7	17/07/2018	23/07/2018	249.72	5	5	5	2.00	41.36	
5	M-2		17/07/2018	23/07/2018	250.09	5	5	5	2.00	44.58	43.41
6	M-3		17/07/2018	23/07/2018	251.26	5	5	5	2.01	44.30	
7	M-1	28	09/07/2018	07/08/2018	241.53	5	5	5	1.93	63.02	
8	M-2		09/07/2018	07/08/2018	239.22	5	5	5	1.91	64.36	62.28
9	M-3		09/07/2018	07/08/2018	240.51	5	5	5	1.92	59.47	

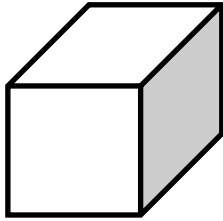
PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITA DE POLIESTIRENO (1 Cemento: 5 Arena + 35% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	17/07/2018	20/07/2018	231.42	5	5	5	1.85	26.88	
2	M-2		17/07/2018	20/07/2018	230.64	5	5	5	1.85	27.70	25.76
3	M-3		17/07/2018	20/07/2018	232.18	5	5	5	1.86	22.72	
4	M-1	7	17/07/2018	23/07/2018	225.45	5	5	5	1.80	34.38	
5	M-2		17/07/2018	23/07/2018	224.47	5	5	5	1.80	35.57	35.20
6	M-3		17/07/2018	23/07/2018	225.78	5	5	5	1.81	35.65	
7	M-1	28	09/07/2018	07/08/2018	216.57	5	5	5	1.73	42.99	
8	M-2		09/07/2018	07/08/2018	217.58	5	5	5	1.74	45.48	43.70
9	M-3		09/07/2018	07/08/2018	217.45	5	5	5	1.74	42.62	

PROPORCION DE MORTERO CEMENTO CON PERLITA DE POLIESTIRENO (1 Cemento: 5 Arena + 40% P.P)											
MUESTRAS		EDAD (días)	FECHA		PESO (gr)	DIMENSION (cm)			DENSIDAD (kg/cm3)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)
Cantidad	Identificador		Elaboración	Rotura		Inicial	Longitud	Ancho			
1	M-1	3	17/07/2018	20/07/2018	217.37	5	5	5	1.74	18.68	
2	M-2		17/07/2018	20/07/2018	216.78	5	5	5	1.73	17.62	17.51
3	M-3		17/07/2018	20/07/2018	215.72	5	5	5	1.73	16.23	
4	M-1	7	17/07/2018	23/07/2018	213.56	5	5	5	1.71	27.65	
5	M-2		17/07/2018	23/07/2018	214.85	5	5	5	1.72	26.84	26.97
6	M-3		17/07/2018	23/07/2018	212.62	5	5	5	1.70	26.43	
7	M-1	28	09/07/2018	07/08/2018	206.09	5	5	5	1.65	32.71	

8	M-2		09/07/2018	07/08/2018	207.16	5	5	5	1.66	33.24	32.14
9	M-3		09/07/2018	07/08/2018	207.56	5	5	5	1.66	30.47	

Resultado de ensayo a la compresión de mortero cemento con perlita de poliestireno en proporción 1cemento: 3 arena + % perlitas de poliestireno en cubetas de 5x5x5cm de diferentes edades

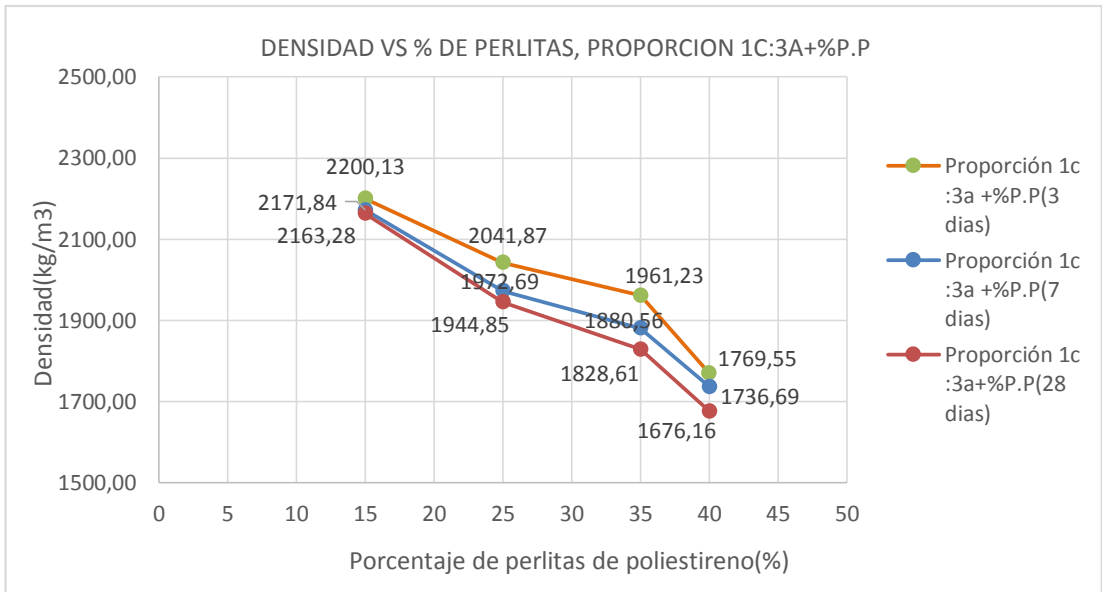
Modelo de cubeta



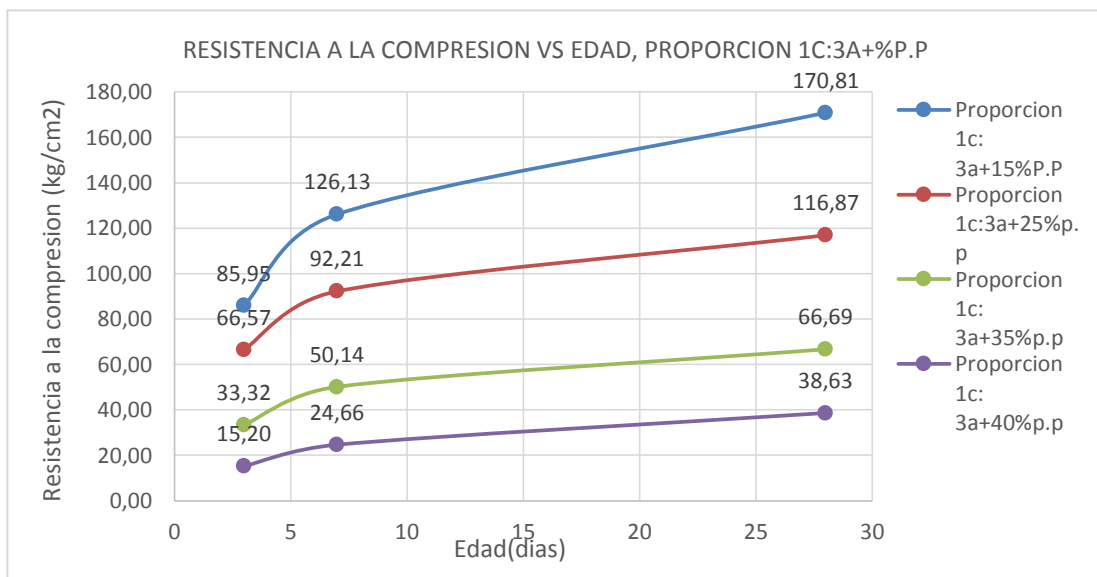
Muestras de cubetas antes de la rotura

Resumen de resultados en espécimen 5x5x5cm de mortero cemento con % de perlitas de poliestireno

Proporción		Densidad (kg/m ³)		
Cemento (c)	3 arena +%P.P	Edad (días)		
		3	7	28
1	15	2200.13	2171.84	2163.28
1	25	2041.87	1972.69	1944.85
1	35	1961.23	1880.56	1828.61
1	40	1769.55	1736.69	1676.16

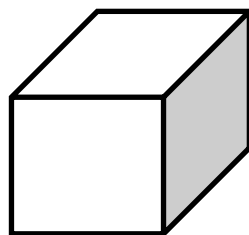


Resumen de resultados en espécimen 5x5x5cm de mortero cemento con % de perlitas de poliestireno				
Proporción		Resistencia a la compresión en especímenes de 5x5x5cm(kg/cm ²)		
Cemento (c)	3 arena +%P.P	Edad(días)		
		3	7	28
1	15	85.95	126.13	170.81
1	25	66.57	92.21	116.87
1	35	33.32	50.14	66.69
1	40	15.20	24.66	38.63



Resultado de ensayo a la compresión de mortero cemento con perlita de poliestireno en proporción 1cemento: 4arena + % perlitas de poliestireno en cubetas de 5x5x5cm de diferentes edades

Modelo de cubetas de 5.0x5.0x5.0 cm



Donde

a= 5cm

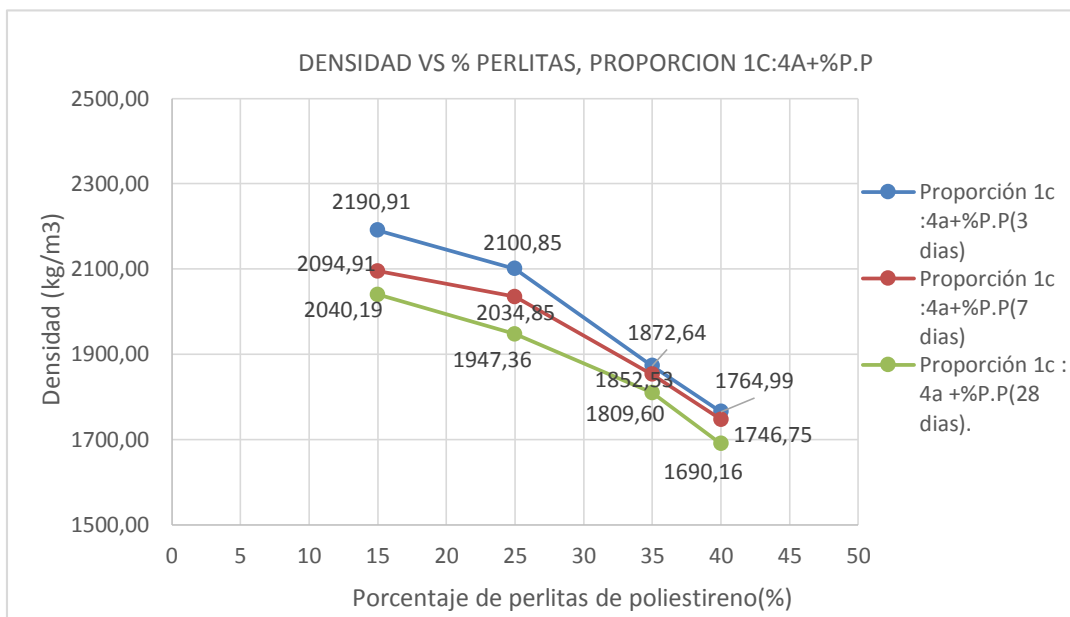
b=5cm

c=5cm

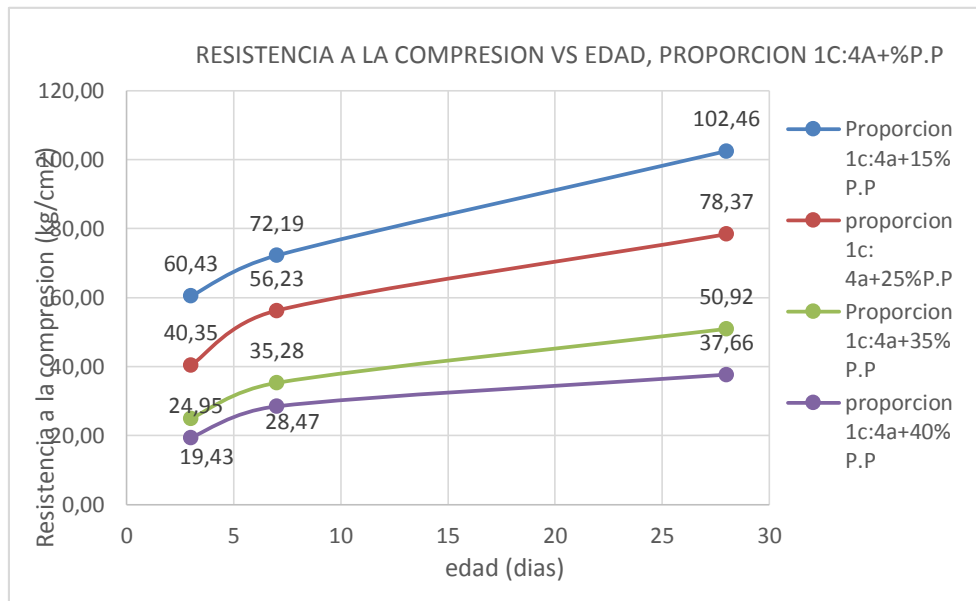


Ensayo de resistencia a la compresión

Resumen de resultados en espécimen 5x5x5cm de mortero cemento con % de perlitas de poliestireno				
Proporción		Densidad (kg/m3)		
Cemento (c)	4 arena +%P. P	Edad(dias)		
		3	7	28
1	15	2190.91	2094.91	2040.19
1	25	2100.85	2034.85	1947.36
1	35	1872.64	1852.53	1809.60
1	40	1764.99	1746.75	1690.16

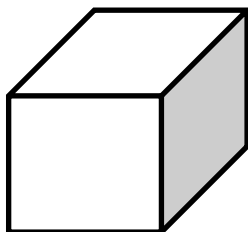


Resumen de resultados en espécimen 5x5x5cm de mortero cemento con % de perlitas de poliestireno				
Proporción		Resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 5x5x5cm(kg/cm2)		
Cemento (c)	4 arena +%P. P	Edad (días)		
		3	7	28
1	15	60.43	72.19	102.46
1	25	40.35	56.23	78.37
1	35.0	24.95	35.28	50.92
1	40	19.43	28.47	37.66



Resultado de ensayo a la compresión de mortero cemento con perlita de poliestireno en proporción 1cemento: 5 arena +% perlitas de poliestireno en cubetas de 5x5x5cm en diferentes edades

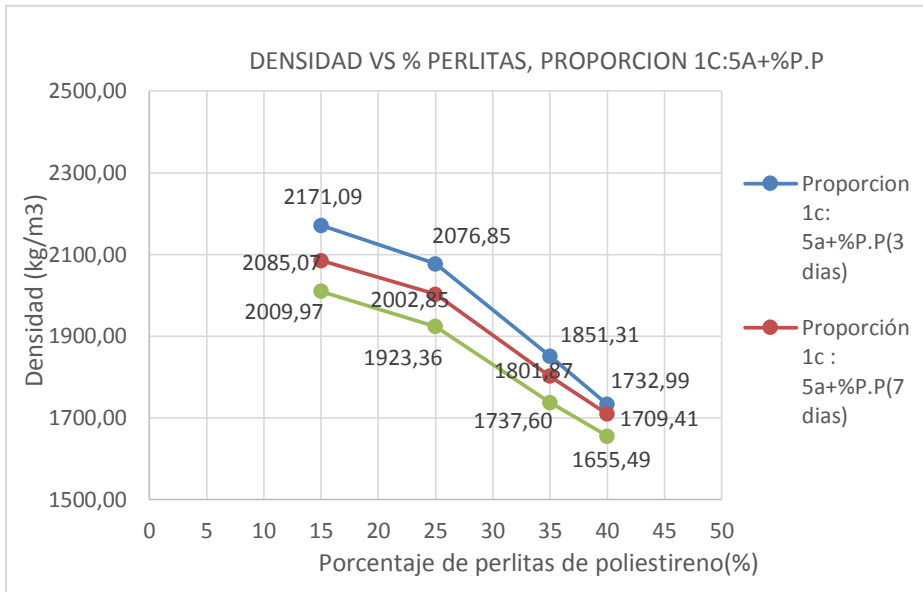
Modelo de cubetas de 5.0x5.0x5.0 cm



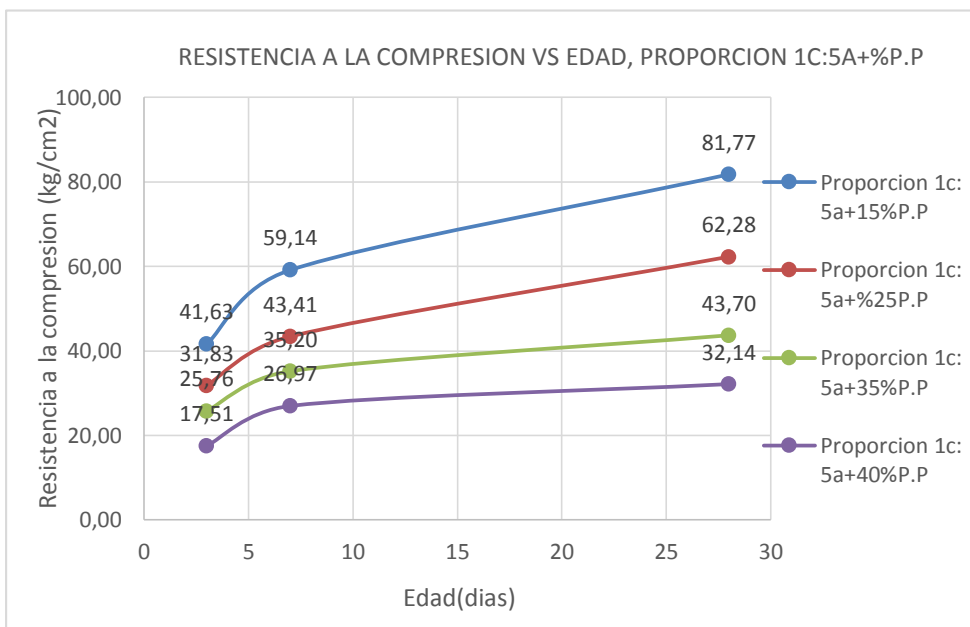
Muestras de cubetas antes de la rotura

Resumen de resultados en espécimen 5x5x5cm de mortero cemento con % de perlitas de poliestireno				
Proporción		Densidad (kg/m ³)		
Cemento	5 arena +% P.P	Edad (días)		
		3	7	28
1	15	2171.09	2085.07	2009.97
1	25	2076.85	2002.85	1923.36
1	35	1851.31	1801.87	1737.60

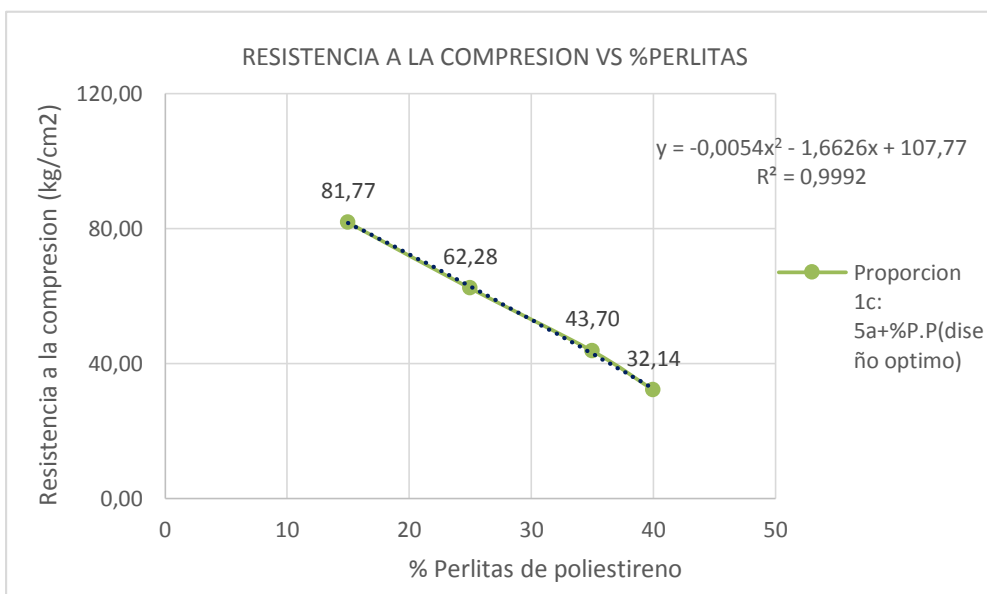
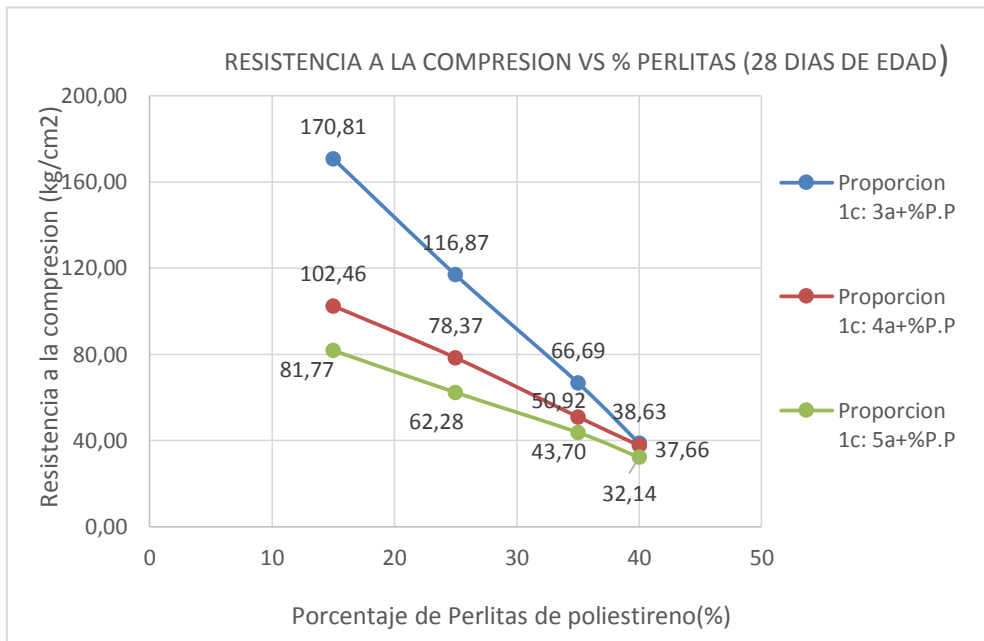
1	40	1732.99	1709.41	1655.49
---	----	---------	---------	---------



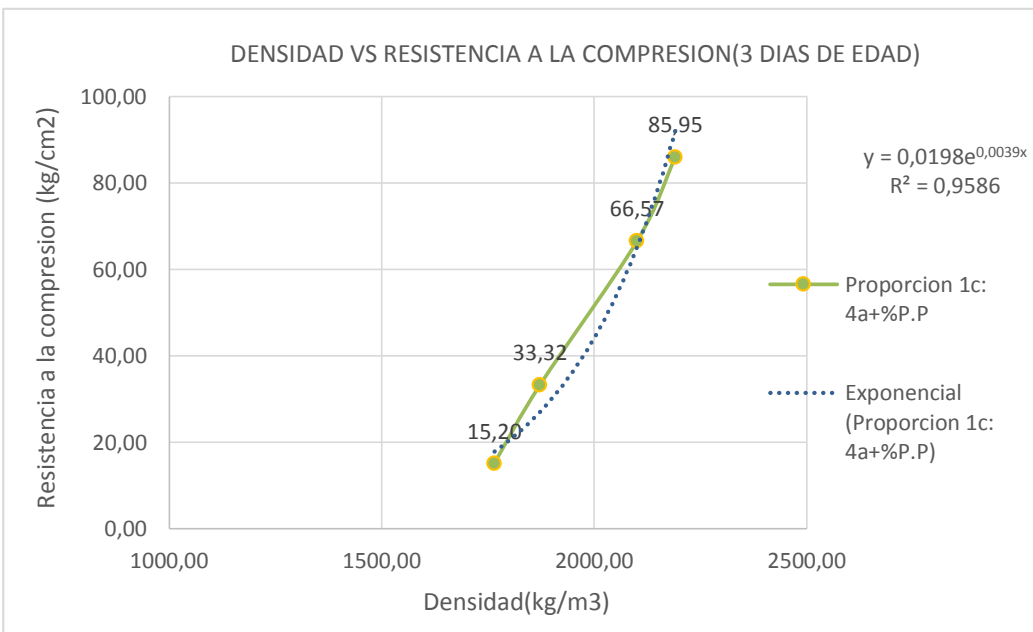
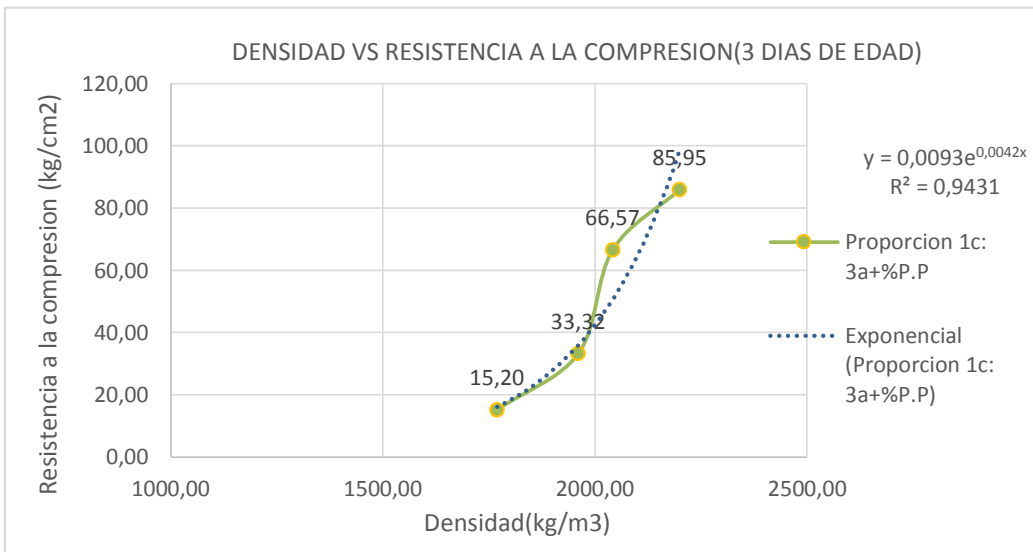
Resumen de resultados en espécimen 5x5x5cm de mortero cemento con % de perlitas de poliestireno				
Proporción		Resistencia a la compresión de diferentes Edades(kg/cm2)		
Cemento	5 arena +%P.P	3	7	28
1	15	41.63	59.14	81.77
1	25	31.83	43.41	62.28
1	35	25.76	35.20	43.70
1	40	17.51	26.97	32.14

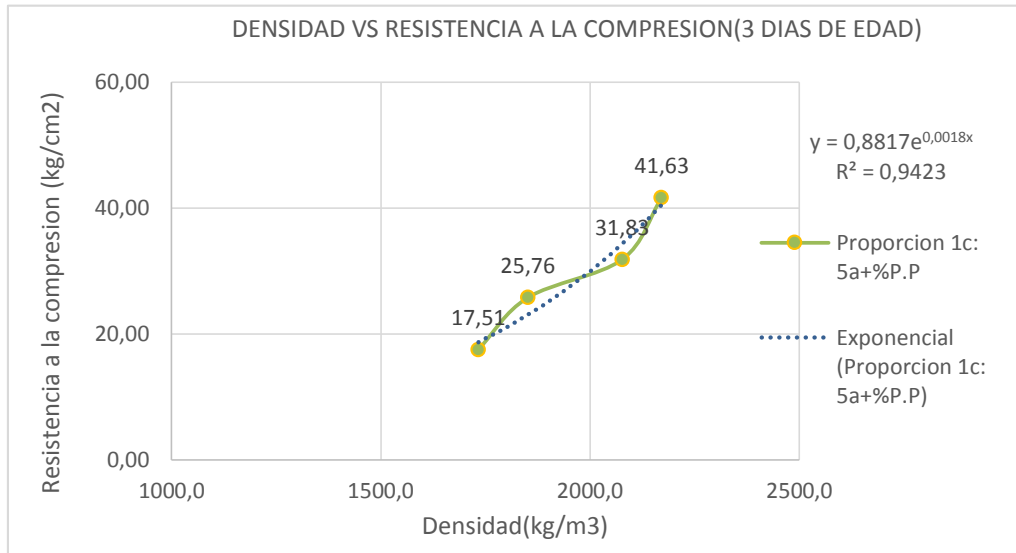


Resumen de resultados en espécimen 5x5x5cm de mortero cemento con % de perlitas de poliestireno				
Proporción		Resistencia a la compresión de 28 días de Edad(kg/cm ²)		
Cemento (c)	%P.P	1c:3a+% P.P	1c:4a+%P.P	1c:5a+%P.P
1	15	170.81	102.46	81.77
1	25	116.87	78.37	62.28
1	35	66.69	50.92	43.70
1	40	38.63	37.66	32.14

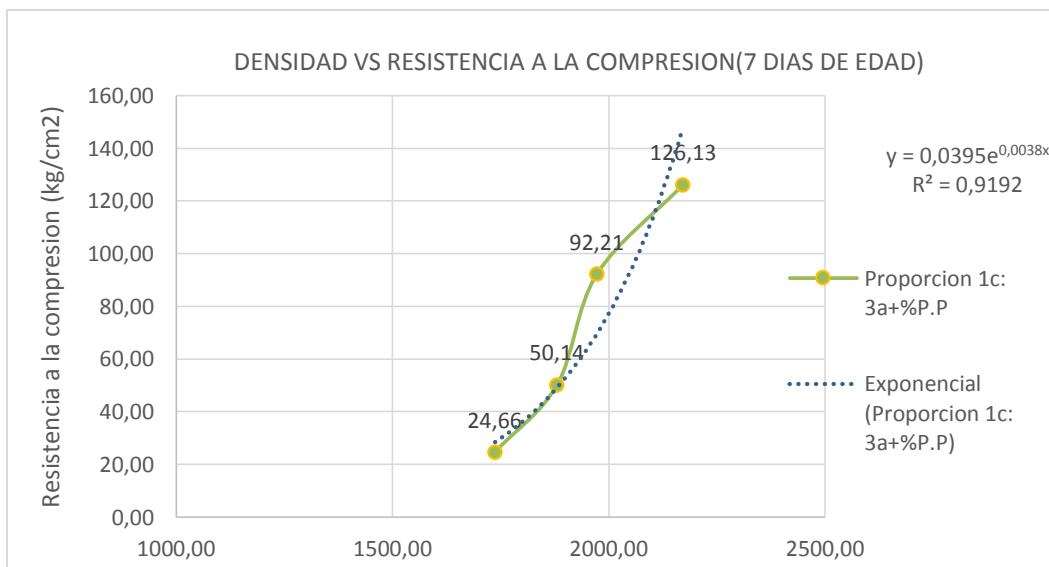


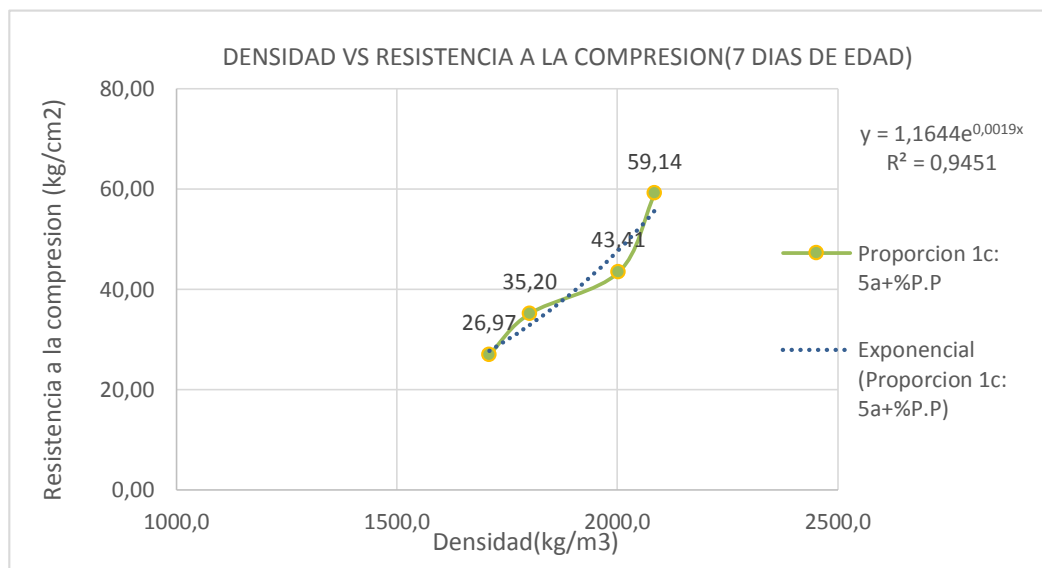
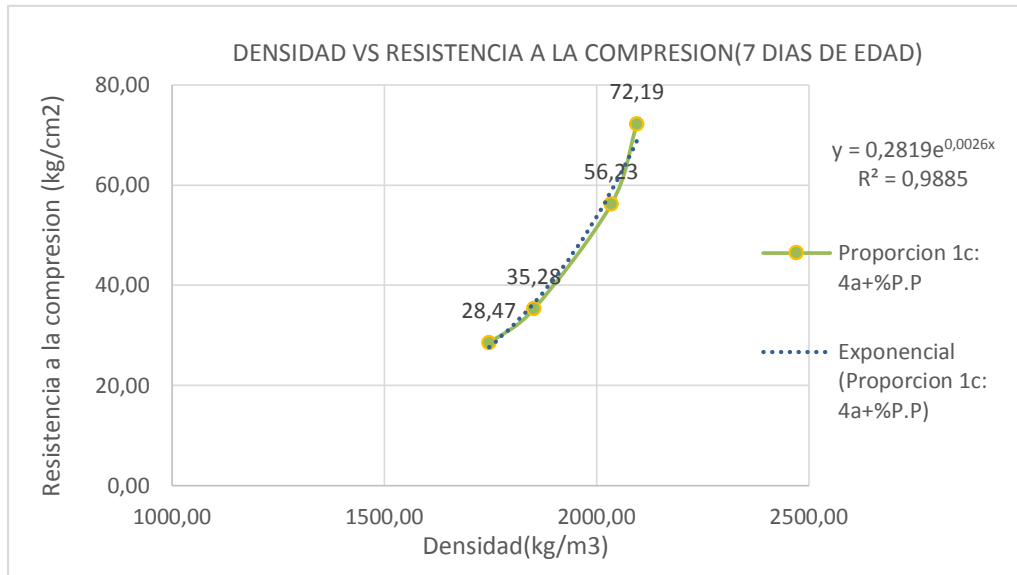
Resultado de ensayo a la compresión a los 3 días de edad de mortero cemento con perlitas de poliestireno en especímenes cúbicos de 5x5x5cm							
Proporción		1c: 3a+%P.P		1c: 4a+%P. P		1c: 5a+%P. P	
Cemento	%P.P	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Densidad (kg/m3)	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Densidad (kg/m3)	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Densidad (kg/m3)
1	15	85.95	2200.13	85.95	2190.91	41.63	2171.1
1	25	66.57	2041.87	66.57	2100.85	31.83	2076.9
1	35	33.32	1961.23	33.32	1872.64	25.76	1851.3
1	40	15.20	1769.55	15.20	1764.99	17.51	1733.0





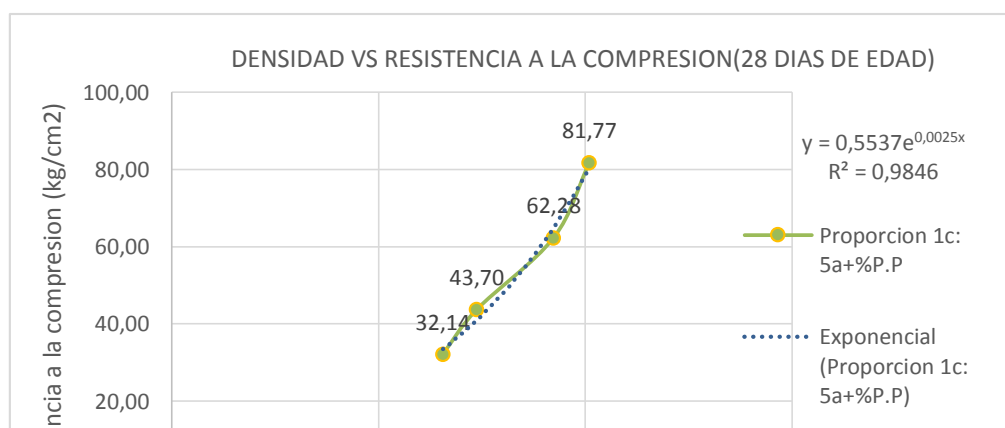
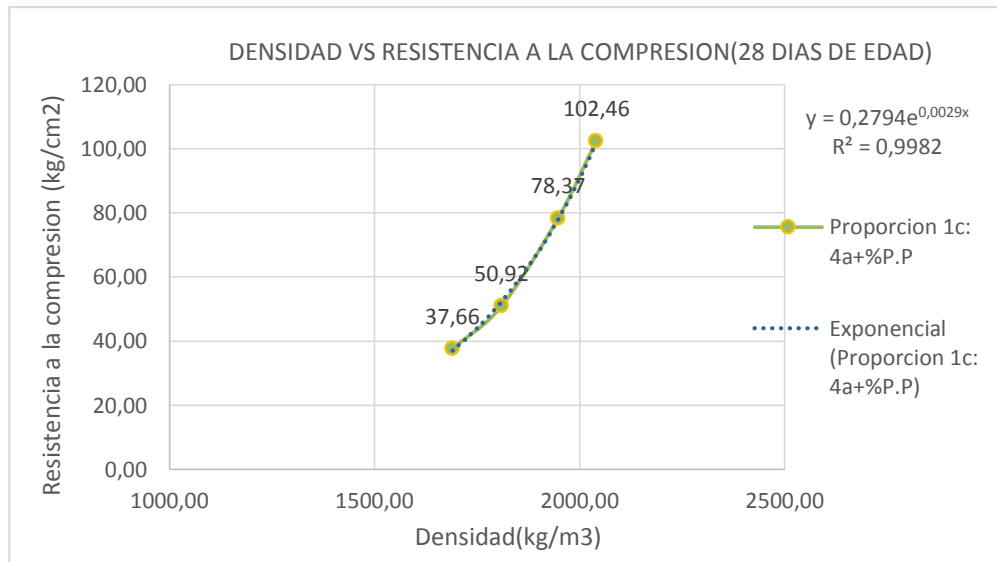
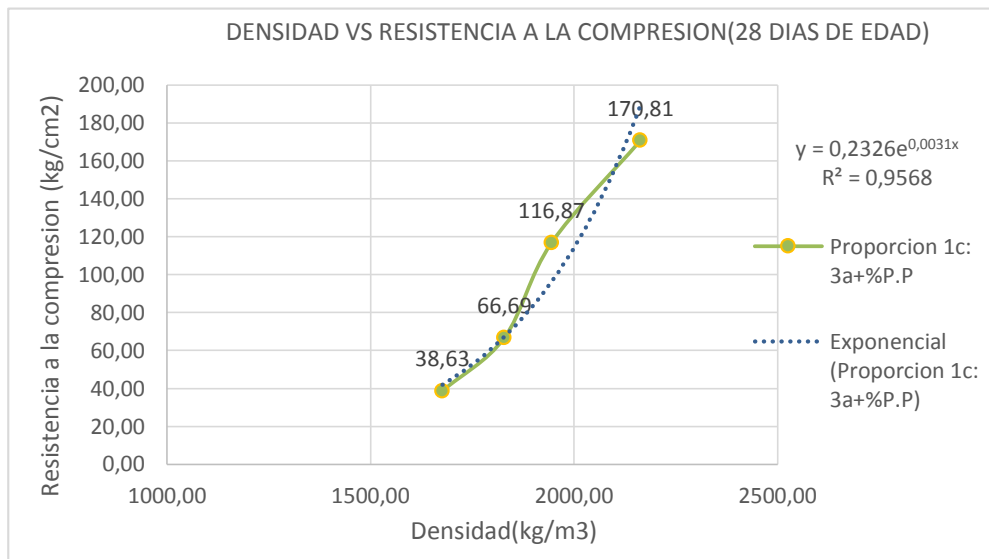
Resultado de ensayo a la compresión a los 7 días de edad de mortero cemento con perlitas de poliestireno en especímenes cúbicos de 5x5x5cm							
Proporción		1c: 3a+%P. P		1c: 4a+%P. P		1c: 5a+%P. P	
Cemento	%P. P	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Densidad (kg/m3)	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Densidad (kg/m3)	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Densidad (kg/m3)
1	15	126.13	2171.84	72.19	2094.9	59.14	2085.1
1	25	92.21	1972.69	56.23	2034.8	43.41	2002.9
1	35	50.14	1880.56	35.28	1852.5	35.20	1801.9
1	40	24.66	1736.69	28.47	1746.7	26.97	1709.4





Resultado de ensayo a la compresión a los 28 días de edad de mortero cemento con perlitas de poliestireno en especímenes cúbicos de 5x5x5cm							
Proporción		1c: 3a+%P. P		1c: 4a+%P.P		1c: 5a+%P.P	
Cemento	%P.P	Resistencia a la compresión	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión	Densidad (kg/m ³)

		ón (kg/cm2)					
1	15	170.81	2163.28	102.46	2040.19	81.77	2009.97
1	25	116.87	1944.85	78.37	1947.36	62.28	1923.36
1	35	66.69	1828.61	50.92	1809.60	43.70	1737.60
1	40	38.63	1676.16	37.66	1690.16	32.14	1655.49



ANEXO V

RESULTADO DE ENSAYO A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CEMENTO CON PERLITA DE POLIESTIRENO EN PROPORCION 1CEMENTO: 5 ARENA + 40 % PERLITAS DE POLIESTIRENO EN MOLDES DE BLOQUES DE 19X9X39CM DE DIFERENTES EDADES

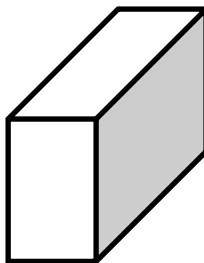
Tesis:

Evaluación de la Calidad y Costo de Bloques de Cemento con Perlitas de Poliestireno como alternativa en Muros de Albañilería en Vivienda Multifamiliares de la Ciudad de Ayacucho

Elaborado:

Bach. Mauro Ñaupá Moreyra

***Modelo de bloque
solido
9.0x19.0x39.0 cm***



Muestras de bloques antes de la rotura

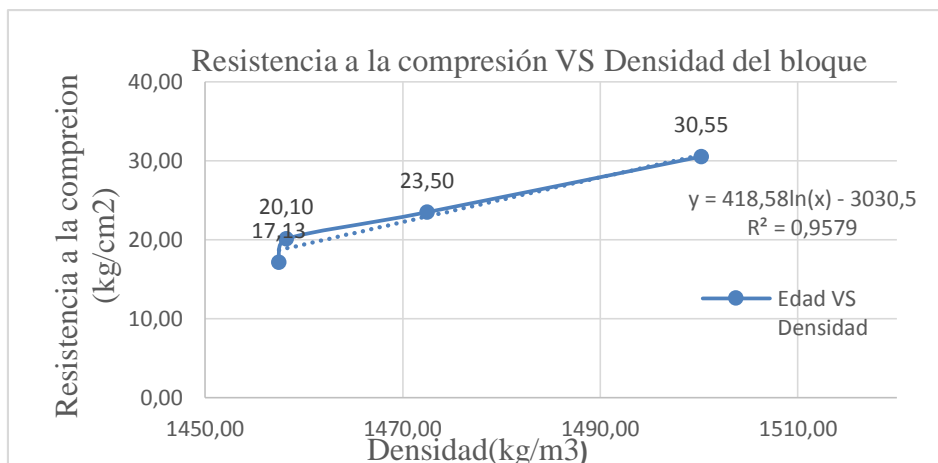
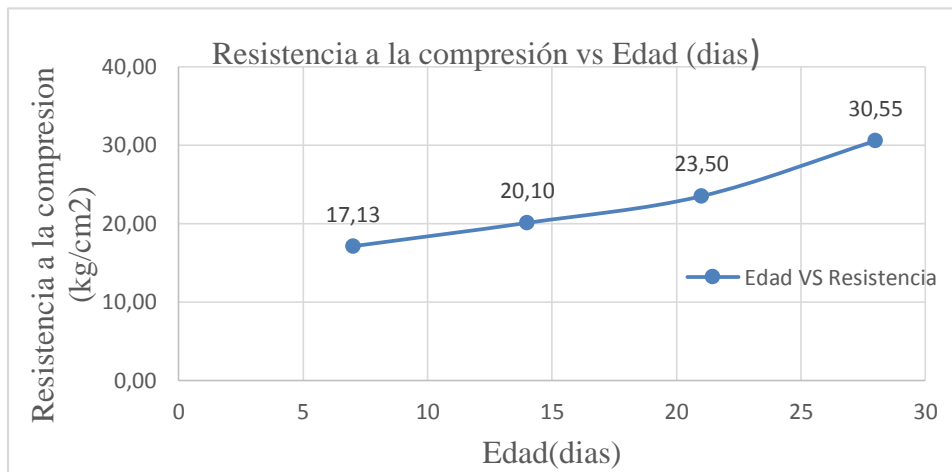
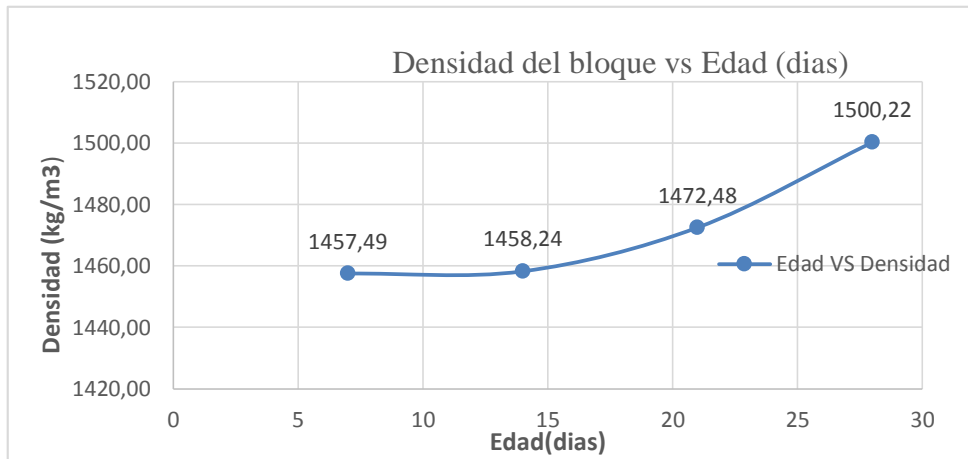


Ensayo de resistencia a la compresión

PROPORCION 1:5+40%P.P. DE MORTERO CEMENTO CON PERLITAS POLIESTIRENO EN MOLDES DE BLOQUES DE 19X9X39 CM DE DIFERENTES EDADES

Proporción	Identificador	Edad (días)	Fecha		Peso (gr)	Dimensión (cm)			Densidad (kg/cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	
			Elaboración	Rotura	Inicial	Longitud	Ancho	Altura				
1	5+40%P.P	M-1	7	07/08/2018	14/08/2018	9.89	0.39	0.09	0.19	1482.98	17.53	17.13
		M-2		07/08/2018	14/08/2018	9.55	0.39	0.09	0.19	1432.00	16.72	
1	5+40%P.P	M-1	14	07/08/2018	21/08/2018	9.59	0.39	0.09	0.19	1438.00	20.29	20.10
		M-2		07/08/2018	21/08/2018	9.86	0.39	0.09	0.19	1478.48	19.91	
1	5+40%P.P	M-1	21	07/08/2018	28/08/2018	9.68	0.39	0.09	0.19	1451.49	23.91	23.50
		M-2		07/08/2018	28/08/2018	9.96	0.39	0.09	0.19	1493.48	23.09	
1	5+40%P.P	M-1	28	07/08/2018	04/09/2018	10.02	0.39	0.09	0.19	1502.47	32.10	30.55
		M-2		07/08/2018	04/09/2018	9.99	0.39	0.09	0.19	1497.98	29.01	

DATOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS DE DIFERENTES EDADES				
Proporción		Edad (días)	Densidad (kg/cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
Cemento(c)	5A+%P.P			
1	40%	7	1457.49	17.13
1	40%	14	1458.24	20.10
1	40%	21	1472.48	23.50
1	40%	28	1500.22	30.55



ANEXO VI

Variación dimensional

- Cálculo del promedio de los especímenes del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Espécimen	Largo (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)
bloque 1	38.95	18.96	8.96
	38.86	18.92	8.95
	38.84	18.86	8.98
	38.96	18.94	8.94
Promedio	38.90	18.92	8.96

Espécimen	Largo (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)
bloque 2	38.87	18.98	8.97
	38.98	18.94	8.96
	38.86	18.96	8.98
	38.89	18.95	8.9.9
Promedio	38.90	18.96	8.97

Espécimen	Largo (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)
bloque 3	38.88	18.92	8.98
	38.9	18.98	8.96
	38.96	18.98	8.97
	38.87	18.94	8.95
Promedio	38.90	18.955	8.97

Espécimen	Largo (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)
bloque 4	38.9	18.96	8.96
	38.94	18.92	8.95
	38.88	18.92	8.98
	38.86	18.94	8.93
Promedio	38.90	18.935	8.96

Espécimen	Largo (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)
bloque 5	38.91	18.96	8.96
	38.87	18.92	8.95
	38.94	18.98	8.98
	38.86	18.94	8.9.9
Promedio	38.90	18.95	8.96

- Cálculo el porcentaje de variación de las dimensiones largo, altura, espesor y por último el % de variación del promedio del bloque de cemento con perlitas de poliestireno.

Largo

Espécimen	Dimensión Nominal (cm)	Dimensión Real (cm)	Variación (mm)	% de variación
Bloque 1	39	38.90	-0.97	0.25
Bloque 2	39	38.90	-1.00	0.26
Bloque 3	39	38.90	-0.97	0.25
Bloque 4	39	38.90	-1.05	0.27
Bloque 5	39	38.90	-1.05	0.27

Altura

Espécimen	Dimensión Nominal (cm)	Dimensión Real (cm)	Variación (mm)	% de variación
Bloque 1	19	18.92	-0.80	0.42
Bloque 2	19	18.96	-0.43	0.22
Bloque 3	19	18.96	-0.45	0.24
Bloque 4	19	18.94	-0.65	0.34
Bloque 5	19	18.95	-0.50	0.26

Espesor

Espécimen	Dimensión Nominal (cm)	Dimensión Real (cm)	Variación (mm)	% de variación
Bloque 1	9	8.96	-0.43	0.47
Bloque 2	9	8.97	-0.30	0.33
Bloque 3	9	8.97	-0.35	0.39
Bloque 4	9	8.96	-0.45	0.50
Bloque 5	9	8.96	-0.37	0.41

Variación Dimensional del bloque de cemento con perlitas de poliestireno

Espécimen	Dimensión Nominal (cm)	Dimensión Real (cm)	Variación (mm)	% de variación
Largo	39	38.90	-1.01	0.26
Altura	19	18.94	-0.56	0.30
Espesor	9	8.96	-0.38	0.42