



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-
MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO
LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE
ALUMINIO, LAMBAYEQUE – 2020**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor:

**Bach. García Chumacero Williams Raúl
ORCID: 0000-0003-1326-7444**

Asesor:

**Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro
ORCID: 0000-0003-3182-8735**

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú 2022

APROBACIÓN DEL JURADO

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-
MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO
INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO,
LAMBAYEQUE – 2020”**

Bach. García Chumacero Williams Raúl

Autor

Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

Asesor

Dr. Marín Bardales Noé Humberto

Presidente de Jurado

Mg. Idrogo Pérez César Antonio

Secretario de Jurado

Mg. Villegas Granados Luis Mariano

Vocal de Jurado

Dedicatorias

A Dios

En primer lugar, dedicó esta investigación a Dios, por siempre haberme brindado salud, sabiduría y perseverancia necesaria para cumplir con este objetivo de vida de culminar mis estudios profesionales.

A mi familia

A mis padres, por haberme apoyado en todo momento a lo largo de este trayecto, por sus consejos y su amor incondicional que me ayudaron en los tiempos más difíciles. A mis hermanos que siempre estuvieron conmigo cuando los necesite y me brindaron su apoyo de una u otra manera, esta investigación se la dedicó a ellos.

Williams Raúl García Chumacero

Agradecimientos

Agradecido con nuestro Padre Celestial, que, gracias a Él, logró concluir este proyecto de vida de ser un profesional en Ingeniería Civil, cuidándome siempre de todo mal.

A mi madre Raquel y mi padre Martín, por todo el esfuerzo que hicieron por ver a su hijo profesional, brindándome todos los medios y condiciones para lograr este objetivo, además de sus consejos que siempre me ayudaron a reponerme de las dificultades.

A mis hermanos, que, durante estos años dedicados a mi carrera universitaria, estuvieron para mí, brindándome siempre su apoyo incondicional.

A mis docentes que contribuyeron en mi formación como profesional, así como también a los compañeros y amigos que hice durante mi vida universitaria, por todos los momentos y anécdotas vividos.

Williams Raúl García Chumacero

Resumen

Los residuos o desechos sólidos industriales como la escoria de aluminio representan un problema medio ambiental, en este contexto, su reutilización es aplicable en la producción de concreto ligero aireado, usando el aluminio contenido en la escoria como agente de aireación. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto ligero incorporando polvo de escoria de aluminio en porcentajes 3, 6 y 9% en peso del cemento. El procedimiento experimental, en primer lugar, consistió en analizar distintas proporciones de cemento: cal: arena, analizando los resultados de densidad y resistencia a la compresión de muestras cúbicas; seleccionado el diseño adecuado para la elaboración de los bloques, se evaluó las propiedades en estado fresco (temperatura, consistencia de flujo, peso unitario y contenido de aire), las propiedades físicas (variación dimensional, alabeo, absorción, densidad y succión) y mecánicas (resistencia a la compresión f'_b , resistencia a la compresión de pilas de albañilería f'_m y compresión diagonal de muretes V'_m) de los bloques de concreto endurecidos. Se concluye de evaluación que, los bloques de concreto ligero con polvo de escoria de aluminio logran solo calificar como unidades de albañilería de uso no estructural, puesto que el polvo cumple con la función de reducción de la densidad del concreto (hasta 1323.39 kg/m^3 para una incorporación de 9%), sin embargo, su resistencia mecánica también se ve considerablemente disminuida (hasta un 58.26% con 9% de polvo de escoria de aluminio respecto a la resistencia a la compresión a 28 días de los bloques sin incorporación).

Palabras Claves: Concreto Ligero, Propiedades físicas, Propiedades mecánicas, Bloques de Concreto, polvo de escoria de aluminio.

Abstrac

Industrial solid residues or waste such as aluminum slag represent an environmental problem, in this context, their reuse is applicable in the production of lightweight aerated concrete, using the aluminum contained in the slag as an aeration agent. The objective of this research was to evaluate the physical-mechanical properties of lightweight concrete blocks incorporating aluminum slag powder in percentages of 3, 6 and 9% by weight of the cement. The experimental procedure, in the first place, consisted of analyzing different proportions of cement: lime: sand, analyzing the results of density and compressive strength of cubic samples; After selecting the appropriate design for making the blocks, the properties in the fresh state (temperature, flow consistency, unit weight and air content), the physical properties (dimensional variation, warping, absorption, density and suction) and mechanical properties were evaluated (compressive strength f'_b , compressive strength of masonry piles f'_m and diagonal compression of low walls V'_m) of the hardened concrete blocks. It is concluded from the evaluation that the light concrete blocks with aluminum slag powder can only qualify as masonry units for non-structural use, since the powder fulfills the function of reducing the density of the concrete (up to 1323.39 kg/m³ for an incorporation of 9%), however, its mechanical strength is also considerably reduced (up to 58.26% with 9% aluminum slag powder compared to the compressive strength at 28 days of the blocks without incorporation).

Keywords: Lightweight concrete, Physical properties, Mechanical properties, Concrete blocks, Aluminum slag powder.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad Problemática	17
1.1.1. Internacional	17
1.1.2. Nacional.....	19
1.1.3. Local	20
1.2. Trabajos previos	20
1.2.1. Internacional	20
1.2.2. Nacional.....	23
1.2.3. Local	24
1.3. Teorías relacionadas al tema	25
1.3.1. Variable Independiente	25
1.3.2. Variable Dependiente	28
1.3.3. Impacto Ambiental.....	47
1.3.4. Seguridad y salud ocupacional	48
1.3.5. Gestión de riesgos y prevención	48
1.3.6. Estimación de costos	48
1.3.7. Normativa	49
1.3.8. Estado del arte.....	50
1.3.9. Definición de términos	51
1.4. Formulación del problema	51
1.5. Justificación e importancia del estudio	52
1.5.1. Justificación Ambiental	52
1.5.2. Justificación Tecnológica.....	52
1.5.3. Justificación Social	52
1.6. Hipótesis	52
1.7. Objetivos	53
1.7.1. Objetivo general.....	53
1.7.2. Objetivos específicos	53
II. MATERIAL Y MÉTODO	54
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	54
2.1.1. Tipo de Investigación	54
2.1.2. Diseño de Investigación.....	54
2.2. Población y muestra	55

2.2.1. Población	55
2.2.2. Muestra.....	55
2.3. Variables, Operacionalización	56
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	59
2.4.1. Técnicas para la recolección de datos	59
2.4.2. Instrumentos para la recolección de datos.....	59
2.4.3. Validez y Confiabilidad.....	59
2.5. Procedimiento de análisis de datos	60
2.5.1. Diagrama de flujo de procesos.....	60
2.5.2. Descripción de procesos	61
2.6. Criterios Éticos.....	92
2.7. Criterios de Rigor Científico.....	92
2.7.1. Fiabilidad.....	92
2.7.2. Replicabilidad	92
III. RESULTADOS	93
3.1. Resultados en tablas, figuras y gráficos.....	93
3.1.1. Resultados obtenidos para el objetivo específico 1.....	93
3.1.2. Resultados obtenidos para el objetivo específico 2.....	101
3.1.3. Resultados obtenidos para el objetivo específico 3.....	103
3.1.4. Resultados obtenidos para el objetivo específico 4.....	116
3.1.5. Resultados obtenidos para el objetivo específico 5.....	118
3.1.6. Resultados obtenidos para el objetivo específico 6.....	122
3.2. Discusión de resultados.....	125
3.2.1. Discusión 1 – Propiedades físicas de la arena gruesa y cal hidratada.....	125
3.2.2. Discusión 2 – Propiedades físicas del polvo de escoria de aluminio.....	126
3.2.3. Discusión 3 – Diseño de mezcla y relación agua / cemento para los bloques de concreto ligero.....	127
3.2.4. Discusión 4 – Propiedades en estado fresco de las mezclas de concreto ligero.....	131
3.2.5. Discusión 5 – Propiedades físicas de los bloques de concreto ligero. 133	
3.2.6. Discusión 6 – Propiedades mecánicas.....	139
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143

4.1. Conclusiones.....	143
4.2. Recomendaciones.....	147
REFERENCIAS.....	149
ANEXOS.....	158
ANEXO 01. Informes de laboratorio de análisis granulométrico del agregado fino.	158
ANEXO 02. Informes de laboratorio de contenido de humedad y pesos unitarios del agregado fino.	162
ANEXO 03. Informes de laboratorio de peso específico y absorción del agregado fino.	166
ANEXO 04. Informes de laboratorio de porcentajes de materiales más finos que pasa el tamiz No. 200 del agregado fino.	170
ANEXO 05. Informe de laboratorio de peso específico de la cal hidratada.....	173
ANEXO 06. Informes de laboratorio de contenido de humedad y pesos unitarios del la cal hidratada.	174
ANEXO 07. Informes de laboratorio de análisis granulométrico del polvo de escoria de aluminio.	175
ANEXO 08. Informes de laboratorio de peso unitario suelto y compactado del polvo de escoria de aluminio.....	176
ANEXO 09. Informe de laboratorio de peso específico del polvo de escoria de aluminio.....	177
ANEXO 10. Informes de laboratorio de los diseños de mezclas de concreto ligero, dosificaciones en peso y volumen.....	178
ANEXO 11. Informes de laboratorio de los ensayos de fluidez de los diseños previos de concreto ligero.	184
ANEXO 12. Informes de laboratorio, determinación de la densidad en estado endurecido de los diseños previos de concreto ligero.....	189
ANEXO 13. Informes de laboratorio, determinación de la resistencia a la compresión de los diseños previos de concreto ligero.....	205
ANEXO 14. Informes de laboratorio, determinación de la temperatura, consistencia de flujo, peso unitario y contenido de humedad del concreto ligero en estado fresco.....	221
ANEXO 15. Informes de laboratorio, determinación de la propiedades físicas de los bloques de concreto ligero.	224
ANEXO 16. Informes de laboratorio, determinación de la propiedades mecánicas de los bloques de concreto ligero.....	248
ANEXO 17. Informes de laboratorio, resistencia a la compresión de los cubos de mortero.....	260

ANEXO 18. Ficha Técnica de los requisitos las propiedades para el Cemento Pacasmayo Portland Tipo I.....	261
ANEXO 19. Panel Fotográfico.	262
ANEXO 20. Presupuesto general de la Investigación.....	293

Índice de figuras

Figura 1. Proceso de reciclaje de escoria de aluminio, diagrama de flujo.	26
Figura 2. Polvo de escoria de aluminio.	26
Figura 3. Bloque de concreto ligero (concreto celular).	30
Figura 4. Cal hidratada siendo ensayada.	38
Figura 5. Ensayo de compresión axial de prismas de albañilería.	46
Figura 6. Tipos de fallas por compresión diagonal en muretes de albañilería.	47
Figura 7. Diagrama de flujo de procesos.	61
Figura 8. Muestreo de arena gruesa en La Cantera Pátapo- La Victoria.	62
Figura 9. Cal de obra Hades, presentación bolsa de 20 kg.	63
Figura 10. Escoria de aluminio secundaria sin procesar.	64
Figura 11. Pulverizado de la escoria de aluminio en la máquina de abrasión.	64
Figura 12. Tamizado para análisis granulométrico de la arena.	65
Figura 13. Compactación para el ensayo peso unitario compactado.	66
Figura 14. Compactación para el ensayo peso unitario compactado.	67
Figura 15. Ensayo peso de específico de la arena.	69
Figura 16. Lavado de la arena por el tamiz No 200.	70
Figura 17. Ensayos de pesos unitarios de la cal. a) Suelto. b) Compactado.	71
Figura 18. Ensayo de peso específico de la cal.	72
Figura 19. Granulometría del polvo de escoria de Aluminio.	73
Figura 20. Lectura de peso unitario suelto de polvo de escoria de aluminio.	74
Figura 21. Ensayo de peso específico del polvo de escoria de aluminio.	75
Figura 22. Resistencia a la compresión de cubos de mortero, diseños previos de concreto ligero.	77
Figura 23. Ensayo de densidad de los cubos de mortero: a) Secado al horno. b) Determinación de peso sumergido.	77
Figura 24. Esquema y medidas dispuestas para el bloque de concreto.	78
Figura 25. Moldes utilizados para la elaboración de los bloques de concreto ligero.	79
Figura 26. Control de temperatura de las mezclas frescas de concreto ligero.	80
Figura 27. Ensayo de consistencia de flujo.	81
Figura 28. Peso unitario de la muestra de concreto fresco.	83
Figura 29. Lectura de medidas de los bloques de concreto ligero.	84

Figura 30. Ensayo de alabeo de los bloques de concreto ligero.	85
Figura 31. Procedimiento para determinar la densidad y absorción. a) Peso sumergido. b) Secado al horno.	86
Figura 32. Ensayo de succión de los bloques de concreto.	87
Figura 33. Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de concreto.	88
Figura 34. Cubos de mortero. a) Elaboración. b) Resistencia a la compresión.	89
Figura 35. Ensayo de Resistencia a la compresión de prismas de albañilería.	90
Figura 35. Ensayo de Resistencia a la compresión diagonal en muretes.	91
Figura 37. Curva granulométrica de la arena gruesa extraída de la Cantera Pacherras.	94
Figura 38. Curva granulométrica de la arena gruesa extraída de la Cantera Pátapo – “La Victoria”.	95
Figura 39. Curva granulométrica de la arena gruesa extraída de la Cantera Tres Tomas.	96
Figura 40. Curva granulométrica de la arena gruesa extraída de la Cantera Castro I – “San Nicolas”.	97
Figura 41. Granulometría del polvo de escoria de aluminio.	101
Figura 42. Resultados del ensayo de Fluidez de los diseños PD1, PD2 y PD3 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.	104
Figura 43. Resultados del ensayo de Fluidez de los diseños PD4, PD5 y PD6 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.	104
Figura 44. Resultados del ensayo de Fluidez de los diseños PD7, PD8, PD9 y PD10 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.	105
Figura 45. Densidad de los diseños PD1, PD2 y PD3 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.	106
Figura 46. Densidad de los diseños PD4, PD5 y PD6 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.	106
Figura 47. Densidad de los diseños PD7, PD8, PD9 y PD10 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.	107
Figura 48. Resistencia a la compresión (14 días de curado) de los diseños PD1, PD2 y PD3 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.	108
Figura 49. Resistencia a la compresión (14 días de curado) de los diseños PD4, PD5 y PD6 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.	108

Figura 50. Resistencia a la compresión (14 días de curado) de los diseños PD7, PD8, PD9 y PD10 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.	109
Figura 51. Densidad de los diseños de mezclas PD9+15%agua, PD9+20%agua y PD9+30%agua.	112
Figura 52. Densidad de los diseños de mezclas PD10+15%agua, PD10+20%agua y PD10+30%agua.	112
Figura 53. Resistencia a la compresión de los diseños de mezclas PD9+15%agua, PD9+20%agua y PD9+30%agua.	113
Figura 54. Resistencia a la compresión de los diseños de mezclas PD10+15%agua, PD10+20%agua y PD10+30%agua.	114
Figura 55. Comparación de temperaturas obtenidas de cada diseño de concreto ligero con las incorporaciones de polvo de escoria de aluminio.	117
Figura 56. Comparación de los diámetros de dispersión de cada diseño de concreto ligero con las incorporaciones de polvo de escoria de aluminio.	117
Figura 57. Variación dimensional de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.	119
Figura 58. Alabeo cóncavo y convexo de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.	119
Figura 59. Absorción de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.	120
Figura 60. Densidad de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.	121
Figura 61. Densidad de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.	121
Figura 62. Resistencia a la compresión de los bloques de concreto ligero (f'_b) con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.	122
Figura 63. Resistencia a la compresión de prismas de albañilería (f'_m) con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.	123
Figura 64. Compresión diagonal de muretes de albañilería (V'_m) con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.	124
Figura 65. Comparación de los resultados de densidad según el aumento de la cantidad de cal para una incorporación de 3% de polvo de esc. de aluminio.	128

Figura 66. Comparación de la resistencia a la compresión según el aumento de la cantidad de cal para una incorporación de 3% de polvo de esc. de aluminio.128

Figura 67. Comparación de la densidad según el aumento de la cantidad de agua para una incorporación de 9% de polvo de esc. de aluminio.129

Figura 68. Comparación de la resistencia a la compresión según el aumento de la cantidad de agua para una incorporación de 9% de polvo de esc. de aluminio. .130

Índice de tablas

Tabla 1 Composición química típica de la escoria secundaria de aluminio.....	28
Tabla 2 Clasificación de los agregados según su densidad.....	34
Tabla 3 Límites de composición aproximados en óxidos para el cemento portland.	36
Tabla 4 Cantidades máximas tolerables de sustancias disueltas en agua para concreto.....	38
Tabla 5 Clasificación de bloques de concreto para fines estructurales.	41
Tabla 6 Clasificación por peso de los bloques de concreto.....	42
Tabla 7 Características típicas del concreto celular autoclavado (AAC).	43
Tabla 8 Medidas estándares para los bloques huecos.	45
Tabla 9 Normativas utilizadas y descripción de los ensayos realizados.	49
Tabla 10 Cantidad de bloques de concreto ligero por diseño de mezcla.	56
Tabla 11 Operacionalización de variables independiente.	57
Tabla 12 Operacionalización de variable dependiente.....	58
Tabla 13 Características físicas y mecánicas del Cemento Pacasmayo Portland Tipo I.	62
Tabla 14 Diseños de mezcla preliminares de concreto ligero.	76
Tabla 15 Contenido de humedad y pesos unitarios sueltos y compactados del agregado fino de cada cantera.....	98
Tabla 16 Peso específico y absorción del agregado fino de las canteras en estudio.	98
Tabla 17 Porcentaje de materiales más finos que pasa el tamiz No. 200.	99
Tabla 18 Propiedades de la cantera Pátapo – “La Victoria”.	100
Tabla 19 Peso específico de la cal “HADES”.	100
Tabla 20 Contenido de humedad y pesos unitarios de la cal “HADES”.	101
Tabla 21 Contenido de humedad y pesos unitarios del polvo de escoria de aluminio.	102
Tabla 22 Peso específico del polvo de escoria de aluminio.	102
Tabla 23 Dosificación en peso por bolsa de cemento de los diseños preliminares.	103
Tabla 24 Densidad y Resistencia a la compresión de los diseños preliminares.	110

Tabla 25 Relación a / c , densidad y resistencia a la compresión de los diseños previos de concreto ligero con incremento de contenido de agua.....	115
Tabla 26 Proporción en peso de los diseños de mezcla para la elaboración de los bloques de concreto ligero.	116
Tabla 27 Peso unitario y contenido de vacíos de los diseños concreto ligero....	118
Tabla 28 Dosificación y resistencia a la compresión del mortero usado en la elaboración de los elementos de mampostería.	123
Tabla 29 Resultados de absorción según diversas investigaciones, teniendo en cuenta los materiales utilizados.....	135
Tabla 30 Resultados de densidad endurecida según diversas investigaciones, teniendo en cuenta los materiales utilizados.....	137
Tabla 31 Resultados de absorción capilar, succión o sortividad de diversas investigaciones, teniendo en cuenta los materiales utilizados.....	138
Tabla 32 Resultados de la resistencia a la compresión axial de diversas investigaciones, teniendo en cuenta los materiales utilizados.....	140

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. Internacional

El concreto es el componente predominante en la construcción de edificaciones, sin embargo, debido a que los edificios se construyen cada vez más altos cada año, ha causado que el peso correspondiente a la estructura aumente por la alta densidad que presenta el concreto, representando un claro inconveniente en el diseño de estas infraestructuras (Baquero et al., 2019; Chen et al., 2017).

La reducción del peso elevado de las estructuras siempre ha sido un problema al momento de la construcción de edificaciones, para ello se han utilizado materiales construcción livianos, donde destaca el uso de hormigones aireados. Los primeros estudios de realización de un concreto aireado se dieron a inicios de 1900 en Estocolmo, Suecia. A este concreto se le calificó como concreto poroso, en el cual, el aire es atrapado en la matriz del cemento agregando polvo de aluminio. (Fudge et al., 2019; Silva et al., 2018).

La gran mayoría de subproductos industriales y desechos materiales del sector construcción no se descomponen ni se degradan, lo que causa una problemática en la eliminación de desechos, contribuyendo así a la contaminación medio ambiental (Reddy & Neeraja, 2016; Meng et al., 2018). Sin embargo, a lo largo de las últimas décadas se han reutilizado estos desechos en el desarrollo de construcciones de viviendas, incorporándolos en la producción de cemento, concreto o bloques de mampostería (Muntohar & Rahman, 2014; Reddy & Neeraja, 2016; Meng et al., 2018).

En China, el 2016 se reportó 30.91 mil millones de residuos sólidos industriales, donde se incluía escoria de carburo, yeso de desulfuración de gas y polvo de aluminio. Los residuos o desechos de sólidos industriales resultan ser perjudiciales para el medio ambiente, lo que ha llevado que se realicen una gran cantidad de estudios de cómo utilizar estos desechos sólidos como materiales para la fabricación de concreto poroso liviano (LPC) (Yao et al., 2019).

Anualmente la demanda global de aluminio en el mundo aumenta considerablemente, para el 2019 la producción anual de aluminio asciende los

64 millones de toneladas en todo el mundo (US Geological Survey, 2020). Asimismo, según el Instituto Internacional de Aluminio, se estima que para el 2020 exista alrededor de 21 millones de toneladas de desechos de aluminio acumulados a nivel global (Sabapathy et al., 2019). Entre ellos, residuos de las industrias de refinación de aluminio (Reddy & Neeraja, 2016), como también los residuos producidos durante proceso el anodizado, el cual produce residuos de anodización de aluminio (AAW) que a menudo se desecha en los vertederos (Souza et al., 2020).

El polvo de aluminio es un subproducto de la escoria de aluminio, al tener un contenido bajo de aluminio metálico (inferior al 10%), lo cual no es utilizable en el proceso de reciclaje común de la escoria de aluminio. Por ello, este se considera como desecho, y es eliminado en vertederos (Liu et al., 2017), donde al contacto con una mínima cantidad agua genera subproductos como el hidrogeno y amoníaco, los cuales son altamente tóxicos y explosivos (Galindo et al., 2015; Liu et al., 2017). Entonces, tal como afirma el Catálogo Europeo de residuos (EWC), los residuos de escoria de aluminio califican como desechos peligrosos (Galindo et al., 2015; Mahinroosta & Allahverdi, 2018; Nduka et al., 2019).

En Rusia, la problemática acerca del reciclaje de la escoria de aluminio, la cual es rica en aluminio metálico y alúmina, se vienen desarrollando desde 1940. Uno de las propuestas es usar la alúmina para aumentar la resistencia en concreto (Abyzov, 2017).

Otro proceso común en el cual donde se obtiene astillas o residuos en polvo de aluminio, es el aserrado; que consiste en la fabricación de nuevas piezas al cortar de un bloque solido de algún material en específico. Durante este proceso se producen residuos en forma de chips, que a diferencia de las virutas de torneado o fresado, las cuales son de forma helicoidal y mayor tamaño; no pueden ser fundidas fácilmente para su posterior reutilización (Rojas-Díaz et al., 2019).

1.1.2. Nacional

Desde hace años, el sector construcción viene siendo uno de los mayores en crecimiento a nivel nacional, tal como afirma CAPECO (2020), “el sector construcción crecería un 3.78 % durante el 2020”. El constante crecimiento demográfico, ha aumentado la demanda de viviendas, obligando a las principales metrópolis del país, tener un crecimiento urbanístico, tanto de manera horizontal como vertical. Este último genera que las edificaciones sean construidas cada vez de mayor altura, teniendo en cuenta las limitaciones del peso de la estructura que se ven ligadas al tipo de suelo.

Sin embargo, según los estudios del CISMID (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres), el 80% de las viviendas de Lima estarían en peligro de colapso ante un eventual fenómeno sísmico, siendo los principales motivos son el tipo de suelo y la informalidad en la construcción (Arispe, 2017). Añadiendo a los motivos anteriores, se suma el peso elevado de los materiales convencionales (concreto y ladrillos de arcilla) en la construcción de edificaciones, sobre todo en suelos arenosos que predominan en el Perú.

Amasifuén (2018) afirma que el concreto es el material de mayor uso en el levantamiento de edificios, y mejorar las propiedades de este, genera la necesidad de modificar la forma convencional de elaborarlo. Existen procedimientos donde el aire es incorporado al concreto por medio de una reacción química producida por el uso de aditivos, consiguiendo así la ligereza del concreto. La elaboración y uso de bloques de concreto ligero pretende disminuir las fallas que se presentan en edificaciones debido a la sobrecarga que representan los bloques tradicionales en las estructuras.

En el ámbito nacional, en Perú en el año 2017, se registró una producción de aluminio de 2657 toneladas, un 12.2% menos respecto al año anterior (Ministerio de la Producción, 2018). En la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos clasifica a los residuos sólidos de metales y aleaciones, residuos provenientes de la fusión, refundición y refinación de metales, restantes del proceso de anodización de aluminio o acero, residuos de hidratos de aluminio y

de alúmina, y de la fabricación de alúmina; como residuos no peligrosos (DS N°014-2017-MINAM, 2017). Sin embargo, debido al desarrollo de actividades industriales, estos residuos han aumentado en grandes volúmenes que, al no ser manejados adecuadamente, resultan en situaciones de riesgo para la salud humana y el medioambiente.

1.1.3. Local

En la ciudad de Chiclayo, los principales generadores de residuos sólidos metálicos son los talleres mecánicos industriales, así como también MYPES (micro, pequeñas y mediana Empresa) que se encuentran en el rubro de la metalmecánica, Sin embargo, la industria no está consciente de esto, y no toma acciones preventivas contra el problema ambiental que representan estos residuos. En este marco, destacan los distritos de Chiclayo, José Leonardo Ortíz y La Victoria como áreas que originan la mayoría de estos residuos sólidos metálicos (Nombera Temoche y Carranza Montenegro, 2017).

Mención aparte merecen los denominados virutas metálicas, residuos sólidos producidos en procesos de mecanización (fresar, taladrar, limar, cortes de sierras mecánicas, entre otros), los cuales son de tamaños demasiados pequeños para un reciclaje de manera convencional. A esto se suma que el nivel de toxicidad de las virutas metálicas, debido a su impregnación con taladrinas (los fluidos de corte), representan un problema medioambiental que demanda una respuesta eficaz (Nombera Temoche y Carranza Montenegro, 2017).

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Internacional

Liu et al. (2017) en su investigación denominada “Autoclaved aerated concrete incorporating waste aluminum dust as foaming agent” tuvieron como objetivo utilizar el polvo de aluminio residual como agente espumante en la elaboración de concreto aireado autoclavado (AAC) en lugar del costoso polvo de aluminio de grado industrial. Lograron concluir que para producir una cantidad similar de gas que genera 1 g de polvo de aluminio industrial, se necesita de 15,6 g de

polvo de aluminio residual. Con esta relación de los polvos de Al (1 g Al residual: 15,6 g Al industrial), verificaron la expansión de volumen y densidad del AAC permanece similar en ambos casos. El uso del polvo de Al residual no logra generar un AAC de densidad muy baja, pero no arriesga las propiedades mecánicas del AAC, que obtuvieron como resultados densidades de 800 kg/m³ y valores de resistencia compresiva de 2.5 MPa. Por consiguiente, los autores afirman que es acertado usar el polvo de Al residual como agente espumante opcional en la elaboración de AAC.

Jongprateep et al. (2017), en su estudio "Effects of Aluminum Concentrations on Microstructure and Compressive Strength of Porous Concrete", se plantearon como objetivo la elaboración de hormigones porosos con porosidad y resistencia a la compresión en un rango admisibles, con énfasis en los efectos de la adición de aluminio en las propiedades de los hormigones porosos. Concluyendo que mediante el análisis microestructural de las imágenes del microscopio electrónico de barrido (SEM) y los ensayos de compresión conforme la norma ASTM C109, se demostró que las muestras con 0.15 % en peso de Al poseen porosidad y resistencia a la compresión en un rango aceptable de acuerdo con las normas ASTM C185 y ASTM C150. El estudio también evidencia que, al intensificar contenido de aluminio, la porosidad del concreto aumentaba, en cambio la compresión se reducía en la mayoría de los casos.

Chen et al. (2017) en su estudio "A comprehensive study on the production of autoclaved aerated concrete: Effects of silica-lime-cement composition and autoclaving conditions" plantearon como objetivo describir los efectos respecto a las características del concreto celular autoclavado (AAC), evaluando la proporción de la mezcla cruda (sílice, cal y cemento), la ración de agente de espuma (polvo de aluminio), la relación agua-sólidos, el tiempo de curado y la presión de vapor. Obtuvieron como resultados que el polvo de aluminio y la relación agua / sólidos afecta a la densidad de AAC; a mayor polvo de aluminio, menor es la densidad aparente. En cuanto la resistencia a la compresión, las muestras sin autoclave presentan valores de 45 a 103.2 KPa, en cambio las muestras autoclavadas comprenden valores de 5.7 a 13.3 MPa, evidenciando un aumento notorio de la resistencia debido al curado en autoclave.

Pachideh y Gholhaki (2019) en su estudio denominado “Effect of pozzolanic materials on mechanical properties and water absorption of autoclaved aerated concrete” tuvieron como objetivo utilizar residuos puzolánicos como humo de sílice, zeolita y escoria de alto horno granulada (EAHG) en sustituciones de 7, 14 y 21% respecto al peso del cemento de tal manera de analizar sus efectos en las propiedades de resistencia a la compresión y tracción, así como la absorción de agua de un concreto aireado en autoclave, cuya mezcla base está compuesta por cemento, cal, yeso, sílice y polvo de aluminio. Los autores concluyen que la inclusión de humo de sílice, zeolita y EAHG logra mejorar la resistencia a la compresión en 84, 200 y 72% respectivamente. Además, afirman que el reemplazo del cemento con materiales puzolánicos en un 21% resulta una mejora de la resistencia tracción del concreto aireado. En cuanto a la propiedad de absorción de agua, el humo de sílice resultó el material más adecuado, logrando reducir la absorción del material.

Reddy y Neeraja (2016) en su investigación titulada “Mechanical and durability aspects of concrete incorporating secondary aluminium slag” tuvieron como objetivo evaluar los aspectos mecánicos y de durabilidad del concreto con porcentaje de reemplazo de 5, 10, 15, 20 y 30% de escoria de aluminio secundario por el cemento. La resistencia a la compresión la evaluaron en especímenes cúbicos de 150mm de lado, los cuales fueron ensayados a 3, 7, 28, 60 y 90 días. Como una conclusión general, los investigadores afirman que para un reemplazo de 30% del cemento con escoria de aluminio secundario, la resistencia mecánica baja hasta un 30% en comparación a la muestra de control. En cuanto a la absorción de las muestras cúbicas de concreto, concluyen que la inclusión de la escoria de aluminio secundario aumenta la propiedad de manera significativa, hasta un 50% respecto a las muestras de control para un reemplazo de 15%.

Bhosale et al. (2020) en su investigación “Mechanical and physical properties of cellular lightweight concrete block masonry” presentaron como objetivo evaluar la resistencia a la compresión, el módulo elástico, el comportamiento de tensión-deformación, las resistencias al cizallamiento y a la tensión de la mampostería de bloques de concreto celular ligero (CLC). Al culminar su investigación, los

autores llegaron a las siguientes conclusiones: - Los bloques CLC tienen una densidad aproximadamente 50% más bajo que el ladrillo de arcilla tradicional. – Los bloques CLC superan en capacidad de absorción a los ladrillos de arcilla. – La resistencia a la compresión de los bloques CLC y ensamblajes de mampostería difieren en un 80% y 60% menor que las unidades convencionales, respectivamente. Por consiguiente, no es aconsejable su utilización en muros confinados.

1.2.2. Nacional

Velarde Rubio (2017) en su investigación “Evaluación del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad, absorción en un concreto ligero, Trujillo-2017”, tiene como objetivo analizar el efecto del polvo de aluminio fundido en un concreto ligero, evaluando su asentamiento, densidad, absorción y compresión. Para la realización de la investigación, el polvo de aluminio debía pasar la malla N°40 (0.425 mm), y su uso se dio en porcentajes (1.5%, 3%, 4.5%, 6%) respecto al peso del cemento; usando en la mitad de las muestras superplastificante al 1%. El autor afirma que el diseño de mezcla con polvo de aluminio al 1.5% con adición de 1% de superplastificante resulta como el más adecuado, obteniendo 4.00” de asentamiento; y resultados a 28 días de 236 kg/cm² y 1783.16 kg/m³ de resistencia a la compresión y densidad seca respectivamente, consiguiendo así un concreto liviano.

Castañeda et al. (2020) en su investigación titulada “Production of a lightweight masonry block using alkaline activated natural pozzolana and natural fibers” presentaron como objetivo desarrollar un bloque nuevo de mampostería ligero haciendo uso de un mortero de geopolímero a partir de puzolana natural, arena de Cuarzo como agregado fino, un agente espumoso (peróxido de hidrógeno) y como aditivo de refuerzo fibras de yute. Teniendo como resultados: Una resistencia a la compresión de 8.1 MPa y una reducción de la densidad a 1269 kg/m³ del bloque de mampostería ligero. El peróxido de hidrógeno demuestra ser útil para disminuir la densidad aparente en geopolímeros ligeros. Las fibras de yute fueron necesarias para la estabilización de los morteros de geopolímeros y controlar el tipo de falla no frágil en los bloques.

Izquierdo Cárdenas y Ortega Rivera (2017) en su tesis “Desarrollo y aplicación del concreto Celular a base de aditivo espumante para la elaboración de bloques macizos destinados a tabiquerías no portantes en edificaciones”, plantearon como objetivo principal explicar y analizar las propiedades físico-mecánicas del concreto celular usando aditivo MasterCell 10 como agente espumante, con la intención de comprender su comportamiento y proponer una nueva opción de bloque macizo prefabricado, corroborando su potencial económico para competir en el mercado nacional. Entre las conclusiones de la investigación se obtuvieron: - En el diseño de mezcla patrón, usando 450 kg de cementante para 0.1 m³, garantiza por lo menos una resistencia de 40 kg/cm². – Pesos específicos en el rango de 800 - 1100 kg/m³ del concreto celular, demuestra su capacidad de reducir el peso en las edificaciones.

Espinoza y Pejerrey (2018) en su tesis titulada “Propiedades mecánicas del ladrillo con escoria de acero para viviendas unifamiliares, San Juan de Lurigancho - 2018” propusieron como objetivo general elaborar un ladrillo usando escoria de acero en lugar de agregado fino, obteniendo así el aprovechamiento de un material sin uso específico en el sector nacional de construcción; teniendo como conclusiones: - Los ladrillos con escoria de acero elaborados en laboratorio, estuvieron acorde a los requisitos mecánicos dispuestos en la normativa E.070, clasificándolos como ladrillos tipo IV, debido a la elevada resistencia y durabilidad que presentan. La resistencia a compresión de ladrillos con 30% de escoria de acero fue 138.68 kg/cm², mientras que las pilas de ladrillos obtuvieron 152.84 kg/cm², superando ambas las resistencias mínimas recomendadas según la E.070.

1.2.3. Local

En la región Lambayeque no se han encontrado estudios previos de elaboración de bloques de concreto ligero, de igual manera no existen antecedentes que hablen propiamente de un diseño de concreto ligero utilizando el polvo de aluminio. Con lo anterior expuesto, la presente investigación cobra mayor relevancia debido a la falta de trabajos previos sobre en este campo de investigación.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Variable Independiente

1.3.1.1. *El aluminio*

El aluminio representa el tercer elemento de mayor cantidad en la tierra, sin embargo, no es posible encontrarlo como elemento libre en el ambiente. Asimismo, es considerado como el segundo metal de mayor uso después del hierro. El aluminio se caracteriza por ser un metal liviano, maleable, conductivo, resistente a la corrosión, fácilmente pintable, no magnético, a prueba de agua y olores, además de poseer con un alto poder reductor. En cuanto a su densidad y temperatura de fusión, son bajas, con valores de ($\sim 2,70 \text{ g /cm}^3$) y ($\sim 933 \text{ K}$) respectivamente (Mahinroosta & Allahverdi, 2018).

El aluminio se fabrica mediante dos procesos distintos: la producción primaria, basada en alúmina extraída de la roca de bauxita y la producción secundaria, basado en restos de aluminio y productos de aluminio usados (torneados, láminas, extrusión). La producción primaria de Al necesita mayor consumo de agua y energía y agua, a diferencia de la producción secundaria. De igual manera, la producción primaria de aluminio genera emisiones atmosféricas y residuos sólidos superiores a la producción secundaria (Mahinroosta & Allahverdi, 2018).

1.3.1.2. *Escoria de aluminio*

Existen diferentes desechos durante la producción de aluminio, uno de ellos es la denominada escoria de aluminio, esta se clasifica básicamente en *escoria blanca*, generado de una *fusión primaria*; y *escoria negra*, originada de una *fusión secundaria* (Liu et al., 2017; Mahinroosta & Allahverdi, 2018). La escoria blanca contiene mayor metal de aluminio recuperable (15-70%), en contra parte a la escoria negra, que contiene entre 12 a 18% de metal de aluminio aprovechable. En el proceso de reciclaje (Figura 5) de la escoria de aluminio, esta escoria es molida mecánicamente para luego ser tamizado de manera que se separen las partículas gruesas (con mayor % de metal de aluminio) de los residuos (polvo de aluminio). Las partículas gruesas son nuevamente fundidas en lingotes para ser vendidas, en cambio el polvo es descartado a vertederos por su reducido contenido de aluminio metálico, menor a 10% (Liu et al., 2017).

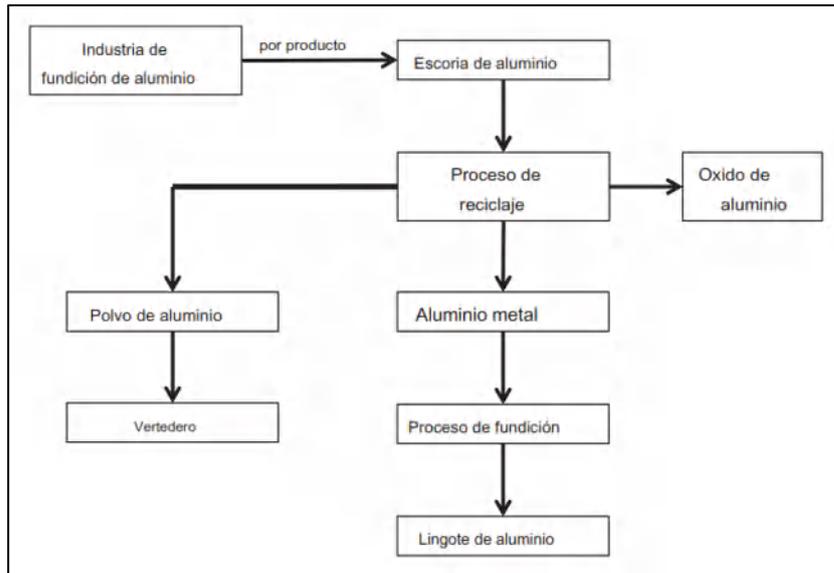


Figura 1. Proceso de reciclaje de escoria de aluminio, diagrama de flujo.
Fuente: (Liu et al., 2017)

1.3.1.3. Polvo de aluminio

Caracterizado como un polvo ligero, sin olor, de color blanco-plateado a gris (Figura 6). Es considerado un material reactivo-inflamable. Debido a la humedad en el ambiente, el polvo de Al, puede incendiarse formado gas hidrógeno inflamable. De igual manera sucede cuando el polvo de aluminio se pone en contacto con agua, ácidos o alcoholes fuertes (Velarde Rubio, 2017). El polvo de aluminio es usado principalmente en la industria química por sus propiedades anticorrosiva y exotérmica, y también en el sector construcción, específicamente en la elaboración de concreto ligero; otra industria donde es usado es la pluvimetalurgia.



Figura 2. Polvo de escoria de aluminio.

1.3.1.4. Polvo de escoria de aluminio

1.3.1.4.1. Obtención del polvo de escoria de aluminio

Existen distintos procesos para la obtención del polvo de aluminio u otro material, (Fernández-Silva, 2013) destaca los siguientes procesos:

- Técnicas Mecánicas: Mecanizado, triturado, molienda de alta energía y aleación mecánica.
- Técnicas Electrolíticas
- Técnicas Químicas: Descomposición (térmica o mediante un gas), precipitación (partiendo de un líquido o de un gas), síntesis reactiva sólido-sólido.
- Técnicas basadas en la atomización: En gas, en agua u otros líquidos, atomización por plasma, atomización centrífuga.
- Técnicas basadas en la evaporación.
- Técnicas especiales para la obtención de nanopartículas

En esta investigación se utilizó la técnica mecánica de triturado o molienda para obtener el polvo de escoria de aluminio.

1.3.1.4.2. Granulometría del polvo de escoria aluminio

El tamaño promedio de partículas de polvo de aluminio industrial de 99% de pureza que se utiliza comúnmente en la producción de concreto celular es de 45 μm (Liu et al., 2017); sin embargo, en esta investigación, se hará uso de del tamiz No. 50 (300 μm) como tamaño de partícula aproximado del polvo de escoria de aluminio, debido que es el menor tamaño que se puede obtener de un proceso de molienda mecánico.

1.3.1.4.3. Composición química del polvo de escoria aluminio

El polvo de aluminio que será utilizado en la investigación se obtendrá de escorias negras o secundarias, Mahinroosta y Allahverdi (2018) realizó una

recopilación de diversas investigaciones donde se obtuvo la composición química de estos residuos.

Tabla 1

Composición química típica de la escoria secundaria de aluminio.

Compuesto / elemento	% en peso
Al ₂ O ₃	42 – 88
SiO ₂	1.3 – 14
Fe ₂ O ₃	0.2 - 2.5
CaO	0.6 - 1.0
MgO	1.8 - 4.2
MnO	0.11
Na ₂ O	0.11 - 2.75
K ₂ O	0.26 - 0.51
TiO ₂	0.13 - 0.31
P	0.01
S	0.22 - 0.26
Cu	0.05 - 0.63
Zn	0.18
Cl	3.90
C	1.25

Fuente: (Mahinroosta & Allahverdi, 2018)

1.3.2. Variable Dependiente

1.3.2.1. **Concreto Ligero.**

Dentro de los tipos de concreto se encuentra el concreto liviano o ligero (LWC), el cual presenta un agente ascendente entre sus componentes que hace aumento de la cantidad de mezcla, sin embargo, el peso muerto de la mezcla se ve disminuido. En comparación con el concreto tradicional, tiene un peso menor y su densidad seca es inferior a 2000 kg/ m³. (Reddy & Kumar, 2017).

Las principales características de LWC son su menor densidad, baja conductividad térmica, disminución de la contracción y su amplia resistencia al calor. Debido a su baja densidad presenta numerosas ventajas como la disminución de la carga, reducción del costo de transporte y mayor velocidad en la construcción (Wongkeo et al., 2012).

1.3.2.2. **Clasificación.**

Kosmatka et al. (2004) diferencia tres tipos de concreto ligero según su uso:

- El **concreto ligero estructural**, concreto producido con el uso de agregados ligeros, cuya densidad seca difiere en valores 1350 - 1850 kg/m³, y posee valores superiores a 180 kg/cm² de resistencia ensayada a los 28 días; este tipo de concreto es usado básicamente para reducir el peso propio de elementos de concreto.
- El **concreto ligero aislante**, con densidades secas que varían de 240 - 800 kg/m³, mientras que su resistencia mecánica varía en valores de 7 - 70 kg/cm², ensayada a los 28 días. Usado principalmente cuando se quiere aislamiento acústico y térmico.
- El **concreto ligero de moderada resistencia**, tiene valores de densidad seca de 800 a 1900 kg/cm³, y en cuanto a su resistencia varía de 70 a 180 kg/cm². Para su elaboración se usan materiales conglomerantes, aire, agua, agregados y aditivos químicos (los dos últimos son opcionales según las densidades que se requiera). Su uso varía según su densidad, desde relleno de pisos y muros para las densidades más bajas; hasta paneles prefabricados, muros colocados en obra para las mayores densidades.

Jiménez Lara (2014) clasifica a los *concretos ligeros de acuerdo a su proceso de elaboración*:

- **Concretos con áridos ligeros:** Los agregados utilizados son de procedencia orgánica (poliestireno expandido o derivados de madera); o de procedencia inorgánica (arcillas, vermiculitas, pizarras expandidas, perlitas, u otros). Se diseñan para una considerable resistencia mecánica, y la granulometría de los áridos es lo más homogénea posible.
- **Concretos sin finos:** Este tipo de concretos se consiguen con la supresión de los áridos finos en su estructura, siendo estos reemplazados con aire. La composición de estos concretos se consigue debido a que los áridos son cubiertos por la pasta de cemento, generando una unión puntual entre las partículas.
- **Concretos celulares:** Categorizados erróneamente como concretos, puesto que en realidad no contienen árido grueso en su formación, en

realidad son morteros conformados por cemento, agua, arena fina y un agente con la capacidad de generar burbujas de gases al interior de la mezcla de mortero; ya sea métodos físicos o químicos.

Concreto Celular

Definiciones

El concreto celular se define como un tipo de mortero de cemento en el cual se insertan burbujas de aire por medio de un agente espumante apropiado. También se le conoce como concreto celular, al concreto cuya densidad varía entre 300 - 1800 kg/m³. Y tenga singulares propiedades, tales como un mínimo consumo de agregado, alta porosidad, elevada flotabilidad, resistencia al fuego, considerable aislamiento térmico, aislamiento acústico transmitido por el aire, bajo peso inherente y una deseable resistencia a la compresión (Raj et al., 2019).

Conocido también como concreto ligero aireado se diferencia al concreto convencional debido a que no contiene agregado grueso, y además posee numerosas ventajas como su baja densidad con mayor resistencia en contraste con el concreto tradicional. Su bajo peso genera la disminución de la carga muerta, resultando ventajoso para limitar el número de elementos estructurales y reducir la carga que se transfiere a los cimientos (Kalpana y Mohith, 2020a).



Figura 3. Bloque de concreto ligero (concreto celular). Fuente: (Archdaily, 2020)

Métodos de fabricación del concreto celular

a) Métodos Espumosos

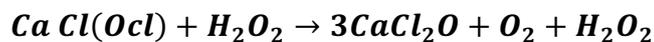
Las espumas usadas pueden ser clasificadas según la naturaleza de esta, y las características que el concreto celular obtendrá con su uso, se diferencian: - Sintético, adecuado para densidades mayores o igual a 1000 kg/m³: y proteína, apropiado para densidades de 400 a 1600 kg/m³ (Raj et al., 2019; Kalpana y Mohith, 2020b). Las espumas a base de proteínas poseen un peso aproximado a 80 g /litro. Estas espumas provienen de las proteínas del cuerno, sangre, huesos y diversos restos de bovinos, cerdos u otras criaturas (Kalpana y Mohith, 2020b).

Se diferencian dos métodos para producir concreto celular espumoso: - La espuma preformada, consiste en generar la espuma separadamente de la mezcla de cemento, agua y arena (mortero) para posteriormente incorporar esta espuma proporcionalmente generando la mezcla final del concreto celular según la densidad requerida. - Espuma combinada, consiste en mezclar todos los componentes del concreto celular a la vez, generalmente se usan aditivos espumógenos (Patiño Mendoza , 2009).

b) Métodos Químicos

Método del peróxido de hidrógeno

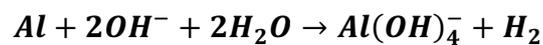
Al mortero de arena, cemento y agua se añade el peróxido de hidrógeno en conjunto con el hipoclorito de calcio que, al mezclarse, reaccionan liberando oxígeno y cloruro de calcio; siendo la reacción química:



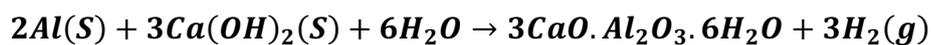
Se genera una expansión más rápido, inclusive durante el proceso de batido por lo que facilita controlar la densidad requerida. En cuanto los moldes, se recomienda que sean de material anticorrosivos, y si se utiliza acero de refuerzo, es recomendable proteger el acero cubriéndolo con sustancias asfálticas o cementos líquidos. Estas recomendaciones se deben a la corrosión que ocasiona el oxígeno y el cloruro de calcio (Patiño Mendoza , 2009).

Método del polvo de aluminio

Para la elaboración de concreto celular por el método del polvo de aluminio se utilizan distintos materiales, pero generalmente se usa una combinación de agua, arena de cuarzo, cal, cemento y el polvo de aluminio. Este último es usado como agente formador de poros o de aireación. El polvo de aluminio produce expansión al combinarse con los álcalis solubles en el cemento, formando pequeñas burbujas de hidrógeno gaseoso (Fudge et al., 2019; Liu et al., 2017). La ecuación de esta reacción se muestra a continuación (Chaipanich & Chindaprasirt, 2015).



También se puede formar hidrógeno gaseoso por medio de la reacción del polvo de aluminio con el hidróxido de calcio (Chen et al., 2017; Kalpana y Mohith, 2020b), como se muestra en la siguiente ecuación (Chen et al., 2017).



Las burbujas de hidrógeno formada en la estructura del concreto celular disminuyen considerablemente su resistencia a la compresión, por lo cual el curado se hace mediante vapor a alta presión (autoclave) (Chaipanich & Chindaprasirt, 2015; Wongkeo et al., 2012). La inclusión de este singular tipo de curado da el nombre *Concreto Celular Autoclavado* (AAC en siglas en inglés), como es mayormente conocido comercialmente el concreto celular producido con polvo de aluminio. El curado en autoclave es factible solo en elementos prefabricados como bloques y paneles, y es aplicado después del vaciado y secado de estos elementos durante 6 o 12 horas, a una presión de 1.2 MPa. y temperatura de 190°C (Kosmatka et al., 2004). Otra ventaja de este curado presenta es que los productos de AAC pueden ser usados dentro de 24 horas, obteniendo una resistencia mecánica equivalente a 28 días bajo curado al aire libre; (Chaipanich & Chindaprasirt, 2015).

Sin embargo, es correcto afirmar que el método de polvo de aluminio es factible en secado al ambiente, pero no se obtendrían productos óptimos en calidad en comparación a un curado en autoclave. Un motivo son las contracciones por secado, las serán mucho mayores en un curado al aire libre, por lo que se podría especular una pérdida de resistencia del 40% de la resistencia inicial al cabo de dos años. Además, en cuanto a las densidades recomendables para el concreto

celular producido por este método, se encuentran en un rango de 400 a 800 kg/m³, y valores de 30 a 160 kg/cm² en cuanto su resistencia, pero al no utilizar el curado en autoclave, sino un secado ambiental, no se lograrían estas densidades con la resistencia recomendable, por ejemplo, para una resistencia mecánica de 160 kg/cm², la densidad requerida sería de 1500 kg/m³, lo que ocasionaría un aumento de la cantidad de cemento a emplear, resultando antieconómico su producción (Sanabria, s.f.).

Finalmente, este es el método del polvo de aluminio es el seleccionado en la presente investigación para la elaboración de los bloques de concreto ligero.

1.3.2.3. Componentes del concreto ligero.

Agregados

También conocidos como áridos, se definen como materiales granulares, tales como grava, arena, piedra triturada o escoria de alto horno de hierro, que, al ser utilizados junto agua y cemento, conforman una mezcla denominada concreto (Sanchez de Guzman, 2001).

Clasificación de los agregados

La normativa ASTM C125 (2020) clasifica los agregados según su tamaño de partícula:

- **Agregado grueso;** aquellos áridos que son retenidos al no lograr pasar por la malla No. 4 (4.75 mm).
- **Agregado fino;** aquellos áridos que logran pasar por la malla 3/8 pulg. (9.5 mm), pasando casi en su totalidad malla No. 4 (4.75 mm), y a la vez son retenidos por la malla No. 200 (75 µm).

Según su densidad:

En la Tabla 2, se observa la clasificación de los agregados según su densidad o peso unitario, mostrando el peso unitario conseguido por el concreto, un ejemplo de estructura donde se utiliza el tipo de concreto, así como también un ejemplo de los agregados.

Tabla 2*Clasificación de los agregados según su densidad.*

Tipo de concreto	Peso unitario aprox. del concreto kg/m ³	Peso unitario del agregado kg/m ³	Ejemplo de utilización	Ejemplo de agregado
Ligero	400-800	60-480	Concreto para aislamientos	Piedra pómez Perlita
	950-1350	480-1040	Concreto para rellenos y mampostería no estructural	Perlita
	1450-2000		Concreto estructural	
Normal	2000-2500	1300-1600	Concreto estructural y no estructural	Canto rodado Agregado del río
Pesado	2500-5600	3400-7500	Concreto para protección contra radiación gamma o X, y contrapesas	Piedra barita, magnetita

Fuente: Sanchez de Guzman (2001).

En la fabricación de bloques de concreto ligero, la normativa ASTM C331/C331M-17 (2017, p. 1) diferencia tres tipos de agregado ligero:

- Agregados obtenidos de la expansión, peletización o sinterización de materiales como: arcilla, diatomita, escoria de alto horno, cenizas volantes, pizarra o shale.
- Agregados obtenidos mediante el tratamiento de materiales de origen natural, como escoria o toba, piedra pómez.
- Agregados obtenidos de la combustión de coque o carbón.

Propiedades a los agregados

Entre las principales propiedades tenemos:

Granulometría

La granulometría se conceptualiza como la distribución de las partículas del agregado según sus dimensiones. Este proceso se obtiene separando una muestra de agregado seco mediante el uso de una serie de tamices de rendijas

cuadrangulares determinadas (Rivva, 2004). La granulometría de estos materiales debe estar conforme a los requisitos la normativa internacional ASTM C33/C33M y a la normativa peruana NTP 400.037. En el caso de agregados ligeros en la elaboración de bloques de concreto, los requisitos serán acorde a la normativa ASTM C331/331M.

Peso Unitario Suelto y Compactado

Aplicado en condiciones del material compactado o suelto y denominado frecuentemente como densidad aparente, se define como el peso de un volumen de agregados sueltos o compactados, donde se incluye los volúmenes de las partículas de agregados y de los vacíos de aire. Expresados en lb/ft³ [kg/m³] (ASTM C29/C29M-17a, 2017, p. 2).

Absorción

Proceso donde un líquido es absorbido, tendiendo a ocupar los poros permeables en un elemento sólido poroso. El peso del elemento sólido aumenta debido al líquido impregnando en los poros permeables del sólido (ASTM C125-20, 2020, p. 1).

Contenido de humedad

Kosmatka et al. (2004, p. 65) menciona que el cálculo del contenido de humedad de los agregados se realiza acorde a las normativas ASTM C 566 o NTP 339.185. En los métodos mencionados, una muestra de húmeda de agregado es secada en un horno (usual ventilado, microondas o eléctrico) o en su defecto encima de una placa en contacto directo al fuego. Conociendo las masas antes (H = masa original) y luego del secado (S = masa seca), es viable determinar el contenido de humedad en porcentaje (P) con la siguiente formula:

$$P = 100 (H - S)/S.$$

Cemento

Se considera como cemento a aquellos materiales finamente molidos que, por medio de la adición de una ración adecuada de agua, adquieren la particularidad de formar una mezcla conglomerante con la capacidad de solidificarse generando compuestos estables (Rivva, 2004).

Cemento Portland

Es un producto comercial factible de adquirir qué; al mezclarse con agua, ya sea con o sin agregados, obtiene la propiedad de formar una pasta endurecida al reaccionar gradualmente con el agua. Conformado en esencia por Clinker pulverizado, fabricado por proporciones definidas de mezclas de sílice, alúmina, fierro y cal que son puestas en cocción a altas temperaturas (Abanto Castillo, 2009, p. 15).

Un aspecto importante es la composición química del cemento, según (Sanchez de Guzman, 2001) los componentes y porcentajes típicos son de la siguiente manera:

Tabla 3

Límites de composición aproximados en óxidos para el cemento portland.

Compuesto/Oxido	Contenido por ciento (%)
CaO	60 – 67
SiO ₂	17 – 25
Al ₂ O ₃	3 – 8
Fe ₂ O ₃	0.5 - 6.0
MgO	0.1 - 4.0
Alcalis	0.2 - 1.3
SO ₃	1 – 3

Fuente: (Sanchez de Guzman, 2001)

Según ASTM C150/C150M-20 (2020, p. 1) diferencia diez tipos de cementos portland:

- Tipo I: usado cuando no se pretende adquirir las propiedades particulares requeridas en cualquier otro tipo de cemento.
- Tipo IA: empleado cuando se desea incorporación aire con usos idénticos al tipo I.
- Tipo II: De uso genérico, específicamente cuando se pretenda una resistencia medida a los sulfatos.

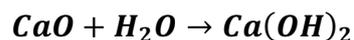
- Tipo IIA: empleado cuando se desea incorporación aire con usos idénticos al tipo II.
- Tipo II (MH): De uso genérico, precisamente cuando se pretenda una resistencia medida a los sulfatos y un calor medido de hidratación.
- Tipo II (MH) A: empleado cuando se desea el arrastre de aire con usos idénticos al tipo II (MH).
- Tipo III: empleado cuando se pretenda una elevada resistencia temprana.
- Tipo IIIA: empleado cuando se desea incorporación aire con usos idénticos al tipo III.
- Tipo IV: empleado cuando se pretenda un reducido calor de hidratación.
- Tipo V: empleado cuando se pretenda una elevada resistencia al sulfato.

Cal

Lyons (2006) afirma que la cal se obtiene calcinando carbonato de calcio natural, generalmente de piedras calizas carboníferas de roca dura. El mineral extraído pasa por un proceso de molienda, lavado y tamizaje (según el tamaño deseado). En hornos rotativos horizontales o de eje vertical, la piedra caliza es quemada a 950°C aproximadamente, expulsando dióxido de carbono para fabricar cal viva o cal en terrones (óxido de calcio).

Cal Hidratada

También llamada cal apagada o hidróxido de calcio, conseguida al adicionar agua controladamente a la cal viva, generando una reacción altamente exotérmica. Este material generalmente se encuentra como un polvo seco (Lyons, 2006).



La cal hidratada al ser añadido al mortero de cemento, aumenta la retención de agua de este, conservando su trabajabilidad. Además, la cal genera un aumento de la cohesión de las mezclas de mortero, lo que le permite extenderse más fácilmente. También es apropiado su uso en la producción de bloques de concreto celular (Lyons, 2006).



Figura 4. Cal hidratada siendo ensayada.

Agua

La mayoría de aguas naturales que sean aptas para el consumo humano y no posean un fuerte olor o sabor, pueden ser usadas como aguas de mezcla para la elaboración de concreto. Esto no quiere decir que no sea posible el uso de aguas no potables para la preparación de concreto (Kosmatka et al., 2004, p. 95). Sin embargo, si existe incertidumbre de la calidad del agua a usarse en la elaboración de la mezcla de concreto, por medio de un análisis químico se determina la cantidad sustancias existentes y pueden ser comparados con los valores admisible de la Tabla 4 (Abanto Castillo, 2009, p. 21).

Tabla 4

Cantidades máximas tolerables de sustancias disueltas en agua para concreto.

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MAXIMO TOLERABLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: (Abanto Castillo, 2009)

1.3.2.3.1. Propiedades del concreto ligero en estado fresco.

Temperatura

La temperatura tiene gran importancia en las propiedades del concreto fresco como el concreto endurecido, sin embargo, la mayoría de especificaciones se limitan al concreto en estado fresco. Se hacen uso de termómetros de vidrio o también termómetros electrónicos. La precisión de estos debe ser de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, la parte sensitiva del termómetro debe estar rodeado por lo menos 75 mm de concreto y deberá estar como mínimo 2 minutos para una lectura correcta (Kosmatka et al., 2004, p. 331).

Trabajabilidad y Consistencia

La *trabajabilidad* se define como la facilidad que presenta una mezcla de concreto fresco para mezclarse, manejarse, consolidarse y transportarse y finalmente vaciarse a su posición final sin presentar segregación. La trabajabilidad depende de factores como las propiedades físicas y raciones de los materiales, las dimensiones del elemento y su espaciamiento, y situación de la puesta en obra (Quiroz y Salamanca, 2006, p. 110).

La consistencia de una mezcla de concreto esta precisada por el grado de humedecimiento, supeditado básicamente a la dosis de agua usada en la mezcla (Abanto Castillo, 2009). La consistencia es medida mediante el ensayo de revenimiento conocido también como asentamiento o "Slump test" (ASTM C143/C143M, NTP 339.035), siendo este el método más usado y el de mayor aceptación (Kosmatka et al., 2004, p. 330). La trabajabilidad y consistencia para concretos livianos es medida por el método de ensayo de esparcimiento (Raj y otros, 2019).

Peso Unitario

En la determinación del peso unitario del concreto en estado fresco se hace uso de un molde rígido, cuyas medidas dependen del máximo tamaño del agregado. Se colocan tres capas del mismo espesor dentro del molde, compactándolo con una varilla de acero con punta redonda, aplicando 25 golpes homogéneamente sobre el área de cada una de las capas colocadas. La masa del concreto se determina de la sustracción de la masa total (molde y mezcla de concreto fresco)

con la masa del molde; y este resultado se divide por el volumen del molde obteniendo el Peso Unitario, en kg/m³ (ASTM C138/C138M-17a, 2017).

Contenido de aire

En lechadas de cemento, morteros o concretos, el contenido de aire consiste en el volumen de vacíos de aire originado por el espacio de los poros en partículas agregadas, se expresa frecuentemente como un porcentaje total del volumen de la lechada, mortero o concreto (ASTM C125-20, 2020).

Para determinar el contenido aire en concretos, se puede hacer uso de varios métodos. El *método por presión* (normativas ASTM C 231, NTP 339.080) basado en la ley de Boyle, relacionando presión con volumen. Así como también el *método volumétrico* (ASTM C 173, NTP 339.081), donde por medio de la agitación del concreto dentro de un excedente de agua, se puede remover el aire de un preestablecido volumen de concreto, este método es aplicable incluso para concretos ligero. Por último, el *método gravimétrico* (ASTM C 138, NTP 339.046); consiste en la diferencia de la densidad teórica (calculada con volúmenes absolutos de los ingredientes de la mezcla) menos la densidad medida en laboratorio del concreto, expresada en porcentaje de la densidad teórica (Kosmatka et al., 2004, pp. 332-333).

1.3.2.4. Bloques de concreto

Definido como una unidad de mampostería de concreto hecha a base de agregados, cemento portland y agua, a esta mezcla se pueden incluir otros materiales (ASTM C1232-17, 2017, p. 2). Parsekian et al. (2019) resume que el proceso a seguir para la obtención de bloques de concreto, dentro de las propiedades estándar, en los siguientes pasos:

- Elección de materiales
- Dosificación de materiales
- Mezcla
- Prensado vibratorio
- Curado

En la producción de los bloques de concreto se pueden añadir otros aglutinantes o rellenos no reactivos, como escorias de alto horno o cenizas volantes. De igual manera es posible agregar aditivos, materiales puzolánicos y pigmentos. Agregados livianos como las piedras pómez, rocas de esquisto expandido, entre otros; pueden ser utilizados para elaborar bloques livianos (Parsekian et al., 2019).

Clasificación de los bloques de concreto.

Según su uso estructural.

La normativa técnica E.070 clasifica a los bloques de concreto en dos clases, bloques portantes, utilizado en el levantamiento de muros de carga; y bloques no portantes, utilizados en muros de tabiquería; estas unidades deben cumplir las siguientes características:

Tabla 5

Clasificación de bloques de concreto para fines estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	(máxima en porcentaje)				
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
Bloque P	±4	±3	±2	4	4,9 (50)
Bloque NP	±7	±6	±4	8	2,0 (20)

Fuente: (NORMA E.070, 2020).

Según su densidad

La normativa internacional (ASTM C129-17, 2017) y la normativa peruana (NTP 399.600, 2017) coinciden en la clasificación de los bloques de concreto según su densidad seca al horno.

Tabla 6

Clasificación por peso de los bloques de concreto.

Clasificación por peso	Densidad seca al horno lb/pie³ (kg/m³)
Peso Liviano	Menor que 105 (1680)
Peso Medio	105 a menos de 125 (1680 a 2000)
Peso Normal	125 (2000) o más

Fuente: (NTP 399.600, 2017)

Dentro de la clasificación de bloques no portante y bloques de peso liviano se encuentra clasificado el bloque de concreto ligero a evaluar en la presente investigación.

Bloques de concreto ligero

Se conoce como bloque de concreto ligero a la “unidad cuya densidad de secado en horno es inferior a 105 lb/ft³ (1680 kg/m³)” (ASTM C1232-17, 2017).

Los bloques con los cuales se trabajará en esta investigación, como ya se mencionó anteriormente, será obteniendo un concreto ligero por medio del método de concreto celular usando polvo de aluminio, método que coincide en la producción de los bloques de concreto celular autoclavado (AAC), a continuación, se describirá las características principales de estos bloques.

Bloques de concreto celular autoclavado

Este tipo de bloques se elaboran como bloques prefabricados, usados principalmente por su peso mucho menor en contra parte al concreto común (su peso varía de un sexto a un tercio del concreto tradicional). A parte de su peso liviano, proporciona un considerable aislamiento acústico y térmico, debido a su estructura porosa que posee entre un 60 a 70% de aire, con lo cual consigue la capacidad de amortiguar la energía de vibración mecánica producida por el sonido. Estas características hacen a los bloques de mampostería ideal en para la construcción de muros en edificios residenciales, hospitales y universidades de varias plantas (Chaipanich & Chindaprasirt, 2015).

En cuanto a las dimensiones, al producirse los bloques en fabrica, estos productos se pueden elaborar de distintas formas y tamaños, pudiendo

adaptarse a los requisitos del mercado local. Incluso, debido a su textura y dureza se puede proporcionar ranuras o huecos (antes o después del autoclave) en las unidades para una mejor adherencia con el mortero en la construcción de mampostería (Fudge y otros, 2019). La longitud estándar de estos bloques (610 mm) es mayor a la longitud de los bloques de concreto convencional (410 mm), sin embargo, a pesar de su mayor tamaño, es más liviano; un bloque AAC de gran tamaño es semejante en peso a un bloque de tamaño mediano de concreto convencional (Chaipanich & Chindaprasirt, 2015).

En cuanto la resistencia de los bloques de AAC, se ven directamente relacionada a la densidad de los bloques, es así que unos países utilizan “clases de resistencia” (Tabla 7) para los productos AAC (ASTM C1693-11, 2017).

Tabla 7

Características típicas del concreto celular autoclavado (AAC).

Clases de resistencia	Resistencia a la compresión, psi (MPa)	Densidad aparente nominal en seco, lb/ft ³ (kg/m ³)	Límites de densidad, lb/ft ³ (kg/m ³)	Contracción de secado promedio, %
	Min			
AAC-2	290 (2.0)	25 (400)	22 - 28 (350 - 450)	≤ 0.02
		31 (500)	28 - 34 (450 - 550)	
AAC-3	435 (3.0)	31 (500)	28 - 34 (450 - 550)	
		37 (600)	34 - 41 (550 - 650)	
AAC-4	580 (4.0)	31 (500)	28 - 34 (450 - 550)	
		37 (600)	34 - 41 (550 - 650)	
AAC-5	725 (5.0)	37 (600)	34 - 41 (550 - 650)	
		44 (700)	41 - 47 (650 - 750)	
AAC-6	870 (6.0)	37 (600)	34 - 41 (550 - 650)	
		44 (700)	41 - 47 (650 - 750)	

Fuente: (ASTM C1693-11, 2017)

1.3.2.5. Propiedades de los bloques de concreto ligero

1.3.2.5.1. Propiedades físicas

Absorción

La absorción de los bloques de concreto se expresa tanto en porcentaje como peso de agua por volumen de concreto, y es definida como la porción de agua a consecuencia de la diferencia entre un bloque de concreto en condición

saturada y uno secado al horno, conforme a las estipulaciones de los Métodos de ensayo C 140 (ASTM C1232-17, 2017).

En bloques ligeros, la absorción se encuentra en valores de 280 kg/m³ o 13%; en cuanto los bloques de peso normal, sus valores están alrededor de 200 kg/m³ o 10%. Valores elevados de absorción son causados por una falta de compactación, y generalmente tiene valores bajos de resistencia. Para aumentar la resistencia generalmente se aumenta la cantidad de cemento, sin embargo, esto puede ocasionar la contracción de bloques y futuras grietas (Parsekian et al., 2019).

Densidad y Contenido de Humedad

La densidad se refiere a la relación establecida entre la masa (peso) y el volumen en bruto de una unidad de mampostería (Arias et al., 2013). Los bloques de concreto con densidades inferiores a 1700 kg/m³ se califican usualmente como ligeros, en cambio los bloques como densidades mayores a 2000 kg/m³ se les denomina bloques de peso normal (Parsekian et al., 2019).

El contenido de humedad es la cantidad de agua que presenta el bloque de concreto al momento de ser evaluado. Generalmente se expresa como un porcentaje del peso del espécimen secado en horno (Arias et al., 2013).

Variación dimensional

Las dimensiones de un bloque de concreto están especificadas según el fabricante, sin embargo, la (NTP 399.602, 2002) establece longitudes estándares para bloques huecos de concreto (Tabla 8). Ninguna medida del bloque (largo, ancho y altura) debe diferenciar en ± 3 mm (1/8 pulg.) de las medidas modulares especificadas (Parsekian et al., 2019; ASTM C129-17, 2017). Para medir esta propiedad se hará uso de los métodos encontrados en las normativas (ASTM C140/C140-18, 2018) y (NTP 399.604, 2002).

Tabla 8

Medidas estándares para los bloques huecos.

Largo (& (cm)	Ancho (a) (cm)	Alto (h) (cm)
29	14	
39	14	19
39	12	

Fuente: (NTP 399.602, 2002)

1.3.2.5.2. Propiedades mecánicas

Resistencia a la compresión (f'_{b})

Definida como la fuerza máxima compresiva que puede soportar un bloque o espécimen, que es dividido por el área de la sección transversal donde es aplicado, siendo está área bruta o neta (Arias et al., 2013). La resistencia a la compresión de los bloques es fundamental por dos motivos: Si la resistencia del bloque es elevada, de igual manera será su durabilidad; y, en conjunto con un adecuado diseño mortero, será de suma importancia en la resistencia a la compresión de los elementos de mampostería (Parsekian et al., 2019).

Resistencia a la compresión de pilas (f'_{m})

La mampostería se conceptualiza como “un producto de construcción no combustible hecho por el hombre destinado a ser colocado a mano y unido por mortero, lechada u otros métodos de unión” (ASTM C1232-17, 2017).

Las pilas de mampostería son prismas elaborados por dos o más hileras de bloques o ladrillos; que son asentadas una encima de otra haciendo uso de mortero para adherirlos. La altura total de las pilas no debe ser desmedida, de manera que su construcción, almacenamiento y traslado (desde obra hacia un laboratorio) sea lo más sencillo posible. A los 28 días de ser hechas, las pilas se someten a compresión axial, obteniendo valores que son utilizados en el diseño estructural de los muros de una edificación, y a la vez representan un parámetro de calidad en el control de construcciones de albañilería (Quiun

Wong, 2005). Este método de ensayo se encuentra detallado en las normativas (ASTM C1314-18, 2018) y (NTP 399.605, 2013).



Figura 5. Ensayo de compresión axial de prismas de albañilería. Fuente: (Navas Carro, 2007)

Resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería ($V'm$)

Tiene como fin medir con la mayor precisión posible la resistencia a la compresión diagonal (corte) de la albañilería. Haciendo uso de especímenes representativos de un muro de albañilería a escala natural, siendo las dimensiones de estos especímenes o muretes de 60cm x 60cm como mínimo. El ensayo se realiza después de 28 días desde el asentado del murete (NTP 399.621, 2004). Las variables que afectan la resistencia al corte son: el tipo de bloque usado, el tipo de mortero y sobre todo la adherencia bloque-mortero. En el momento de la rotura se en la prensa hidráulica de compresión se puede observar el tipo de falla ocasionado, siendo estas las de la Figura 6 (Fernández Baqueiro et al., 2009).

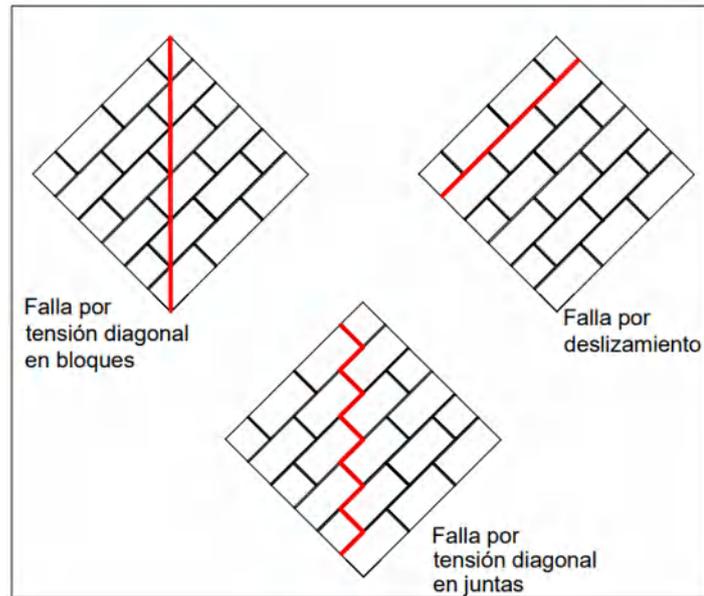


Figura 6. Tipos de fallas por compresión diagonal en muretes de albañilería.

Fuente: (Fernández Baqueiro et al., 2009)

1.3.3. Impacto Ambiental

La escoria de aluminio es uno de los tipos de desechos de refinación de las fundiciones de aluminio que existen, siendo estos clasificados como peligrosos, y la eliminación segura de estos desechos es la mayor preocupación de las empresas industrializadas. El vertido de residuos es un peligro tanto para las personas, las plantas, los organismos y sobre todo el medio ambiente. La escoria de aluminio residual está conformada por sustancias metálicas y no metálicas como carburo, alúmina, nitruro y óxido de metal de sal. En estos procedimientos, ocurre la creación de escoria de aluminio. Una película de óxido se sobre el aluminio metálico, en el momento de la fundición cuando el aluminio líquido interactúa con el oxígeno climático. Aquí es donde este óxido, la escoria de aluminio, es expulsado físicamente del aluminio líquido caliente (Verma y otros, 2021).

Gran cantidad de la escoria de aluminio producida se deposita en vertederos, siendo este un método inapropiado para disponer un elemento de desecho tan inseguro. La eliminación de la escoria de aluminio es una preocupación actual para todas las fundidoras de aluminio (Verma y otros, 2021).

1.3.4. Seguridad y salud ocupacional

En la obtención de la escoria de aluminio, precisamente al proceso de fundición (ya sea fusión primaria o fusión secundaria) representa serios problemas para seguridad y salud del personal que maneja estos metales. La inhalación de una diminuta porción de aluminio, puede entrar directamente al cuerpo a través de los pulmones generando problemas respiratorios tales como tos, inclusive puede generar problemas digestivos y una alteración del sistema nervioso si la cantidad de polvo de aluminio es significativa (Brough & Jouhara, 2020).

1.3.5. Gestión de riesgos y prevención

La escoria de aluminio se clasifica como un residuo peligroso y tóxico. Compuesto por Al, Al_2O_3 , espinela de magnesio, óxido de magnesio/periclasa, óxido de silicio/cuarzo, fundente de sal usado, carburos y nitruros. Se considera altamente irritante, inflamable, nocivo y lixiviable. Por lo cual, su eliminación es un verdadero riesgo. Un riesgo notable de la escoria, es la formación de gases altamente peligrosos y dañinos, en los cuales destaca: amoníaco (NH_3), metano (CH_4), fosfina (PH_3), hidrógeno (H_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S). Otro riesgo es la liberación de iones metálicos que, al filtrarse, contaminan las aguas subterráneas. A pesar de los riesgos que representa la escoria de aluminio, al poseer aún una pequeña cantidad de aluminio aleado, se ha tratado de industrializarlo como producto comercial, por ejemplo, como agente fundente en la industria del acero (Brough & Jouhara, 2020).

1.3.6. Estimación de costos

La estimación de costos del proyecto es de suma importancia para evaluar viabilidad futura de la realización del proyecto planteado en la investigación a una mayor escala, haciendo uso de programas o softwares usados en la elaboración de presupuestos. En el presente proyecto de investigación los principales gastos requeridos fueron los materiales de construcción y el servicio de ensayo de materiales para la obtención de las propiedades de los especímenes de concreto.

1.3.7. Normativa

La normativa usada, tanto nacional (Normas Técnicas Peruanas) como internacional (normativas ASTM), para la correcta realización de los ensayos de laboratorio se detalla a continuación en la Tabla 9.

Tabla 9

Normativas utilizadas y descripción de los ensayos realizados.

NORMA TECNICA PERUANA Y/O NORMATIVA INTERNACIONAL "ASTM"	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO REALIZADO
NTP 400.012 o ASTM C136	Análisis granulométrico por tamizado
NTP 400.017 o ASTM C29	Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado
NTP 339.185 o ASTM C566	Contenido de humedad del agregado por secado al horno.
NTP 400.022 o ASTM C128	Peso específico y absorción del agregado
NTP 400.018 o ASTM C177	Porcentaje de materiales más finos que pasan por el tamiz N°200.
NTP 334.168 o ASTM C110	Peso Unitario Suelto y Compactado de la cal
NTP 334.168 o ASTM C110	Gravedad específica de la cal
NTP 334.005 o ASTM C188	Gravedad específica del polvo de escoria de aluminio
NTP 334.057 o ASTM C1437	Determinación de fluidez del mortero.
NTP 334.051 o ASTM C109	Resistencia a la compresión de cubos de mortero.
NTP 339.184 o ASTM C1064	Temperatura del concreto en estado fresco.
ASTM D6103	Consistencia de flujo de la mezcla de concreto
NTP 339.046 o ASTM C138	Peso unitario y contenido de aire del concreto fresco
NTP 339.604	Variación dimensional de los bloques de concreto ligero
	Determinación de la densidad y absorción de los bloques de concreto ligero
	Resistencia a la compresión de los bloques de concreto ligero.
NTP 339.613	Determinación del alabeo de los bloques de concreto ligero
	Determinación de la succión de los bloques de concreto ligero
NTP 399.605	Resistencia a la compresión de prismas de albañilería
NTP 399.621	Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería

1.3.8. Estado del arte

Aluminio y Escoria de aluminio

Se puede afirmar del aluminio como el elemento metálico más abundante en el planeta representando un 7.96% del total; y según diversas predicciones sobre el aumento de la demanda mundial de aluminio, se ha provisto que la demanda de aluminio se duplicará en los próximos diez años, otras predicciones sugieren que esta cifra de demanda se alcance para el año 2050 (Brough & Jouhara, 2020); esta inmensa demanda producirá también grandes cantidades de residuos de aluminio, como la escoria de aluminio.

Las escorias de aluminio se forman cuando se hace uso de sales para la fundición secundaria de aluminio, que consiste principalmente en aluminio de baja calidad. Estas sales fundidas disminuyen la temperatura de fusión, protegiendo el aluminio contra la oxidación; disolviendo, absorbiendo y permitiendo óxidos metálicos e impurezas se separen con facilidad del metal aluminio, de tal manera que se produce la escoria de aluminio. La composición promedio de estas se resume en: aluminio metálico (3–9% en peso); óxidos (20–50% en peso), incluidos Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , MgO y SiO_2 , salmueras fundentes (50–75% en peso), y otros componentes como NaI , Al_4C_3 , Na_2SO_4 , Na_2S , Al_2S_3 y Si_3P_4 . (Gil & Korili, 2016)

Bloque de concreto ligero

Los bloques de concreto forman parte fundamental de la mayoría de las edificaciones y tienen un papel relevante en la construcción de muros de albañilería. En la antigua Roma, se utilizó por primera vez morteros de cemento para adherir piedras con el fin de construcción de edificios alrededor del año 200 a.C. Los romanos también fueron los que iniciaron en la fabricación de bloques pequeños de concreto prefabricado, que al día de hoy se siguen usando. Existen diferentes tipos de bloques de concreto actualmente, cada uno con su uso en particular en la construcción de edificaciones (Hadi & Sarwar, 2019).

Los bloques de concreto ligero son de tipo moderno, y se usa variadas formas en el levantamiento de edificios debido a su reducido peso, en contraparte con otros tipos de bloques. La composición del concreto ligero está conformado por agregados livianos, que pueden ser naturales o artificiales; y como segundo

componente fundamental están los aditivos, que pueden ser inclusores de aire o que desprenden gases (Hadi & Sarwar, 2019).

1.3.9. Definición de términos

Agregado fino: Se considera al material granula que pasa el tamiz N°4 (4.75 mm), comúnmente son arenas naturales o de trituración de rocas.

Aluminio: Metal de aspecto plateado de peso liviano, proveniente de la explotación del mineral bauxita.

Bloque de concreto: Unidad de albañilería hecha a base de concreto de fácil manipulación manual.

Cemento: Material conglomerante hecho a base de caliza y arcillas calcinadas pulverizadas, que presenta la capacidad de solidificarse al contacto con agua.

Compresión axial: Aplicación de una fuerza axial a lo largo del eje longitudinal de un cuerpo.

Concreto: Mezcla de agregados pétreos, material conglomerante y agua, que una vez endurecido presentan características mecánicas idóneas.

Densidad: Magnitud escalar, donde relaciona la cantidad de masa en un volumen conocido.

Fundición: Proceso metalúrgico, donde se calienta el metal a tal punto de que es capaz de ser vaciado en moldes para la fabricación de piezas.

Granulometría: Ensayo para la medición de partículas o gradación de una muestra de suelo o agregado pétreo.

Muretes: Elemento construido a partir de unidades de albañilería con el fin de medir esfuerzos de compresión diagonal.

Pilas: Elemento construido con unidades de albañilería, apilados uno sobre otro, unidos con un mortero de cemento.

Pulverización: Proceso mecánico donde se reduce el tamaño de partículas de materiales sólidos.

1.4. Formulación del problema

¿En qué medida la incorporación de polvo de escoria de aluminio influye en las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto ligero?

1.5. Justificación e importancia del estudio

1.5.1. Justificación Ambiental

La escoria de aluminio generalmente es reutilizada en los procesos de fundición para producir nuevas piezas de aluminio, sin embargo, existen partículas de tamaño reducido que no son consideradas por su bajo contenido de aluminio metálico y son desechados, representando un problema medioambiental por la dificultad de su eliminación. Esta investigación se justifica ambientalmente al reutilizar estos residuos de aluminio en la elaboración de bloques de concreto ligero, y así contribuir en la disminución de desechos industriales.

1.5.2. Justificación Tecnológica

La presente investigación se ve justificada tecnológicamente debido a la importancia de producir nuevos materiales de construcción, en este caso los bloques de concreto ligero elaborados por el método químico de polvo de aluminio, el cuál es inusual en el mercado nacional y no ha sido evaluado en estudios anteriores.

1.5.3. Justificación Social

En el ámbito social, la investigación se justifica en la necesidad de construir edificaciones de considerable altura, debido a la constante demanda de viviendas que existe en la actualidad; estas edificaciones construidas típicamente con concreto y ladrillos de arcilla, presentan problemas estructurales a causa del elevado peso que representan sus componentes. Conllevando a la utilización de los bloques de concreto ligero, evaluados en esta investigación, como alternativa de solución a la demanda de construcciones de gran altura.

1.6. Hipótesis

La incorporación del polvo de escoria de aluminio mejorará significativamente las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto ligero.

1.7. Objetivos

1.7.1. *Objetivo general*

Evaluar las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto ligero con incorporaciones de polvo de escoria de aluminio.

1.7.2. *Objetivos específicos*

1. Determinar las propiedades físicas de la arena gruesa y cal hidratada utilizadas en los diseños de mezcla de los bloques de concreto ligero.
2. Determinar las propiedades físicas del polvo de escoria de aluminio.
3. Determinar el diseño mezcla patrón (cemento: cal: arena) y la relación agua – cemento para los bloques de concreto ligero.
4. Evaluar las propiedades frescas de las mezclas de concreto ligero incorporando polvo de escoria de aluminio en 3%, 6% y 9% del peso del cemento.
5. Evaluar las propiedades físicas de los bloques de concreto ligero incorporando polvo de escoria de aluminio en 3%, 6% y 9% del peso del cemento.
6. Evaluar las propiedades mecánicas de los bloques de concreto ligero incorporando polvo de escoria aluminio en 3%, 6% y 9% del peso del cemento.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de Investigación

La presente investigación posee un enfoque cuantitativo, debido a que refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de la investigación, además que presenta un conjunto de procesos secuencial y probatorio (Hernández-Sampieri et al., 2014), en este caso las magnitudes a medir son las propiedades tanto físico como mecánicas de los bloques de concreto ligero con incorporación de polvo de escoria de aluminio.

La investigación también es de tipo Aplicada – Tecnológica, debido que la investigación está dirigida a encontrar nuevos conocimientos o soluciones prácticas a problemas existentes, y que estos dichos conocimientos se puedan plasmar en nuevos productos, métodos o procedimientos (Fresno Chávez, 2019).

2.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de investigación es experimental, debido a que se manipula una o más variables de la investigación (independientes) con el fin de evaluar las consecuencias que generara en las otras variables (dependientes), midiendo las causas efectos de la variable dependiente (Hernández-Sampieri et al., 2014). De acuerdo la presente investigación, se presenta el correspondiente esquema de estudio.

$$X \rightarrow Y$$

$$Gp_1 \text{ -----} \rightarrow Px_0 \text{ -----} \rightarrow Ox_1$$

$$Gp_2 \text{ -----} \rightarrow Px_2 \text{ -----} \rightarrow Ox_2$$

$$Gp_3 \text{ -----} \rightarrow Px_3 \text{ -----} \rightarrow Ox_3$$

$$Gp_3 \text{ -----} \rightarrow Px_3 \text{ -----} \rightarrow Ox_4$$

Donde:

Gp_{1-4} : Grupo de pruebas

Px_0 : Prueba experimental, 0% de polvo de escoria de aluminio.

Px_1 : Prueba experimental, 3% de polvo de escoria de aluminio.

Px_2 : Prueba experimental, 6% de polvo de escoria de aluminio.

Px_3 : Prueba experimental, 9% de polvo de escoria de aluminio.

Ox_{1-4} : Observación de resultados de la incorporación de polvo de escoria de aluminio.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población de estudio para la presente investigación son los bloques de concreto ligero que serán ensayados según los métodos de ensayo ASTM C138/138M, ASTM C1611/C1611M, ASTM C140/C140M.

2.2.2. Muestra

La muestra a estudiar está constituida por un total de 156 bloques de concreto ligero para la realización de los ensayos de laboratorio a los bloques después de 7, 14 y 28 días de su fabricación, incorporando polvo de escoria de aluminio en porcentajes 3%, 6% y 9% del peso de los componentes sólidos. Las cantidades de bloques utilizados según cada diseño de mezcla se especifican en la Tabla 10.

Tabla 10*Cantidad de bloques de concreto ligero por diseño de mezcla.*

ELEMENTOS	TIPO DE ENSAYO	ENSAYOS			BLOQUES POR ENSAYO	TOTAL DE BLOQUES
		7 días	14 días	28 días		
Bloque de concreto ligero patrón	Absorción y densidad endurecida	3	0	0	1	3
	Succión	3	0	0	1	3
	Resistencia a la compresión f'b	3	3	3	1	9
	Resistencia de prismas de albañilería f'm	0	0	3	2	6
	Compresión diagonal en muretes de albañilería	0	0	3	6	18
Bloque de concreto ligero con 3% de polvo de escoria de aluminio	Absorción y densidad endurecida	3	0	0	1	3
	Succión	3	0	0	1	3
	Resistencia a la compresión f'b	3	3	3	1	9
	Resistencia de prismas de albañilería f'm	0	0	3	2	6
	Compresión diagonal en muretes de albañilería	0	0	3	6	18
Bloque de concreto ligero con 6 % de polvo de escoria de aluminio	Absorción y densidad endurecida	3	0	0	1	3
	Succión	3	0	0	1	3
	Resistencia a la compresión f'b	3	3	3	1	9
	Resistencia de prismas de albañilería f'm	0	0	3	2	6
	Compresión diagonal en muretes de albañilería	0	0	3	6	18
Bloque de concreto ligero con 9% de polvo de escoria de aluminio	Absorción y densidad endurecida	3	0	0	1	3
	Succión	3	0	0	1	3
	Resistencia a la compresión f'b	3	3	3	1	9
	Resistencia de prismas de albañilería f'm	0	0	3	2	6
	Compresión diagonal en muretes de albañilería	0	0	3	6	18
Total de bloques de concreto a elaborar						156

2.3. Variables, Operacionalización

En esta investigación se han identificados 2 variables, una dependiente, las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto ligero, y el polvo de escoria de aluminio, siendo este último la variable independiente.

Tabla 11*Operacionalización de variables independiente.*

V. Independiente	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos
Polvo de escoria de aluminio	Propiedades Físicas	Análisis Granulométrico	Curva granulométrica	Observación y análisis de documentos	Formatos y ensayos en laboratorio LEMS W&C EIRL.
		Peso Específico	gr/cm ³		
		Peso Unitario suelto y compactado	Kg/m ³		
		Dosificación	%		

Tabla 12

Operacionalización de variable dependiente.

Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos
Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de Bloques de concreto ligero	Propiedades físicas del agregado	Análisis Granulométrico	Curva granulométrica	Observación y análisis de documentos	Formatos y ensayos en laboratorio LEMS W&C EIRL.
		Peso Unitario suelto y compactado	Kg/m ³		
		Peso Especifico	gr/cm ³		
		Absorción	%		
		Contenido de humedad	%		
		Materiales finos que pasan por la malla N°200	%		
	Propiedades físicas de la cal	Peso Unitario suelto y compactado	Kg/m ³		
		Peso Especifico	gr/cm ³		
		Contenido de humedad	%		
	Propiedades de la mezcla fresca	Temperatura	°C		
		Esparcimiento	cm		
		Peso unitario	Kg/m ³		
Propiedades Físicas de los bloques	Contenido de aire	%			
	Variación Dimensional	%			
	Alabeo	mm			
	Absorción	%			
	Densidad	Kg/m ³			
Propiedades Mecánicas de los bloques	Succión	gr/cm ²			
	Resistencia a la Compresión (f'b)	Kg/cm ²			
	Resistencia a la Compresión de pilas (f'm)	Kg/cm ²			
	Resistencia a la Compresión diagonal V'm	Kg/cm ²			

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas para la recolección de datos

Observación

Gracias a esta técnica se realiza la respectiva evaluación al comportamiento de las mezclas de concreto ligero con incorporación de polvo de escoria de aluminio, tanto en los procesos de producción como mezcla fresca, y en estado endurecido como bloques de concreto.

Análisis documental

Consiste en obtener información de relevancia acorde a la investigación, mediante la revisión de diversas fuentes tales como tesis, artículos científicos, artículos de revisión, libros, normas de ensayos de materiales, tanto nacionales como internacionales.

2.4.2. Instrumentos para la recolección de datos

Guía de observación

Como guías de observación se tiene los formatos de cálculo proporcionado por el laboratorio, donde se procesará todos los datos obtenidos durante la realización de los ensayos que se llevaron a cabo para el desarrollo de la investigación.

Guía de análisis de documentos

Como guías de análisis de documentos se tienen a cada normativa utilizada en la realización de los ensayos de laboratorio, tanto normas internacionales como de la American Society for Testing and Materials "ASTM", y normas nacionales como las Normas Técnicas Peruanas "NTP"; en estas se detalla los procesos y los cálculos a seguir para la obtención de resultados en los ensayos.

2.4.3. Validez y Confiabilidad

Puesto que, en los objetivos planteados, la realización de ensayos de laboratorio es indispensable, la validez y confiabilidad de estos resultados son garantizados por el laboratorio LEMS W&C EIRL; tanto por la calidad de los equipos, así como también que durante todo el proceso se tuvo en cuenta los lineamientos

dispuestos en las normas de ensayo de materiales, tales como la ASTM o la Norma Técnica Peruana.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.5.1. Diagrama de flujo de procesos

El diagrama de flujo de procesos es el esquema donde se detalla todas las etapas realizadas para obtener los resultados de la investigación y comprobar la veracidad de la hipótesis planteada, tal diagrama se encuentra planteado en la Figura 7.

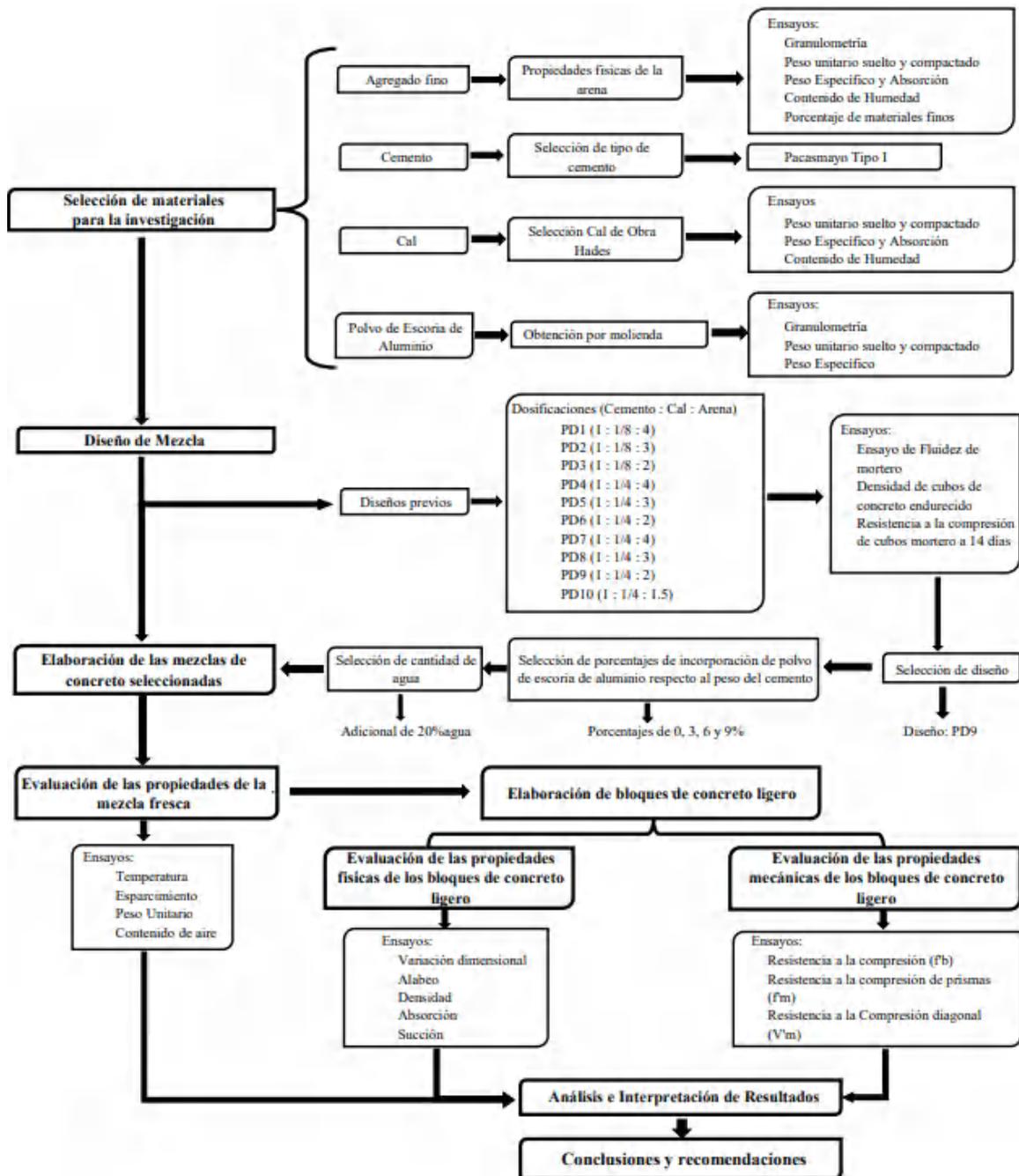


Figura 7. Diagrama de flujo de procesos.

2.5.2. Descripción de procesos

2.5.2.1. Selección de materiales para la investigación

2.5.2.1.1. Agregado fino: Arena gruesa

Para la selección de la arena se realizó un estudio de canteras para seleccionar la cantera de donde se extraerá la arena para la fabricación de los bloques de concreto. De las diferentes canteras de la región Lambayeque se seleccionó la

Cantera Pátapo - La Victoria debido que se ajusta al huso granulométrico entre otras propiedades analizadas en esta investigación. La arena a utilizar ya en la elaboración en los diseños de mezcla de concreto ligero fue tamizada por la malla N°4.



Figura 8. Muestreo de arena gruesa en La Cantera Pátapo- La Victoria.

2.5.2.1.2. Cemento

El cemento seleccionado para el desarrollo de la investigación fue el cemento Portland Tipo I de la marca comercial “PACASMAYO” el cuál es de fácil obtención en el medio local, debido que se encuentra distribuido en todo el país. En la Tabla 13 se resume las propiedades físicas y mecánicas del cemento, dichas propiedades se extrajeron de la ficha técnica del Anexo 18.

Tabla 13

Características físicas y mecánicas del Cemento Pacasmayo Portland Tipo I.

Características	Valores	Unidad
Contenido de aire del mortero	6.0	Volumen %
Superficie específica	3810.0	cm ² /gr
Densidad específica	3.12	gr/cm ³
Resistencia a la compresión min (28 días)	42.1	MPa
Tiempo de fraguado inicial	110.0	minutos
Tiempo de fraguado final	238.0	minutos

Fuente: Ficha Técnica – Cementos Pacasmayo

2.5.2.1.3. Cal

La cal que se utilizó para la elaboración de los bloques de concreto ligero fue la Cal de Obra marca “Hades”, elegida por su disponibilidad en la zona de Lambayeque.



Figura 9. Cal de obra Hades, presentación bolsa de 20 kg.

2.5.2.1.4. Agua

El agua que se usó fue proporcionada por el laboratorio LEMS W&C EIRL, asegurando que la calidad del agua sea potable, ya que la conexión de agua del laboratorio es a la red de EPSEL.

2.5.2.1.5. Polvo de Escoria de Aluminio

La escoria de aluminio se obtuvo de procesos de fundición secundaria, específicamente de la empresa de fundición y metal mecánica “VALYNO SRL” ubicada en el distrito de José Leonardo Ortiz.



Figura 10. Escoria de aluminio secundaria sin procesar.

Procesamiento de pulverizado de la escoria de aluminio

La escoria de aluminio se recolecto de diversos tamaños como se aprecia en la Figura 11. Esta escoria fue sometida a una molienda por un molino de bolas de acero, en el caso de esta investigación se hizo uso de la máquina de abrasión Los Ángeles, de tal manera de obtener partículas de mucho menor tamaño.

La escoria de aluminio fue sometida ciclos continuos de molienda hasta obtener la pulverización del producto. En esta investigación, el polvo de escoria de aluminio tendrá como tamaño máximo nominal el tamiz No. 50, quiere decir que todo el material de polvo de escoria de aluminio es capaz de pasar una abertura de 0.3 mm.



Figura 11. Pulverizado de la escoria de aluminio en la máquina de abrasión.

2.5.2.2. Ensayos a la arena gruesa

2.5.2.2.1. Análisis granulométrico de la arena gruesa.

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Tamices reglamentarios.
- Horno con temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Cucharón metálico.

Procedimiento

Regido bajo la NTP 400.012 o en su defecto la ASTM C136. Se selecciona una muestra representativa después de un respectivo cuarteo, para ser secarla al horno a temperatura uniforme, posteriormente se procede al tamizado manual por los tamices estandarizados ordenados de mayor a menor abertura (3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100), para luego proceder a tomar lectura de los pesos retenidos en cada tamiz para continuar con el cálculo en gabinete.



Figura 12. Tamizado para análisis granulométrico de la arena.

2.5.2.2.2. Peso Unitario Suelto y Compactado

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Varilla de acero liso de θ 5/8" y 60cm de longitud.

- Recipiente cilíndrico metálico de acuerdo NTP 400.012.
- Regla metálica para enrasar.

Procedimiento

Sujeto a la NTP 400.017 o ASTM C29. Aplicado en tanto para agregados finos y agregado gruesos, diferenciando en la capacidad volumétrica del recipiente según el tamaño máximo nominal del agregado. Previo al inicio del ensayo se debe tener el peso y volumen exacto del recipiente, así como el respectivo cuarteo del material para la selección de la muestra.

En el peso unitario suelto, el proceso consiste en dejar caer libremente la arena con la ayuda del cucharón a una altura de 5 cm medida desde el borde superior del recipiente, llenándolo en su totalidad para después ser enrasado y posteriormente pesado en la balanza.

Por otra parte, para el peso unitario compactado el recipiente se llena en tres capas de similar volumen, donde cada capa será apisonada 25 veces de manera uniforme en toda el área con la varilla de acero liso, una vez lleno se procede a enrasar el molde y tomar lectura del peso.

Se debe realizar el procedimiento 3 veces para obtener un valor promedio real. El cálculo del peso unitario suelto y el compactado se realiza dividiendo la masa de la arena entre el volumen del recipiente.



Figura 13. Compactación para el ensayo peso unitario compactado.

2.5.2.2.3. Contenido de humedad.

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Horno con temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Cucharón metálico.
- Depósito metálico resistente al calor.

Procedimiento

Regido bajo las normativas NTP 339.185 o ASTM C566. Se selecciona una muestra representativa para ser colocada en el depósito metálico, anotando previamente el peso del recipiente y el peso de la muestra arena (peso húmedo). Posteriormente se lleva la muestra al horno dejándolo secar a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta dejar la muestra lo suficientemente seca de tal manera que la pérdida de masa entre lecturas sea menos del 0.1%, después de dejar enfriar la muestra se procede a tomar lectura del peso seco. La diferencia entre el peso húmedo y seco dividido entre el peso seco de la muestra da como resultado el contenido de humedad.



Figura 14. Compactación para el ensayo peso unitario compactado.

2.5.2.2.4. Peso específico y absorción.

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Horno con temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Matraz aforado.
- Molde cónico metálico y apisonador para ensayos superficiales de humedad
- Pipeta y embudo
- Recipiente

Procedimiento

Sujeto a las normativas ASTM C128 o NTP 400.022. La muestra de ensayo será secada a una temperatura de 110°C hasta obtener una masa constante. Una vez enfriada la muestra se procede cubrir con agua y dejar reposando durante $24\text{h} \pm 4\text{h}$. Luego se decantará el agua del recipiente, tratando de evitar la pérdida de finos, la muestra se pone a secar a ambiente y será removida constantemente para asegurar un secado homogéneo.

Una vez obtenida condición de flujo libre de la muestra se procede a efectuar la prueba de humedad superficial, colocando parte de la muestra en el molde, se deja caer el pisón 25 veces, manteniendo una altura de 5 mm entre superficie del pisón y la superficie de la arena, para luego retirar el cono y comprobar si la arena aún conserva la forma del cono (contiene aún mucha humedad), o si se presenta una ligera caída del material (condición de superficialmente seco).

Obtenida la condición superficialmente seca se procede a introducir 500 g de la muestra dentro del matraz aforado con ayuda del embudo, para luego llenar el matraz hasta un 90% de su capacidad, posteriormente se agita de manera cuidadosa el picnómetro o matraz aforado de tal manera que se eliminen las burbujas de aire. Inmediatamente después se termina de llenar el picnómetro con agua hasta la marca de 500 cm^3 , para proceder a tomar lectura de su peso total del picnómetro, muestra de arena y agua. Finalmente se retira toda la muestra y se coloca a secar en el horno, para luego de una enfriada a temperatura ambiente se registre el peso de la muestra seca y proceder con el cálculo de gabinete.



Figura 15. Ensayo peso de específico de la arena.

2.5.2.2.5. Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200.

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Horno con temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Tamiz estándar N°200 (75 μm)
- Taras.

Procedimiento

El procedimiento se lleva a cabo a lo dispuesto en las normas ASTM C177 o NTP 400.018. Después de un respectivo muestreo, se seca la muestra en el horno a 110°C , se pesará como mínimo 300 g si el tamaño máximo del agregado será 4.75 mm. Esta muestra se coloca en una tara suficientemente grande para adicionar agua y agitar de tal manera de separar las partículas finas, para luego decantar el agua a través de la malla N°200, evitando perder los retenidos. Este proceso de lavado se repite hasta obtener que el agua adicionada tenga una apariencia cristalina. Inmediatamente se lleva a secar la muestra al horno, para luego registrar su peso de muestra que se retuvo en el tamiz N°200. El resultado se expresa en porcentaje, la cantidad de masa de las partículas que pasa el tamiz N°200 del total de la muestra inicial.



Figura 16. Lavado de la arena por el tamiz No 200.

2.5.2.3. Ensayos a la cal

2.5.2.3.1. Peso Unitario Suelto y Compactado de la Cal

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Tamiz para harina tipo casero
- Recipiente cilíndrico de 400 ml de capacidad.
- Cronometro.
- Espátula.
- Probeta graduada: 100 ml de capacidad.

Procedimiento

El procedimiento de ensayo para el peso unitario suelto y compactado de la cal se encuentra en las normativas ASTM C110 o NTP 334.168. Para el peso unitario suelto se coloca la muestra de cal sobre el tamiz harina, y se inicia el cronometro y agitar el tamiz para facilitar caída del polvo de cal en el recipiente cilíndrico, de tal manera que se sobrellene hasta formar un cono de material excedente. Este proceso se registra en un tiempo de 3 minutos. Inmediatamente enrasar con la espátula el material excedente y golpear ligeramente el borde

para consolidar la muestra de polvo de cal, limpiar los exteriores del recipiente y determinar el peso de la muestra restándole el peso del recipiente vacío. El peso unitario suelto resulta de la división del peso de la muestra entre el volumen ya conocido del recipiente cilíndrico.

En cuanto el procedimiento del peso unitario compactado, se pesa 25 gr de la muestra de cal y se coloca en la probeta graduada de 100 ml, a continuación, se golpea cuidadosamente la probeta sobre una superficie con amortiguamiento, de tal manera que se compacte el material dentro de la probeta, se registrará el volumen de la muestra cada 100 golpes, se considera compactado cuando la diferencia entre lecturas de volumen cada 100 golpes sea inferior a 0.5 ml. Igualmente el peso unitario compactado resulta de la relación de masa entre el volumen registrado en el ensayo.



Figura 17. Ensayos de pesos unitarios de la cal. a) Suelto. b) Compactado.

2.5.2.3.2. Gravedad específica de la cal

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.005 gr de sensibilidad.
- Embudos.
- Frasco volumétrico de Le Chatelier.

- Termómetro graduado en decimas de °C.
- Alcohol etílico

Procedimiento

Sujeto a la normativa ASTM C110 o NTP 334.168. El frasco se llena con alcohol etílico en el rango de 0 a 1 ml. Se toma medida del volumen con el sumergido de agua, para poder controlar su temperatura. Luego se introduce 50 gr de cal hidratada mediante el uso de un embudo, cuidando de no adherir material a las paredes del frasco. Una vez introducido todo el material, se coloca la tapa del frasco, y se hace rodar el frasco en posición inclinada, de tal manera de eliminar el aire contenido por la cal, inmediatamente después colocar el frasco en el baño de agua para colocar a una temperatura similar con la que se tomó la lectura de volumen del frasco sin la muestra de cal. El volumen ocupado 50 gr de cal se determina con la diferencia entre la lectura final y la lectura inicial de volumen, el resultado de gravedad especifica se expresa gr/cm^3 .



Figura 18. Ensayo de peso específico de la cal.

2.5.2.4. Ensayos al polvo de escoria de aluminio

2.5.2.4.1. Análisis granulométrico del polvo de escoria de aluminio

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Tamices.
- Cucharón metálico.

Procedimiento

Se uso como referencia la normativa NTP 400.012 y la ASTM C136. Al momento de realizar el ensayo, pero se variaron los tamices a utilizar siendo estos los siguientes: No. 30, No. 40, No. 50, No. 60, No. 80, No. 100 y No. 200. El proceso de tamizado fue el mismo utilizado para las arenas. Con los pesos retenidos por cada tamiz se obtuvo una curva granulométrica para verificar la distribución de partículas.



Figura 19. Granulometría del polvo de escoria de Aluminio.

2.5.2.4.2. Peso Unitario Suelto y Compactado del polvo de escoria de aluminio

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Varilla de acero liso de θ 5/8" y 60cm de longitud.
- Recipiente cilíndrico metálico.

- Regla metálica para enrasar.

Procedimiento

El ensayo se realizó por el método encontrado en la NTP 400.017 o ASTM C29 que es aplicado para agregados finos para concreto. Tanto el peso unitario suelto y el peso unitario compactado se siguió de manera similar al procedimiento descrito anteriormente para la arena, solo variando el tamaño del recipiente donde se ensayará la muestra de polvo de escoria de aluminio a uno menor contenido, en esta investigación se hizo uso del molde metálico usado en el ensayo de Proctor estándar.



Figura 20. Lectura de peso unitario suelto de polvo de escoria de aluminio.

2.5.2.4.3. Gravedad específica del polvo de escoria de aluminio

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.005 gr de sensibilidad.
- Embudos.
- Frasco volumétrico de Le Chatelier.
- Termómetro graduado en decimas de °C.
- Kerosene

Procedimiento

El ensayo se realizó siguiendo el procedimiento descrito en la ASTM C188 o NTP 334.005. El frasco se llena con kerosene en el rango de 0 a 1 ml. Se toma medida del volumen con el sumergido de agua, para poder controlar su temperatura. Luego se introduce 64 gr de polvo de escoria de aluminio. Se elimina el aire contenido en la muestra rodando el frasco en una posición inclinada, inmediatamente después colocar el frasco en el baño de agua para colocar a la temperatura de la primera lectura. Se toma nota del volumen marcado en el frasco y se procede a calcular la gravedad específica expresada en gr/cm^3 .



Figura 21. Ensayo de peso específico del polvo de escoria de aluminio.

2.5.2.5. Diseño de mezcla de concreto ligero

El diseño mezcla de concreto ligero utilizado en esta investigación se basó en bibliografía revisada y detalla en el marco teórico, donde se menciona que para generar un concreto de peso ligero haciendo uso de un agente expansivo como el polvo de aluminio creando burbujas de aire en su estructura, denominando a esta mezcla como concreto celular o concreto aireado, teniendo al cemento, arena, agua y cal como componentes básicos en su diseño de mezcla. A

continuación, se describe los pasos se siguieron para obtener los diseños de mezclas finales de los bloques de concreto ligero.

1. En primer lugar, se tuvo que establecer las proporciones de cemento: cal: arena, en esta investigación se siguió la metodología de diseño mortero, debido a que el concreto a elaborar no contiene agregados gruesos en su composición. En estos diseños preliminares se determinó la relación agua / cemento a partir del ensayo de fluidez del mortero descrito la NTP 334.057. Los diseños preliminares se especifican en la Tabla 14.
2. Por cada diseño de mezcla preliminar con cada uno de las incorporaciones de polvo de escoria de aluminio, se elaboraron 6 cubos de mortero.

Tabla 14

Diseños de mezcla preliminares de concreto ligero.

Diseño Preliminar	Proporción (Cemento: Arena: Cal)	Porcentajes de Polvo de escoria de aluminio
PD1	1 : 1/8 : 4	
PD2	1 : 1/8 : 3	0.0% 1.5% 3.0% 4.5%
PD3	1 : 1/8 : 2	
PD4	1 : 1/4 : 4	
PD5	1 : 1/4 : 3	0.0% 2.5% 3.0% 4.5%
PD6	1 : 1/4 : 2	5.0% 6.0% 7.5% 9.0%
PD7	1 : 1/2 : 4	
PD8	1 : 1/2 : 3	
PD9	1 : 1/2 : 2	0.0% 3.0% 6.0% 9.0%
PD10	1 : 1/2 : 1.5	

3. Se usaron 3 cubos de cada diseño para determinar la densidad del concreto ligero haciendo uso del procedimiento encontrado en la NTP 399.604, y los otros 3 cubos restantes se ensayaron a compresión axial a la edad de 14 días de curado siguiendo el procedimiento descrito en NTP 334.051.
4. Conforme se fueron obteniendo los valores de densidad y resistencia a la compresión de cada diseño, se dispuso a elaborar 6 diseños previos más, donde los diseños PD9 y PD10 fueron los seleccionados para variar su relación agua / cemento, incremento cantidad de agua de 15, 20 y 30%

respecto a la cantidad de agua original obtenida con el ensayo de fluidez de mortero.

- De los últimos diseños elaborados se selecciona el diseño de mezcla definitivo luego del respectivo análisis comparativo de los resultados obtenidos en los ensayos de densidad y resistencia a la compresión de los cubos de mortero, que se detallará en el capítulo de resultados.



Figura 22. Resistencia a la compresión de cubos de mortero, diseños previos de concreto ligero.

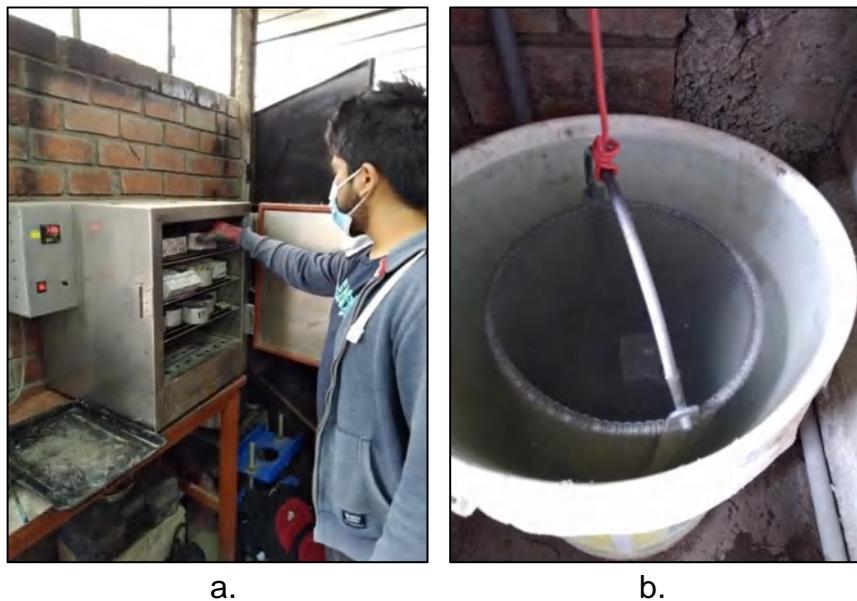


Figura 23. Ensayo de densidad de los cubos de mortero: a) Secado al horno. b) Determinación de peso sumergido.

2.5.2.6. *Elaboración de los bloques de concreto ligero*

La mezcla en estado fresco resultante del diseño definitivo para la elaboración de los bloques de concreto es de consistencia fluida, por lo cual no se pudo disponer de los habituales de las bloqueteras habituales ya sean manuales o mecanizadas, teniendo que hacer uso de una propuesta diferente.

En primer lugar, se definió las medidas a utilizar en el bloque de concreto siendo éstas: largo de 19 cm, ancho de 14 cm y altura de 19 cm; teniendo áreas huecas como se precisan en la Figura 24.

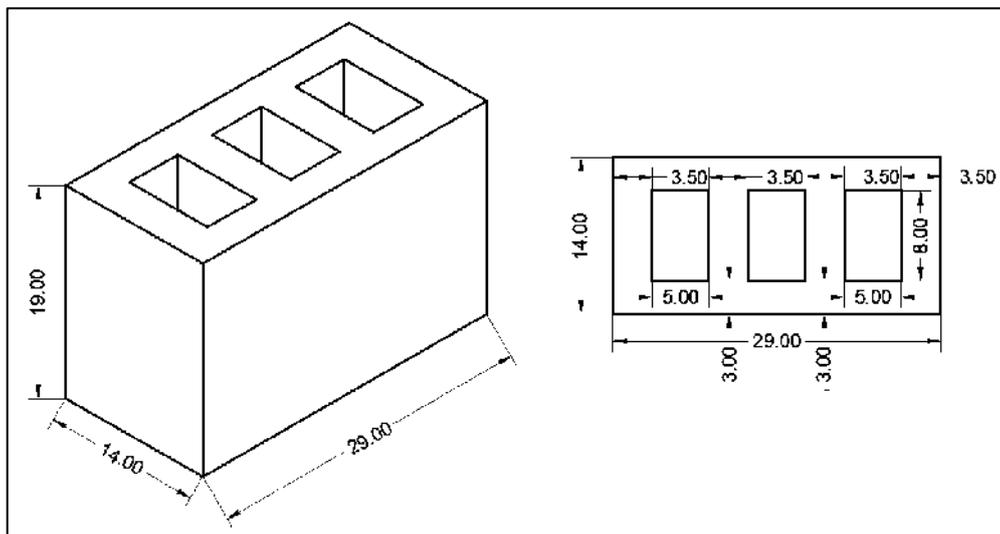


Figura 24. Esquema y medidas dispuestas para el bloque de concreto.

En base a las medidas adoptadas de los bloques de concreto, se fabricaron moldes metálicos armables, compuesto por una plancha de acero como base, y otras como laterales, siendo estos unidos por medio pernos y tuercas. Así mismo el molde tiene separaciones de madera de tal manera que salgan 7 bloques por cada molde, además, se usaron listones de madera de dimensiones de 8x6cm para las áreas huecas del bloque. Los moldes fabricados se pueden apreciar en la Figura 25.



Figura 25. Moldes utilizados para la elaboración de los bloques de concreto ligero.

La preparación de la mezcla de bloques de concreto se hizo con ayuda un trompo mezclador. El proceso consistió en echar 2/3 del agua, seguidamente del cemento y la cal, mezclándose durante un minuto, luego se coloca la arena, dejando mezclar durante 30 segundos; se procede a remover cualquier material pegado en las paredes del trompo, para agregar el resto del agua y mezclar nuevamente durante 30 segundos, una vez mezclado los materiales, se procede agregar el polvo de escoria de aluminio, dándole un tiempo adicional de mezclado de un minuto.

Los moldes fueron previamente engrasados antes de colocar la mezcla de concreto ligero; por medio de baldes se coloca uniformemente la mezcla a lo largo de los moldes, mientras que se compacta una varilla de acero cada rincón del molde. Los moldes no se llenaron en su totalidad debido a la expansión producida por el polvo de escoria de aluminio. Una vez llenado los moldes se deja hasta el día siguiente para desmoldarlos y curarlos en las pozas de agua.

2.5.2.7. Ensayos en estado fresco del concreto ligero

2.5.2.7.1. Temperatura

Equipos y herramientas

- Termómetro con exactitud de ± 0.5 °C

- Depósito de material no absorbente.

Procedimiento

El método de ensayo se basa en la NTP 339.184 o ASTM C1064. Primero, se debe tomar una muestra representativa de la mezcla colocarla en el recipiente no absorbente, donde se colocará el sensor del termómetro, de tal manera que este se encuentre rodeado por al menos 75mm de la mezcla de concreto en todas las direcciones.

El termómetro se dejará durante un mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura de temperatura se estabilice, inmediatamente después registrar el valor de temperatura. Esta operación se debe realizar dentro de los 5 minutos inmediatos después de la obtención de la muestra.

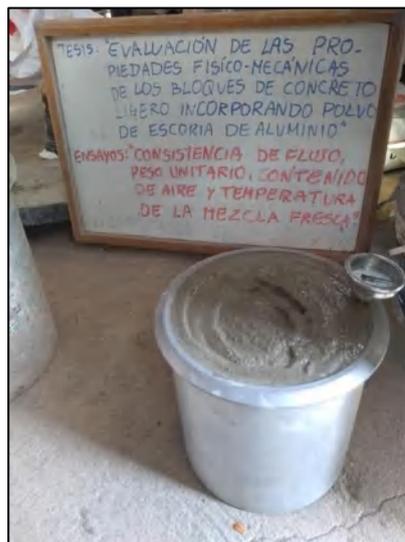


Figura 26. Control de temperatura de las mezclas frescas de concreto ligero.

2.5.2.7.2. Consistencia de Flujo

Equipos y herramientas

- Cilindro de flujo de 150 mm de longitud y 76 mm de diámetro, hecho de acero u otro material no absorbente.
- Recipiente suficiente grande para el muestro y mezclado.
- Plancha cuadrada metálica de 60 cm de lado como mínimo.
- Cronometro.

- Enrasador metálico y cucharón de metal.
- Vernier

Procedimiento

El método de ensayo se basa en la ASTM D6103: Método de Ensayo Estándar para Consistencia de Flujo en Material de Resistencia Baja Controlada. Se optó por usar este ensayo para tener un parámetro de la trabajabilidad de la mezcla de concreto, que usualmente tiene como parámetro el ensayo Slump; sin embargo, debido a las características particulares de la mezcla en estudio (ausencia de agregados gruesos y consistencia fluida) se optó por este método de ensayo. El procedimiento se describe a continuación.

La plancha metálica se colocará en una superficie nivelada. Con el cilindro de flujo humedecido, se pondrá sobre la plancha. Teniendo la muestra de concreto en el recipiente de muestreo se llena con el cucharón el cilindro de flujo para luego proceder a enrasarlo sujetando el cilindro en su lugar limpiando los derrames que se produjeron durante el llenado del cilindro. Después se procede a levantar verticalmente el cilindro de flujo al menos 15 cm en tu tiempo de 2 y 4 segundos. Todo el proceso desde el llenado del cilindro hasta su izamiento debe realizarse en un tiempo aproximado de 1 minuto y medio. Inmediatamente después medir el esparcimiento de los diámetros extendido del material con el vernier, tomando dos lecturas de diámetros perpendiculares.



Figura 27. Ensayo de consistencia de flujo.

2.5.2.7.3. Peso Unitario y Contenido de Aire

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Varilla de acero liso de θ 5/8" y 60cm de longitud.
- Recipiente cilíndrico metálico.
- Regla metálica para enrasar.
- Martillo de goma y cucharón metálico.

Procedimiento

El procedimiento está sujeto a los lineamientos descritos en la NTP 339.046 o ASTM C138. Consiste en llenar el recipiente metálico en 3 capas de similar volumen, y compactar con 25 golpes repartidos homogéneamente en la superficie de la muestra de concreto por cada capa. Por capa llenada se golpeará alrededor del recipiente con el martillo de goma, de tal manera que se eliminen las burbujas de aire de la mezcla. Una vez llenada la última capa se enrasa la muestra, se limpia los derrames de material y se procede a pesar. El cálculo resulta de dividir el peso de la muestra de concreto entre el volumen del recipiente cilíndrico, obteniendo así el peso unitario o densidad (D) del concreto fresco en kg/m^3 .

En cuanto al contenido de aire, para este método en particular se debe calcular una densidad o peso unitario teórico (T) resultante de la relación de la sumatoria total de las masas de los componentes entre la sumatoria de los volúmenes de los componentes, obtenidos gracias a la gravedad específica de cada material. Dicha densidad teórica se usará en conjunto con el peso unitario obtenido del ensayo, para el cálculo del contenido de aire a través de la siguiente ecuación:

$$C.A = \left(\frac{T - D}{T} \right) \times 100$$

Donde:

- C.A. = Contenido de aire (%)
- T = Densidad teórica (kg/m^3)

- D = Peso Unitario (kg/m³)



Figura 28. Peso unitario de la muestra de concreto fresco.

2.5.2.8. Ensayos físicos a los bloques de concreto ligero

2.5.2.8.1. Variación dimensional

Equipos y herramientas

- Vernier (pie de rey) o regla metálica.

Procedimiento

El procedimiento a seguir se detalla en la NTP 339.604. La normativa recomienda medir 3 unidades por cada tipo de bloque, en esta investigación se optó por medir 10 unidades por cada diseño de bloques de concreto ligero, midiendo el ancho a la mitad de la longitud de las caras de apoyo superior e inferior, la altura se toma medida a la mitad de la longitud de las caras laterales, y el largo es medido a la altura media de cada una de las laterales. Posteriormente ya como procedimiento de cálculo se determinará la variación dimensional de los bloques calculando la desviación estándar de las unidades ensayadas.



Figura 29. Lectura de medidas de los bloques de concreto ligero.

2.5.2.8.2. Alabeo

Equipos y herramientas

- Cuña de medición.
- Regla de acero con borde recto.
- Superficie plana.

Procedimiento

El procedimiento a seguir se detalla en la NTP 339.613, la normativa describe el ensayo para ladrillos, sin embargo, el procedimiento es aplicable a los bloques de concreto. Se tomarán 10 unidades para realizar el ensayo.

En superficies cóncavas, la medida se tomará colocando la regla de acero diagonalmente sobre la superficie medida, y con la cuña de medición se procede a medir la distancia mayor entre la superficie del bloque y el borde de la regla con precisión al milímetro.

En superficies convexas, la superficie convexa debe estar apoyada con la superficie nivelada que se tenga, y en cada una de las 4 esquinas se medirá la distancia respecto a la superficie plana con las cuñas de medición con aproximación al milímetro, siendo el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa.



Figura 30. Ensayo de alabeo de los bloques de concreto ligero.

2.5.2.8.3. Densidad y Absorción

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Alambre metálico.
- Malla de alambre
- Horno con temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento

Los ensayos están sujetos a la NTP 399.604. Se ensayarán 3 unidades de bloque por cada diseño de mezcla, los bloques serán saturados por 24 horas a una temperatura entre 15.6 y 26.7 °C, transcurrido el tiempo se pesarán los bloques sumergidos en agua con ayuda del alambre metálico, registrando el peso sumergido. Posteriormente bien sea retirado el bloque del agua se colocará en la malla alambre y se dejare que drene el agua por un minuto, retirando el agua superficial con un pañuelo, pesando inmediatamente se obtiene el peso saturado.

Una vez registrado esos pesos, los bloques son secado en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por lo menos 24 horas. Una vez secos los bloques

se pesan cuidadosamente, registrando el peso secado al horno. Con todos los pesos obtenidos se procede al cálculo de la densidad y la absorción.



Figura 31. Procedimiento para determinar la densidad y absorción. a) Peso sumergido. b) Secado al horno.

2.5.2.8.4. Succión

Equipos y herramientas

- Balanza con ± 0.1 gr de sensibilidad.
- Soportes (barras de acero de 6mm de espesor, con longitudes de 12 a 15cm)
- Bandeja de profundidad mayor a 25mm, de un área superior a 2000 cm² para que el bloque se pueda posicionar correctamente.
- Dispositivo para mantener el nivel de agua constante.
- Horno con temperatura de 110°C ± 5 °C.
- Cronometro, nivel de burbuja.

Procedimiento

El presente ensayo se ha desarrollado conforme al procedimiento descrito en la NTP 399.613, donde se denomina como "Período inicial de absorción". El ensayo parte inmediatamente después culminado los ensayos de absorción y

densidad, debido a que se necesitan que los bloques se encuentren totalmente secos al horno para proceder con el ensayo, pesar los bloques secos al horno y registrar el valor.

Se mide la longitud y ancho de la superficie que estará en contacto con el agua, calculando el área neta que se va ser saturada. Nivelar la superficie con el nivel de burbuja donde se colocará la bandeja con agua, con los soportes y el bloque encima de este llenar la bandeja de agua por encima de 3mm de los soportes de acero. Una vez concluido esa operación se retira ese bloque descartándolo como un bloque de prueba, y se coloca el siguiente de tal manera se comienza a cronometrar el tiempo desde que el bloque hace contacto con el agua. Durante un minuto se mantiene el nivel de agua, pasado ese intervalo de tiempo se retira el bloque y seca su humedad superficial inmediatamente, para luego ser pesado. El resultado final después del respectivo calculo se expresa en $0.1 \text{ gr/min}/200 \text{ cm}^2$.



Figura 32. Ensayo de succión de los bloques de concreto.

2.5.2.9. Ensayos mecánicos a los bloques de concreto ligero

2.5.2.9.1. Resistencia a la Compresión de la unidad de albañilería f'b

Equipos y herramientas

- Máquina de ensayo: Prensa Hidráulica.
- Vernier.

- Bloques de soporte de acero y platos.

Procedimiento

El procedimiento a seguir para este ensayo se encuentra en la NTP 399.604. Se ensayarán 3 bloques como mínimo, los cuales deben estar libre proyecciones de tal manera que tenga una superficie relativamente plana de apoyo. Los bloques deben estar secados al aire libre; antes de ser ensayados en la máquina de compresión, se deben refrenar en ambas caras de apoyo, ya sea con azufre o una mezcla de yeso-cemento. Los bloques se colocarán centrados en los platos de apoyo para luego aplicar la carga hasta la mitad de la esperada, para luego regular la velocidad para que la rotura del bloque se produzca entre 1 y 2 minutos. El resultado final se expresa en Kg/cm^2 , por lo cual se debe tener las medidas de ancho y largo de los bloques ensayados.



Figura 33. Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de concreto.

2.5.2.9.2. Diseño y ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero.

Para la culminación de los ensayos de resistencia a la compresión de prismas de albañilería y resistencia a la compresión diagonal, es necesario elaborar prismas y muretes respectivamente; así que se hizo uso de un mortero de proporción cemento: arena 1:4, del cual se hicieron cubos para proceder a

ensayar su resistencia a la compresión, para asegurar la adherencia de los prismas y muretes a fabricar con los bloques de concreto ligero.

Procedimiento

El procedimiento se llevó según la NTP 334.051, donde se detalla que los cubos de mortero serán de 50 mm de lado, y que al momento de su elaboración se llenar en 2 capas, golpeando cada 32 veces de manera uniforme. Al día siguiente de la elaboración de los cubos, se desmoldaron y se dejaron curando durante 28 días antes de su rotura a la compresión.



Figura 34. Cubos de mortero. a) Elaboración. b) Resistencia a la compresión.

2.5.2.9.3. Resistencia a la compresión de prismas de albañilería f'm

Equipos y herramientas

- Máquina de ensayo: Prensa Hidráulica.
- Vernier o regla graduada al milímetro.
- Herramientas: Badilejo, cucharón metálico.
- Bloques de soporte de acero y platos.

Procedimiento

La NTP 399.605 da los lineamientos a seguir para la ejecución del ensayo, desde la elaboración del prisma hasta la rotura de este. Se elaboraron prismas de dos bloques, asentando con una junta de mortero de 1.5 cm de espesor, los

bloques usados para la fabricación deben tener ambas caras de apoyo niveladas y aserradas si fuese necesario. Una vez construido los prismas se envolvieron en una bolsa y sellaron hasta 48 horas antes del ensayo de rotura a compresión. Se tomarán medidas de los prismas, tanto como su longitud, ancho y altura, de manera similar que se hizo con los bloques individuales. Se debe obtener el área neta de la sección transversal según el método de la NTP 399.604.

Antes del ensayo se aplicará un refrenado de igual que se aplicó a las unidades de bloques de concreto ligero. Por consiguiente, transcurrido los 28 días desde su elaboración, se procede a colocar el prisma entre las bases de soporte dentro y centra do en la máquina de ensayo. Aplicar la carga de tal manera que a mitad de la lectura de su valor esperado el ensayo se culmine en 1 o 2 minutos como máximo.



Figura 35. Ensayo de Resistencia a la compresión de prismas de albañilería.

2.5.2.9.4. Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería V'm

Equipos y herramientas

- Máquina de ensayo: Prensa Hidráulica para rotura de muretes.
- Escuadras de carga
- Vernier o regla graduada al milímetro.

- Herramientas: Badilejo, cucharón metálico.

Procedimiento

La NTP 399.621 da los lineamientos a seguir para la ejecución del ensayo. Se elaboraron muretes de 60x60cm, teniendo como mínimo dos unidades enteras por hilera, y teniendo 3 unidades como altura, la junta de mortero tanto vertical como horizontal se dispuso de 1.5 cm de espesor. Los bloques usados para la fabricación del murete deben tener ambas caras de apoyo niveladas y aserradas si fuese necesario. Una vez construido los muretes no deben ser desplazados por los menos durante 7 días, y recién a los 28 días de su construcción (habiendo estado al aire libre) se procederá al ensayo de compresión diagonal.

Antes del ensayo se aplicará un refrenado del mismo mortero en las zonas que tendrán contacto con las escuadras de carga, de tal manera que se cubran las áreas huecas del bloque. Colocado el murete en posición para ser ensayado se procede a aplicar la carga de manera continua hasta la carga ultima. La carga se aplica a una velocidad de 1 ton/min, hasta que se produzca la falla.



Figura 36. Ensayo de Resistencia a la compresión diagonal en muretes.

2.6. Criterios Éticos

La presente investigación está regida en base a dos códigos de ética:

- “Código de ética para la investigación de la Universidad Señor de Sipán”, en el cuál destaca el respeto que debe prevalecer a la propiedad intelectual de todos los autores citados y referenciados en un trabajo de investigación, dando fe que la información recopilada es usada para el desarrollo de los objetivos (Vicerrectorado de Investigación, 2019)
- “Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú”, describe en sus articulo la ética de un profesional de ingeniería, donde menciona valores tales como la lealtad, la honestidad, el respeto, la responsabilidad, el honor profesional, la solidaridad y la justicia; los cuáles deben regir la conducta del ingeniero frente con los colegas y la sociedad (Colegio de Ingenieros del Perú, 2018).

2.7. Criterios de Rigor Científico

2.7.1. Fiabilidad

Todos los resultados de los ensayos realizados en este estudio cuentan con la garantía del laboratorio LEMS W&C EIRL, lo cual da la credibilidad a la investigación, puesto que en laboratorio se siguió los procedimientos descritos en las normativas.

2.7.2. Replicabilidad

Todos los datos obtenidos y el proceso utilizado en el desarrollo de la investigación quedan como un precedente para estudios posteriores en la elaboración de bloques de concreto ligero, las futuras investigaciones podrán comparar sus resultados siempre y cuando cuenten con credibilidad en sus resultados como es el caso de esta investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados en tablas, figuras y gráficos.

3.1.1. Resultados obtenidos para el objetivo específico 1.

3.1.1.1. *Resultados de los ensayos aplicados al agregado fino.*

Para el desarrollo de la investigación se elaboró un estudio de canteras de las principales que se encuentran en la región Lambayeque, para seleccionar de cuál de ellas se extraerá la arena gruesa para el desarrollo de la investigación, las canteras a analizar fueron:

- Cantera Pacherres – “Pacherres”, ubicada en el centro poblado Pacherres, distrito de Pucalá – Lambayeque.
- Cantera Pátapo – “La Victoria”, ubicada en el Caserío Las Canteras, distrito de Pátapo – Chiclayo.
- Cantera Tres Tomas – “Bomboncito”, ubicado en el distrito Mesones Muro – Ferreñafe.
- Cantera Castro I – “San Nicolas”, ubicado en el distrito de Zaña – Chiclayo.

3.1.1.1.1. **Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.**

Para el análisis granulométrico de las arenas extraídas de las canteras se utilizó la gradación de la arena para mortero de la Norma E.070, teniendo en cuenta que las mezclas de concreto ligero que se elaboraran en la investigación están hechas a base de una arena gruesa que pasa su totalidad el tamiz No. 4.

- 1) Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino, Cantera Pacherres – “Pacherres”.

Los resultados a detalle del ensayo de análisis granulométrico por tamizado se encuentran en el Anexo 01, en la Figura 37 se muestra la curva granulométrica obtenida del ensayo descrito en la NTP 400.012 juntos con los límites máximos y mínimos establecidos en la Norma E.070.

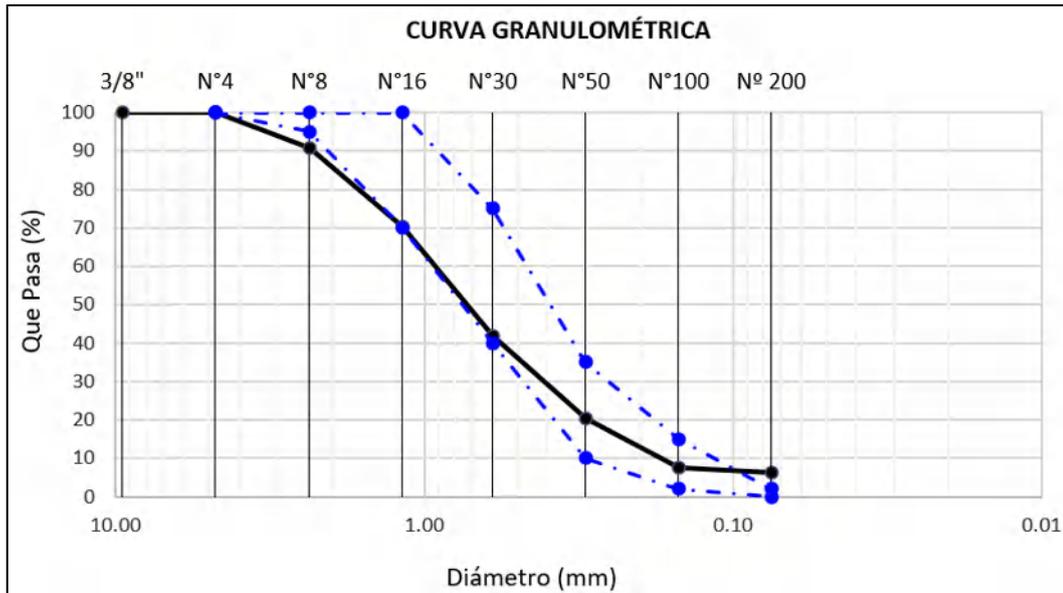


Figura 37. Curva granulométrica de la arena gruesa extraída de la Cantera Pacherrres.

De la Figura 37 se observa que la curva granulométrica se encuentra en demasía cercanía al límite inferior de la gradación de la norma E.070. Además, para el agregado de la cantera Pacherrres se obtuvo un módulo de fineza de 2.69 superior al rango de 1.6 a 2.5 recomendado en la Norma E.070.

2) Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino, Cantera Pátapo – “La Victoria”.

En el Anexo 01 se encuentra el cálculo detallado para la obtención de la curva granulométrica de la cantera Pátapo – “La Victoria”, dicha curva se aprecia en la Figura 38, donde se además están graficados los valores de los límites mínimos y máximos de la gradación recomendada en la normativa.

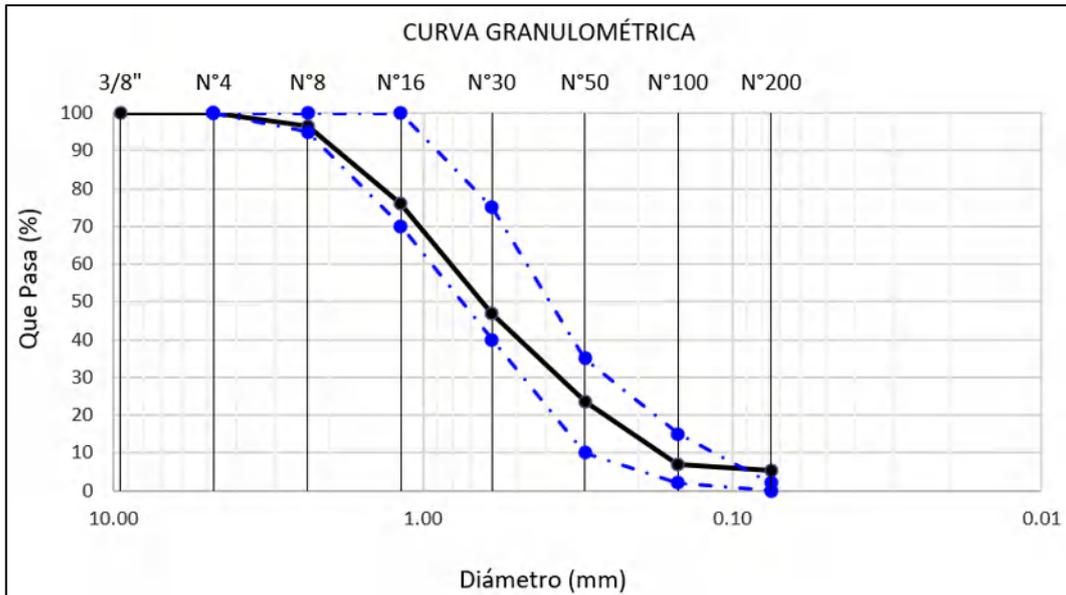


Figura 38. Curva granulométrica de la arena gruesa extraída de la Cantera Pátapo – “La Victoria”.

En el caso del agregado fino de la Cantera Pátapo – “La Victoria”, se observa en la Figura 38 que su curva granulométrica se ajusta dentro de los límites mínimos y máximos de la gradación establecida en la Norma E.070. El cálculo correspondiente determina que el módulo de fineza resultante es de 2.5, el cual está dentro de los límites para una arena gruesa.

3) Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino, Cantera Tres Tomas – “Bomboncito”

Siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Peruana 400.012, se obtuvo la curva granulométrica resultante del análisis granulométrico por tamizado. Dicha curva se está representada en la Figura 39. Todos los datos y resultados obtenidos del ensayo se detallan en el respectivo informe de granulometría de la Cantera Tres Tomas - “Bomboncito”, el cual se encuentra dentro del Anexo 01.

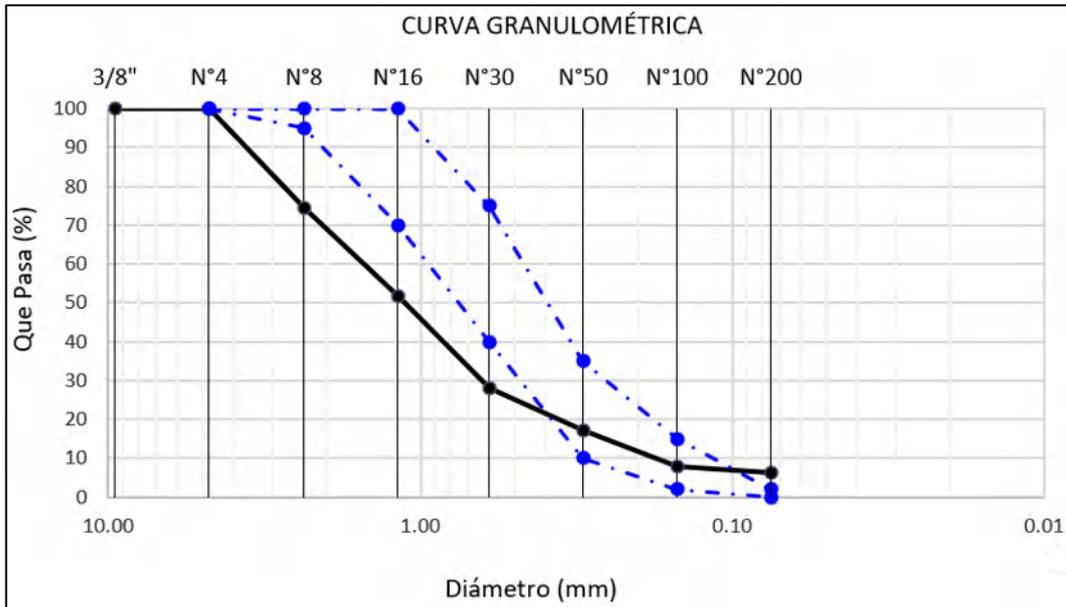


Figura 39. Curva granulométrica de la arena gruesa extraída de la Cantera Tres Tomas.

De la Figura 39, se destaca que los porcentajes de material acumulado que pasa de los tamices No. 8, No. 16 y No. 30 se encuentran por debajo de los valores mínimos. Además de que el módulo de fineza obtenido es de 3.21, valor muy por encima del rango recomendado de 1.6 a 2.5; descartando prácticamente la Cantera Tres Tomas para la extracción de arena.

4) Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino, Cantera Castro I – “San Nicolás”

Todos los cálculos que respaldan la veracidad del ensayo se encuentran registrados en el informe de granulometría de la cantera Castro I, el cuál está dispuesto en el Anexo 01. En la Figura 40 se observa la curva granulométrica resultante del ensayo.

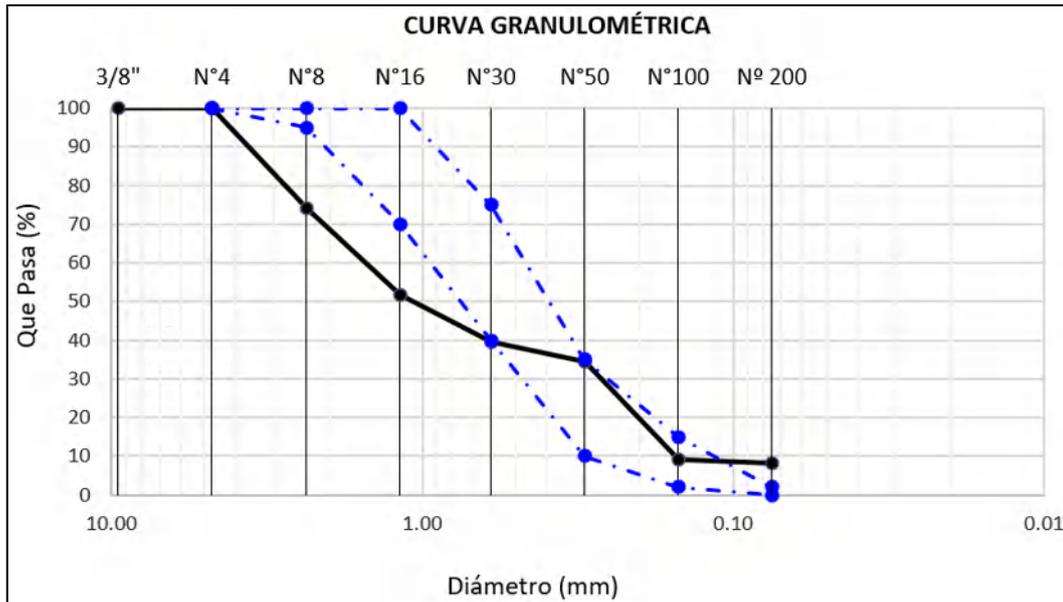


Figura 40. Curva granulométrica de la arena gruesa extraída de la Cantera Castro I – “San Nicolas”.

De la Figura 40 se observa que la curva granulométrica escapa por debajo de los valores mínimos establecidos en la gradación recomendada por la Norma E.070, específicamente en los No. 8 y No.16. El módulo de fineza calculado para la Cantera Castro I resulta de 2.91, también superior al máximo valor establecido en las normativas.

Con el análisis granulométrico se descartó la Cantera Tres Tomas, debido a su desfase que presentaba la curva respecto a los mínimos y máximos, además de su elevado valor de módulo de fineza. El material de las otras tres canteras restantes se someterá a un nuevo ensayo para determinar la cantera a seleccionar para la elaboración de concreto ligero.

3.1.1.1.2. Contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

Tanto como el peso unitario suelto como el peso unitario compactado se determinaron para cada uno de los agregados de las cuatro canteras en estudio, determinando tanto en condición húmeda como en condición seca del material; por lo cual también se obtuvo mediante secado al horno el contenido de humedad natural de cada muestra de agregado. Los resultados a detalle se

encuentran en el Anexo 02. En la Tabla 15, se resumen los resultados por cada cantera en estudio.

Tabla 15

Contenido de humedad y pesos unitarios sueltos y compactados del agregado fino de cada cantera.

Cantera	Contenido de humedad	Condición del agregado	Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)
Pacherres - "Pacherres"	1.16%	Húmedo	1684.98	1906.53
		Seco	1665.74	1884.75
Pátapo - "La Victoria"	0.99%	Húmedo	1569.86	1744.02
		Seco	1554.48	1726.93
Tres Tomas - "Bomboncito"	2.03%	Húmedo	1561.14	1779.59
		Seco	1530.12	1744.23
Castro I - "San Nicolas"	1.09%	Húmedo	1673.12	1895.72
		Seco	1655.08	1875.28

3.1.1.1.3. Peso específico y absorción del agregado fino

Los resultados obtenidos de los ensayos de peso específico y absorción de las muestras de agregado fino por cada cantera en estudio se detallan en el Anexo 03. A continuación, se resumen los resultados obtenidos por cada muestra de arena gruesa en la Tabla 16.

Tabla 16

Peso específico y absorción del agregado fino de las canteras en estudio.

Descripción	Cantera			
	Pacherres - "Pacherres"	Pátapo - "La Victoria"	Tres Tomas - "Bomboncito"	Castro I - "San Nicolas"
P.Esp. de masa (gr/cm ³)	2.568	2.536	2.543	2.597
P.Esp. de masa s. s. (gr/cm ³)	2.600	2.567	2.583	2.616
P.Esp. aparente (gr/cm ³)	1.132	2.616	1.129	1.135
Absorción (%)	1.235	1.202	1.541	0.867

3.1.1.1.4. Porcentaje de materiales más finos que pasa el tamiz No. 200 del agregado fino.

Los resultados obtenidos de este ensayo se usaron como ultimo parámetro para la selección de la cantera donde se extraerá el agregado fino, dichos resultados se encuentran en detalle en el Anexo 04 y la Tabla 17.

Tabla 17

Porcentaje de materiales más finos que pasa el tamiz No. 200.

Cantera	Descripción	Valores resultantes
Pacherres - "Pacherres"	Peso muestra seca original	636.10
	Peso muestra lavada	601.30
	% de finos que pasa el tamiz No. 200	5.47%
Pátapo - "La Victoria"	Peso muestra seca original	648.90
	Peso muestra lavada	614.50
	% de finos que pasa el tamiz No. 200	5.30%
Castro I - "San Nicolas"	Peso muestra seca original	588.40
	Peso muestra lavada	545.80
	% de finos que pasa el tamiz No. 200	7.24%

3.1.1.2. Selección de la cantera de arena gruesa para el diseño de mezcla de concreto ligero.

Los resultados obtenidos del estudio de canteras califican a la cantera Pátapo – "La Victoria" como la adecuada para la elaboración del diseño de mezclas de la investigación, debido a sus características de módulo de fineza y porcentaje de materiales finos se ajustan con mayor precisión a los parámetros de las normativas. En la Tabla 18 se resumen todas las propiedades obtenidas de los ensayos realizados a la muestra de agregado fino de la cantera Pátapo – "La Victoria".

Tabla 18*Propiedades de la cantera Pátapo – “La Victoria”.*

Propiedad	Valores	Unidad
Módulo de fineza	2.50	--
Peso Unitario Suelto seco	1554.48	Kg/m ³
Peso Unitario Compactado seco	1726.93	Kg/m ³
Contenido de humedad	0.99	%
Peso específico de masa	2.57	gr/cm ³
Porcentaje de absorción	1.20	%
Porcentaje de materiales finos que pasa el tamiz No. 200	5.30	%

3.1.1.3. Resultados de los ensayos aplicados a la cal hidratada.

La cal seleccionada para la investigación es de la marca “HADES”, se dispuso a ensayar muestras de cal para determinar sus propiedades físicas que serán usadas en el cálculo de diseño de mezclas de concreto ligero.

3.1.1.3.1. Peso específico de la cal hidratada.

El peso específico de la cal hidratada se determinó de acuerdo a los lineamientos de la NTP 334.168 o la ASTM C110, obteniendo como resultados los especificados en la Tabla 19 y también detallados en el Anexo 05.

Tabla 19*Peso específico de la cal “HADES”.*

Descripción	Resultado obtenido	Unidad
Densidad del material	2.55	gr/cm ³
Peso específico de masa	2.55	--

3.1.1.3.2. Contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado de la cal hidratada.

Los pesos unitarios de la cal hidratada son necesarios para obtener la dosificación del diseño de mezcla de concreto ligero, estos se obtuvieron en laboratorio; y se muestran a continuación se resumen los resultados en la Tabla 20, información recopilada del Anexo 06.

Tabla 20

Contenido de humedad y pesos unitarios de la cal "HADES".

Descripción	Condición de la muestra	Resultados	Contenido de humedad
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	Húmedo	785.50	2.14%
	Seco	769.08	
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	Húmedo	1406.94	
	Seco	1377.52	

3.1.2. Resultados obtenidos para el objetivo específico 2.

3.1.2.1.1. Análisis granulométrico por tamizado del polvo de escoria de aluminio.

El polvo de escoria de aluminio se obtuvo como se mencionó anteriormente por un proceso de molienda por medio de un molino de bolas (máquina de abrasión Los Ángeles), el material a utilizar pasa en su totalidad por el tamiz No. 50 de tamaño de ranura de 300 µm. Los resultados obtenidos se representan en la gráfica de la Figura 41 y la información completa del ensayo se encuentra en el Anexo 07.

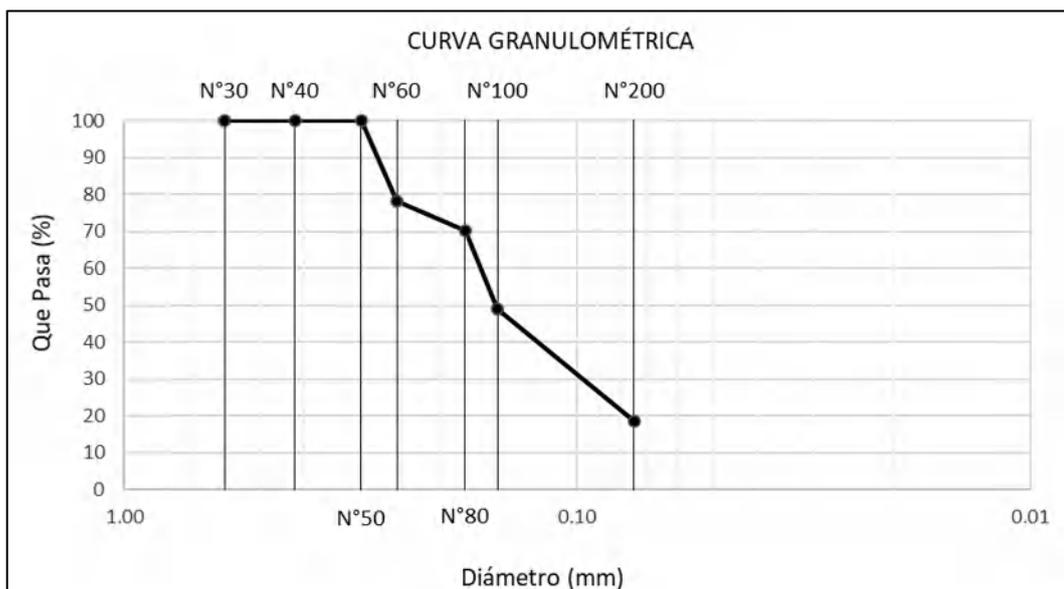


Figura 41. Granulometría del polvo de escoria de aluminio.

De la curva granulométrica obtenida del ensayo, se aprecia que aproximadamente el 50% de las partículas de polvo de escoria de aluminio son capaces de pasar por el tamiz No. 100 y un casi 20% del total de partículas ensayadas son de menor tamaño de la ranura de 75 μm de la malla No. 200.

3.1.2.2. **Contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado del polvo de escoria de aluminio.**

Se determinó tanto el peso unitario suelto y el peso unitario compactado del polvo de escoria de aluminio, de igual manera por medio secado al horno se obtuvo el contenido de humedad, resultando así los pesos unitarios tanto en condición húmeda como seca, que se encuentran detallados en la Tabla 21 y el Anexo 08.

Tabla 21

Contenido de humedad y pesos unitarios del polvo de escoria de aluminio.

Descripción	Condición de la muestra	Resultados	Contenido de humedad
Peso Unitario Suelto (Kg/m^3)	Húmedo	1148.37	0.19%
	Seco	1146.21	
Peso Unitario Compactado (Kg/m^3)	Húmedo	1441.91	
	Seco	1439.21	

3.1.2.3. **Peso específico al polvo de escoria de aluminio.**

El peso específico del polvo de escoria de aluminio se determinó de acuerdo al método dispuesto en la NTP 334.005 o la ASTM C188, obteniendo como resultados los especificados en la Tabla 22 y también detallados en el Anexo 09.

Tabla 22

Peso específico del polvo de escoria de aluminio.

Descripción	Resultado obtenido	Unidad
Densidad del material	2.76	gr/cm^3
Peso específico de masa	2.76	--

3.1.3. Resultados obtenidos para el objetivo específico 3.

3.1.3.1. *Elaboración de diseños preliminares de concreto ligero.*

En primer lugar, se elaboraron 10 diseños de mezclas previos ya mencionados anteriormente, con diferentes proporciones de cemento: cal: arena, a esos diseños se añadieron porcentajes de polvo de escoria de aluminio que varían desde el 1.5% a 9% respecto al peso del cemento. Teniendo los datos obtenidos del estudio de canteras y de los ensayos aplicados a la cal hidratada, se calculó en peso y volumen los diseños de mezcla preliminares, mostrando los resultados en la Tabla 23 y detallados en el Anexo 10.

Tabla 23

Dosificación en peso por bolsa de cemento de los diseños preliminares.

Diseño preliminar	Proporción (Cem: Cal: Ar)	Dosificación en Peso (kg)			R a/c
		Cemento	Cal	Arena	
PD1	1:1/8:4	42.5	2.78	177.83	1.025
PD2	1:1/8:3	42.5	2.78	133.37	0.825
PD3	1:1/8:2	42.5	2.78	88.91	0.625
PD4	1:1/4:4	42.5	5.56	177.83	1.025
PD5	1:1/4:3	42.5	5.56	133.37	0.835
PD6	1:1/4:2	42.5	5.56	88.91	0.644
PD7	1:1/4:4	42.5	11.13	177.83	1.060
PD8	1:1/2:3	42.5	11.13	133.37	0.890
PD9	1:1/2:2	42.5	11.13	88.91	0.708
PD10	1:1/2:1.5	42.5	11.13	66.69	0.596

3.1.3.1.1. **Ensayo de fluidez de las mezclas preliminares.**

Como primer ensayo se realizó el ensayo de fluidez del mortero para cada uno de los diseños propuestos, con el fin de determinar una relación agua / cemento inicial de las mezclas, de tal manera que se consiga una fluidez de $110 \pm 5\%$ como establece la NTP 399.610. En el ensayo de fluidez se determinaron las relaciones agua / cemento de los diseños preliminares sin incorporación de polvo de escoria de aluminio, la relación de agua / cemento quedo constante de tal manera que se observó cómo iba variando la fluidez de la mezcla conforme se elevaba el porcentaje de incorporación del polvo de escoria de aluminio. Los diseños se agruparon en tres grupos que compartían como característica similar

la proporción de cal hidratada. En las Figuras 42, 43 y 44 se grafican los resultados de fluidez obtenidos para cada diseño de mezcla y para cada incorporación del polvo de Esc. de Al.; los detalles del ensayo se encuentran en el Anexo 11.

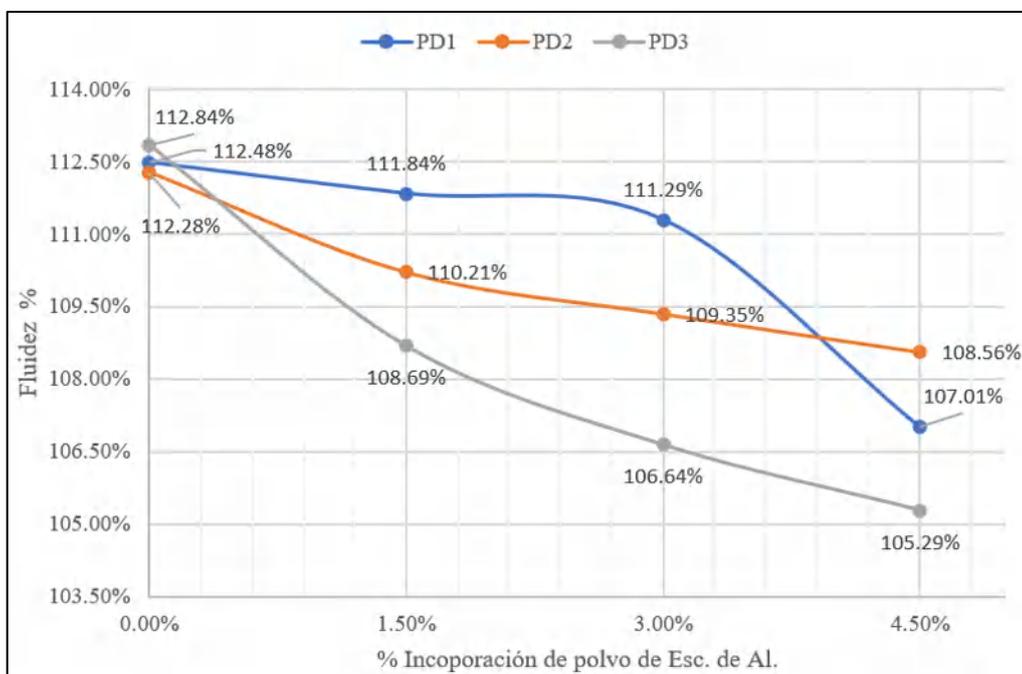


Figura 42. Resultados del ensayo de Fluidez de los diseños PD1, PD2 y PD3 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.

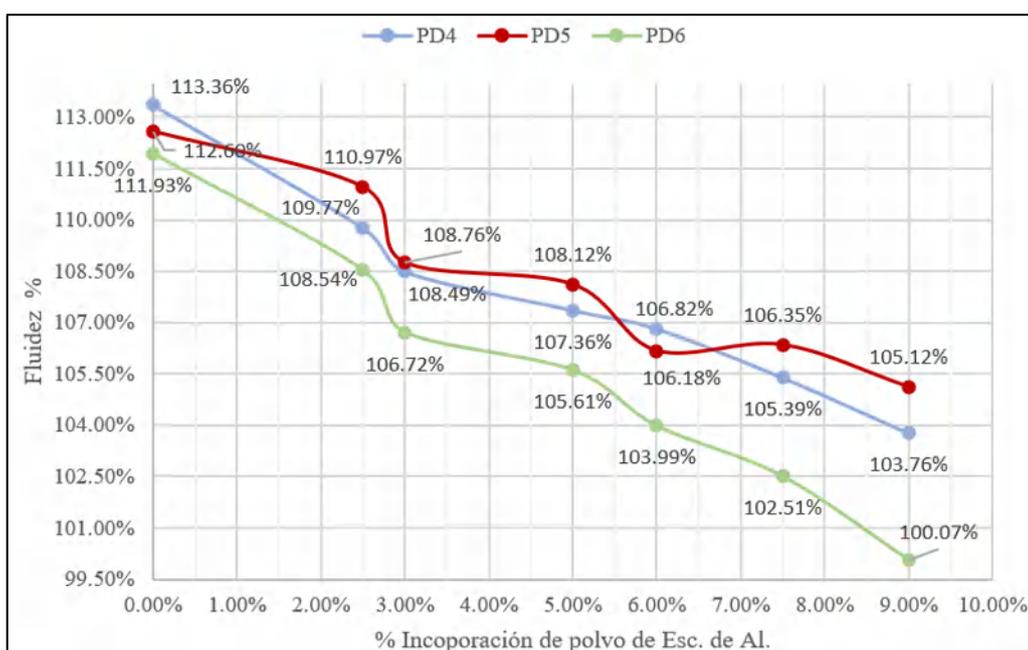


Figura 43. Resultados del ensayo de Fluidez de los diseños PD4, PD5 y PD6 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.

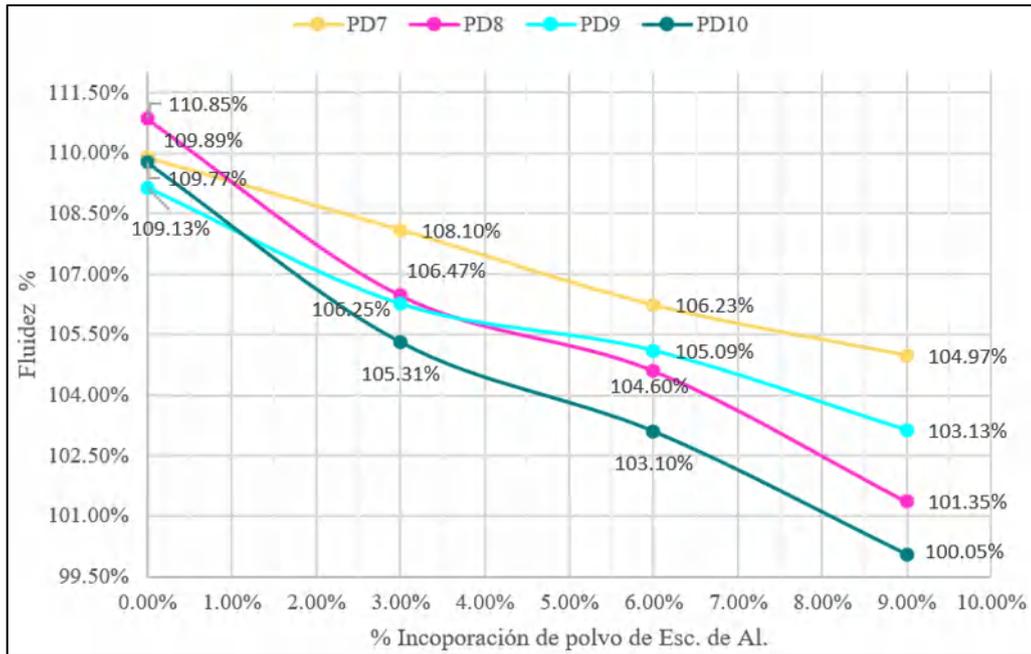


Figura 44. Resultados del ensayo de Fluidez de los diseños PD7, PD8, PD9 y PD10 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.

Las gráficas demuestran que conforme se aumentó el polvo de escoria de aluminio, la fluidez de las mezclas disminuyó para todas las proporciones e incorporaciones de polvo de esc. de aluminio estudiadas. A pesar de ello, su consistencia aún permitía una adecuada trabajabilidad para la elaboración de los cubos de mortero.

3.1.3.1.2. Ensayo para la determinación de la densidad del concreto ligero endurecido de los diseños preliminares.

De los cubos de mortero realizados de los diseños preliminares, se ensayaron de acuerdo a la NTP 399.604 para determinar su densidad en estado endurecido, parámetro indispensable para el diseño de un concreto ligero. En las Figuras 45, 46 y 47 se grafican los resultados obtenidos de las densidades en kg/m^3 , todos los datos obtenidos se encuentran de forma detallada en el Anexo 12.

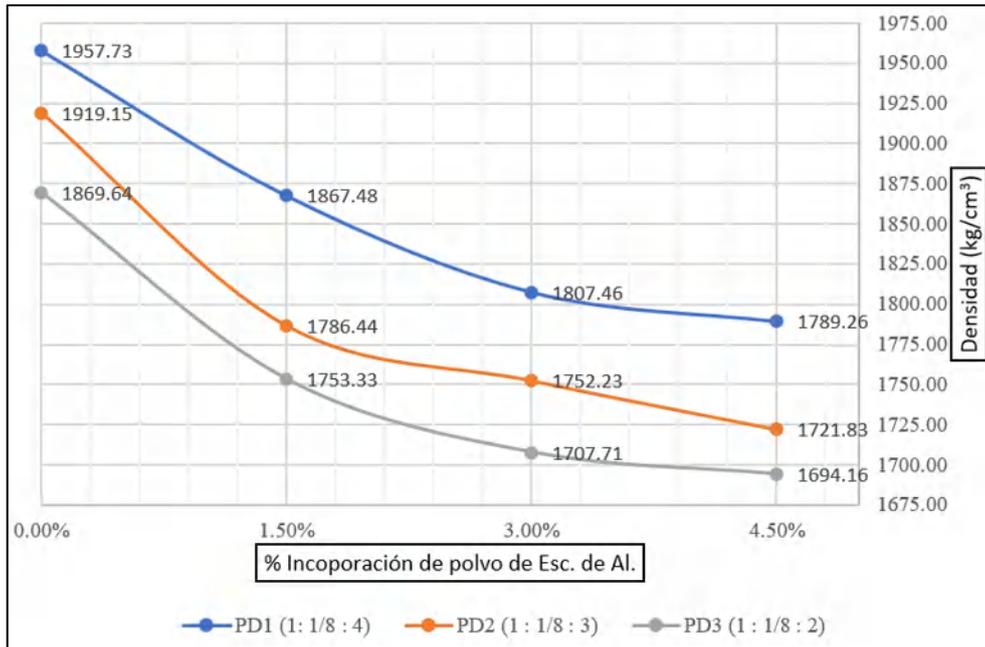


Figura 45. Densidad de los diseños PD1, PD2 y PD3 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.



Figura 46. Densidad de los diseños PD4, PD5 y PD6 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.

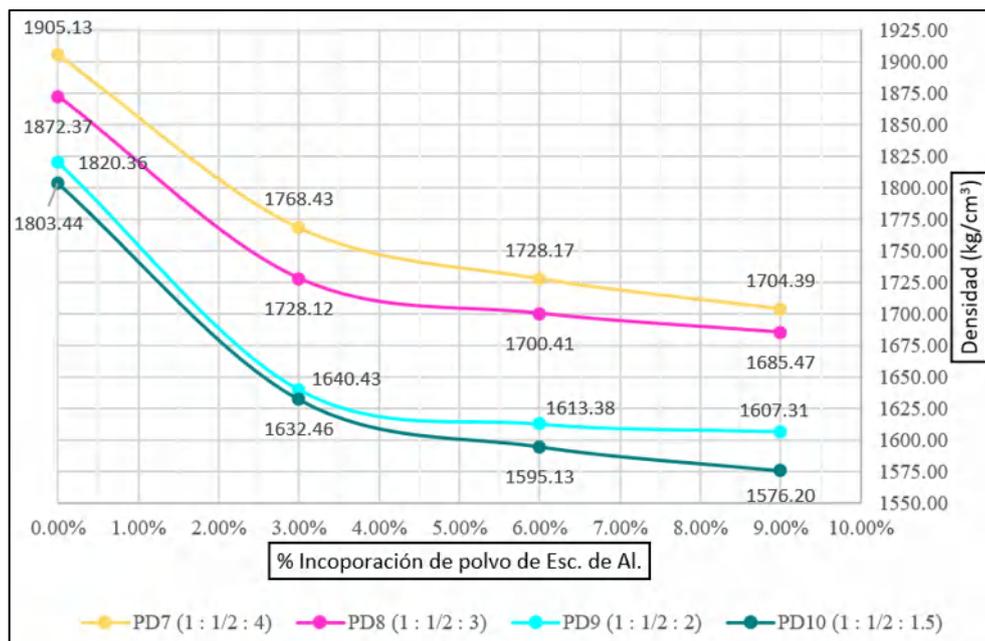


Figura 47. Densidad de los diseños PD7, PD8, PD9 y PD10 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.

Los resultados de densidad de los cubos de mortero de los diseños previos de mezclas de concreto ligero representados en las anteriores gráficas demuestran que al incorporar el polvo de escoria de aluminio la densidad de los diseños patrones (sin polvo de aluminio) bajan bruscamente, teniendo como valor mínimo de densidad en estado endurecido de 1576.20 Kg/m³ para el diseño PD10 (1: 1/2: 1.5) con incorporación de 9% de polvo de escoria de aluminio. Además, analizando la densidad de los cubos sin incorporación de polvo de escoria de aluminio, los diseños PD3, PD6, PD9 y PD10 presentan la menor densidad, sacando como conclusión que, a menor cantidad de arena se obtienen valores de densidad inferiores; y por el contrario si la proporción de cal es aumentada se garantiza una densidad inclusive de menor valor.

3.1.3.1.3. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto ligero endurecido de los diseños preliminares.

Siguiendo los parámetros establecidos en la NTP 334.051, se determinó la resistencia a la compresión a la edad de 14 días de curado de cada diseño previo estudiando, con las respectivas adiciones de polvo de escoria de aluminio dispuestos. En las gráficas que se muestran a continuación en las Figuras 48, 49 y 50 se aprecia y compara los resultados de la resistencia a la compresión

de los cubos de mortero que, a su vez estos resultados se encuentran detallados en el Anexo 13.

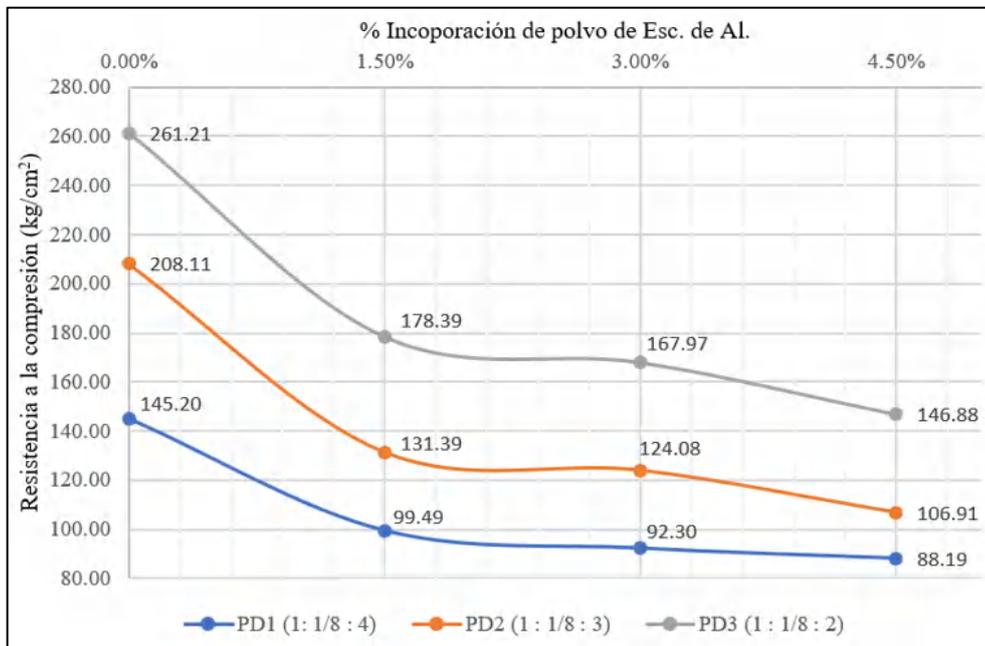


Figura 48. Resistencia a la compresión (14 días de curado) de los diseños PD1, PD2 y PD3 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.

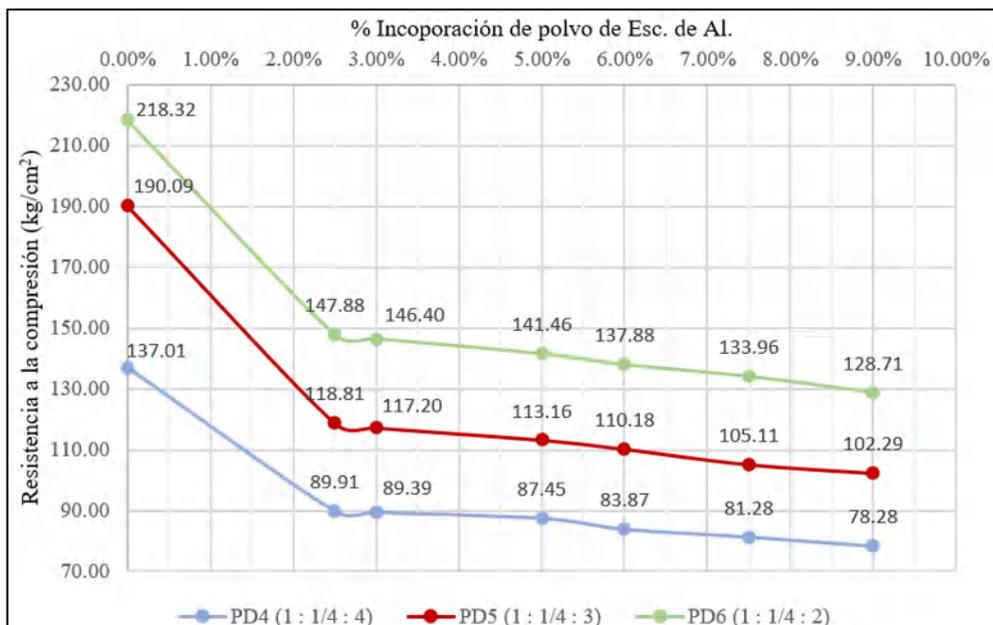


Figura 49. Resistencia a la compresión (14 días de curado) de los diseños PD4, PD5 y PD6 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.

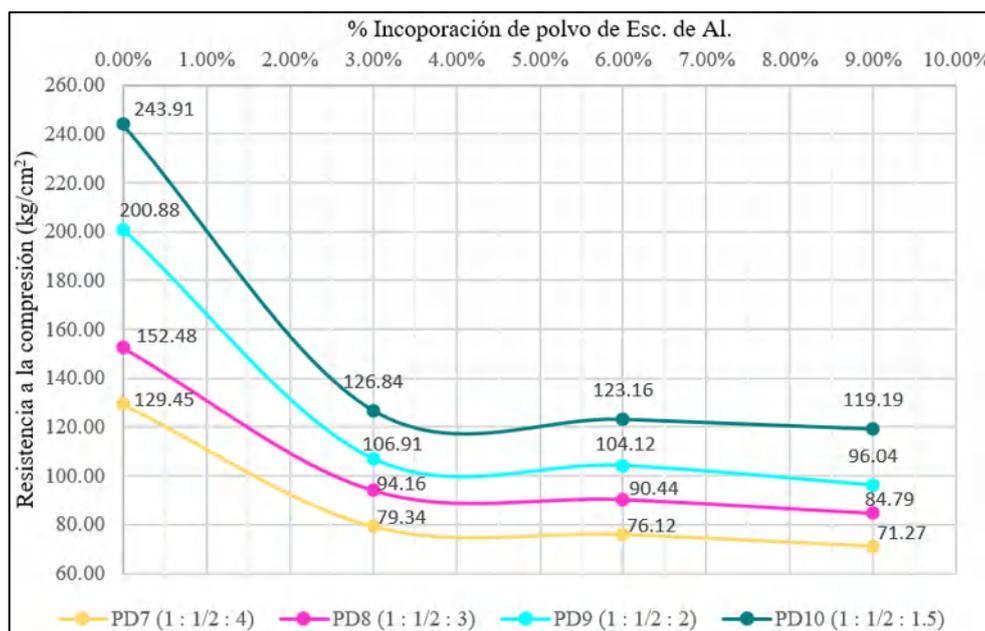


Figura 50. Resistencia a la compresión (14 días de curado) de los diseños PD7, PD8, PD9 y PD10 con incorporación de polvo de escoria de aluminio.

Analizando y comparando las gráficas anteriores, se demuestra que los valores de resistencia a la compresión aumentan de manera considerablemente cuando la proporción de arena se disminuye, debido a que la cantidad de cemento aumenta en porcentaje respecto al total de los materiales de mezcla. A diferencia de lo acontecido con la densidad, el incluir mayor cantidad de cal en el diseño de mezcla genera una disminución de la resistencia a la compresión en los diseños de mezcla. Por otra parte, la incorporación del polvo de escoria de aluminio disminuye en gran medida la resistencia mecánica de los diseños sin la inclusión de dicho material, teniendo como valor mínimo de resistencia mecánica de 71.27 kg/cm² para el diseño PD7 (1: 1/2: 4) con incorporación de 9% de polvo de escoria de aluminio. Cabe destacar que los resultados de resistencia a la compresión son a 14 días, por lo que los valores definitivos de resistencia se espera que sean mayores. Para una apreciación general de los resultados, en la Tabla 24 se resume las propiedades de densidad y resistencia a la compresión de cada diseño previo ensayado.

Tabla 24*Densidad y Resistencia a la compresión de los diseños preliminares.*

Diseño	Proporción Cem: Cal: Are	Relación a/c	%Polvo de escoria de aluminio	Densidad (Kg/m ³)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
PD1	1 : 1/8 : 4	1.025	0.0%	1957.73	145.20
			1.5%	1867.48	99.49
			3.0%	1807.46	92.30
			4.5%	1789.26	88.19
PD2	1 : 1/8 : 3	0.825	0.0%	1919.15	208.11
			1.5%	1786.44	131.39
			3.0%	1752.23	124.08
			4.5%	1721.83	106.91
PD3	1 : 1/8 : 2	0.625	0.0%	1869.64	261.21
			1.5%	1753.33	178.39
			3.0%	1707.71	167.97
			4.5%	1694.16	146.88
PD4	1 : 1/4 : 4	1.025	0.0%	1922.78	137.01
			2.5%	1808.74	89.91
			3.0%	1780.80	89.39
			5.0%	1766.12	87.45
			6.0%	1735.23	83.87
			7.5%	1718.14	81.28
PD5	1 : 1/4 : 3	0.835	9.0%	1712.39	78.28
			0.0%	1896.72	190.09
			2.5%	1750.57	118.81
			3.0%	1741.88	117.20
			5.0%	1717.37	113.16
			6.0%	1712.14	110.18
PD6	1 : 1/4 : 2	0.644	7.5%	1708.05	105.11
			9.0%	1701.36	102.29
			0.0%	1848.55	218.32
			2.5%	1710.18	147.88
			3.0%	1695.36	146.40
			5.0%	1683.42	141.46
PD7	1 : 1/2 : 4	1.060	6.0%	1679.40	137.88
			7.5%	1671.03	133.96
			9.0%	1667.26	128.71
			0.0%	1905.13	129.45
			3.0%	1768.43	79.34
PD8	1 : 1/2 : 3	0.890	6.0%	1728.17	76.12
			9.0%	1704.39	71.27
			0.0%	1872.37	152.48
			3.0%	1728.12	94.16
PD9	1 : 1/2 : 2	0.708	6.0%	1700.41	90.44
			9.0%	1685.47	84.79
			0.0%	1820.36	200.88
			3.0%	1640.43	106.91
PD10	1 : 1/2 : 1.5	0.596	6.0%	1613.38	104.12
			9.0%	1607.31	96.04
			0.0%	1803.44	243.91
			3.0%	1632.46	126.84
			6.0%	1595.13	123.16
			9.0%	1576.20	119.19

Después de analizar todos los resultados de densidad y resistencia a la compresión de los cubos de mortero, se seleccionaron los diseños PD9 (1: 1/2: 2) y PD10 (1: 1/2: 1.5) debido a que presentan las densidades de menor valor y sus valores de resistencia a la compresión son los de mayor magnitud obtenida.

3.1.3.2. Elección final del diseño de mezcla para la elaboración de los bloques de concreto ligero.

De los diseños previos seleccionados PD9 y PD10, se incrementó el contenido de agua en porcentajes de 15, 20 y 30% respecto a la relación a/c obtenida del ensayo de fluidez anteriormente, de tal manera que los resultados del ensayo de densidad en estado endurecido del concreto sean inferiores a los obtenidos de los diseños anteriores; teniendo en cuenta siempre que la resistencia a la compresión no resulte en valores menores a 4.15 MPa, valor mínimo aceptable por la NTP 399.600 para unidades de bloque de concreto ligero.

3.1.3.2.1. Resultados de densidad de los nuevos diseños de mezcla de concreto ligero con incremento de relación a / c.

Al igual como se trabajó con los diseños previos sin incremento de contenido de agua, se ensayaron cubos de mortero para determinar la densidad de los 6 nuevos diseños de mezcla que cuentan con las proporciones de cemento: cal: arena igual a los diseños PD9 y PD10. En las Figuras 51 y 52 se grafican los resultados obtenidos de la determinación de la densidad para cada diseño, incluyendo los resultantes de las incorporaciones de polvo de escoria de aluminio en porcentajes de 3, 6, 9, 12, 15 y 18% respecto al peso del cemento, de tal manera de estudiar hasta cuánto es posible reducir las densidades con la adición de este material. En el Anexo 12 se encuentra de manera precisada los resultados obtenidos del ensayo.

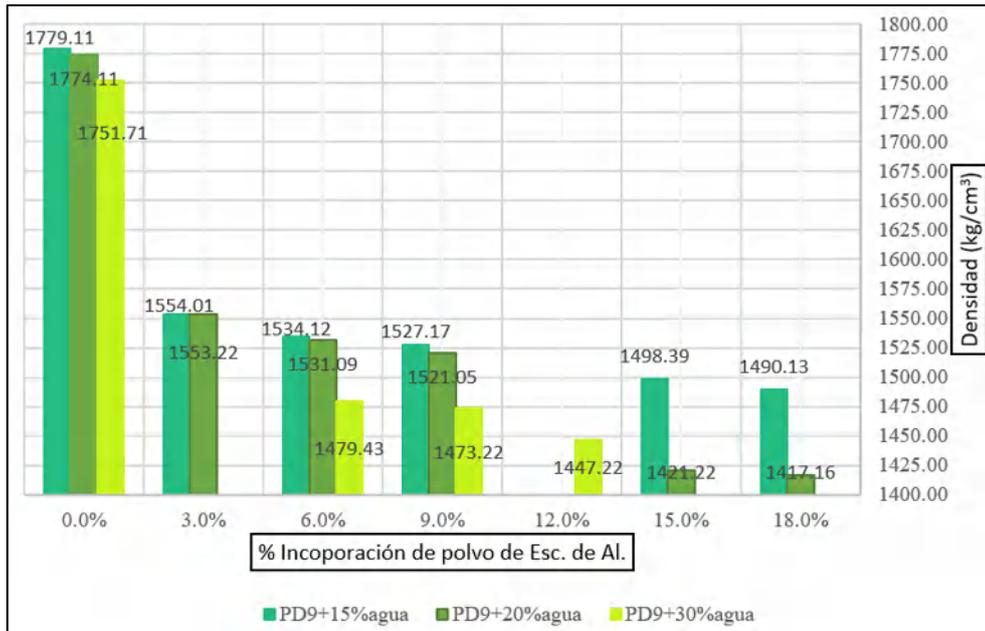


Figura 51. Densidad de los diseños de mezclas PD9+15%agua, PD9+20%agua y PD9+30%agua.

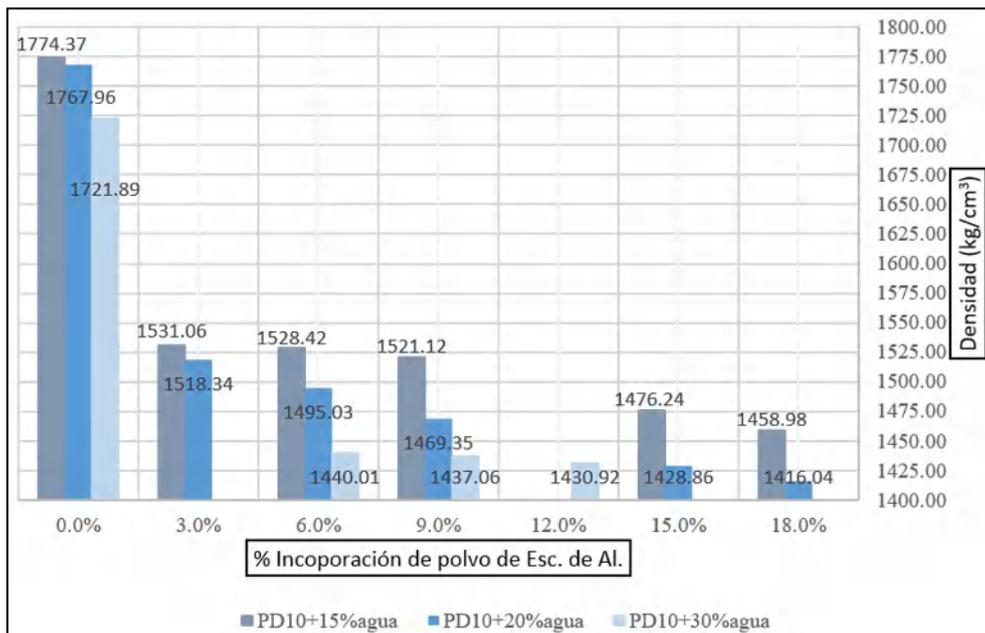


Figura 52. Densidad de los diseños de mezclas PD10+15%agua, PD10+20%agua y PD10+30%agua.

Tanto para la Figura 51 como la Figura 52, se aprecia que la densidad disminuye considerablemente a medida que se incrementa la cantidad de agua en el diseño de mezcla. Por otra parte, como ya se había apreciado en los diseños anteriores, la adición del polvo de escoria de aluminio reduce también la

densidad en estado endurecido de los cubos de concreto ligero, teniendo como valores mínimos de 1417.16 kg/m³ y 1416.04 kg/m³ para los diseños PD9+30%agua y PD10+30%agua respectivamente. Entre los diseños PD9 (1: 1/2: 2) y PD10 (1: 1/2: 1.5) existen una variación de valores de densidad que, en todos los casos, ya sea con el mismo incremento de agua o la misma cantidad de incorporación de polvo de escoria de aluminio, los valores resultantes del diseño PD9 siempre son superiores al diseño PD10.

3.1.3.2.2. Resultados de resistencia a la compresión de los nuevos diseños de mezcla de concreto ligero con incremento de relación a / c.

Se determino la resistencia a la compresión de los cubos de concreto ligero para cada diseño con incremento de contenido de agua y con los respectivos porcentajes de escoria de aluminio trabajados en los ensayos de densidad. Los resultados de los diseños PD9 con incremento de 15, 20 y 30% de agua se grafican en la Figura 53, mientras que los resultados de los diseños PD10 se encuentran graficados en la Figura 54. Todos los datos y resultados obtenidos se encuentran respaldados en los informes del Anexo 13.

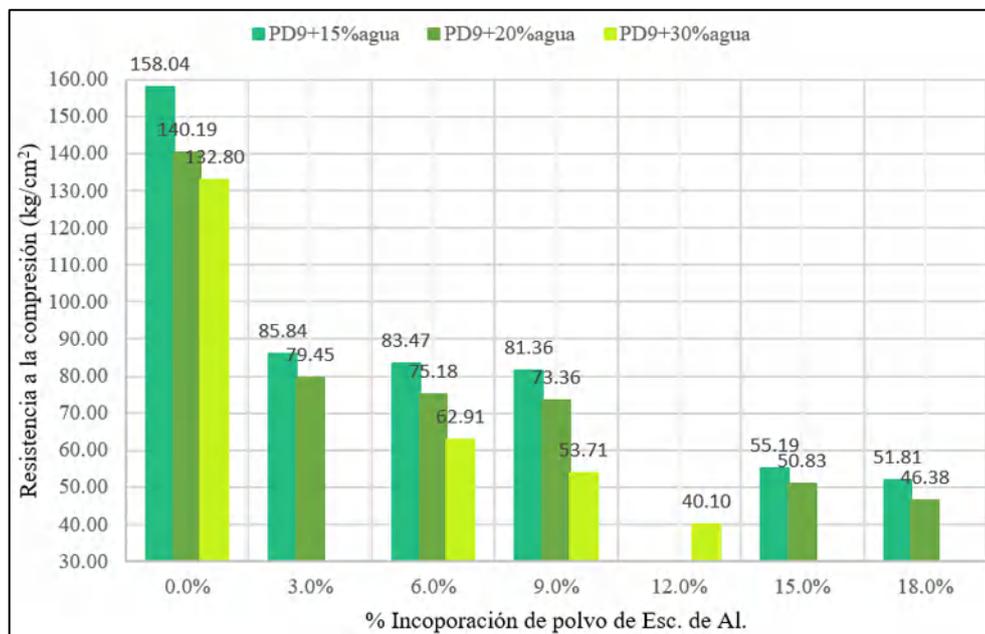


Figura 53. Resistencia a la compresión de los diseños de mezclas PD9+15%agua, PD9+20%agua y PD9+30%agua.

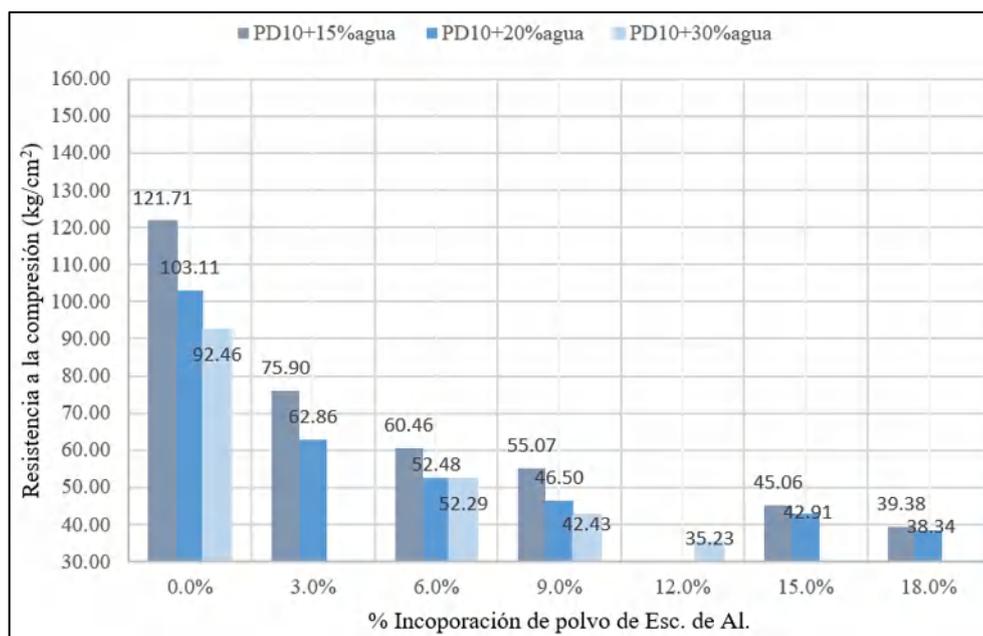


Figura 54. Resistencia a la compresión de los diseños de mezclas PD10+15%agua, PD10+20%agua y PD10+30%agua.

Comparando los gráficos de las Figuras 53 y 54, se observa que a pesar que los diseños PD10 contienen mayor cantidad de cemento por metro cubico de mezcla que los diseños PD9, tienen valores de resistencia inferiores respecto a los diseños PD9 cuando se les incrementa porcentajes iguales de cantidad de agua respecto a su relación a / c inicial. Al igual que la densidad la tendencia es a disminuir la resistencia a la compresión, ya sea por el aumento de la relación a / c o por el aumento de la incorporación del polvo de escoria de aluminio.

3.1.3.2.3. Diseño de mezcla definitivo y porcentajes de escoria de aluminio a utilizar en la elaboración de los bloques de concreto ligero.

Los resultados tanto de densidad como de resistencia a la compresión de los cubos de concreto ligero de los diseños de mezcla con incremento de relación agua / cemento se disponen de manera conjunta en la Tabla 25, donde se seleccionará finalmente el diseño definitivo para la elaboración de los bloques de concreto ligero.

Tabla 25

Relación a / c, densidad y resistencia a la compresión de los diseños previos de concreto ligero con incremento de contenido de agua.

Diseño	Proporción Cem: Cal: Are	Relación n a/c	%Polvo de escoria de aluminio	Densidad Kg/m ³	Resistencia a la compresión Kg/cm ²
PD9+15%agua	1 : 1/2 : 2	0.814	0.0%	1779.11	158.04
			3.0%	1554.01	85.84
			6.0%	1534.12	83.47
			9.0%	1527.17	81.36
			15.0%	1498.39	55.19
			18.0%	1490.13	51.81
PD9+20%agua	1 : 1/2 : 2	0.850	0.0%	1774.11	140.19
			3.0%	1553.22	79.45
			6.0%	1531.09	75.18
			9.0%	1521.05	73.36
			15.0%	1421.22	50.83
			18.0%	1417.16	46.38
PD9+30%agua	1 : 1/2 : 2	0.920	0.0%	1751.71	132.80
			6.0%	1479.43	62.91
			9.0%	1473.22	53.71
			12.0%	1447.22	40.10
PD10+15%agua	1 : 1/2 : 1.5	0.685	0.0%	1774.37	121.71
			3.0%	1531.06	75.90
			6.0%	1528.42	60.46
			9.0%	1521.12	55.07
			15.0%	1476.24	45.06
			18.0%	1458.98	39.38
PD10+20%agua	1 : 1/2 : 1.5	0.715	0.0%	1767.96	103.11
			3.0%	1518.34	62.86
			6.0%	1495.03	52.48
			9.0%	1469.35	46.50
			15.0%	1428.86	42.91
			18.0%	1416.04	38.34
PD10+30%agua	1 : 1/2 : 1.5	0.775	0.0%	1721.89	92.46
			6.0%	1440.01	52.29
			9.0%	1437.06	42.43
			12.0%	1430.92	35.23

Los valores de resistencia con incorporaciones de polvo de escoria superiores al 9% resultan en valores demasiado bajos para utilizarse en la elaboración de un bloque de concreto ligero que debe garantizar una resistencia mínima de 4.15 MPa, por la cual se seleccionaron los porcentajes de 3, 6 y 9%. En cuanto al diseño de mezcla a utilizar, se descartaron los diseños PD10 con 15, 20 y

30% adicional de agua, debido que en todos ellos la resistencia era inferior a los obtenidos con los diseños PD9 que contienen menor cantidad de cemento por metro cubico de mezcla. Finalmente se selecciona el diseño PD9+20%agua como diseño patrón, siendo los que más se ajustan a los valores de resistencia a la compresión requeridos, además de contar con densidades bajas para ser calificados como concreto ligero. En la Tabla 26 se resume las proporciones del diseño de mezcla patrón a utilizar para la elaboración de los bloques de concreto ligero, datos sustentados en el Anexo 10, donde también se encuentran los diseños de mezclas preliminares elaborados en la investigación.

Tabla 26

Proporción en peso de los diseños de mezcla para la elaboración de los bloques de concreto ligero.

DISEÑO	Proporción (Cem : Cal : Are)	Dosificación en Peso (kg)				R a/c
		Cemento	Cal	Arena	Aluminio	
Concreto ligero Patrón	1:1/2:2	42.5	11.13	88.91	0	0.85
Concreto ligero 3% Esc. Polvo de Al.	1:1/2:2	42.5	11.13	88.91	1.28	0.85
Concreto ligero 6% Esc. Polvo de Al.	1:1/2:2	42.5	11.13	88.91	2.55	0.85
Concreto ligero 9% Esc. Polvo de Al.	1:1/2:2	42.5	11.13	88.91	3.83	0.85

3.1.4. Resultados obtenidos para el objetivo específico 4.

Los resultados de los ensayos de control de temperatura, consistencia de flujo, peso unitario y contenido de aire de las mezclas de concreto ligero en estado fresco, se encuentran detallados en los informes de laboratorio mostrados en el Anexo 14.

3.1.4.1. Control de temperatura en estado fresco del concreto.

Se tomaron lecturas de las muestras de concreto ligero en estado fresco para cada incorporación de polvo de escoria de aluminio y para la muestran sin aluminio. En la Figura 55 se muestran los resultados obtenidos tanto para el diseño patrón (sin adición) como para los diseños que incorporan polvo de escoria de aluminio, mostrando valores bastante similares que difieren en 0.5°C.

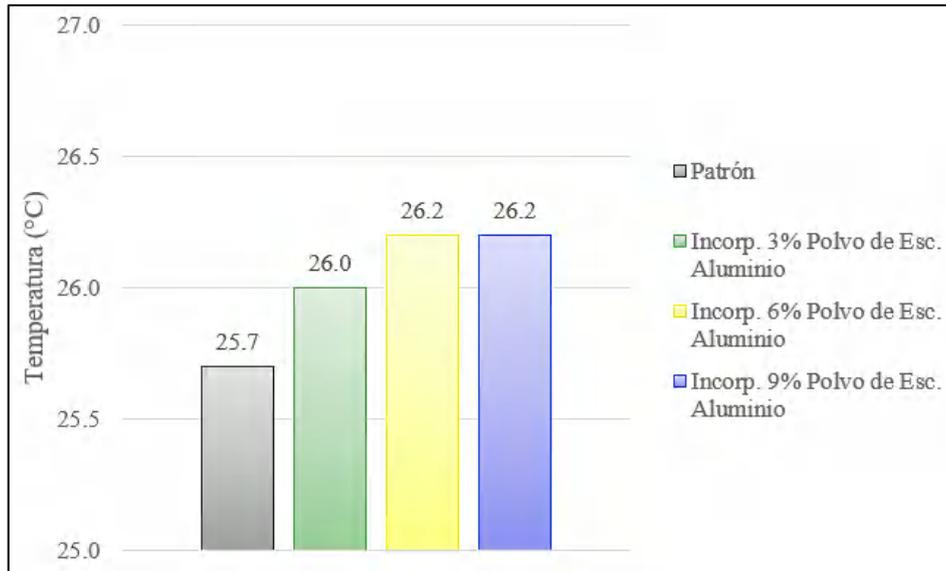


Figura 55. Comparación de temperaturas obtenidas de cada diseño de concreto ligero con las incorporaciones de polvo de escoria de aluminio.

3.1.4.2. Consistencia de flujo de la mezcla fresca de concreto ligero.

El ensayo fue realizado de acuerdo a la norma ASTM D6103, obteniendo como parámetro de medición de la consistencia de flujo de las mezclas de concreto ligero al diámetro dispersión. Los resultados se encuentran graficados en la Figura 56, donde se aprecia que los diámetros de dispersión tanto para el diseño patrón como los diseños con incorporaciones de polvo de escoria de aluminio se encuentran en un rango 200 – 300 mm.

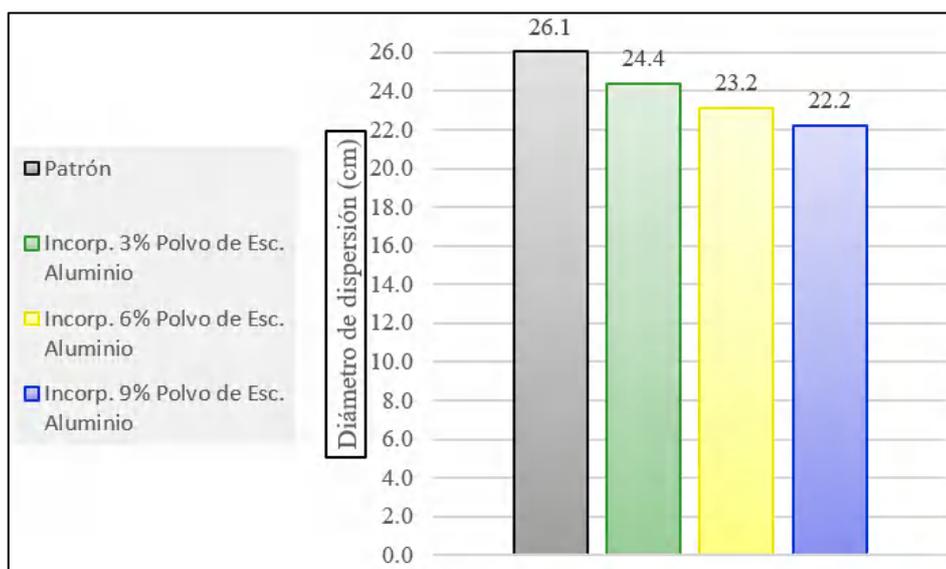


Figura 56. Comparación de los diámetros de dispersión de cada diseño de concreto ligero con las incorporaciones de polvo de escoria de aluminio.

3.1.4.3. **Peso unitario y contenido de aire de la mezcla fresca de concreto ligero.**

Se determinó el peso unitario de las mezclas frescas de concreto, de acuerdo a la NTP 339.046, obteniendo a su vez el contenido de aire o vacíos para cada diseño, por medio del cálculo de la densidad teórica de cada diseño de mezcla de concreto. En la Tabla 27 se resumen los resultados obtenidos del ensayo, mostrando una conforme el peso unitario fresco disminuye por la incorporación del polvo de escoria de aluminio, el contenido de vacíos o aire aumenta.

Tabla 27

Peso unitario y contenido de vacíos de los diseños concreto ligero.

Diseño	Peso Unitario (Kg/m³)	Densidad Teórica (Kg/cm³)	Contenido de aire (%)
Patrón	1782.38	2003.83	11.05
Incorp. 3% de polvo de escoria de aluminio	1758.75	2007.73	12.40
Incorp. 6% de polvo de escoria de aluminio	1735.63	2011.58	13.72
Incorp. 9% de polvo de escoria de aluminio	1676.25	2015.40	16.83

3.1.5. **Resultados obtenidos para el objetivo específico 5.**

Los resultados de los ensayos que definen las propiedades físicas de los bloques de concreto ligero, tales como variación dimensional, alabeo, absorción, densidad y succión; se encuentran detallados en el Anexo 15.

3.1.5.1. **Variación dimensional.**

Los bloques de concreto se tomaron medidas con precisión al milímetro, en el Anexo 15 se distinguen el promedio de todas las medidas obtenidas para cada espécimen. En la Figura 57 se grafican los resultados de variación dimensional, observando que la mayor variación dimensional se encuentra en el ancho de los bloques, por otra parte, en el largo de los bloques se obtuvieron las menores variaciones dimensionales.

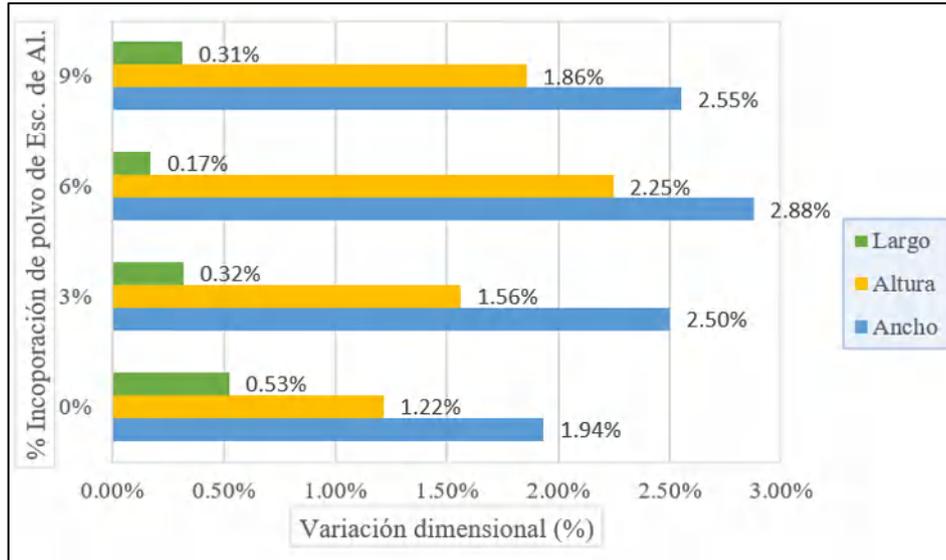


Figura 57. Variación dimensional de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.

3.1.5.2. Alabeo.

Del gráfico de barras de la Figura 58 se destaca que el mayor alabeo se presentó en superficies convexas, donde los bloques con 6% de incorporación de polvo de escoria de aluminio, se acercaron a los ± 4 milímetros recomendados por la Norma E.070 para bloques portantes. No obstante, los resultados del ensayo de alabeo no sobrepasaron los ± 8 milímetros recomendados para bloque no portantes.

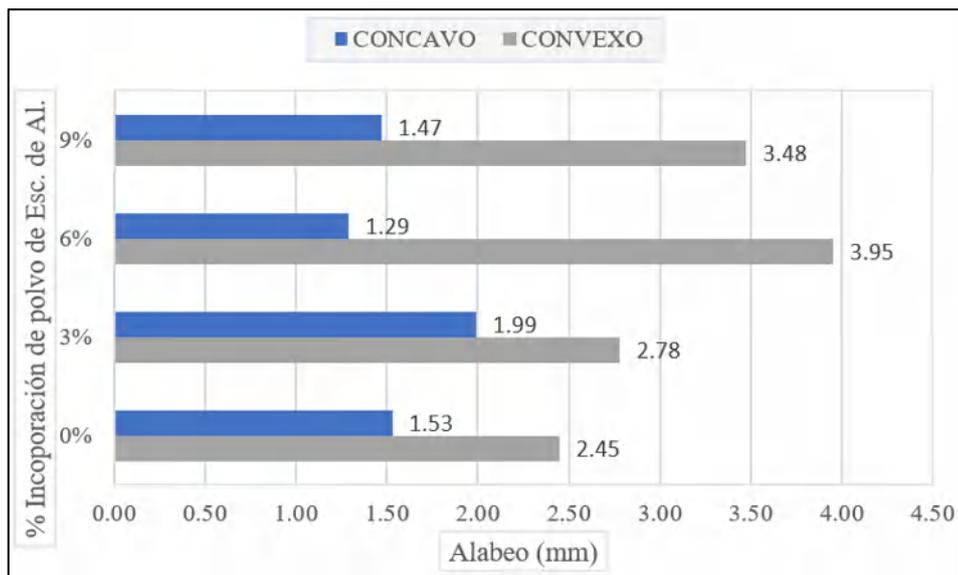


Figura 58. Alabeo cóncavo y convexo de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.

3.1.5.3. Absorción

En la Figura 59 se grafican los resultados promedios de absorción de los bloques de concreto ligero, observando una elevación exponencial del valor de absorción cuando se incorpora el polvo de esc. de aluminio, resultando como valor de absorción máximo de 19.13% con la adición del 9% del polvo de aluminio utilizado en esta investigación.

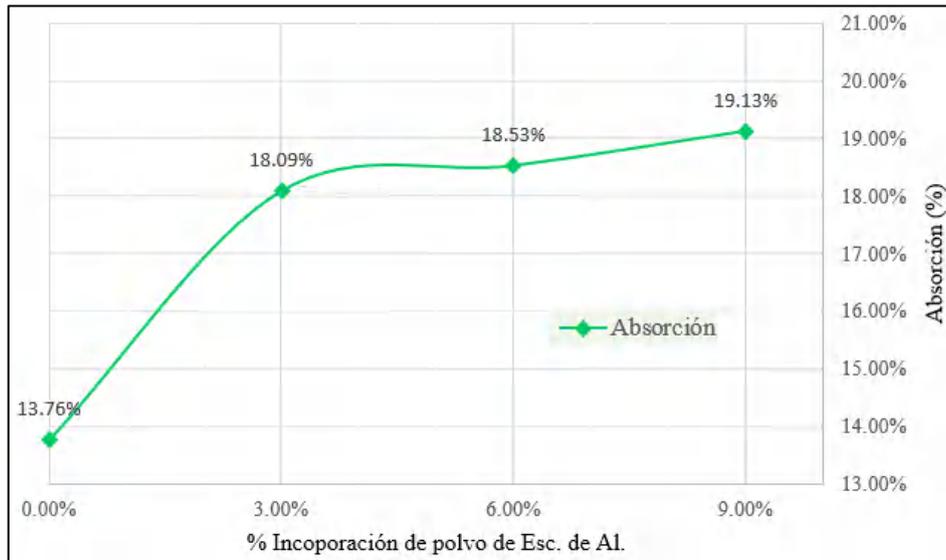


Figura 59. Absorción de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.

3.1.5.4. Densidad de los bloques endurecidos.

De los mismos bloques utilizados para el cálculo de la absorción, se determinó la densidad promedio para cada incorporación de polvo de esc. de aluminio. Los resultados se presentan en la curva de la Figura 60, donde se un decrecimiento brusco de la densidad a la primera incorporación de polvo de escoria de aluminio, resultado esperado por lo estudiado en los diseños previos. Obteniendo como menor valor 1323.29 kg/m^3 para la incorporación de 9%. Asimismo, los bloques sin adición obtuvieron una densidad promedio de 1824.06 kg/m^3 , densidad inferior a la del concreto convencional que se aproxima a los 2400 kg/m^3 .

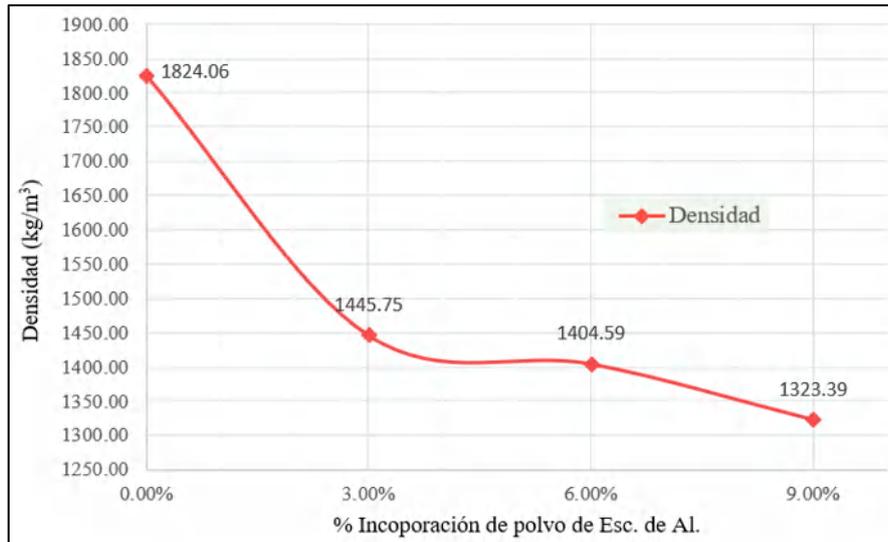


Figura 60. Densidad de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.

3.1.5.5. Succión

Para el ensayo de succión se calculó previamente el área neta media de los bloques a ensayar siguiendo el procedimiento descrito en la NTP 399.613, debido a que los bloques no presentan un área bruta capaz de ser medida de manera tradicional. Los resultados de área neta se detallan en el Anexo 15. Los resultados del ensayo de succión se presentan gráficamente en la Figura 61, demostrando que los valores de succión aumentan gradualmente con las adiciones de polvo de escoria de aluminio, obteniendo un valor de succión máxima de 32.57 gr/200cm²/min para la incorporación de 9%.

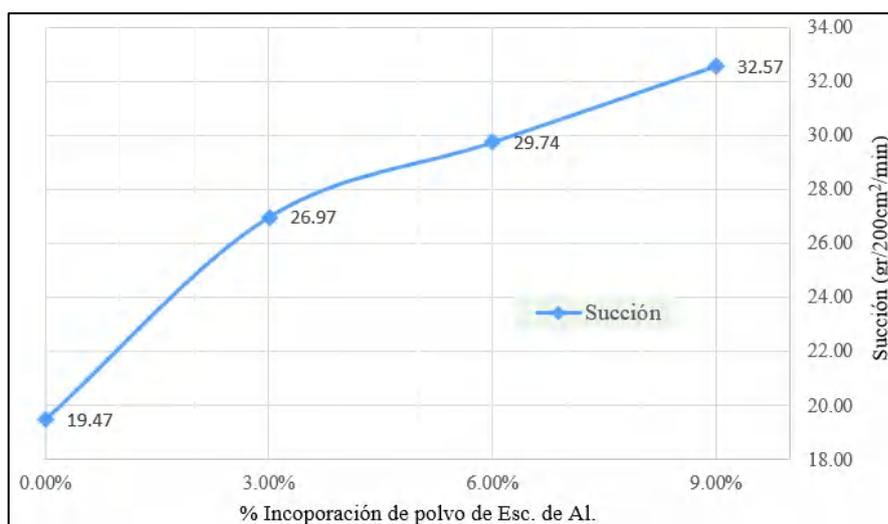


Figura 61. Densidad de los bloques de concreto ligero con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.

3.1.6. Resultados obtenidos para el objetivo específico 6.

Los resultados de los ensayos que definen las propiedades mecánicas de los bloques de concreto ligero, tales como la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería ($f'b$), la resistencia a la compresión de prismas de albañilería ($f'm$) y la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería ($f'v$) se encuentran detallados en los respectivos informes del Anexo 16.

3.1.6.1. Resistencia a la compresión axial de la unidad de albañilería ($f'b$)

La resistencia ($f'b$) se ensayó a los 7, 14 y 28 días de curado de los bloques de concreto ligero. Los resultados se encuentran graficados en la Figura 62, agrupando las resistencias por edad de curado, observando como la incorporación de polvo de esc. de aluminio disminuye los valores de $f'b$. Las incorporaciones de 3, 6 y 9% disminuyen la resistencia a la compresión $f'b$ en porcentajes de 51.65, 54.15 y 58.26% respectivamente, respecto al diseño patrón (sin incorporación) a la edad de 28 días de curado.

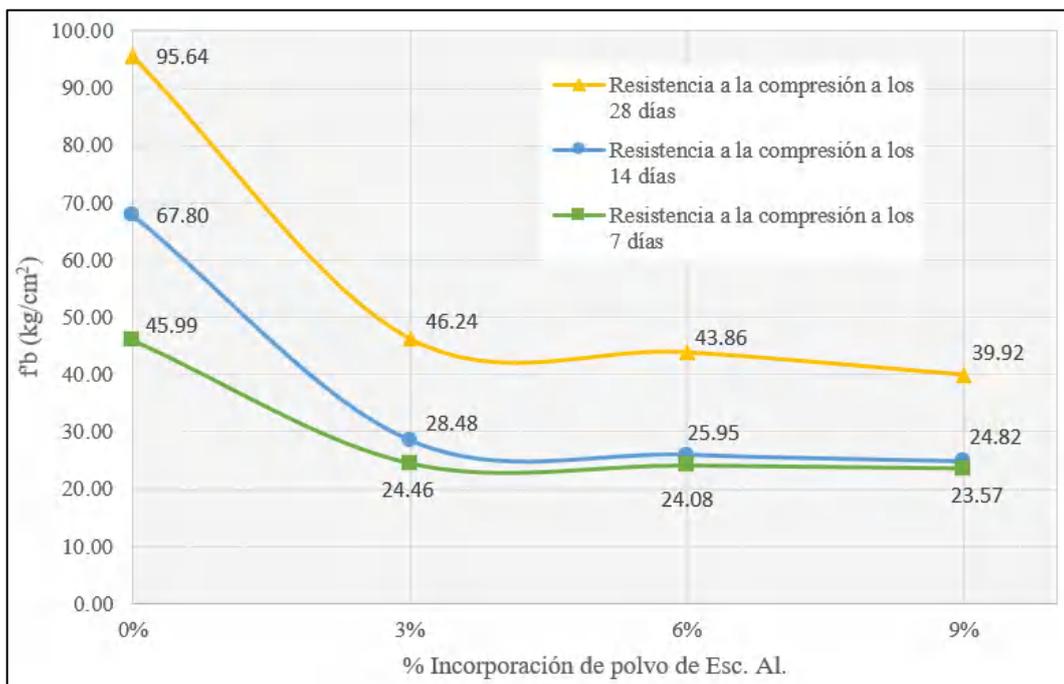


Figura 62. Resistencia a la compresión de los bloques de concreto ligero ($f'b$) con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.

3.1.6.2. Resistencia a la compresión de prismas de albañilería ($f'm$)

Para la elaboración de los prismas de albañilería con los bloques de concreto ligero elaborados en esta investigación, se hizo uso de un mortero de dosificación 1:4, cuyas características se aprecian en la Tabla 28, además de encontrarse debidamente sustentado en el Anexo 17.

Tabla 28

Dosificación y resistencia a la compresión del mortero usado en la elaboración de los elementos de mampostería.

Descripción	Valor
Proporción cemento: arena	1: 4
Relación a/c	1.015
Resistencia a la compresión (kg/cm^2)	182.30

En la Figura 63 se grafican los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los prismas a 28 días de su elaboración. De manera similar a los resultados de $f'b$, la mayor resistencia $f'm$ se obtuvo para los prismas sin incorporación de polvo de escoria de aluminio, y se presentó reducciones de 57.53, 61.76 y 67.24% del $f'b$ de los prismas sin incorporación, para los porcentajes de 3, 6 y 9% de polvo escoria de aluminio.

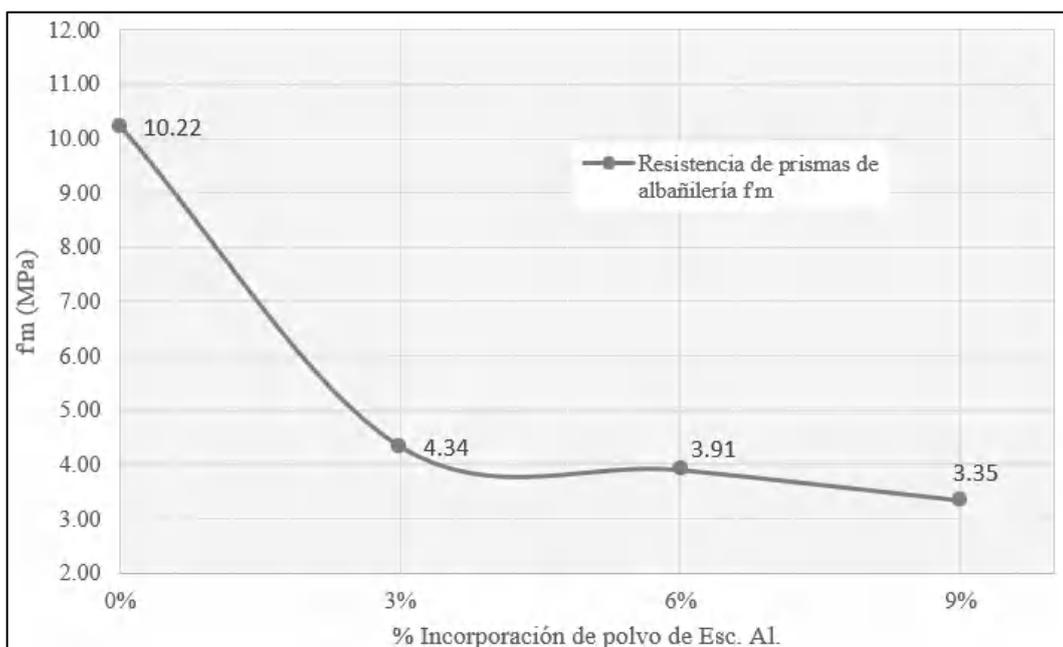


Figura 63. Resistencia a la compresión de prismas de albañilería ($f'm$) con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.

3.1.6.3. Compresión diagonal de muretes de albañilería ($V'm$)

Muretes cuadrangulares de 60 cm de lado se construyeron con los bloques de concreto ligero y el mortero de proporción 1:4 mencionado en el punto anterior. Los muretes se ensayaron por compresión diagonal a 28 días de su elaboración, sus resultados se encuentran expresados gráficamente en la Figura 64. El menor valor de $V'm$ es de 0.81 MPa correspondiente a la incorporación de 9% de escoria de aluminio, este valor obtenido representa una disminución del 39.95% respecto al $V'm$ de los muretes con bloques sin incorporación de polvo de escoria de aluminio que tienen un valor de 1.32 MPa.

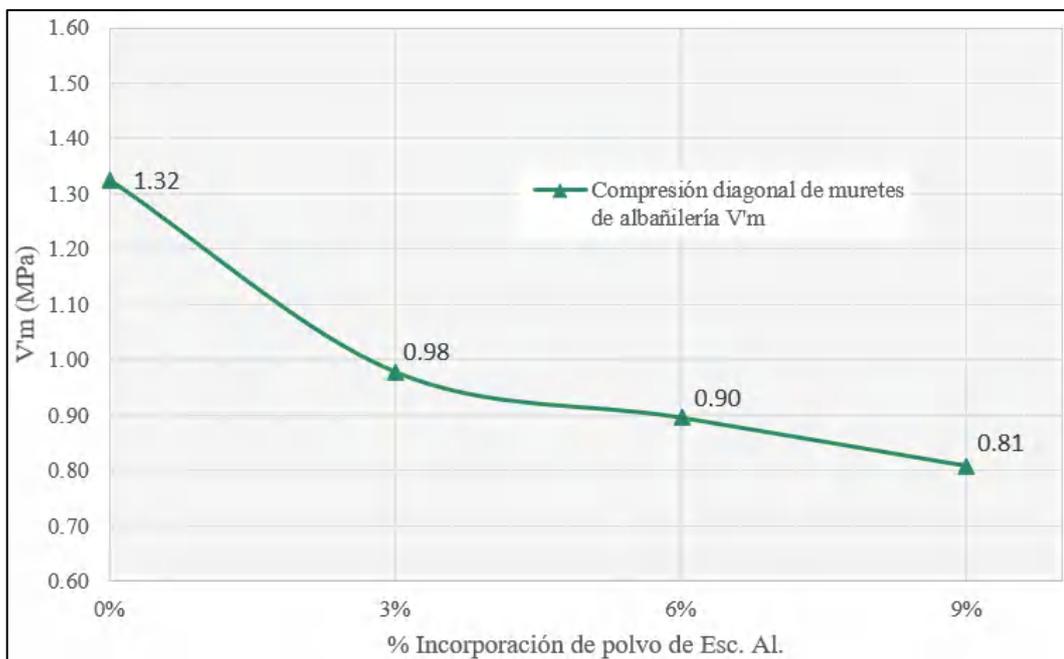


Figura 64. Compresión diagonal de muretes de albañilería ($V'm$) con las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio.

3.2. Discusión de resultados.

3.2.1. Discusión 1 – Propiedades físicas de la arena gruesa y cal hidratada.

3.2.1.1. Propiedades físicas de la arena gruesa

Se hizo un estudio de las principales canteras de la región Lambayeque: Pacherres, Pátapo – La Victoria, Tres Tomas y Castro I. A todas las muestras de agregado fino se determinaron sus características tales como granulometría, peso unitario suelto y compactado, peso específico, absorción y contenido de humedad. Por medio de la granulometría se seleccionó la cantera Pátapo – La Victoria debido a que su curva granulométrica resultante se ajusta a los parámetros recomendados por NORMA E.070 (2020); se usa esta norma como referencia debido a que la arena gruesa a utilizar debe tener como tamaño máximo al tamiz No. 4.

El ensayo de porcentaje de materiales que pasa por el tamiz No. 200 dado en la norma NTP 400.018 (2002) también fue un parámetro para la selección de la cantera, obteniendo un porcentaje de 5.3% valor acertado para los requisitos establecidos en la NTP 400.037 (2018) para agregados usados en concreto. También, el módulo de fineza de la arena gruesa seleccionada es de 2.50, valor dentro del rango de 1.6 a 2.5 establecido en la NORMA E.070 (2020).

Comparando los resultados del agregado fino respecto a los obtenidos por Velarde Rubio (2017), quien analizó las propiedades según lo estipulado por la Normas Técnicas Peruanas al igual que la presente investigación, obtuvieron: un módulo de fineza de 2.40, el contenido de humedad de 0.6%, el peso específico de 2.50 gr/cm³, la absorción de 1.50%, los pesos unitarios suelto y compactado de 1520 y 1680 kg/m³ respectivamente; propiedades similares a las obtenidas en este estudio.

3.2.1.2. Propiedades físicas de la cal hidratada

De acuerdo a la NTP 334.168 (2018) donde se detallan los métodos de ensayos físicos en cal viva, cal hidratada y caliza; se obtuvieron resultados para las propiedades de gravedad específica, pesos unitarios suelto y compactado, y el contenido de humedad de la muestra de cal hidratada marca “HADES”.

Obteniendo un valor de peso específico de 2.55 gr/cm^3 , el peso unitario suelto en condición húmeda resultante es de 785.5 kg/m^3 y el compactado de 1406.94 kg/m^3 , en cuanto el contenido de humedad obtenido es igual a 2.14%; los resultados obtenidos se utilizaron en la dosificación de la mezcla de concreto ligero.

3.2.2. Discusión 2 – Propiedades físicas del polvo de escoria de aluminio.

Al polvo de escoria de aluminio utilizado para generar la aireación en la mezcla de concreto ligero en combinación a la cal hidratada y el cemento, se determinaron sus propiedades físicas tales como la granulometría, peso específico, pesos unitarios (suelto y compactado) y contenido de humedad.

De la granulometría se destaca la distribución de partículas, obteniendo que la mayor cantidad de partículas (30.5%) presentan un tamaño de partículas entre $75 \mu\text{m}$ a $150 \mu\text{m}$, para un polvo de escoria de aluminio que se fabricó de tal manera que su totalidad de partículas sean capaz de pasar por el tamiz No.50 ($300 \mu\text{m}$). Similar al antecedente presentado en el estudio de Liu et al. (2017), donde el tamaño de partícula promedio del polvo residual de aluminio era $80 \mu\text{m}$, sin embargo, su tamaño máximo de partículas ascendía a $1000 \mu\text{m}$, mayor al utilizado en la presenta investigación. Por otra parte, en la investigación Velarde Rubio (2017) hizo uso el tamiz No. 40 ($420 \mu\text{m}$) como tamaño máximo del polvo de aluminio para la elaboración de concreto ligero; en cambio, Reddy & Neeraja (2016) usaron un tamaño máximo de partícula mucho menor para la escoria de aluminio secundario utilizada como reemplazo de cemento en la producción de concreto, siendo el tamaño de $90 \mu\text{m}$.

En cuanto el peso específico, se determinó mediante lo descrito en la NTP 334.005 (2011), norma usada para determinar la densidad del cemento Pórtland; el peso específico resultante del polvo de escoria de aluminio es de 2.76 gr/cm^3 , resultado muy cercano al 2.70 gr/cm^3 dispuesto en la investigación de Velarde Rubio (2017).

Para los ensayos de contenido de humedad, peso unitario seco suelto y peso unitario seco compactado, se obtuvieron resultados de 0.19%, 1146.21 kg/m^3 y

1439.21 kg/m³ respectivamente, en los antecedentes presentados anteriormente no realizaron dichos ensayos, sin embargo, la presente investigación considera de importancia dichas propiedades del polvo de escoria de aluminio para la dosificación en volumen de este en el diseño de mezcla del concreto ligero.

3.2.3. Discusión 3 – Diseño de mezcla y relación agua / cemento para los bloques de concreto ligero.

En la investigación se llegaron a realizar hasta 16 diseños de mezcla diferentes que variaban su proporción cemento: cal: arena, además de su relación agua / cemento. Por diseño previo elaborado, se ensayaron sus propiedades de densidad y resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de 50mm de lado, incluyendo porcentajes de escoria de aluminio de 1.5% a 9% respecto al peso del cemento, de tal manera que se apreciara los efectos ocasionados tanto para la densidad como la resistencia por la inclusión del polvo de escoria de aluminio.

Los diseños PD1, PD4 y PD7 de proporción cemento: arena de 1:4, presentan valores elevados de densidad para ser considerados como concreto ligero, incluso con la adición del polvo de esc. de aluminio, siendo 1704.39 kg/m³ el menor valor para el diseño PD7 con 9% de polvo de esc. de Al, por lo cual son descartados.

La relación cemento: cal modificó tanto la densidad como la resistencia de los especímenes, en la Figura 65 se observa como el aumento de la cantidad de cal en las proporciones de los diseños de mezcla con relación cemento: arena de 1:3 (diseños PD2, PD5 y PD8) y relación 1:2 (diseños PD3, PD6 y PD9) disminuye la densidad de los especímenes cúbicos; estos resultados graficados corresponden a la incorporación de 3% del material aluminico.

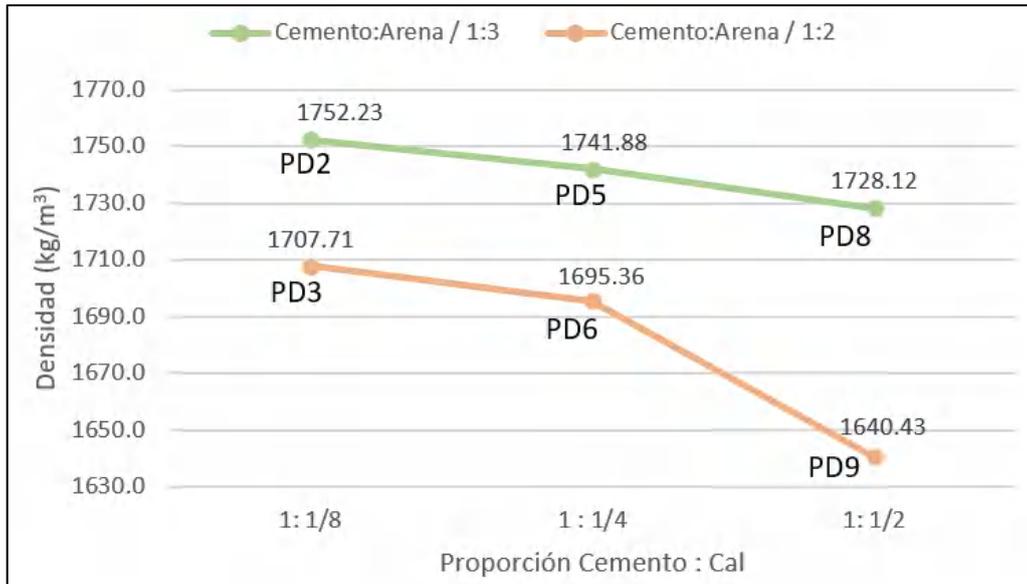


Figura 65. Comparación de los resultados de densidad según el aumento de la cantidad de cal para una incorporación de 3% de polvo de esc. de aluminio.

En la Figura 66, se tienen los resultados de resistencia a compresión a 14 días de curado para una incorporación de 3% de polvo de escoria de aluminio para los diseños con proporción cemento: arena de 1:3 y 1:2; se observa que, según el aumento de cal en el diseño, la resistencia disminuye; sin embargo, los diseños con proporción cemento: arena de 1:2 obtuvieron valores mayores.

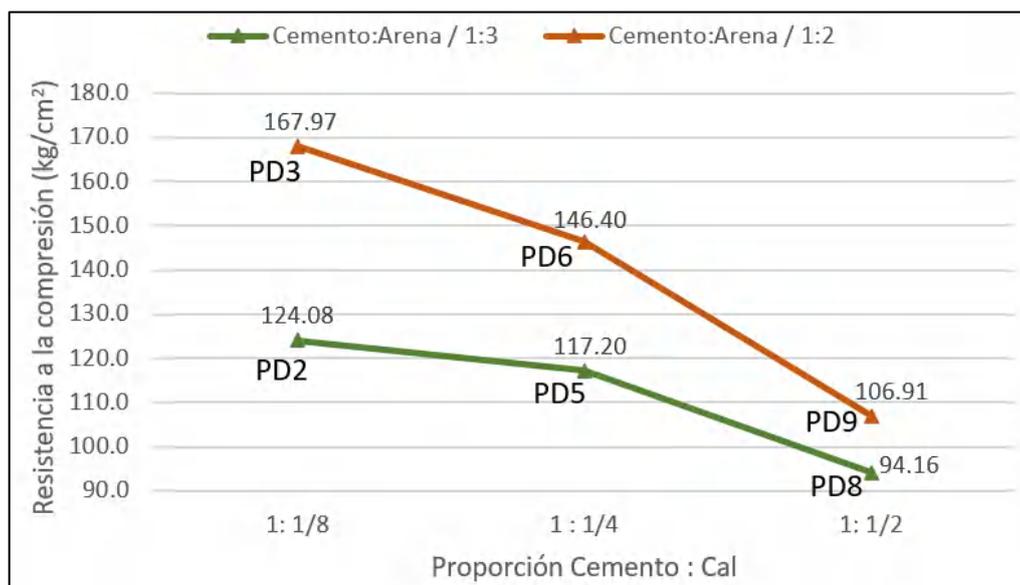


Figura 66. Comparación de la resistencia a la compresión según el aumento de la cantidad de cal para una incorporación de 3% de polvo de esc. de aluminio.

De los resultados obtenidos se observó que la tendencia que al aumentar el contenido de cal y disminuir la proporción cemento: arena daban los resultados requeridos de baja densidad y resistencia adecuada, por lo cual se elaboró un décimo diseño PD10 (1: 1/2: 1.5), que junto con el diseño PD9 se modificaron aumentando sus valores de relación agua / cemento en un 15, 20 y 30% respecto a su contenido de agua original, obteniendo así 6 nuevos diseños con diferentes relaciones agua. En estos 6 nuevos diseños se utilizaron porcentajes de polvo de esc. de aluminio de 3, 6, 9, 12, 15 y hasta 18%.

En la Figura 67 se muestran las densidades obtenidas para una incorporación de 9% de polvo de esc. de aluminio de los diseños PD9 y PD10 con los aumentos de 15, 20 y 30% de agua. El aumento de la cantidad de agua redujo la densidad significativamente para ambos grupos de diseños, los menores se obtuvieron para los diseños PD10. La adición del 30% de agua representa una reducción de densidad de hasta un 8.3% para el diseño PD9 y un 8.8% de reducción para el diseño PD10.

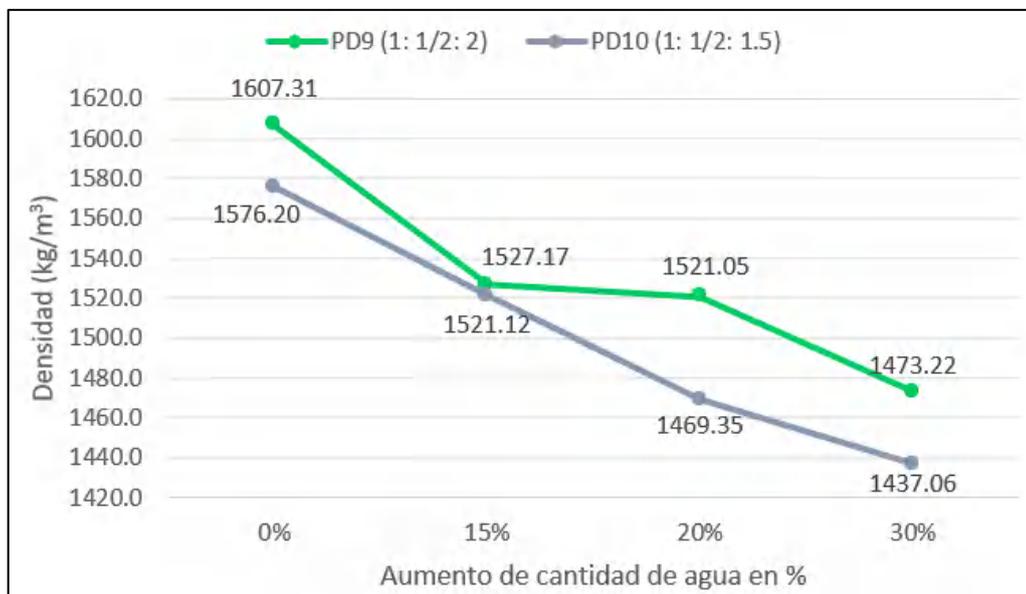


Figura 67. Comparación de la densidad según el aumento de la cantidad de agua para una incorporación de 9% de polvo de esc. de aluminio.

En la Figura 68 se muestran los resultados de resistencia a la compresión a 14 días de curado obtenidos para una incorporación de 9% del material aluminico de los diseños PD9 y PD10 con los aumentos de 15, 20 y 30% de agua. El incremento de la cantidad de agua redujo la resistencia para ambos grupos de

diseños. La adición del 30% de agua representa una reducción de hasta un 44.1% para el diseño PD9 y un 64.4% para el diseño PD10, reduciendo de manera exponencial la resistencia a la compresión.

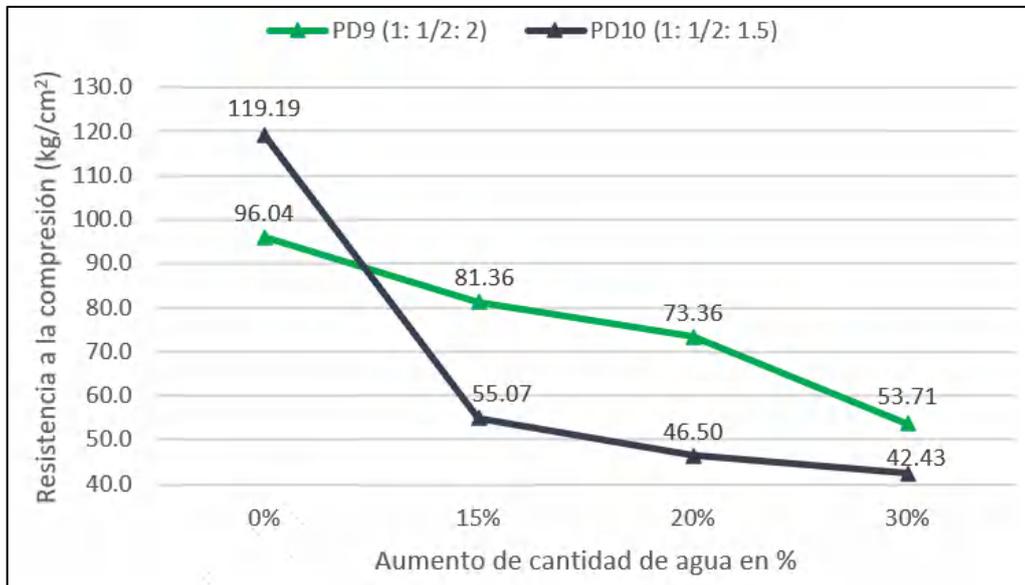


Figura 68. Comparación de la resistencia a la compresión según el aumento de la cantidad de agua para una incorporación de 9% de polvo de esc. de aluminio.

Los grupos de diseños PD10 obtuvieron menores densidades con la variación de agua, no obstante, su resistencia disminuyó demasiado en comparación a los grupos de diseño PD9. Dentro del grupo de diseños PD9, se seleccionó el diseño PD9+20% agua para la elaboración de los bloques de concreto ligero, usando los porcentajes de 3, 6 y 9% de polvo de escoria de aluminio, debido a que, con porcentajes mayores, tanto de agua como del polvo de escoria de aluminio las resistencias eran demasiado bajas para el bloque hueco de mampostería a realizar en la investigación.

El diseño mezcla usado en porcentajes del peso total de los componentes sólidos resulta un 29.8% para el cemento, 7.8% para la cal y 62.4% para la arena. Estos porcentajes de las materias primas son similares a los usados por Chen et al. (2017), de 5-35% para el cemento, 5-25% para la cal y de 60-70% para la sílice (en lugar de arena) usado en su estudio concreto aireado. Por otra parte, Liu et al. (2017) uso porcentajes de 17% para el cemento, 63.3-63.7% para sílice, 17% para la cal e incluyó un 3% de yeso.

En cuanto la relación agua / cemento del diseño seleccionado resulto en 0.850, y al ser adecuada como relación agua / materiales solidos resulta en 0.253; valor inferior a los presentados por Liu et al. (2017) y Chen et al. (2017), con valores de relación agua / solidos de 0.60 y un rango de 0.6-1.0 respectivamente. Es decir, el diseño definitivo para la elaboración de los bloques de concreto ligero se asemeja a los establecidos en los antecedentes del estudio.

3.2.4. Discusión 4 – Propiedades en estado fresco de las mezclas de concreto ligero.

El concreto ligero elaborado en estado fresca una consistencia fluida debido a la ausencia de agregados gruesos y su elevada relación agua / cemento. A continuación, se discuten las propiedades de la mezcla, obtenidos por los ensayos de laboratorio.

3.2.4.1. Temperatura en estado fresco

Las temperaturas obtenidas de las mezclas con y sin incorporación de polvo de esc. de aluminio, se muestra un ligero aumento conforme se aumenta la cantidad del polvo de esc. de aluminio, teniendo temperaturas de 25.7, 26.0, 26.2 y 26.2°C para los porcentajes de adición de 0, 3, 6 y 9% de polvo de escoria de aluminio. Estas temperaturas se encuentran dentro de los rangos de un concreto convencional establecidos por la Norma E.060 (2020), no excediendo el límite de 32°C. Izquierdo y Ortega (2017) obtuvieron temperaturas en un rango de 24-28°C para sus diseños de prueba de concreto ligero celular, similares a los obtenidos en esta investigación.

3.2.4.2. Consistencia de flujo

Debido a la consistencia fluida del concreto ligero en estado fresco, no fue posible aplicar el ensayo de asentamiento Slump normalmente utilizado para medir el revenimiento de concretos de consistencia plástica, por lo cual se trabajó con el método normalizado de la ASTM D6103 (2004) la cual mide la consistencia de flujo de en material de resistencia baja controlada; el cual consistente en una mezcla de suelo o agregados con materiales cementante, que son usados como reemplazo para rellenos compactados, este material es

de consistencia similar a la obtenida en la mezcla de concreto ligero presentada en esta investigación. Los diámetros obtenidos fueron de 261, 244, 232 y 222 milímetros para los porcentajes de 0, 3, 6 y 9% de polvo de esc. de aluminio, diámetros dentro del rango 200-300 mm, que indica que el material tiene la fluidez requerida para rellenar espacios con facilidad sin necesidad de vibración, en este caso los moldes de los bloques huecos de concreto diseñados en la investigación.

Izquierdo y Ortega (2017) determinaron la consistencia de sus mezclas de concreto ligero celular utilizando como método de ensayo lo establecido por la NTP 339.219 que describe la determinación de fluidez de asentamiento del concreto auto compactado, obteniendo diámetros superiores a 50cm, indicando el concreto elaborado presenta una consistencia fluida, al igual al presente estudio.

3.2.4.3. *Peso Unitario y Contenido de aire*

Los resultados de peso unitario en estado fresco del concreto ligero varían en un rango de 1782.38 a 1676.25 Kg/m³, conforme al incremento del porcentaje de polvo de esc. de aluminio, estableciendo una tendencia a disminuir; los resultados de pesos unitarios resultan superiores a los obtenidos por Izquierdo y Ortega (2017), donde el peso unitario en estado fresco se aproxima 1000 Kg/m³ para sus diseños definitivo de concreto ligero por medio el método espumoso de concreto celular.

En cuanto el contenido de aire se apreció un aumento del porcentaje de contenido de aire conforme aumenta la cantidad de polvo de escoria de aluminio, obteniendo porcentajes de 11.05, 12.40, 13.72 y 16.83% para incorporaciones de 0, 3, 6 y 9%. Los porcentajes de contenido de aire resultantes son inferiores al encontrado por Izquierdo y Ortega (2017) en su diseño definitivo de concreto celular, que resulto en 57%, comparación que indica que el agente espumante usado (aditivo) genera mayor aireación que el polvo de escoria de aluminio usado en la presente investigación.

3.2.5. Discusión 5 – Propiedades físicas de los bloques de concreto ligero.

3.2.5.1. Variación dimensional

Para los bloques de concreto con incorporación de 6% de polvo de escoria de aluminio se obtuvieron las mayores variaciones dimensionales de las medidas de ancho y altura, siendo estas de 2.88% y 2.25%; en cuanto el largo, los bloques sin incorporación obtuvieron la mayor variación de 0.53%. Todos los resultados obtenidos se encuentran por debajo a las variaciones recomendadas en la NORMA E.070 (2020) tanto para bloques no portante como para bloques portantes, por lo cual se puede afirmar que el moldeo y fabricación de los bloques de concreto ligero se realizó de manera correcta.

Espinoza Campos & Pejerrey Saurin (2018) alcanzaron variaciones de 1, 2 y 4% para el largo, ancho y altura del ladrillo de concreto tipo IV con escoria de acero, coincidiendo que, en la fabricación de unidades de albañilería, las mayores variaciones se presentan tanto en las dimensiones de ancho y altura.

3.2.5.2. Alabeo

Los valores conseguidos del ensayo de alabeo de los bloques de concreto resultaron para superficies convexas, teniendo un alabeo promedio de 3.95 mm para los bloques con 6% de polvo de escoria de aluminio. Estos resultados se deben que, al momento de la elaboración de los bloques por el método de preparación de polvo de aluminio, la escoria de aluminio reacciona junto el cemento y la cal, provocando un esponjamiento similar al de un queque o bizcochuelo, generando una superficie convexa en la cara superior del bloque que, a pesar de haber sido aserrado para garantizar una superficie plana, aún se mantienen ligeros abultamientos que provocan el alabeo convexo de los bloques. El límite de alabeo dado por la Norma E.070 (2020) para bloques portantes y no portantes es de ± 4 y ± 8 milímetros respectivamente, por lo que se los bloques fabricados en esta investigación se ajustan a estos parámetros.

3.2.5.3. Absorción

La absorción de los bloques de concreto ligero aumento en porcentajes 31.4, 34.7 y 39.0% para los porcentajes de adición de polvo de esc. de aluminio de 3,

6 y 9%, respecto al valor de absorción de 13.76% obtenido de los bloques sin incorporación. Los valores de absorción conseguidos son superiores al máximo de 12% establecido en NTP 399.602 (2002) para bloques de uso estructural.

Bhosale et al. (2020) obtuvieron valores de absorción de 18-28% de absorción para bloques de concreto celular ligero, Reddy & Neeraja (2016) obtuvieron porcentajes de absorción de 7.2 a 11.2% para especímenes de concreto que reemplazan el cemento por escoria de aluminio secundario en porcentajes de 0 a 15%. Los resultados obtenidos en esta investigación se asemejan a los obtenidos por Bhosale et al. (2020), y se diferencian a lo conseguido Reddy & Neeraja (2016), esto podría deberse a que el concreto elaborado por el segundo, utiliza un diseño convencional con agregado grueso en sus componentes y la escoria de aluminio lo usa en porcentajes altos como reemplazo del cemento; a diferencia de la metodología de esta investigación donde se prescinde de los agregados gruesos y se usa el polvo de escoria de aluminio en pequeños porcentajes de incorporación, más no como reemplazo del cemento.

Comparando con los resultados obtenidos por Espinoza y Pejerrey (2018), donde su diseño de mezcla de concreto convencional que incluye agregados como confitillo, se aprecia que sus porcentajes de absorción son mínimos a comparación de los conseguidos en la presente investigación. Castañeda et al. (2020) por medio de soluciones alcalinas y peróxido de hidrogeno como agente de arrastre de aire obtuvo 19.13% de absorción para sus bloques de concreto ligero, igual al porcentaje de absorción logrado en los bloques con una incorporación de 9% de polvo de escoria de aluminio en la investigación actual. En la Tabla 29 se resume los resultados de las pruebas de absorción de diferentes investigaciones y los resultados propios de la investigación presente, junto con los materiales utilizados en la fabricación de cada mezcla de concreto hecha por el respectivo investigador.

Tabla 29

Resultados de absorción según diversas investigaciones, teniendo en cuenta los materiales utilizados.

Autores	Tipo de Concreto	Materiales Utilizados	Agente de aireación usado y/o material adicional	Porcentajes de reemplazo o incorp.	Absorción (%)
Investigación propia	Concreto celular aireado	Cemento Arena Cal	Polvo de escoria de aluminio	Incorporación: 0, 3, 6 y 9% en peso del cemento	13.76-19.13
Reddy & Neeraja (2016)	Concreto convencional	Cemento Arena Grava	Escoria de aluminio secundaria	Reemplazo: 5, 10, 15, 20 y 30% del peso del cemento	7.20-11.20
Bhosale et al. (2020)	Concreto celular aireado	Unidad de albañilería comercial	Polvo de aluminio comercial	No precisa	12.30-28.90
Velarde Rubio (2017)	Concreto ligero (mezcla convencional)	Cemento Arena Grava	Polvo de aluminio residual	Incorporación: 0, 1.5, 3.0, 4.5 y 6% en peso del cemento	2.22-7.43
Castañeda et al. (2020)	Concreto celular aireado	Puzolana Natural Arena de cuarzo Activadores alcalinos Fibra de yute	Peróxido de hidrógeno	Incorporación: 0.5% en peso de los componentes secos	19.13
Izquierdo Cárdenas y Ortega Rivera (2017)	Concreto celular (método espumoso)	Cemento Arena Filler	Aditivo espumante	Incorporación: 0.21% en peso del cemento	9.00
Espinoza y Pejerrey (2018)	Concreto convencional	Cemento Arena Confitillo	Escoria de acero	Reemplazo: 0, 20 y 30% del agregado fino	0.30-0.50

3.2.5.4. Densidad endurecida

La densidad de los bloques de concreto ligero endurecida sin incorporación de polvo de esc. de aluminio asciende a 1824.06 kg/m³, densidad ya inferior a la de un convencional (2400 kg/m³), no obstante, la adición de 3, 6 y 9% de escoria de aluminio logra reducir en porcentajes de 20.7, 23.0 y 27.4% respectivamente a la densidad de los bloques sin incorporación. Según la NTP 399.600 (2017) los bloques con una densidad seca al horno inferior a 1680 kg/m³ califican como bloques de concreto ligero, es decir que los bloques obtenidos los porcentajes

de incorporación de polvo de escoria de aluminio califican por su densidad como concreto ligero.

Liu et al. (2017) elaboraron un concreto celular aireado donde se usó como agregado fino a la sílice, consiguiendo densidades que varían entre 787 a 853 kg/m³, considerablemente inferiores a los obtenidos en la presente investigación, esto podría deberse a que el polvo de aluminio residual usado en su investigación contiene mayor capacidad de arrastre de aire. Caso similar sucede en el estudio de Chen et al. (2017), donde sus densidades varían entre 595 a 673 kg/m³ donde el agente de aireación usado fue un polvo de aluminio de producción comercial, elaborado industrialmente y usado específicamente para la producción de concreto celular por el método de polvo de aluminio. Bhosale et al. (2020) analizó la densidad de bloques de concreto celular ligero industrializados, elaborado también a partir del método de polvo de aluminio obteniendo densidades hasta de 750 kg/m³, con lo que se puede afirmar que el uso de polvo de escoria de aluminio no puede igualar la aireación del polvo de aluminio comercial.

El método de fabricación de bloques de concreto ligero dispuesto por Castañeda et al. (2020) consigue un valor de densidad seca de 1269 kg/m³, cercano a la densidad de 1323 kg/m³ obtenida para una incorporación de 9% de polvo de escoria de aluminio, demostrando que por diferentes procesos se puede conseguir unidades de albañilería de bajo peso unitario. En la Tabla 30 se resume los resultados de la densidad endurecida de diferentes investigaciones y los resultados propios de la investigación presente, junto con los materiales utilizados en la fabricación de cada mezcla de concreto hecha por el respectivo investigador.

Tabla 30

Resultados de densidad endurecida según diversas investigaciones, teniendo en cuenta los materiales utilizados.

Autores	Tipo de Concreto	Materiales Utilizados	Agente de aireación usado y/o material adicional	Porcentajes de reemplazo o incorp.	Densidad endurecida (kg/m³)
Investigación propia	Concreto celular aireado	Cemento Arena Cal	Polvo de escoria de aluminio	Incorp.: 0, 3, 6 y 9% en peso del cemento	1323-1824
Liu et al. (2017)	Concreto celular aireado	Cemento Sílice Cal Yeso	Polvo de aluminio residual	Reemplazo: 7.3, 12.2 y 17.0% en peso de la sílice	787-853
Chen et al. (2017)	Concreto celular aireado	Cemento Sílice Cal	Polvo de aluminio comercial	Incorp.: 0.25, 0.50, 0.75 y 1.00% en peso de los componentes secos	595-673
Bhosale et al. (2020)	Concreto celular aireado	Unidad de albañilería comercial (No precisa)	Polvo de aluminio comercial	No precisa	750-820
Velarde Rubio (2017)	Concreto ligero (mezcla convencional)	Cemento Arena Grava	Polvo de aluminio residual	Incorp.: 0, 1.5, 3.0, 4.5 y 6% en peso del cemento	1552-2668
Castañeda et al. (2020)	Concreto celular aireado	Puzolana Natural Arena de cuarzo Activadores alcalinos Fibra de yute	Peróxido de hidrógeno	Incorp.: 0.5% en peso de los componentes secos	1269
Izquierdo Cárdenas y Ortega Rivera (2017)	Concreto celular (método espumoso)	Cemento Arena Filler	Aditivo espumante	Incorp.: 0.21% en peso del cemento	900-1000

3.2.5.5. Succión

La succión de los bloques de concreto ligero se calculó según el ensayo de período inicial de absorción descrito en la NTP 399.613 (2005) obteniendo un valor de 19.47 gr/200cm²/min para los bloques sin incorporación de polvo de escoria de aluminio, de manera similar a lo ocurrido con la propiedad de absorción, la succión de los bloques aumentaba conforme se añadía el polvo de

esc. de aluminio; teniendo incrementos de 38.5, 52.8 y 67.3% respecto al diseño patrón para las incorporaciones de 3, 6 y 9%.

Bhosale et al. (2020) obtuvo valores de 20.4 a 50.2 gr/200cm²/min para los bloques de concreto de concreto celular ligero, valores cercanos a los obtenidos en este estudio. Pachideh & Gholhaki (2019) y Reddy & Neeraja (2016) hallaron parámetros similares a la succión como la sortividad o absorción capilar con mayores tiempos de saturación de la superficie de los bloques, no obstante, coinciden que, a mayor cantidad de polvo de aluminio o polvo de escoria de aluminio, los valores de sortividad o succión aumentan. En la Tabla 31 se encuentra resumido los resultados de los ensayos de absorción capilar, succión o sortividad de diferentes investigaciones consultadas.

Tabla 31

Resultados de absorción capilar, succión o sortividad de diversas investigaciones, teniendo en cuenta los materiales utilizados.

Autores	Tipo de Concreto	Materiales Utilizados	Agente de aireación usado y/o material adicional	Porcentajes de reemplazo o incorp.	Absorción capilar, Succión o Sortividad
Investigación propia	Concreto celular aireado	Cemento Arena Cal	Polvo de escoria de aluminio	Incorp.: 0, 3, 6 y 9% en peso del cemento	19.5-32.6 (gr/200cm ² /min)
Pachideh & Gholhaki (2019)	Concreto celular aireado	Cemento Sílice Cal Polvo de aluminio comercial	Humo de sílice Zeolita Escoria granulada de alto horno	Reemplazo: 0, 7, 14 y 21% del peso del cemento	4-8% (10 minutos de saturación)
Reddy & Neeraja (2016)	Concreto convencional	Cemento Arena Grava	Escoria de aluminio secundaria	Reemplazo: 5, 10, 15, 20 y 30% del peso del cemento	0.0255-0.0291 mm/min
Bhosale et al. (2020)	Concreto celular aireado	Unidad de albañilería comercial (No precisa)	Polvo de aluminio comercial	No precisa	20.4-50.2 (gr/200cm ² /min)
Izquierdo Cárdenas y Ortega Rivera (2017)	Concreto celular (método espumoso)	Cemento Arena Filler	Aditivo espumante	Incorp.: 0.21% en peso del cemento	7.0 (gr/200cm ² /min)

3.2.6. Discusión 6 – Propiedades mecánicas

3.2.6.1. Resistencia a la compresión axial “ f_b ”.

Para discutir con los diferentes autores que hallaron valores de resistencia a la compresión de especímenes de concreto ligero, se resume en la Tabla 32 dichos resultados junto con los obtenidos en la presente investigación.

De los ensayos de resistencia a la compresión axial de los bloques de concreto se halló que para una incorporación nula de polvo de escoria de aluminio se obtiene el valor más alto de 95.64 kg/cm² a la edad de 28 días, conforme se aumentaba las incorporaciones de polvo de escoria de aluminio, la resistencia a la compresión disminuía hasta 39.92 kg/cm² para una incorporación de 9%. Este último valor obtenido no sobrepasa el requisito de resistencia de 4.15 MPa establecido en la NTP 399.600 (2017) para bloques de uso no estructural, no obstante, los bloques con incorporaciones de 3 y 6% si logran superar el requisito. En ninguno de los casos de incorporación, la resistencia sobrepasa los 7MPa de los bloques de uso estructural dado en NTP 399.602 (2002).

Liu et al. (2017) obtuvo la mayor resistencia a la compresión para un 17.0% de reemplazo de la sílice con polvo de aluminio residual, consiguiendo hasta 30 kg/cm², a diferencia de la investigación en curso, para el mayor porcentaje de esc. de aluminio, la resistencia es menor. Pachideh & Gholhaki (2019) obtuvieron resistencias de 36-72 kg/cm², consiguiendo la mayor resistencia con la incorporación de 21% escoria de alto horno granulada para los bloques de concreto celular aireado.

Cabe destacar que las investigaciones mencionadas anteriormente obtienen resistencias similares o superiores con densidades mucho menores a las resultantes de la presente investigación, debido a dos principales motivos; por la incorporación o uso de sílice u otros materiales puzolánicas que aportan considerablemente en el aumento de la resistencia; o por el tratamiento de curado en autoclave de los especímenes de concreto celular, que genera la formación de tobermorita debido a la reacción del vapor del curado con el hidróxido de calcio y óxido de silicio presenten en sus componentes secos (Chen et al., 2017).

Tabla 32

Resultados de la resistencia a la compresión axial de diversas investigaciones, teniendo en cuenta los materiales utilizados.

Autores	Tipo de Concreto	Materiales Utilizados	Agente de aireación usado y/o material adicional	Porcentajes de reemplazo o incorp.	Resistencia a la compresión axial (kg/cm²)
Investigación propia	Concreto celular aireado	Cemento Arena Cal	Polvo de escoria de aluminio	Incorp.: 0, 3, 6 y 9% en peso del cemento	40-96
Liu et al. (2017)	Concreto celular aireado	Cemento Sílice Cal Yeso	Polvo de aluminio residual	Reemplazo: 7.3, 12.2 y 17.0% en peso de la sílice	20-30
Jongprateep et al. (2017)	Concreto celular aireado	Cemento Arena	Polvo de aluminio comercial	Incorp.: 0.05, 0.1 y 0.15% en peso del cemento	295-439
Chen et al. (2017)	Concreto celular aireado	Cemento Sílice Cal	Polvo de aluminio comercial	Incorp.: 0.25, 0.50, 0.75 y 1.00% en peso de los componentes secos	58-135
Pachideh & Gholhaki (2019)	Concreto celular aireado	Cemento Sílice Cal Polvo de aluminio comercial	Humo de sílice Zeolita Escoria granulada de alto horno	Reemplazo: 0, 7, 14 y 21% del peso del cemento	36-72
Reddy & Neeraja (2016)	Concreto convencional	Cemento Arena Grava	Escoria de aluminio secundaria	Reemplazo: 5, 10, 15, 20 y 30% del peso del cemento	224-326
Bhosale et al. (2020)	Concreto celular aireado	Unidad de albañilería comercial (No precisa)	Polvo de aluminio comercial	No precisa	30-32
Velarde Rubio (2017)	Concreto ligero (mezcla convencional)	Cemento Arena Grava	Polvo de aluminio residual	Incorp.: 0, 1.5, 3.0, 4.5 y 6% en peso del cemento	91-224
Castañeda et al. (2020)	Concreto celular aireado	Puzolana Natural Arena de cuarzo Activadores alcalinos Fibra de yute	Peróxido de hidrógeno	Incorp.: 0.5% en peso de los componentes secos	83
Izquierdo Cárdenas y Ortega Rivera (2017)	Concreto celular (método espumoso)	Cemento Arena Filler	Aditivo espumante	Incorp.: 0.21% en peso del cemento	40-45
Espinoza y Pejerrey (2018)	Concreto convencional	Cemento Arena Confitillo	Escoria de acero	Reemplazo: 0, 20 y 30% del agregado fino	129-139

Fuente: Elaboración propia.

Velarde Rubio (2017) diseño mezclas de concreto ligero con resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos curados en agua durante 28 días obteniendo resistencias de 91 a 195 kg/cm² para porcentajes de 6 a 1.5% de polvo de aluminio fundido, resistencias superiores a las obtenidas en el presente informe, debido que el concreto elaborado incluía agregados gruesos que dan mayor resistencia al concreto ligero; sin embargo, sus densidades no bajan de los 1550 kg/m³. Los resultados de resistencia a la compresión alcanzados en la investigación se asemejan a lo obtenido por Izquierdo Cárdenas y Ortega Rivera (2017), donde sus bloques macizos de concreto celular presentan valores de f'_b en un rango de 40-45 kg/cm², calificándolos también como bloques no portantes o de uso no estructural.

3.2.6.2. Resistencia característica en prismas de albañilería axial “ f'_m ”

Los resultado de f'_b de los bloques de concreto ligero con incorporación de polvo de escoria de aluminio no alcanza los valores mínimos de resistencia para ser calificado como bloques portantes; sin embargo, debido al carácter experimental de la investigación, se analizó la resistencia característica f'_m en pilas de 2 unidades de albañilería adheridos por un mortero de resistencia a la compresión 182.30 kg/cm², las pilas se ensayaron a 28 días de su elaboración para cada incorporación de polvo de esc. de aluminio.

Para porcentajes 0, 3, 6 y 9% se obtuvieron valores de f'_m de 10.22, 4.34, 3.91 y 3.35 MPa respectivamente. Según la Norma E.070 (2020) para bloques de concreto portantes recomienda valores de 7.3 MPa a 11.8 MPa para la resistencia característica f'_m , siendo los bloques sin incorporación los que se ajustan a estos parámetros; demostrando nuevamente la inoperancia de los bloques concreto ligero para uso en muros portantes. Los esquemas de falla de las pilas de albañilería que se presentaron fueron: Rotura por corte y separación de frente superficial según lo dispuesto en la NTP 399.605 (2013).

Bhosale et al. (2020) ensayaron pilas de bloques de concreto celular ligero compuestas por 3 unidades adheridas por un mortero de resistencia a la compresión de 5.20 MPa, la resistencia de los bloques es de 30 a 32 kg/cm²,

con estos parámetros la resistencia característica $f'm$ promedio es de 2.43 MPa; todos los resultados obtenidos son inferiores a los valores obtenidos en la investigación actual. Comparando los valores de $f'm$ de la investigación con los obtenidos por Espinoza y Pejerrey (2018), se destaca que las pilas de bloques elaborados a partir de una mezcla de cemento, arena y confitillo, incorporando la escoria de acero como reemplazo del agregado fino, lograron obtener resultados de $f'm$ en un rango de 13.93 a 15.99 MPa (superiores a los obtenidos en la investigación), teniendo como valores de resistencia de la unidad de albañilería de 129-139 kg/cm², demostrando que la resistencia $f'm$ se encuentra directamente relacionada con la resistencia de la unidad de la albañilería $f'b$.

3.2.6.3. Compresión diagonal de muretes de albañilería “V'm”

Los muretes de bloques de concreto ligero fueron elaborados con dimensiones de 60x60cm utilizando un mortero de proporción 1:4 (cemento: arena). Los resultados de $V'm$ resultaron igual a 1.32, 0.98, 0.90 y 0.81 MPa para las incorporaciones de 0, 3, 6 y 9% de polvo de escoria de aluminio respectivamente; la tendencia de la disminución de las propiedades mecánicas (como la compresión axial de unidades de albañilería y prismas de albañilería) conforme se aumenta la adición de polvo de escoria de aluminio, se reafirma en los resultados de compresión diagonal.

En el Reglamento Nacional de Edificaciones, la Norma E.070 (2020) precisa como valores mínimos de resistencia característica $V'm$ para bloques portantes de concreto a valores en un rango de 0.8 a 1.1 MPa, según la resistencia $f'b$ de la unidad de albañilería. Según estos valores, los resultados del ensayo de compresión diagonal de concreto ligero, se ajustan a los parámetros recomendados en la norma, caso contrario a lo sucedido en las resistencias de $f'b$ y $f'm$ de los ensayos anteriores. Los muretes de albañilería elaborados con los bloques de concreto ligero con incorporaciones de polvo de escoria de aluminio presentaron en su mayoría fallas por tensión diagonal en las juntas, interpretándose que la resistencia a la compresión diagonal es aportada mayormente por la mezcla de mortero que por los bloques de concreto, en el caso de esta investigación.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

De acuerdo al **objetivo específico 1**: Se selecciona la arena gruesa de la Cantera Pátapo – “La Victoria” como materia prima en la elaboración de los bloques de concreto ligero. Determinando las propiedades tales como su módulo de fineza de 2.50 y su porcentaje de materiales de finos de 5.3%, los cuáles califican como apto al agregado para la elaboración de mortero o concreto según la Norma E.070 y la NTP 400.037, respectivamente.

En cuanto la cal hidratada usada se concluye que los resultados para sus propiedades físicas de peso específico, peso unitario suelto y peso unitario compactado en condición húmeda son de 2.55 gr/cm³, 785.5 kg/m³ y 1406.94 kg/m³ respectivamente.

De acuerdo al **objetivo específico 2**: El polvo de escoria de aluminio usado la investigación se obtuvo después de un proceso pulverizado, de tal manera que el máximo tamaño de partícula es de 300 µm, se concluye mediante el análisis granulométrico que la distribución de tamaño de partícula se da en los siguientes porcentajes: 21.7% retenido para un tamaño de partícula de 250 µm, 8.0% para 177 µm, 21.2% para 150 µm, 30.5% para 75 µm y un 18.5% presenta un tamaño menor de partícula de 75 µm. En cuanto el peso específico y los pesos unitarios secos suelto y compactado obtenidos del polvo de escoria de aluminio son de 2.76 gr/cm³, 1146.21 kg/m³ y 1439.21 kg/m³.

De acuerdo al **objetivo específico 3**: De las numerosas pruebas experimentales de densidad endurecida y resistencia a la compresión (a 14 días de curado) de especímenes cúbicos elaborados con diferentes proporciones (cemento: cal: arena) y variaciones de la relación agua / cemento; se concluye que el diseño de mezcla PD9+20%agua como el óptimo para la elaboración de los bloques de concreto ligero. El diseño seleccionado presenta la proporción 1: 1/2: 2 (cemento: cal: arena) y una relación a / c de 0.85. Los resultados obtenidos para los porcentajes de incorporación 0, 3, 6 y 9% de polvo de escoria de aluminio en peso del cemento fueron: densidades de 1774.11, 1553.22,

1531.09 y 1521.05 kg/m³ respectivamente; y valores de resistencia a la compresión de 140.19, 79.45, 75.18 y 73.36 kg/cm² respectivamente.

Los valores resultantes, tanto de densidad como de resistencia compresiva, mostraron una tendencia a disminuir conforme aumentaba los porcentajes de polvo de esc. de aluminio, demostrando que la reacción del aluminio con la cal y el cemento surgió efecto disminuyendo la densidad endurecida de los especímenes, calificando la mezcla como concreto de peso ligero; no obstante, la resistencia también se vio mermada.

De acuerdo al **objetivo específico 4**: Las conclusiones conseguidas de la evaluación de propiedades en estado fresco de las mezclas de concreto ligero son las siguientes:

La temperatura del concreto más alta registrada fue de 26.2°C para incorporaciones de 6 y 9%, demostrando que la inclusión del polvo de escoria de aluminio aumenta levemente la temperatura del concreto. En cuanto a la consistencia de flujo de la mezcla de concreto ligero, se evaluó mediante la medida de los diámetros de dispersión, según se aumentaba la cantidad de polvo de aluminio, los diámetros de dispersión promedio disminuían, no obstante, todos los diámetros se encuentran dentro de un rango de 200-300 mm, concluyendo que todas las mezclas de concreto ligero poseen la fluidez requerida para rellenar adecuadamente pequeños espacios sin necesidad de vibración según las recomendaciones de la ASTM D6103.

Del peso unitario y el contenido de vacíos o aire de las mezclas de concreto ligero se concluye que, conforme se aumentaron los porcentajes de polvo de escoria de aluminio en la mezcla, el peso unitario se redujo gradualmente; en cambio, los porcentajes de contenido de aire aumentaron, atribuyendo este fenómeno a la reacción producida del polvo de escoria de aluminio con el cemento y la cal, produciendo la expansión de la mezcla, generando pequeños espacios vacíos en la estructura del concreto.

De acuerdo al **objetivo específico 5**: Las conclusiones conseguidas de la evaluación de propiedades físicas de los bloques de concreto ligero fueran la siguientes.

Las medidas de largo, ancho y altura de los bloques de concreto presentaron variaciones dimensionales en rangos de 0.31-0.53%, 1.94-2.88% y 1.22-2.25% respectivamente, cumpliendo con los requerimientos de la Norma E.070, concluyendo que el moldeo y fabricación de los bloques de concreto ligero se logró exitosamente. Del ensayo de alabeo se obtuvo que, el mayor alabeo se presentó del tipo convexo, medido en la cara superior de los bloques, siendo los bloques con incorporación 6% de polvo de escoria de aluminio con el alabeo de mayor valor de 3.95 mm., el cual no excede los requisitos de la Norma E.070. Concluyendo que el alabeo convexo se presenta por la expansión producida durante el fraguado de la mezcla de concreto de concreto ligero.

Se concluye que, la estructura porosa conseguida en los bloques de concreto ligero es responsable de los elevados valores de absorción, obteniendo valores de 13.76, 18.09, 18.53 y 19.13% para los porcentajes de incorporación de 0, 3, 6 y 9% de polvo de esc. de aluminio; demostrando que, a mayor incorporación del aluminio en polvo, se presentan incrementos de los valores de densidad respecto a los bloques sin incorporación, hasta un 39.0% para el 9% de incorporación. En todos los tipos de bloque elaborados, la absorción supera el límite de 12% dispuesto en la NTP 399.602.

De la densidad endurecida se concluye que, los resultados obtenidos de 1824.06, 1445.75, 1404.59 y 1323.39 kg/m³ para las incorporaciones de 0, 3, 6 y 9% de polvo de esc. de aluminio respectivamente, demuestran decrecimientos graduales de la densidad, logrando que los bloques que contengan el material aluminico califiquen como unidades de albañilería de concreto ligero según las normativas nacionales. En cuánto la succión, de los ensayos respectivo se concluye que, las incorporaciones del polvo de escoria de aluminio de 3, 6 y 9% incrementan los valores de succión en 38.5, 52.8 y 67.3% respecto al valor de 19.47 gr/200cm²/min conseguido para los bloques sin incorporación, representando resultados considerablemente altos para esta propiedad.

De acuerdo al **objetivo específico 6**: Las conclusiones conseguidas de la evaluación de propiedades mecánicas de los bloques de concreto ligero fueran la siguientes.

De la evaluación de la resistencia a la compresión axial de la unidad de albañilería se concluye que, para las roturas de 7, 14 y 28 días se presentó la reducción progresiva del $f'b$ de los bloques de concreto ligero, a medida que se aumentaba la incorporación del polvo de escoria de aluminio. Las incorporaciones de 3, 6 y 9% reducen en porcentajes 51.65, 54.15 y 58.26% respectivamente, al $f'b$ de 95.64 kg/cm² de los bloques sin incorporación a la edad de 28 días. La densidad y la resistencia mecánica se encuentra directamente relacionados, a menor densidad, menor es la resistencia. Se concluye también que, hasta los bloques con incorporación de 6% de polvo de esc. de aluminio con $f'b$ igual a 43.86 kg/cm², califican como bloques de uso no estructural según los requerimientos de la NTP 399.600.

La resistencia a la compresión de los prismas de albañilería $f'm$ se vio mermada en porcentajes 57.53, 61.76 y 67.24% respecto al valor promedio de 10.22 MPa obtenido de los prismas sin incorporación de polvo de esc. de aluminio, para las adiciones de 3, 6 y 9%. Concluyendo que, ninguno de los prismas con incorporación de material alumínico obtienen valores de $f'm$ que se ajusten a los requisitos de la norma E.070 para bloques de concreto de uso estructural.

Los resultados de compresión diagonal $V'm$ de 1.32, 0.98, 0.90 y 0.81 MPa para las incorporaciones de 0, 3, 6 y 9% de polvo de esc. de aluminio se ajustan a los valores mínimos de $V'm$ precisados en la Norma E.070 para bloques portantes, pese que los resultados anteriores de $f'b$ y $f'm$ de los mismos bloques de concreto ligero no alcanzaron las resistencias mínimas recomendadas en la misma norma. Sin embargo, el tipo de falla por tensión diagonal en las juntas da a suponer que la compresión diagonal, se ve más influenciada por la resistencia del mortero que por la de la unidad de albañilería.

Conforme la evaluación hecha de las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto ligero, se concluye que dichos bloques califican para un uso no estructural, debido a su baja resistencia a la compresión adquirida,

siendo viable la elaboración de los bloques hasta con un 6% de incorporación de polvo de escoria de aluminio.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda siempre analizar las propiedades físicas de los agregados a usar en mezclas de mortero o concreto para verificar que estos cumplan con las exigencias de normativas como las Normas Técnicas Peruanas, el Reglamento Nacional de Edificaciones y las ASTM. En cuanto a la cal a usar en la producción de concretos ligeros a base de métodos de aireación, se recomienda analizar también sus propiedades químicas, para comprobar su contenido de óxido de calcio.

Para el polvo de escoria de aluminio se recomienda analizar químicamente, con el fin de obtener su composición química del material, además se recomienda tratar de disminuir el tamaño de partícula del polvo, que según investigaciones internacionales anteriores resulta influyente en la aireación del concreto.

De los diseños de mezcla estudiados, se recomienda no variar significativamente el diseño propuesto de proporción 1: 1/2: 2 (cemento: cal: arena) y siempre llevar un control adecuado de la densidad y la resistencia requerida del concreto ligero a elaborar.

Para las propiedades en estado fresco del concreto, se recomienda analizar la expansión volumétrica de la mezcla, con el fin de obtener un parámetro de la producción de burbujas de aire durante el fraguado de la mezcla.

De las propiedades físicas de los bloques de concreto ligero, se recomienda seguir adecuadamente las metodologías de ensayo de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas o las normas internacionales como la ASTM, con el fin de obtener los resultados precisos y reales de los ensayos a elaborar. Se recomienda tratar de reducir y controlar la absorción y succión de los bloques con incorporación de polvo de aluminio, debido a que valores altos en estas características pueden presentar inconvenientes en la resistencia y adherencia del mortero a usar para la producción de mampostería de los bloques elaborados en esta investigación.

Conforme a los resultados de las propiedades mecánicas de los bloques de concreto ligero, se recomienda el uso de estos bloques como tabiquería o bloques de uso no estructural, debido a su baja resistencia que presentan. Se recomienda elaborar bloques con porcentajes de incorporación de polvo de aluminio respecto al cemento, inferiores al 9%. Además, se recomienda evaluar nuevos diseños de bloques de concreto ligero, agregando aditivos materiales puzolánicos y materiales altos en contenido de sílice, de tal manera que se consiga mejorar la resistencia a la compresión axial de los bloques.

REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del Concreto* (Segunda ed.). Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Abyzov, V. A. (2017). Refractory Cellular Concrete Based on Phosphate Binder from Waste of Production and Recycling of Aluminum. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017*. 206, págs. 783-789. Saint-Petersburg: Procedia Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.551>
- Amasifuén Polo , H. M. (2018). *Diseño de bloques de concreto ligero con la aplicación de perlas de poliestireno, Distrito de Tarapoto, San Martín - 2018*. Universidad César Vallejo, Tarapoto. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30713>
- Archdaily. (2020). *Constructivo.com*.
- Arias Guevara, A. U., Fuentes Aguilera, J. I., & Granados Mendoza, V. (2013). *Control de Calidad de las Propiedades de Resistencia a la Compresión, Absorción y Peso Volumétrico para las Unidades de Carga de Mampostería, utilizando agregados de las canteras de Aramuaca y Ereghuáquín de la zona oriental de El Salvador*. Universidad de El Salvador, Departamento de Ingeniería y Arquitectura, Ciudad Universitaria Oriental. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6297/>
- Arispe, J. (22 de Setiembre de 2017). El 80% de las viviendas de Lima podría colapsar en un terremoto. Obtenido de <https://rpp.pe/lima/actualidad/el-80-de-las-viviendas-de-lima-podria-colapsar-en-un-terremoto-noticia-1078276?ref=rpp>
- ASTM C110-15. (2015). *Standard Test Methods for Physical Testing of Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM C1232-17. (2017). *Standard Terminology for Masonry*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C1232>
- ASTM C125-20. (2020). *Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*. West Conshohocken, PA: ASTM Internacional. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C125>
- ASTM C129-17. (2017). *Standard Specification for Nonloadbearing Concrete Masonry Units*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C129>
- ASTM C1314-18. (2018). *Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C1314>

- ASTM C138/C138M-17a. (2017). *Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C138C138M>
- ASTM C140/C140-18. (2018). *Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C140C140M>
- ASTM C150/C150M-20. (2020). *Standard Specification for Portland Cement*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C150C150M>
- ASTM C1693-11. (2017). *Standard Specification for Autoclaved Aerated Concrete (AAC)*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C1693>
- ASTM C29/C29M-17a. (2017). *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C29C29M>
- ASTM C331/C331M-17. (2017). *Standard Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C331C331M>
- ASTM D6103. (2004). *Standard Test Method for Flow Consistency of Controlled Low Strength Material (CLSM)*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <https://www.astm.org/standards/d6103>
- Baquero Sanabria, B. A., Güiza Galeano, R. A., & García Marín, F. M. (2019). Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14482/inde.37.2.1624>
- Bhosale, A., Zade, N. P., Sarkar, P., & Davis, R. (2020). Mechanical and physical properties of cellular lightweight concrete block masonry. *Construction and Building Materials*, 248(118621). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118621>
- Brough, D., & Jouhara, H. (2020). The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery. *International Journal of Thermofluids*, 1-2(100007), 1-39. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijft.2019.100007>
- Cámara Peruana de la Construcción (Capeco). (2020). *Informe Económico de la Construcción (IEC)*. Lima.
- Castañeda, D., Silva, G., Salirrosas, J., Kim, S., Bertolotti, B., Nakamatsu, J., & Aguilar, R. (2020). Production of a lightweight masonry block using alkaline

- activated natural pozzolana and natural fibers. *Construction and Building Materials*, 253(119143).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119143>
- Chaipanich, A., & Chindapasirt, P. (2015). The properties and durability of autoclaved aerated concrete masonry blocks. En F. Pacheco-Torgal, P. B. Lourenço, & J. A. Labrincha (Edits.), *Eco-Efficient Masonry Bricks and Blocks: Design, properties, and durability* (págs. 215-230). Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-305-8.00009-7>
- Chen , Y.-L., Chang, J.-E., Lai, Y.-C., & Chou, M.-I. M. (2017). A comprehensive study on the production of autoclaved aerated concrete: Effects of silica-lime-cement composition and autoclaving conditions. *Construction and Building Materials*(153), 622-629. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.116>
- Colegio de Ingenieros del Perú. (2018). *Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú. Obtenido de https://www.cip.org.pe/publicaciones/reglamentosCNCD2018/codigo_de_etica_del_cip.pdf
- Concrete. (2011). En H. Zhang (Ed.), *Building materials in civil engineering* (S. Ma, & Y. Wu, Trads., págs. 82-150). Woodhead Publishing.
- Decreto Supremo N°014-2017-MINAM. (21 de Diciembre de 2017). Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Diario Oficial El Peruano*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12895/ds_014-2017-minam.pdf
- Espinoza Campos, I. P., & Pejerrey Saurin, K. L. (2018). *Propiedades mecánicas del ladrillo con escoria de acero para viviendas unifamiliares, San Juan de Lurigancho - 2018*. Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Lima. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/34754>
- Fernández Baqueiro, L., Marín Gómez, F., Varela Rivera, J., & Vargas Marín, G. (2009). Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13(2), 41-50.
- Fernández-Silva, J. D. (2013). *ESTUDIO PREVIO SOBRE EL RECICLADO MIXTO DE MATERIALES PROCEDENTES DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DE LA SEGUNDA FUSIÓN DEL ALUMINIO*. Proyecto fin de carrera, Universidad de Salamanca, Departamento de Construcción y Agronomía, Salamanca. Obtenido de <https://gredos.usal.es/handle/10366/122207>
- Fresno Chávez, C. (2019). *Metodología de la investigación: Así de fácil*. Córdoba: El Cid Editor.

- Fudge, C., Fouad, F., & Klingner, R. (2019). Autoclaved aerated concrete. En S. Mindess (Ed.), *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete* (Segunda ed., págs. 345-363). Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102616-8.00015-0>
- Galindo, R., Padilla, I., Sánchez-Hernández, R., Robla, J. I., & Monrós, G. (2015). Production of added-value materials from a hazardous waste in the aluminium tertiary industry: Synergistic effect between hydrotalcites and glasses. *Journal of Environmental Chemical Engineering*(3), 2552-2559. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2015.09.012>
- Gil, A., & Korili, S. A. (2016). Management and valorization of aluminum saline slags: Current status and future trends. *Chemical Engineering Journal*, 289, 74-84. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.12.069>
- Hadi, Z., & Sarwar, M. (2019). *Mechanical properties of Light weight Concrete Blocks*. The American University of Iraq, Sulaimani. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/337873852_Mechanical_properties_of_Light_weight_Concrete_Blocks
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Izquierdo Cárdenas, M. I., & Ortega Rivera, O. E. (2017). *Desarrollo y aplicación del concreto celular a base de aditivo espumante para la elaboración de bloques macizos destinados a tabiquerías no portantes en edificaciones*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/622468>
- Jiménez Lara, R. E. (2014). *Concreto aireado en autoclave: estado actual de la técnica y perspectivas de futuro*. Projecte Final de Màster Oficial, UPC, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Departament d'Enginyeria de la Construcció, Barcelona. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099.1/23710>
- Jongprateep, O., Jaroonvechatam, N., Stienkijumpai, S., Kaewsuwan, S., & Meesak, T. (2017). Effects of Aluminum Concentrations on Microstructure and Compressive Strength of Porous Concrete. *9th International Conference on Materials Science and Technology, MSAT 2016*. 751, págs. 563-569. Bangkok: Key Engineering Materials. <https://doi.org/https://10.4028/www.scientific.net/KEM.751.563>
- Kalpana, M., & Mohith, S. (2020a). Study on autoclaved aerated concrete: Review. *Materials Today: Proceedings*, 22, 894-896. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.099>
- Kalpana, M., & Mohith, S. (2020b). A study on compressive behavior of AAC added with industrial waste. *Materials Today: Proceedings*, 22, 1043-1046. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.286>

- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (Primera ed.). Skokie, Illinois, EE.UU.: Portland Cement Association.
- Liu, Y., Leong, B. S., Hu, Z.-T., & Yang, E.-H. (2017). Autoclaved aerated concrete incorporating waste aluminum dust as foaming agent. *Construction and Building Materials*(148), 140-147. <https://doi.org/https://10.1016/j.conbuildmat.2017.05.047>
- Lyons, A. (2006). Lime, cement and concrete. En A. Lyons, *Materials for Architects and Builders* (Tercera ed., págs. 48-95). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-075066940-5/50030-7>
- Mahinroosta, M., & Allahverdi, A. (2018). Hazardous aluminum dross characterization and recycling strategies: A critical review. *Journal of Environmental Management*, 223, 452-468. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.068>
- Meng, Y., Ling, T.-C., & Mo, K. H. (2018). Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: An overview. *Resources, Conservation & Recycling*, 136, 298-312. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.029>
- Ministerio de la Producción. (2018). *Reporte de la producción Manufacturera*. Boletín de Producción Manufacturera, Oficina de Estudios Económicos, Lima. Obtenido de Ministerio de la Producción web site: <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/oe-documentos-publicaciones/boletines-industria-manufacturera/itemlist/#url>
- Muntohar, A. S., & Rahman, M. E. (2014). Lightweight masonry block from oil palm kernel shell. *Construction and Building Materials*, 54, 477-484. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.087>
- Navas Carro, A. (2007). Propiedades a compresión de la mampostería de bloques de concreto. *Ingeniería*, 17(2), 53-70. Obtenido de link.gale.com/apps/doc/A194333274/IFME?u=googlescholar&sid=bookmark-IFME&xid=7acf4928
- Nduka, D. O., Joshua, O., Ajao, A. M., Ogunbayo, B. F., & Ogundipe, K. E. (2019). Influence of secondary aluminum dross (SAD) on compressive strength and water absorption capacity properties of sandcrete block. *Cogent Engineering*, 6(1608687). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1608687>
- Nombera Temoche, J. L., & Carranza Montenegro, D. (2017). *Tratamiento de residuos sólidos metálicos industriales en el área metal mecánica para la eficiente gestión ambiental en el Distrito de Chiclayo*. Tesis doctoral, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque. Obtenido de <http://repositoro.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/1334>

- NORMA E.060. (2020). CONCRETO ARMADO. En *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: SENCICO.
- NORMA E.070. (2020). ALBAÑILERÍA. En *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: SENCICO.
- NTP 334.005. (2011). CEMENTOS. *Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland*. Lima: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- NTP 334.168. (2018). CALES. *Métodos de ensayos físicos en cal viva, cal hidratada y caliza*. Lima: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- NTP 399.600. (2017). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. *Bloques de concreto para uso no estructural. Requisitos*. (Tercera ed.). Lima, Perú: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- NTP 399.602. (2002). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. *Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos* (Primera ed.). Lima: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- NTP 399.604. (2002). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. *Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto* (Primera ed.). Lima: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- NTP 399.605. (2013). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. *Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería* (Segunda ed.). Lima, Perú: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- NTP 399.613. (2005). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. *Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Lima: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- NTP 399.621. (2004). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: *Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. (Primera ed.). Lima: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- NTP 400.018. (2002). AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N°200) por lavado en agregados* (Segunda ed.). Lima: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- NTP 400.037. (2018). AGREGADOS. *Agregados para concreto. Requisitos*. (Cuarta ed.). Lima: INACAL [Instituto Nacional de Calidad].
- Núñez Edquen, M. F. (2018). *Mejoramiento de la resistencia a la compresión del bloque de concreto incorporando ceniza de arroz y cachaza*. Chiclayo 2018. Tesis, Universidad César Vallejo, Chiclayo. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27511>
- Pachideh, G., & Gholhaki, M. (2019). Effect of pozzolanic materials on mechanical properties and water absorption of autoclaved aerated concrete. *Journal of*

- Parsekian, G., Ramos Roman, H., Oliveira Silva, C., & Santos Faria, M. (2019). Concrete block. En B. Ghiassi, & P. B. Lourenço (Edits.), *Long-term Performance and Durability of Masonry Structures* (págs. 21-57). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102110-1.00002-9>
- Patiño Mendoza , C. (2009). *Estudio de viabilidad en el uso de concreto celular para viviendas unifamiliares en la ciudad de Tacna*. Tesis, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/530>
- Quiroz Crespo, M. V., & Salamanca Osuna, L. E. (2006). *Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de "Tecnología del Hormigón"*. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba. Obtenido de <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/>
- Quiun Wong, D. (2005). *CORRECCIÓN POR ESBELTEZ EN PILAS DE ALBAÑILERÍA ENSAYADAS A COMPRESIÓN AXIAL*. Proyecto de Investigación, SENCICO, Gerencia de Investigación y Normalización, Lima. Obtenido de <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=228>
- Raj, A., Sathyan, D., & Mini, K. M. (2019). Physical and functional characteristics of foam concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 221, 787-799. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.052>
- Reddy, K. C., & Kumar, S. D. (2017). EFFECT OF FLY ASH AND ALUMINIUM POWDER ON STRENGTH PROPERTIES OF CONCRETE. *Journalnx - a Multidisciplinary Peer Reviewed Journal*, 3(7), 57-61. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.1420856>
- Reddy, M. S., & Neeraja, D. (2016). Mechanical and durability aspects of concrete incorporating secondary aluminium slag. *Resource-Efficient Technologies*(2), 225-232. <https://doi.org/https://10.1016/j.reffit.2016.10.012>
- Rivva L., E. (2004). *Diseño de Mezclas*. Lima: FONDO EDITORIAL ICG.
- Rivva, E. (2004). *Naturaleza y Materiales del Concreto* (Segunda ed.). Lima: FONDO EDITORIAL ICG.
- Rojas-Díaz, L., Verano-Jiménez, L., Muñoz-García , E., Esguerra-Arce, J., & Esguerra-Arce, A. (15 de January de 2019). Production and characterization of aluminum powder derived from mechanical saw. *Powder Technology*, 360, 301-311. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.10.028>
- Sabapathy, Y. K., Sabarish, S., Nithish, C. N., Ramasamy, S. M., & Krishna, G. (2019). Experimental study on strength properties of aluminium fibre reinforced concrete. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jksues.2019.12.004>

- Sanabria, J. (s.f.). *Métodos de fabricación del concreto celular*. Concreto Celulares LTDA, Departamento de Asistencia Técnica. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/79602065/Metodos-de-fabricacion-del-concreto-celular>
- Sanchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero* (Quinta ed.). Santafé de Bogotá: Bhandar Editores Ltda.
- Silva, C. A., Gomes, P. C., Carnaúba, T. G., Falcão, V. B., & Binas Júnior, F. V. (2018). Influência do aditivo espumígeno na dosagem e nas propriedades do concreto celular aerado. *Matéria*, 23(01). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0325>
- Souza, M. T., Onghero, L., Repette, W. L., Raupp Pereira, F., & de Oliveira, A. P. (2020). Sustainable cement with Al-anodizing waste: Evaluating reactivity and feasibility as a shrinkage-compensating admixture. *Journal of Building Engineering*, 30(101233). <https://doi.org/https://10.1016/j.job.2020.101233>
- US Geological Survey. (2020). *MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2020*. Reston, VA: U.S. Geological Survey. <https://doi.org/https://doi.org/10.3133/mcs2020>
- Velarde Rubio, A. R. (2017). *Evaluación del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad, absorción en un concreto ligero, Trujillo-2017*. Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Trujillo. Recuperado el Mayo de 2020, de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12744>
- Verma, S. K., Dwivedi, V. K., & Dwivedi, S. P. (2021). Utilization of aluminium dross for the development of valuable product – A review. *Materials Today: Proceedings*, 43, Part 1, 547-550. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.045>
- Vicerrectorado de Investigación. (2019). *Código de Ética para la investigación de la Universidad Señor de Sipán S.A.C.* Universidad Señor de Sipán, Pimentel. Obtenido de <https://www.uss.edu.pe/uss/TransparenciaDoc/RegInvestigacion/Codigo%20de%20Etica%20USS.pdf>
- Vinith Kumar, N., Arunkumar, C., & Srinivasa Senthil, S. (2018). Experimental Study on Mechanical and Thermal Behavior of Foamed Concrete. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 8753–8760. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.302>
- Wongkeo, W., Thongsanitgarn, P., Pimraksa, K., & Chaipanich, A. (2012). Compressive strength, flexural strength and thermal conductivity of autoclaved concrete block made using bottom ash as cement replacement materials. *Materials and Design*, 35, 434-439. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.08.046>

Yao, X., Wang, W., Liu, M., Yonggang , Y., & Wu, S. (2019). Synergistic use of industrial solid waste mixtures to prepare ready-to use lightweight porous concrete. *Journal of Cleaner Production*(211), 1034-1043. <https://doi.org/https://10.1016/j.jclepro.2018.11.252>

ANEXOS

ANEXO 01. Informes de laboratorio de análisis granulométrico del agregado fino.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel - Lambayeque

R.U.C. 20548885974

Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de ensayo : 12 de junio del 2021.

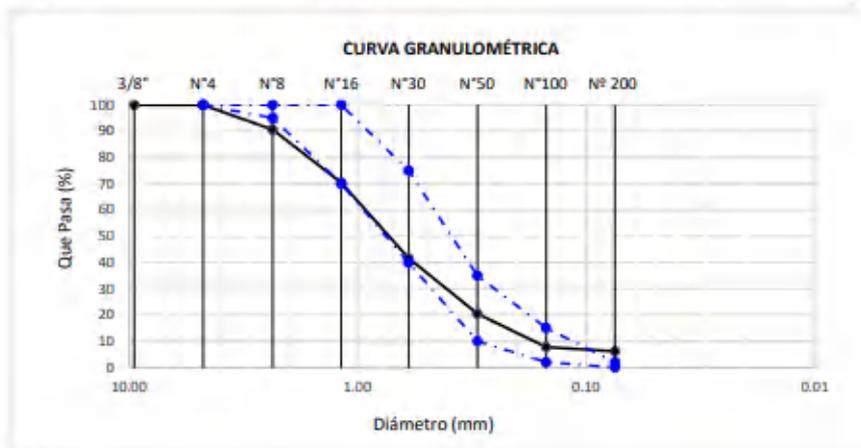
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Pachерres

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	100
Nº 8	2.360	9.3	9.3	90.7	95 - 100
Nº 16	1.180	20.4	29.7	70.3	70 - 100
Nº 30	0.600	28.7	58.4	41.6	40 - 75
Nº 50	0.300	21.2	79.6	20.4	10 - 35
Nº 100	0.150	12.7	92.3	7.7	2 - 15
Nº 200	0.075	1.6	93.9	6.1	0 - 2
MÓDULO DE FINEZA					2.69



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCIA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020 ".

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 10 de junio de 2021

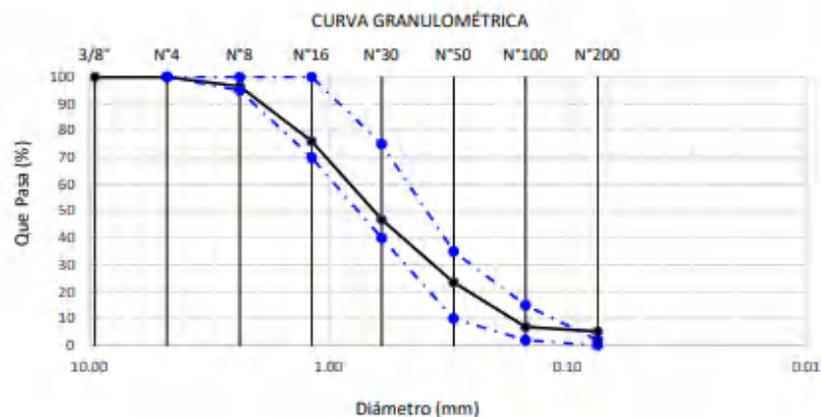
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa

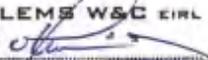
Cantera : La Victoria - Pátapo

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	100
Nº 8	2.360	3.5	3.5	96.5	95 - 100
Nº 16	1.180	20.4	24.0	76.0	70 - 100
Nº 30	0.600	29.2	53.2	46.8	40 - 75
Nº 50	0.300	23.4	76.5	23.5	10 - 35
Nº 100	0.150	16.5	93.1	6.9	2 - 15
Nº 200	0.075	1.7	94.8	5.2	0 - 2
MÓDULO DE FINEZA					2.50



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

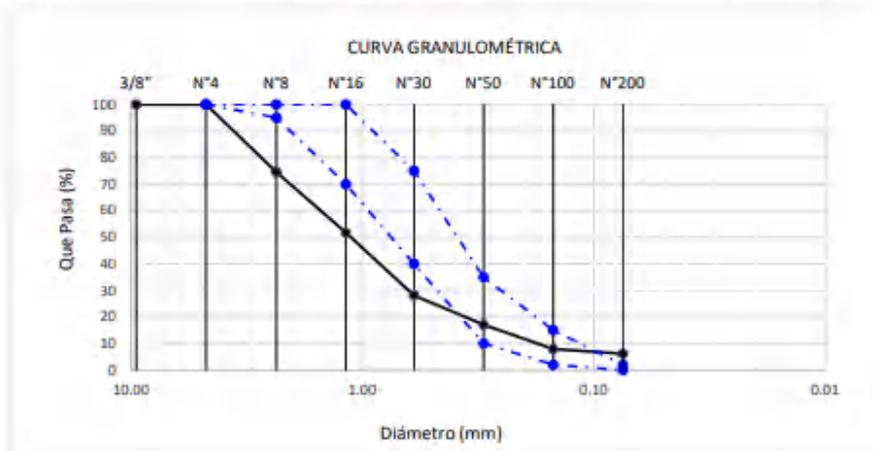

WILSON CLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 10 de junio del 2021.
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.
NORMA : N.T.P. 400.012
Muestra : Arena Gruesa Cantera : Tres Tomas - Bomboncito

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	100
Nº 8	2.360	25.5	25.5	74.5	95 - 100
Nº 16	1.180	22.8	48.3	51.7	70 - 100
Nº 30	0.600	23.5	71.8	28.2	40 - 75
Nº 50	0.300	11.1	82.9	17.1	10 - 35
Nº 100	0.150	9.2	92.1	7.9	2 - 15
Nº 200	0.075	1.7	93.9	6.1	0 - 2
MÓDULO DE FINEZA					3.21



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

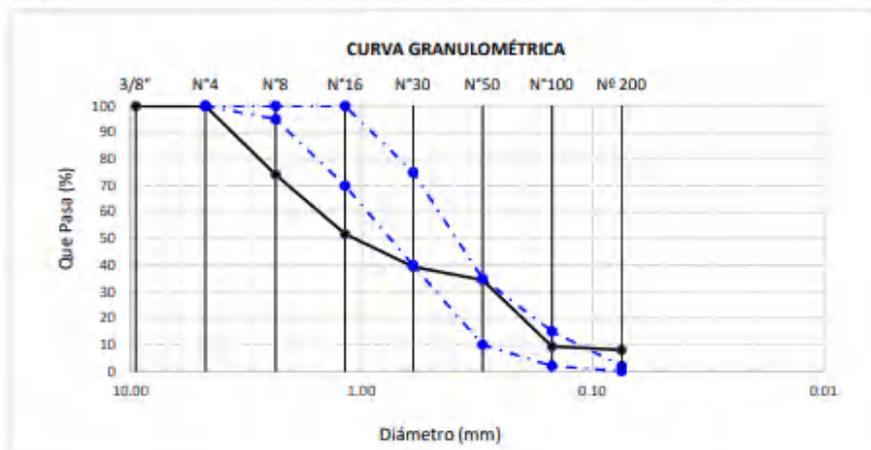
Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 12 de junio del 2021.
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.
NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Castro I - San Nicolás

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	100
Nº 8	2.360	25.9	25.9	74.1	95 - 100
Nº 16	1.180	22.4	48.3	51.7	70 - 100
Nº 30	0.600	12.3	60.6	39.4	40 - 75
Nº 50	0.300	5.0	65.7	34.3	10 - 35
Nº 100	0.150	25.0	90.7	9.3	2 - 15
Nº 200	0.075	1.3	92.0	8.0	0 - 2

MÓDULO DE FINEZA : **2.91**



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : GARCIA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 11 de junio de 2021.

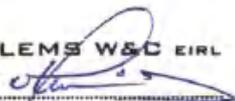
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa Cantera: La Victoria - Pátapo.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1569.86
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1554.48
Contenido de Humedad	(%)	0.99
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1744.02
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1726.93
Contenido de Humedad	(%)	0.99

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 11 de junio del 2021.
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Tres Tomas - Bomboncito.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1561.14
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1530.12
Contenido de Humedad	(%)	2.03
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1779.59
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1744.23
Contenido de Humedad	(%)	2.03

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 13 de junio del 2021.
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Castro I - San Nicolás

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1673.12
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1655.08
Contenido de Humedad	(%)	1.09

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1895.72
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1875.28
Contenido de Humedad	(%)	1.09

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904

ANEXO 03. Informes de laboratorio de peso específico y absorción del agregado fino.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Pimentel – Lambayeque
R.U.C. 20548885974
Email: servicios@lemswycerl.com

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 13 de junio del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Pacherras

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.568
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.235

OBSERVACIONES :

- Muestra provista, identificada y ensayada por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

INFORME

Solicitante : GARCIA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 11 de junio de 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Canreta : La Victoria - Pátapo

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.536
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.2

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 11 de junio del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Tres Tomas - Bomboncito

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.543
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.541

OBSERVACIONES :

- Muestra provista, identificada y ensayada por el solicitante.



LEMS W&C E.I.R.L.
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOMECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 13 de junio del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Castro I - San Nicolás

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.597
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.867

OBSERVACIONES :

- Muestra provista, identificada y ensayada por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 04. Informes de laboratorio de porcentajes de materiales más finos que pasa el tamiz No. 200 del agregado fino.

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOMECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 14 de junio del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (Nº200) por lavado en agregados.

REFERENCIA : N.T.P. 400.018-2013/ASTM C117

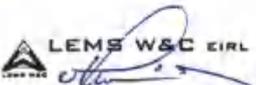
Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Pacherras - Pacherras

1.-Porcentaje del material mas fino que pasa por el tamiz Nº200.	(%)	5.47
--	-----	------

OBSERVACIONES :

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Se utilizó procedimiento A.


WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOMECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 14 de junio del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (N°200) por lavado en agregados.

REFERENCIA : N.T.P. 400.018-2013/ASTM C117

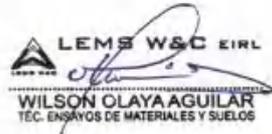
Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Pátapo - La Victoria

1.-Porcentaje del material mas fino que pasa por el tamiz N°200.	(%)	5.30
--	-----	------

OBSERVACIONES :

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Se utilizó procedimiento A.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOMECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 14 de junio del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (N°200) por lavado en agregados.

REFERENCIA : N.T.P. 400.018-2013/ASTM C117

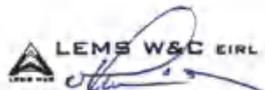
Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Castro I - San Nicolas.

1.-Porcentaje del material mas fino que pasa por el tamiz N°200.	(%)	7.24
--	-----	------

OBSERVACIONES :

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Se utilizó procedimiento A.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 05. Informe de laboratorio de peso específico de la cal hidratada.

INFORME

Solicitante : GARCIA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Proyecto : Tesis "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de recepción : 25 de junio de 2021.

NORMA : CEMENTOS. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland.

CALES. Densidad de cales Hidratadas.

REFERENCIA : N.T.P. 334.005 ó ASTM C188
ASTM C110-15

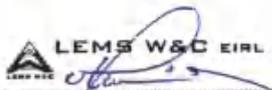
Muestra : Cal

Marca: Hades

1.- DENSIDAD DEL MATERIAL	(gr/cm ³)	2.55
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA		2.55

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 06. Informes de laboratorio de contenido de humedad y pesos unitarios del la cal hidratada.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Pimentel – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : GARCIA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de recepción : 25 de junio de 2021.
Ensayo : CALES. Peso unitario suelto y Peso unitario compactado de Cales Hidratadas.

Referencia : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
: ASTM C110-15
NTP 339.185:2013

Muestra : Cal hidratada HADES

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	785.50
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	769.08
Contenido de Humedad	(%)	2.14
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1406.94
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1377.52
Contenido de Humedad	(%)	2.14

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 07. Informes de laboratorio de análisis granulométrico del polvo de escoria de aluminio.



LEMS W&C FIRI

RNP - Servicios 90608595

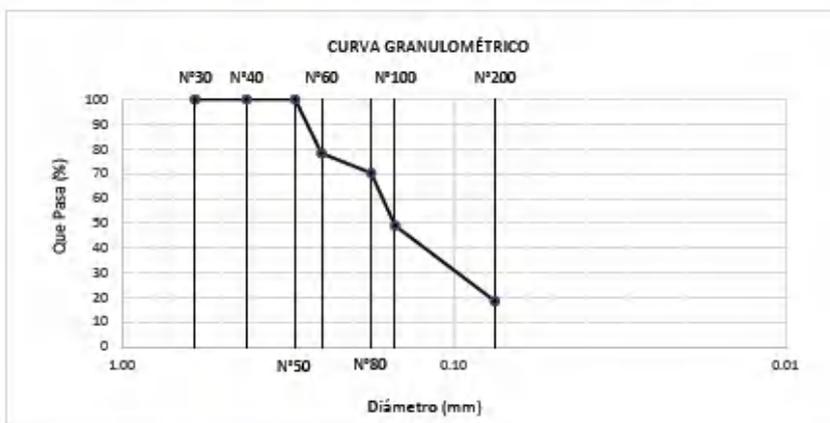
Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Pimentel - Lambayeque
R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitante : GARCIA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 22 de junio de 2021
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Polvo de Escoria de Aluminio Cantera : --

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0
Nº 40	0.420	0.0	0.0	100.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0
Nº 60	0.250	21.7	21.7	78.3
Nº 80	0.177	8.0	29.7	70.3
Nº 100	0.150	21.2	51.0	49.0
Nº 200	0.075	30.5	81.5	18.5



Observaciones:
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C FIRI
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 08. Informes de laboratorio de peso unitario suelto y compactado del polvo de escoria de aluminio.



Prolongación Bolognesi Km. 3,5
Pimentel – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

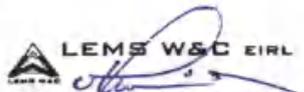
Solicitante : GARCIA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de recepción : 25 de junio de 2021.
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
NTP 339.185:2013

Muestra : Polvo de Escoria de Aluminio

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1148.37
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1146.21
Contenido de Humedad	(%)	0.19
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1441.91
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1439.21
Contenido de Humedad	(%)	0.19

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 09. Informe de laboratorio de peso específico del polvo de escoria de aluminio.



Prolongación Bolognesi Km. 3,5
Pimentel – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswycuir.com

INFORME

Solicitante : GARCIA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Proyecto : Tesis "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO".
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de recepción : 25 de junio de 2021.

NORMA : CEMENTOS. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Portland.

REFERENCIA : N.T.P. 334.005 ó ASTM C188

Muestra : Polvo de Escoria de Aluminio

1.- DENSIDAD DEL MATERIAL	(gr/cm ³)	2.76
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA		2.76

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 10. Informes de laboratorio de los diseños de mezclas de concreto ligero, dosificaciones en peso y volumen.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 17 de junio de 2021

Diseños de mezclas previos (Dosificación en peso)

Peso Unitario Suelto de la Cal	Marca: Hades	786.0 kg/m ³
Peso bolsa de Cemento	Portland: Pacamasyo Tipo I	42.5 kg
Peso Unitario Suelto de la Arena	Cantera: Patápo - La Victoria	1570.0 kg/m ³
Contenido de Humedad de la Arena		0.99 %

Muestra	DISEÑO	Proporción (Cem : Cal : Ar)	Dosificación en Peso (kg)				R a/c
			Cemento	Cal	Arena	Agua (Lt/pie ³)	
01	PD1	1:1/8:4	42.50	2.78	177.83	43.56	1.025
02	PD2	1:1/8:3	42.50	2.78	133.37	35.06	0.825
03	PD3	1:1/8:2	42.50	2.78	88.91	26.56	0.625
04	PD4	1:1/4:4	42.50	5.56	177.83	43.56	1.025
05	PD5	1:1/4:3	42.50	5.56	133.37	35.49	0.835
06	PD6	1:1/4:2	42.50	5.56	88.91	27.37	0.644
07	PD7	1:1/2:4	42.50	11.13	177.83	45.05	1.060
08	PD8	1:1/2:3	42.50	11.13	133.37	37.83	0.890
09	PD9	1:1/2:2	42.50	11.13	88.91	30.09	0.708
10	PD10	1:1/2:1.5	42.50	11.13	66.69	25.34	0.596

NOTA

- Para los diseños PD1, PD2 y PD3 se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 1.5, 3 y 4.5% respecto al peso del cemento.
- Para los diseños PD4, PD5 y PD6 se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 2.5, 3, 5, 6, 7.5 y 9% respecto al peso del cemento.
- Para los diseños PD7, PD8, PD9 y PD10 se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 3, 6 y 9% respecto al peso del cemento.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 17 de junio de 2021

Diseños de mezclas previos (Dosificación en Volumen)

Peso Específico de la Cal	Marca: Hades	2550.0 kg/m ³
Peso Específico del Cemento	Portland: Pacamasyo Tipo I	3120.0 kg/m ³
Peso Específico de la Arena	Cantera: Patápo - La Victoria	2536.0 kg/m ³
Contenido de Humedad de la Arena		0.99 %

Muestra	DISEÑO	Proporción (Cem : Cal : Ar)	Dosificación en Volumen				R a/c
			Cemento	Cal	Arena	Agua (Lt/pie ³)	
01	PD1	1:1/8:4	1.00	0.08	5.15	43.6	1.025
02	PD2	1:1/8:3	1.00	0.08	3.86	35.1	0.825
03	PD3	1:1/8:2	1.00	0.08	2.57	26.6	0.625
04	PD4	1:1/4:4	1.00	0.16	5.15	43.6	1.025
05	PD5	1:1/4:3	1.00	0.16	3.86	35.5	0.835
06	PD6	1:1/4:2	1.00	0.16	2.57	27.4	0.644
07	PD7	1:1/2:4	1.00	0.16	5.15	43.6	1.060
08	PD8	1:1/2:3	1.00	0.16	3.86	35.5	0.890
09	PD9	1:1/2:2	1.00	0.16	2.57	27.4	0.708
10	PD10	1:1/2:1.5	1.00	0.32	5.15	45.1	0.596

NOTA

- Para los diseños PD1, PD2 y PD3 se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 1.5, 3 y 4.5% respecto al peso del cemento.
- Para los diseños PD4, PD5 y PD6 se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 2.5, 3, 5, 6, 7.5 y 9% respecto al peso del cemento.
- Para los diseños PD7, PD8, PD9 y PD10 se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 3, 6 y 9% respecto al peso del cemento.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 29 de junio de 2021

Diseños de mezclas previos (Dosificación en peso)

Peso Unitario Suelto de la Cal	Marca: Hades	786.0 kg/m ³
Peso bolsa de Cemento	Portland: Pacamasyo Tipo I	42.5 kg
Peso Unitario Suelto de la Arena	Cantera: Patápo - La Victoria	1570.0 kg/m ³
Contenido de Humedad de la Arena		0.99 %

Muestra	DISEÑO	Proporción (Cem : Cal : Ar)	Dosificación en Peso (kg)				R a/c
			Cemento	Cal	Arena	Agua (Lt/ pie ³)	
01	PD9+15%agua	1:1/2:2	42.50	11.13	88.91	34.60	0.814
02	PD9+20%agua	1:1/2:2	42.50	11.13	88.91	36.11	0.850
03	PD9+30%agua	1:1/2:2	42.50	11.13	88.91	39.12	0.920
04	PD10+15%agua	1:1/2:1.5	42.50	11.13	66.69	29.13	0.685
05	PD10+20%agua	1:1/2:1.5	42.50	11.13	66.69	30.40	0.715
06	PD10+30%agua	1:1/2:1.5	42.50	11.13	66.69	32.93	0.775

NOTA

- Para los diseños PD9+15%agua, PD9+20%agua, PD10+15%agua y PD10+20%agua se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 3, 6, 9, 15 y 18% respecto al peso del cemento.
- Para los diseños PD9+30% y PD10+30%agua se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 6, 9 y 12% respecto al peso del cemento.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TÉC. DISEÑOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 29 de junio de 2021

Diseños de mezclas previos (Dosificación en Volumen)

Peso Específico de la Cal	Marca: Hades	2550.0 kg/m ³
Peso Específico del Cemento	Portland: Pacamasyo Tipo I	3120.0 kg/m ³
Peso Específico de la Arena	Cantera: Patápo - La Victoria	2536.0 kg/m ³
Contenido de Humedad de la Arena		0.99 %

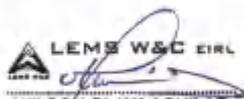
Muestra	DISEÑO	Proporción (Cem : Cal : Ar)	Dosificación en Volumen				R a/c
			Cemento	Cal	Arena	Agua (Lt/pe3)	
01	PD9+15%agua	1:1/2:2	1.00	0.32	2.57	34.6	0.814
02	PD9+20%agua	1:1/2:2	1.00	0.32	2.57	36.1	0.850
03	PD9+30%agua	1:1/2:2	1.00	0.32	2.57	39.1	0.920
04	PD10+15%agua	1:1/2:1.5	1.00	0.32	1.93	29.1	0.685
05	PD10+20%agua	1:1/2:1.5	1.00	0.32	1.93	30.4	0.715
06	PD10+30%agua	1:1/2:1.5	1.00	0.32	1.93	32.9	0.775

NOTA

- Para los diseños PD9+15%agua, PD9+20%agua, PD10+15%agua y PD10+20%agua se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 3, 6, 9, 15 y 18% respecto al peso del cemento.
- Para los diseños PD9+30% y PD10+30%agua se incorporaran porcentajes de polvo de escoria de aluminio de 6, 9 y 12% respecto al peso del cemento.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 01 de agosto de 2021

Diseños definitivos (Dosificación en Volumen)

Peso Específico de la Cal	Marca: Hades	2550.0	kg/m ³
Peso Específico del Cemento	Portland: Pacamasyo Tipo I	3120.0	kg/m ³
Peso Específico de la Arena	Cantera: Patápo - La Victoria	2536.0	kg/m ³
Contenido de Humedad de la Arena		0.99	%
Peso Específico del polvo de escoria de Aluminio	Obtención propia	2760.00	kg/m ³

Muestra	DISEÑO	Proporción (Cem : Cal : Ar)	Dosificación en Volumen (m ³)					R a/c
			Cemento	Cal	Arena	Polvo de Esc. de al.	Agua (Lt/pie ³)	
01	PATRÓN	1 : 1/2 : 2	1.00	0.32	2.57	0.00	36.1	0.850
02	Incorp. 3% de polvo de esc. de Aluminio	1 : 1/2 : 2	2.00	0.32	2.57	0.03	36.1	0.850
03	Incorp. 6% de polvo de esc. de Aluminio	1 : 1/2 : 2	3.00	0.32	2.57	0.07	36.1	0.850
04	Incorp. 9% de polvo de esc. de Aluminio	1 : 1/2 : 2	4.00	0.32	2.57	0.10	36.1	0.850

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 01 de agosto de 2021

Diseños definitivos (Dosificación en peso)

Peso Unitario Suelto de la Cal	Marca: Hades	786.0	kg/m ³
Peso bolsa de Cemento	Portland: Pacamasyo Tipo I	42.5	kg/m ³
Peso Unitario Suelto de la Arena	Cantera: Patápo - La Victoria	1570.0	kg/m ³
Contenido de Humedad de la Arena		0.99	%
Peso Unitario Suelto del Polvo de escoria de aluminio	Obtención propia	1146.00	kg/m ³

Muestra	DISEÑO	Proporción (Cem : Cal : Ar)	Dosificación en Peso (kg)					R a/c
			Cemento	Cal	Arena	Polvo de Esc. de al.	Agua (Lt/pie ³)	
01	PATRÓN	1 : 1/2 : 2	42.50	11.13	88.91	0.00	36.11	0.850
02	Incorp. 3% de polvo de esc. de Aluminio	1 : 1/2 : 2	42.50	11.13	88.91	1.28	36.11	0.850
03	Incorp. 6% de polvo de esc. de Aluminio	1 : 1/2 : 2	42.50	11.13	88.91	2.55	36.11	0.850
04	Incorp. 9% de polvo de esc. de Aluminio	1 : 1/2 : 2	42.50	11.13	88.91	3.83	36.11	0.850

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

ANEXO 11. Informes de laboratorio de los ensayos de fluidez de los diseños previos de concreto ligero.



LEMS W&C EIRL

RNP Servicios 50608589

Prolongación Bolognesi Km. 3,5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sábado, 19 de junio del 2021.
 Código : NTP 334.057:2002
 Título : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar fluidez de morteros de cemento Portland
 Ensayo : Fluidez de mortero

Muestra	DISEÑO	Dosificación (Cemento : Cal : Arena)	R a/c	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	FLUIDEZ (%)
01	PD1	1 : 1/8 : 4	1.03	0.0	112.48
02				1.5	111.84
03				3.0	111.29
04				4.5	107.01
05	PD2	1 : 1/8 : 3	0.83	0.0	112.28
06				1.5	110.21
07				3.0	109.35
08				4.5	108.56
09	PD3	1 : 1/8 : 2	0.63	0.0	112.84
10				1.5	108.69
11				3.0	106.64
12				4.5	105.29

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 **Miguel Angel Ruiz Perales**
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Lunes, 21 de junio del 2021.
 Código : NTP 334.057:2002
 Título : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar fluidez de morteros de cemento Portland
 Ensayo : Fluidez de mortero

Muestra	DISEÑO	Dosificación (Cemento : Cal : Arena)	R a/c	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	FLUIDEZ (%)
01	PD4	1 : 1/4 : 4	1.03	0.0	113.36
02				2.5	109.77
03				5.0	107.36
04				7.5	105.39
05	PD5	1 : 1/4 : 3	0.84	0.0	112.60
06				2.5	110.97
07				5.0	108.12
08				7.5	106.35
09	PD6	1 : 1/4 : 2	0.64	0.0	111.93
10				2.5	108.54
11				5.0	105.61
12				7.5	102.51

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



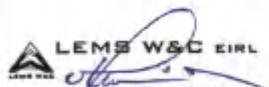

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 24 de junio del 2021.
 Código : NTP 334.057:2002
 Título : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar fluidez de morteros de cemento Portland
 Ensayo : Fluidez de mortero

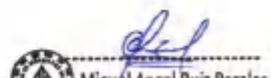
Muestra	DISEÑO	Dosificación (Cemento : Cal : Arena)	R a/c	Incorporacion polvo de esc. de aluminio (%)	FLUIDEZ (%)
01	PD4	1 : 1/4 : 4	1.03	3.0	108.49
02				6.0	106.82
03				9.0	103.76
04	PD5	1 : 1/4 : 3	0.84	3.0	108.76
05				6.0	106.18
06				9.0	105.12
07	PD6	1 : 1/4 : 2	0.64	3.0	106.72
08				6.0	103.99
09				9.0	100.07

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 24 de junio del 2021.
 Código : NTP 334.057:2002
 Título : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar fluidez de morteros de cemento Portland
 Ensayo : Fluidez de mortero

Muestra	DISEÑO	Dosificación (Cemento : Cal : Arena)	R a/c	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	FLUIDEZ (%)
01	PD7	1 : 1/2 : 4	1.06	0.0	109.89
02				3.0	108.10
03				6.0	106.23
04				9.0	104.97
05	PD8	1 : 1/2 : 3	0.89	0.0	110.85
06				3.0	106.47
07				6.0	104.60
08				9.0	101.35
09	PD9	1 : 1/2 : 2	0.71	0.0	109.13
10				3.0	106.25
11				6.0	105.09
12				9.0	103.13

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



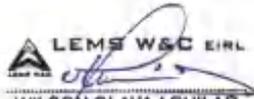
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Lunes, 28 de junio del 2021.
 Código : NTP 334.057:2002
 Título : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar fluidez de morteros de cemento Portland
 Ensayo : Fluidez de mortero

Muestra	DISEÑO	Dosificación (Cemento : Cal : Arena)	R a/c	Incorporacion polvo de esc. de aluminio (%)	FLUIDEZ (%)
01	PD10	1 : 1/2 : 1.5	0.60	0.0	109.77
02				3.0	105.31
03				6.0	103.10
04				9.0	100.05

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 12. Informes de laboratorio, determinación de la densidad en estado endurecido de los diseños previos de concreto ligero.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 01 de julio del 2021.
 Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m3)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m3)
PD1 (1 : 1/8 : 4)	0.0%	01	1951.8	1957.7
		02	1965.4	
		03	1956.0	
	1.5%	04	1869.0	1867.5
		05	1860.6	
		06	1872.8	
	3.0%	07	1812.6	1807.5
		08	1807.6	
		09	1802.2	
	4.5%	10	1788.5	1789.3
		11	1788.2	
		12	1791.1	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/8 : 4
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ra/c : 1.025

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

 WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 DISEÑO : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 01 de julio del 2021.
 Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

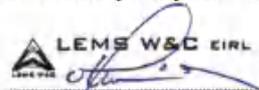
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
PD2 (1 : 1/8 : 3)	0.0%	01	1920.9	1919.1
		02	1915.1	
		03	1921.4	
	1.5%	04	1792.3	1786.4
		05	1780.5	
		06	1786.5	
	3.0%	07	1754.9	1752.2
		08	1746.7	
		09	1755.1	
	4.5%	10	1725.0	1721.8
		11	1717.5	
		12	1722.9	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/8 : 3
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ra/c : 0.825

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 DISEÑO : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 01 de julio del 2021.
 Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

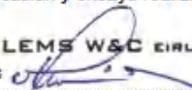
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporacion polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m3)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m3)
PD3 (1 : 1/8 : 2)	0.0%	01	1873.9	1869.6
		02	1860.6	
		03	1874.5	
	1.5%	04	1754.7	1753.3
		05	1753.7	
		06	1751.6	
	3.0%	07	1709.4	1707.7
		08	1707.4	
		09	1706.3	
	4.5%	10	1691.2	1694.2
		11	1693.7	
		12	1697.5	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/8 : 2
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ra/c : 0.625

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEG. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Viernes, 02 de julio del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

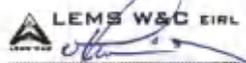
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
PD4 (1 : 1/4 : 4)	0.0%	01	1922.4	1922.8
		02	1923.6	
		03	1922.4	
	2.5%	04	1808.9	1808.7
		05	1809.6	
		06	1807.7	
	3.0%	07	1778.1	1780.8
		08	1784.1	
		09	1780.2	
	5.0%	10	1771.9	1766.1
		11	1759.4	
		12	1767.1	
	6.0%	13	1735.0	1735.2
		14	1730.5	
		15	1740.1	
	7.5%	16	1717.0	1718.1
		17	1718.7	
		18	1718.8	
	9.0%	19	1714.0	1712.4
		20	1712.7	
		21	1710.4	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/4 : 4
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ralo : 1.025

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Viernes, 02 de julio del 2021.
 Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

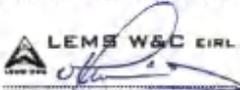
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
PD5 (1 : 1/4 : 3)	0.0%	01	1890.7	1896.7
		02	1901.4	
		03	1898.1	
	2.5%	04	1746.4	1750.6
		05	1751.1	
		06	1754.2	
	3.0%	07	1742.8	1741.9
		08	1742.8	
		09	1740.0	
	5.0%	10	1717.9	1717.4
		11	1715.4	
		12	1718.8	
	6.0%	13	1711.1	1712.1
		14	1713.8	
		15	1711.5	
	7.5%	16	1703.1	1708.1
		17	1708.9	
		18	1712.2	
	9.0%	19	1701.7	1701.4
		20	1702.6	
		21	1699.8	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/4 : 3
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ra/c : 0.835

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Viernes, 02 de julio del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

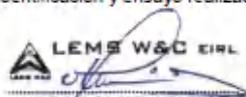
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
PD6 (1 : 1/4 : 2)	0.0%	01	1850.9	1848.6
		02	1846.3	
		03	1848.5	
	2.5%	04	1708.3	1710.2
		05	1711.0	
		06	1711.3	
	3.0%	07	1703.5	1695.4
		08	1691.7	
		09	1690.9	
	5.0%	10	1688.0	1683.4
		11	1680.1	
		12	1682.1	
	6.0%	13	1680.2	1679.4
		14	1677.8	
		15	1680.1	
	7.5%	16	1665.9	1671.0
		17	1672.1	
		18	1675.1	
	9.0%	19	1668.3	1667.3
		20	1665.3	
		21	1668.2	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/4 : 2
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 R/a/c : 0.644

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sábado, 03 de julio del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

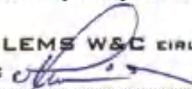
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
PD7 (1 : 1/2 : 4)	0.0%	01	1905.5	1905.1
		02	1908.6	
		03	1901.2	
	3.0%	04	1768.8	1768.4
		05	1766.8	
		06	1769.7	
	6.0%	07	1728.7	1728.2
		08	1725.2	
		09	1730.6	
	9.0%	10	1705.0	1704.4
		11	1701.3	
		12	1706.9	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 4
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ra/c : 1.080

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sábado, 03 de julio del 2021.
 Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

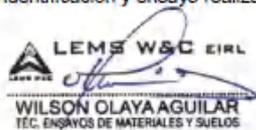
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
PD8 (1 : 1/2 : 3)	0.0%	01	1872.6	1872.4
		02	1873.3	
		03	1871.2	
	3.0%	04	1731.7	1728.1
		05	1725.0	
		06	1727.7	
	6.0%	07	1702.2	1700.4
		08	1698.8	
		09	1700.2	
	9.0%	10	1680.8	1685.5
		11	1687.0	
		12	1688.7	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 3
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ra/c : 0.890

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sábado, 03 de julio del 2021.
 Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

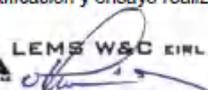
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporacion polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m3)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m3)
PD9 (1 : 1/2 : 2)	0.0%	01	1825.2	1820.4
		02	1816.3	
		03	1819.5	
	3.0%	04	1644.8	1640.4
		05	1634.7	
		06	1641.8	
	6.0%	07	1619.2	1613.4
		08	1607.7	
		09	1613.2	
	9.0%	10	1607.9	1607.3
		11	1606.5	
		12	1607.5	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ra/c : 0.708

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Lunes, 05 de julio del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

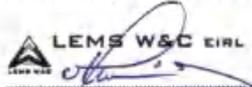
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporacion polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m3)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m3)
PD10 (1 : 1/2 : 1.5)	0.0%	01	1802.4	1803.4
		02	1804.9	
		03	1802.9	
	3.0%	01	1633.8	1632.5
		02	1630.6	
		03	1633.0	
	6.0%	01	1594.7	1595.1
		02	1596.4	
		03	1594.3	
	9.0%	01	1572.3	1576.2
		02	1576.0	
		03	1580.3	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 1.5
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ra/c : 0.596

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEG. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELDOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sábado, 03 de julio del 2021.
 Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

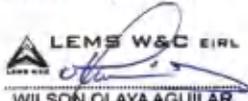
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
PD9 + 15% agua (1 : 1/2 : 2)	0.0%	01	1780.3	1779.1
		02	1778.9	
		03	1778.1	
	3.0%	04	1553.8	1554.0
		05	1555.7	
		06	1552.6	
	6.0%	07	1535.2	1534.1
		08	1535.1	
		09	1532.0	
	9.0%	10	1526.5	1527.2
		11	1531.8	
		12	1523.3	
	15.0%	13	1498.5	1498.4
		14	1497.0	
		15	1499.7	
	18.0%	16	1492.5	1490.1
		17	1488.7	
		18	1489.2	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
- Cemento : Tipo I - PACASMAYO
- Arena : La Victoria - Pátapo
- R/a/c : 0.814
- Contiene un 15% ADICIONAL de cantidad de agua respecto al diseño PD9

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON GLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sábado, 03 de julio del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

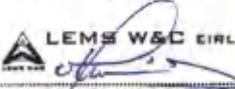
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
PD9 + 20% agua (1 : 1/2 : 2)	0.0%	01	1778.2	1774.1
		02	1764.3	
		03	1779.8	
	3.0%	04	1554.5	1553.2
		05	1554.2	
		06	1551.0	
	6.0%	07	1533.9	1531.1
		08	1530.5	
		09	1528.9	
	9.0%	10	1523.3	1521.1
		11	1519.3	
		12	1520.5	
	15.0%	13	1421.9	1421.2
		14	1420.5	
		15	1421.2	
	18.0%	16	1418.6	1417.2
		17	1416.1	
		18	1416.8	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 R/a/c : 0.850
- Contiene un 20% ADICIONAL de cantidad de agua respecto al diseño PD9

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sábado, 03 de julio del 2021.
 Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Densidad de cubos de mortero

DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m3)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m3)
PD9 + 30% agua (1 : 1/2 : 2)	0.0%	01	1751.9	1751.7
		02	1750.6	
		03	1752.7	
	6.0%	04	1478.0	1479.4
		05	1480.6	
		06	1479.7	
	9.0%	07	1473.5	1473.2
		08	1472.5	
		09	1473.7	
	12.0%	10	1447.4	1447.2
		11	1447.0	
		12	1447.3	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
- Cemento : Tipo I - PACASMAYO
- Arena : La Victoria - Pátapo
- Ra/c : 0.920
- Contiene un 20% ADICIONAL de cantidad de agua respecto al diseño PD9

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Lunes, 05 de julio del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : **Densidad de cubos de mortero**

DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
P10 + 15% agua (1 : 1/2 : 1.5)	0.0%	01	1776.5	1774.4
		02	1771.4	
		03	1775.2	
	3.0%	01	1529.0	1531.1
		02	1534.2	
		03	1530.1	
	6.0%	01	1529.7	1528.4
		02	1529.1	
		03	1526.4	
	9.0%	01	1524.1	1521.1
		02	1519.0	
		03	1520.2	
	15.0%	01	1477.1	1476.2
		02	1473.7	
		03	1477.9	
	18.0%	01	1457.8	1459.0
		02	1460.1	
		03	1459.1	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 1.5
- Cemento : Tipo I – PACASMAYO
- Arena : La Victoria - Pátapo
- R_{a/c} : 0.685
- Contiene un 15% ADICIONAL de cantidad de agua respecto al diseño PD10

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Lunes, 05 de julio del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : **Densidad de cubos de mortero**

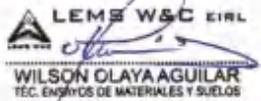
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
P10 + 20% agua (1 : 1/2 : 1.5)	0.0%	01	1770.9	1768.0
		02	1766.9	
		03	1766.1	
	3.0%	01	1518.3	1518.3
		02	1519.4	
		03	1517.3	
	6.0%	01	1496.9	1495.0
		02	1494.0	
		03	1494.1	
	9.0%	01	1469.0	1469.3
		02	1470.2	
		03	1468.8	
	15.0%	01	1430.3	1428.9
		02	1426.7	
		03	1429.6	
	18.0%	01	1417.8	1416.0
		02	1415.9	
		03	1414.4	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 1.5
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ra/c : 0.715
- Contiene un 20% ADICIONAL de cantidad de agua respecto al diseño PD10

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Lunes, 05 de julio del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : **Densidad de cubos de mortero**

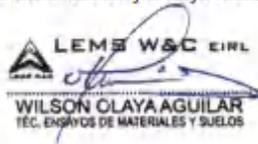
DISEÑO (Cemento : Cal : Arena)	Incorporación polvo de esc. de aluminio (%)	Muestra N°	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (kg/m ³)
P10 + 30% agua (1 : 1/2 : 1.5)	0.0%	01	1723.2	1721.9
		02	1720.3	
		03	1722.2	
	6.0%	01	1441.5	1440.0
		02	1440.0	
		03	1438.6	
	9.0%	01	1439.6	1437.1
		02	1436.5	
		03	1435.1	
	12.0%	01	1431.8	1430.9
		02	1430.5	
		03	1430.4	

NOTA

- Dosificación: 1 : 1/2 : 1.5
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Ralco : 0.775
- Contiene un 30% ADICIONAL de cantidad de agua respecto al diseño PD10

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 13. Informes de laboratorio, determinación de la resistencia a la compresión de los diseños previos de concreto ligero.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswycairl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 02 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD1 (0.0% Esc. Al)- 1	18/06/2021	2/07/2021	14	36800	2453	15.0	153.0
02	PD1 (0.0% Esc. Al)- 2	18/06/2021	2/07/2021	14	34560	2513	13.8	140.3
03	PD1 (0.0% Esc. Al)- 3	18/06/2021	2/07/2021	14	34950	2504	14.0	142.3
04	PD1 (1.5% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	21200	2282	9.3	94.7
05	PD1 (1.5% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	20900	2022	10.3	105.4
06	PD1 (1.5% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	21160	2194	9.6	98.3
07	PD1 (3.0% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	21800	2407	9.1	92.3
08	PD1 (3.0% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	19920	2180	9.1	93.2
09	PD1 (3.0% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	21800	2433	9.0	91.4
10	PD1 (4.5% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	20810	2474	8.4	85.8
11	PD1 (4.5% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	20870	2320	9.0	91.7
12	PD1 (4.5% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	20950	2454	8.5	87.1

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/8 : 4
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
R/c : 1.025

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 02 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD2 (0.0% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	51990	2469	21.1	214.7
02	PD2 (0.0% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	49140	2494	19.7	200.9
03	PD2 (0.0% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	50850	2485	20.5	208.7
04	PD2 (1.5% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	32830	2549	12.9	131.3
05	PD2 (1.5% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	32750	2523	13.0	132.4
06	PD2 (1.5% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	32030	2504	12.8	130.5
07	PD2 (3.0% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	29930	2602	11.5	117.3
08	PD2 (3.0% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	32830	2613	12.6	128.1
09	PD2 (3.0% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	31640	2544	12.4	126.8
10	PD2 (4.5% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	30020	2713	11.1	112.8
11	PD2 (4.5% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	26110	2617	10.0	101.7
12	PD2 (4.5% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	27880	2678	10.4	106.2

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/8 : 3
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 0.825

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 02 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD3 (0.0% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	71730	2490	28.8	293.8
02	PD3 (0.0% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	56700	2461	23.0	234.9
03	PD3 (0.0% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	61660	2466	25.0	254.9
04	PD3 (1.5% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	45470	2578	17.6	179.9
05	PD3 (1.5% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	44700	2587	17.3	176.2
06	PD3 (1.5% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	43920	2500	17.6	179.1
07	PD3 (3.0% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	42780	2570	16.6	169.7
08	PD3 (3.0% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	42180	2641	16.0	162.9
09	PD3 (3.0% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	43200	2572	16.8	171.3
10	PD3 (4.5% Esc. Al) - 1	18/06/2021	2/07/2021	14	37540	2520	14.9	151.9
11	PD3 (4.5% Esc. Al) - 2	18/06/2021	2/07/2021	14	35150	2493	14.1	143.8
12	PD3 (4.5% Esc. Al) - 3	18/06/2021	2/07/2021	14	36070	2538	14.2	144.9

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/8 : 2
- Cemento : Tipo I - PACASMAYO
- Arena : La Victoria - Pátapo
- Agua : Potable de la zona
- Ra/c : 0.625

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 05 de julio del 2021

ENSAYO :
CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

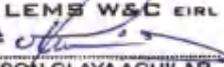
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD4 (0.0% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	32430	2442	13.3	135.4
02	PD4 (0.0% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	33090	2430	13.6	138.8
03	PD4 (0.0% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	32890	2452	13.4	136.8
04	PD4 (2.5% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	18340	2259	8.1	82.8
05	PD4 (2.5% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	20730	2266	9.1	93.3
06	PD4 (2.5% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	21270	2315	9.2	93.7
07	PD4 (5.0% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	21030	2429	8.7	88.3
08	PD4 (5.0% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	20240	2421	8.4	85.2
09	PD4 (5.0% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	21280	2443	8.7	88.8
10	PD4 (7.5% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	17650	2249	7.8	80.0
11	PD4 (7.5% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	19240	2324	8.3	84.4
12	PD4 (7.5% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	18150	2331	7.8	79.4

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/4 : 4
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 1.025

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 07 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD4 (3.0% Esc. Al) - 1	23/06/2021	7/07/2021	14	22500	2536	8.9	90.5
02	PD4 (3.0% Esc. Al) - 2	23/06/2021	7/07/2021	14	22230	2526	8.8	89.7
03	PD4 (3.0% Esc. Al) - 3	23/06/2021	7/07/2021	14	21780	2525	8.6	88.0
04	PD4 (6.0% Esc. Al) - 1	23/06/2021	7/07/2021	14	22490	2596	8.7	88.4
05	PD4 (6.0% Esc. Al) - 2	23/06/2021	7/07/2021	14	20910	2630	7.9	81.1
06	PD4 (6.0% Esc. Al) - 3	23/06/2021	7/07/2021	14	20770	2577	8.1	82.2
07	PD4 (9.0% Esc. Al) - 1	23/06/2021	7/07/2021	14	20400	2564	8.0	81.1
08	PD4 (9.0% Esc. Al) - 2	23/06/2021	7/07/2021	14	19370	2624	7.4	75.3
09	PD4 (9.0% Esc. Al) - 3	23/06/2021	7/07/2021	14	19700	2561	7.7	78.4

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/4 : 4
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 1.025

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 05 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

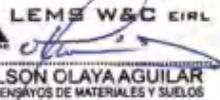
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PDS (0.0% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	48140	2472	19.5	198.6
02	PDS (0.0% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	42480	2399	17.7	180.6
03	PDS (0.0% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	46560	2484	18.7	191.2
04	PDS (2.5% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	28130	2390	11.8	120.0
05	PDS (2.5% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	27200	2416	11.3	114.8
06	PDS (2.5% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	28780	2413	11.9	121.6
07	PDS (5.0% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	28150	2544	11.1	112.8
08	PDS (5.0% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	28400	2534	11.2	114.3
09	PDS (5.0% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	27970	2539	11.0	112.3
10	PDS (7.5% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	26140	2453	10.7	108.7
11	PDS (7.5% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	23870	2384	10.0	102.1
12	PDS (7.5% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	25000	2438	10.3	104.6

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/4 : 3
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 0.835

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 07 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

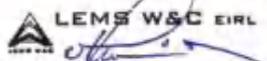
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD5 (3.0% Esc. Al) - 1	23/06/2021	7/07/2021	14	30250	2666	11.3	115.7
02	PD5 (3.0% Esc. Al) - 2	23/06/2021	7/07/2021	14	30520	2600	11.7	119.7
03	PD5 (3.0% Esc. Al) - 3	23/06/2021	7/07/2021	14	29160	2559	11.4	116.2
04	PD5 (6.0% Esc. Al) - 1	23/06/2021	7/07/2021	14	25670	2565	10.0	102.0
05	PD5 (6.0% Esc. Al) - 2	23/06/2021	7/07/2021	14	30110	2648	11.4	115.9
06	PD5 (6.0% Esc. Al) - 3	23/06/2021	7/07/2021	14	28550	2587	11.0	112.5
07	PD5 (9.0% Esc. Al) - 1	23/06/2021	7/07/2021	14	26410	2588	10.2	104.1
08	PD5 (9.0% Esc. Al) - 2	23/06/2021	7/07/2021	14	25800	2585	10.0	101.8
09	PD5 (9.0% Esc. Al) - 3	23/06/2021	7/07/2021	14	25320	2555	9.9	101.0

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/4 : 3
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 0.835

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



RNP Servicios S0608589

LEMS W&C EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 05 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

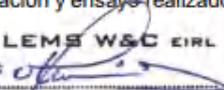
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD6 (0.0% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	57710	2650	21.8	222.1
02	PD6 (0.0% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	53970	2557	21.1	215.2
03	PD6 (0.0% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	54000	2530	21.3	217.7
04	PD6 (2.5% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	37880	2680	14.1	144.1
05	PD6 (2.5% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	39990	2666	15.0	152.9
06	PD6 (2.5% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	37970	2642	14.4	146.6
07	PD6 (5.0% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	35950	2566	14.0	142.8
08	PD6 (5.0% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	36120	2618	13.8	140.7
09	PD6 (5.0% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	36230	2623	13.8	140.8
10	PD6 (7.5% Esc. Al) - 1	21/06/2021	5/07/2021	14	34780	2673	13.0	132.7
11	PD6 (7.5% Esc. Al) - 2	21/06/2021	5/07/2021	14	35630	2634	13.5	138.0
12	PD6 (7.5% Esc. Al) - 3	21/06/2021	5/07/2021	14	33580	2608	12.9	131.3

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/4 : 2
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Agua : Potable de la zona
 Ra/c : 0.644

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 07 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

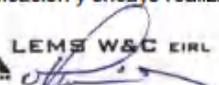
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD6 (3.0% Esc. Al) - 1	23/06/2021	7/07/2021	14	37600	2577	14.6	148.8
02	PD6 (3.0% Esc. Al) - 2	23/06/2021	7/07/2021	14	36210	2566	14.1	143.9
09	PD6 (3.0% Esc. Al) - 3	23/06/2021	7/07/2021	14	36410	2534	14.4	146.5
04	PD6 (6.0% Esc. Al) - 1	23/06/2021	7/07/2021	14	35440	2657	13.3	136.0
05	PD6 (6.0% Esc. Al) - 2	23/06/2021	7/07/2021	14	35960	2675	13.4	137.1
06	PD6 (6.0% Esc. Al) - 3	23/06/2021	7/07/2021	14	36040	2615	13.8	140.6
07	PD6 (9.0% Esc. Al) - 1	23/06/2021	7/07/2021	14	34600	2738	12.6	128.9
08	PD6 (9.0% Esc. Al) - 2	23/06/2021	7/07/2021	14	34010	2647	12.8	131.0
09	PD6 (9.0% Esc. Al) - 3	23/06/2021	7/07/2021	14	32900	2657	12.4	126.3

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/4 : 2
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 0.644

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 08 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD7 (0.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	31890	2440	13.1	133.3
02	PD7 (0.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	27930	2316	12.1	123.0
03	PD7 (0.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	31460	2429	13.0	132.1
04	PD7 (3.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	18950	2502	7.6	77.2
05	PD7 (3.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	20060	2496	8.0	82.0
06	PD7 (3.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	19390	2507	7.7	78.9
07	PD7 (6.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	18320	2384	7.7	78.4
08	PD7 (6.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	18590	2558	7.3	74.1
09	PD7 (6.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	18920	2543	7.4	75.9
10	PD7 (9.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	17270	2544	6.8	69.2
11	PD7 (9.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	17110	2402	7.1	72.7
12	PD7 (9.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	17880	2535	7.1	71.9

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 4
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 1.060

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 08 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

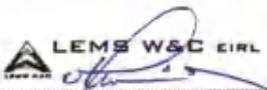
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD8 (0.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	37710	2537	14.9	151.5
02	PD8 (0.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	36560	2569	14.2	145.1
03	PD8 (0.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	40370	2560	15.8	160.8
04	PD8 (3.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	24290	2512	9.7	98.6
05	PD8 (3.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	23780	2546	9.3	95.2
06	PD8 (3.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	21900	2519	8.7	88.7
07	PD8 (6.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	23400	2465	9.5	96.8
08	PD8 (6.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	21010	2512	8.4	85.3
09	PD8 (6.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	22090	2524	8.8	89.3
10	PD8 (9.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	23520	2700	8.7	88.8
11	PD8 (9.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	21310	2632	8.1	82.6
12	PD8 (9.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	21250	2612	8.1	82.9

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 3
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 0.890

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 08 de julio del 2021

ENSAYO :
CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

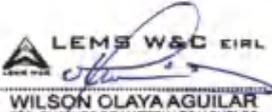
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD9 (0.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	52700	2593	20.3	207.3
02	PD9 (0.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	50540	2619	19.3	196.8
03	PD9 (0.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	50500	2593	19.5	198.6
04	PD9 (3.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	26390	2665	9.9	101.0
05	PD9 (3.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	29000	2666	10.9	110.9
06	PD9 (3.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	27980	2621	10.7	108.9
07	PD9 (6.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	25970	2628	9.9	100.8
08	PD9 (6.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	27410	2611	10.5	107.1
09	PD9 (6.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	26740	2608	10.3	104.6
10	PD9 (9.0% Esc. Al) - 1	24/06/2021	8/07/2021	14	25980	2623	9.9	101.0
11	PD9 (9.0% Esc. Al) - 2	24/06/2021	8/07/2021	14	23860	2674	8.9	91.0
12	PD9 (9.0% Esc. Al) - 3	24/06/2021	8/07/2021	14	25230	2676	9.4	96.2

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 0.708

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 16 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

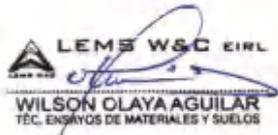
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD10 (0.0% Esc. Al) - 1	2/07/2021	16/07/2021	14	64700	2629	24.6	250.9
02	PD10 (0.0% Esc. Al) - 2	2/07/2021	16/07/2021	14	60950	2604	23.4	238.6
03	PD10 (0.0% Esc. Al) - 3	2/07/2021	16/07/2021	14	61860	2605	23.7	242.2
04	PD10 (3.0% Esc. Al) - 1	2/07/2021	16/07/2021	14	39490	2710	14.6	148.6
05	PD10 (3.0% Esc. Al) - 2	2/07/2021	16/07/2021	14	27470	2670	10.3	104.9
06	PD10 (3.0% Esc. Al) - 3	2/07/2021	16/07/2021	14	33400	2681	12.5	127.1
07	PD10 (6.0% Esc. Al) - 1	2/07/2021	16/07/2021	14	32980	2763	11.9	121.7
08	PD10 (6.0% Esc. Al) - 2	2/07/2021	16/07/2021	14	32980	2702	12.2	124.5
09	PD10 (6.0% Esc. Al) - 3	2/07/2021	16/07/2021	14	32790	2711	12.1	123.3
10	PD10 (9.0% Esc. Al) - 1	2/07/2021	16/07/2021	14	32520	2686	12.1	123.4
11	PD10 (9.0% Esc. Al) - 2	2/07/2021	16/07/2021	14	31070	2767	11.2	114.5
12	PD10 (9.0% Esc. Al) - 3	2/07/2021	16/07/2021	14	31650	2698	11.7	119.6

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 1.5
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
R/a/c : 0.596

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 13 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

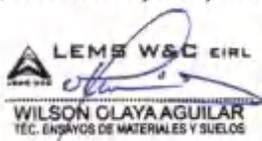
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD9+15%agua (0.0% Esc. Al) - 1	29/06/2021	13/07/2021	14	38460	2372	16.2	165.3
02	PD9+15%agua (0.0% Esc. Al) - 2	29/06/2021	13/07/2021	14	36300	2466	14.7	150.1
03	PD9+15%agua (0.0% Esc. Al) - 3	29/06/2021	13/07/2021	14	37840	2432	15.6	158.7
04	PD9+15%agua (3.0% Esc. Al) - 1	29/06/2021	13/07/2021	14	23380	2572	9.1	92.7
05	PD9+15%agua (3.0% Esc. Al) - 2	29/06/2021	13/07/2021	14	20940	2622	8.0	81.4
06	PD9+15%agua (3.0% Esc. Al) - 3	29/06/2021	13/07/2021	14	21260	2599	8.2	83.4
07	PD9+15%agua (6.0% Esc. Al) - 1	29/06/2021	13/07/2021	14	22310	2657	8.4	85.6
08	PD9+15%agua (6.0% Esc. Al) - 2	29/06/2021	13/07/2021	14	21910	2748	8.0	81.3
09	PD9+15%agua (6.0% Esc. Al) - 3	29/06/2021	13/07/2021	14	21500	2626	8.2	83.5
10	PD9+15%agua (9.0% Esc. Al) - 1	29/06/2021	13/07/2021	14	20990	2616	8.0	81.8
11	PD9+15%agua (9.0% Esc. Al) - 2	29/06/2021	13/07/2021	14	21160	2602	8.1	82.9
12	PD9+15%agua (9.0% Esc. Al) - 3	29/06/2021	13/07/2021	14	20220	2598	7.8	79.4

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 0.814
- Contiene un 15% ADICIONAL de cantidad de agua respecto al diseño PD9

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 13 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD9+20%agua (0.0% Esc. Al) - 1	29/06/2021	13/07/2021	14	36040	2579	14.0	142.5
02	PD9+20%agua (0.0% Esc. Al) - 2	29/06/2021	13/07/2021	14	33950	2469	13.7	140.2
03	PD9+20%agua (0.0% Esc. Al) - 3	29/06/2021	13/07/2021	14	34370	2542	13.5	137.9
04	PD9+20%agua (3.0% Esc. Al) - 1	29/06/2021	13/07/2021	14	20380	2568	7.9	80.9
05	PD9+20%agua (3.0% Esc. Al) - 2	29/06/2021	13/07/2021	14	19680	2551	7.7	78.7
06	PD9+20%agua (3.0% Esc. Al) - 3	29/06/2021	13/07/2021	14	20030	2593	7.7	78.8
07	PD9+20%agua (6.0% Esc. Al) - 1	29/06/2021	13/07/2021	14	18940	2752	6.9	70.2
08	PD9+20%agua (6.0% Esc. Al) - 2	29/06/2021	13/07/2021	14	20440	2597	7.9	80.2
09	PD9+20%agua (6.0% Esc. Al) - 3	29/06/2021	13/07/2021	14	19350	2627	7.4	75.1
10	PD9+20%agua (9.0% Esc. Al) - 1	29/06/2021	13/07/2021	14	19580	2695	7.3	74.1
11	PD9+20%agua (9.0% Esc. Al) - 2	29/06/2021	13/07/2021	14	19090	2676	7.1	72.7
12	PD9+20%agua (9.0% Esc. Al) - 3	29/06/2021	13/07/2021	14	18900	2630	7.2	73.3

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
- Cemento : Tipo I - PACASMAYO
- Arena : La Victoria - Pátapo
- Agua : Potable de la zona
- R/a/c : 0.850
- Contiene un 20% ADICIONAL de cantidad de agua respecto al diseño PD9

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 23 de julio del 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

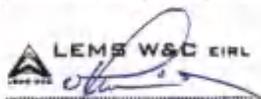
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	PD9+30%agua (0.0% Esc. Al) - 1	9/07/2021	23/07/2021	14	32390	2535	12.8	130.3
02	PD9+30%agua (0.0% Esc. Al) - 2	9/07/2021	23/07/2021	14	33170	2516	13.2	134.4
03	PD9+30%agua (0.0% Esc. Al) - 3	9/07/2021	23/07/2021	14	33200	2532	13.1	133.7
04	PD9+30%agua (6.0% Esc. Al) - 1	9/07/2021	23/07/2021	14	16160	2665	6.1	61.8
05	PD9+30%agua (6.0% Esc. Al) - 2	9/07/2021	23/07/2021	14	16540	2654	6.2	63.6
06	PD9+30%agua (6.0% Esc. Al) - 3	9/07/2021	23/07/2021	14	16510	2657	6.2	63.4
07	PD9+30%agua (9.0% Esc. Al) - 1	9/07/2021	23/07/2021	14	13660	2540	5.4	54.8
08	PD9+30%agua (9.0% Esc. Al) - 2	9/07/2021	23/07/2021	14	13560	2674	5.1	51.7
09	PD9+30%agua (9.0% Esc. Al) - 3	9/07/2021	23/07/2021	14	14120	2638	5.4	54.6
10	PD9+30%agua (12.0% Esc. Al) - 1	9/07/2021	23/07/2021	14	10760	2726	3.9	40.3
11	PD9+30%agua (12.0% Esc. Al) - 2	9/07/2021	23/07/2021	14	10880	2669	4.1	41.6
12	PD9+30%agua (12.0% Esc. Al) - 3	9/07/2021	23/07/2021	14	10060	2666	3.8	38.5

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
- Cemento : Tipo I - PACASMAYO
- Arena : La Victoria - Pátapo
- Agua : Potable de la zona
- R/a/c : 0.920
- Contiene un 30% ADICIONAL de cantidad de agua respecto al diseño PD9

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 14. Informes de laboratorio, determinación de la temperatura, consistencia de flujo, peso unitario y contenido de humedad del concreto ligero en estado fresco.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Pimentel – Lambayeque
R.U.C. 20548885974

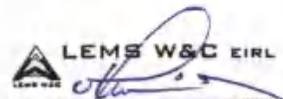
Email: servicios@lemswycseirl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 04 de agosto del 2021.
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).
 Referencia : N.T.P. 339.184:2002

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño C: Cal :A 1: 1/2 :2	Fecha de vaciado (Días)	Temperatura - Grados centigrados (C°)			
				Temperatura ambiente(C°)	Temperatura Max(C°)	Temperatura Min (C°)	Temperatura Obtenido(C°)
01	Muestra 1 - Concreto Ligero Patrón	PD9 +20%agua	4/08/2021	23.50	32.00	---	25.70
02	Muestra 2 - Concreto Ligero 3% Polvo de Esc. Aluminio	PD9 +20%agua	5/08/2021	23.80	32.00	---	26.00
03	Muestra 3 - Concreto Ligero 6% Polvo de Esc. Aluminio	PD9 +20%agua	7/08/2021	24.00	32.00	---	26.20
04	Muestra 4 - Concreto Ligero 9% Polvo de Esc. Aluminio	PD9 +20%agua	9/08/2021	23.80	32.00	---	26.20

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.


WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



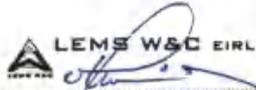
Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 04 de agosto del 2021.
 Ensayo : Método de Ensayo Estándar para Consistencia de Flujo en Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)
 Referencia : ASTM D6103

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de Ensayo (Días)	Proporción (Cem: Cal: Are)	Relación a / c	Diámetro de dispersión promedio (cm)
01	Concreto Ligero Patrón	4/08/2021	1: 1/2: 2	0.85	26.05
02	Concreto Ligero 3% Polvo de Esc. Aluminio	5/08/2021	1: 1/2: 2	0.85	24.40
03	Concreto Ligero 6% Polvo de Esc. Aluminio	7/08/2021	1: 1/2: 2	0.85	23.15
04	Concreto Ligero 9% Polvo de Esc. Aluminio	9/08/2021	1: 1/2: 2	0.85	22.20

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO, WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 04 de agosto del 2021.
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).
 Referencia : N.T.P. 339.046:2008

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Fecha de Ensayo (Días)	Densidad (D) (Peso Unitario) Kg/m ³	Densidad Teórica (T) Kg/cm ³	Contenido de Vacíos (U) %
01	Patrón	4/08/2021	1782	2004	11.1
02	Incorp. 3% de polvo de esc. de Aluminio	5/08/2021	1759	2008	12.4
03	Incorp. 6% de polvo de esc. de Aluminio	7/08/2021	1736	2012	13.7
04	Incorp. 9% de polvo de esc. de Aluminio	9/08/2021	1676	2015	16.8

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 15. Informes de laboratorio, determinación de la propiedades físicas de los bloques de concreto ligero.



LEMS W&C EIRL

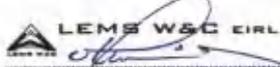
Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.eirl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Martes, 31 de agosto del 2021.
Código : 399.604 : 2002
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
Ensayo : **Medición de dimensiones**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	MEDIDAS DEL TAMAÑO		
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
01	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	291.6	141.5	186.1
02	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	291.6	140.9	186.0
03	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	292.6	142.6	187.0
04	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	293.3	142.9	188.7
05	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	291.2	141.7	185.4
06	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	292.7	143.7	186.0
07	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	288.7	142.2	190.3
08	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	292.6	143.0	189.2
09	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	291.5	142.9	189.0
10	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.6	145.7	189.4

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 **Miguel Angel Ruiz Perales**
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 31 de agosto del 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : **Medición de dimensiones**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	MEDIDAS DEL TAMAÑO		
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
01	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	287.8	143.7	192.9
02	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	290.3	142.7	192.4
03	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	290.9	145.7	192.4
04	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	291.0	143.1	191.2
05	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	290.4	143.2	192.8
06	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	288.5	143.1	194.4
07	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	287.5	143.4	193.4
08	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	287.6	142.2	194.1
09	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	288.0	144.6	193.2
10	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	288.8	143.4	193.0

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 31 de agosto del 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : **Medición de dimensiones**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	MEDIDAS DEL TAMAÑO		
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
01	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	290.2	146.2	193.3
02	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	294.0	143.8	194.9
03	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	292.4	146.5	193.4
04	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.6	144.4	196.2
05	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	291.6	144.0	194.3
06	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	290.0	143.4	193.0
07	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.7	143.4	193.4
08	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	287.6	142.2	194.1
09	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	291.9	143.7	194.0
10	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	288.2	142.7	196.2

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

290.5



WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



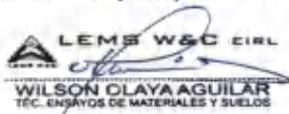
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 31 de agosto del 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : **Medición de dimensiones**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	MEDIDAS DEL TAMAÑO		
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
01	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.7	143.9	193.4
02	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.7	144.0	191.0
03	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	287.9	144.0	192.6
04	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.8	144.2	191.3
05	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	288.1	144.0	194.3
06	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.5	143.1	194.7
07	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.3	143.3	194.4
08	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.7	143.5	192.1
09	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	287.6	142.9	196.7
10	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	289.7	142.9	194.9

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

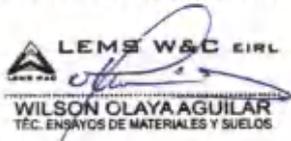
Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 31 de agosto del 2021.
 Código : 399.613 : 2005
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería.
 Ensayo : Alabeo

Muestra N°	Descripción de la muestra.	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
		CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
01	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.70	4.20	1.80	0.00
02	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.80	2.00	1.50	0.00
03	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	2.65	1.60	0.00
04	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	1.65	1.00	0.00
05	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.00	2.70	1.40	0.00
06	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.20	3.15	0.00	0.75
07	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.40	1.65	1.20	0.00
08	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.50	1.95	1.50	0.00
09	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.50	2.43	1.00	0.00
10	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.20	2.10	1.40	0.00

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo diez especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 31 de agosto del 2021.
 Código : 399.613 : 2005
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería.
 Ensayo : **Alabeo**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
		CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
01	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.60	1.45	1.20	0.00
02	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	2.18	1.60	0.00
03	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	2.78	1.00	0.00
04	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.40	2.20	1.10	0.00
05	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	2.05	1.20	0.00
06	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	3.10	1.60	0.00
07	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.20	4.40	1.40	0.00
08	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.70	3.70	1.20	0.00
09	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	2.83	0.00	1.00
10	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	3.13	1.00	0.00

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo diez especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

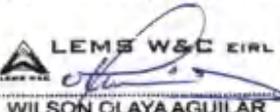
Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 31 de agosto del 2021.
 Código : 399.613 : 2005
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería.
 Ensayo : **Alabeo**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
		CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
01	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.50	2.95	1.40	0.00
02	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	4.45	1.20	0.00
03	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.80	3.28	1.80	0.00
04	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	0.00	4.30	0.50	0.00
05	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	0.00	4.45	1.20	0.25
06	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	0.00	4.55	1.60	0.00
07	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.00	4.33	1.20	0.00
08	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	0.00	4.43	1.60	0.00
09	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.80	3.03	1.20	0.00
10	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	3.78	1.20	0.50

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo diez especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

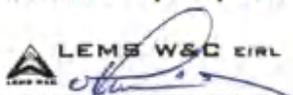
Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 31 de agosto del 2021.
 Código : 399.613 : 2005
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería.
 Ensayo : **Alabeo**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
		CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
01	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	0.00	5.33	1.00	0.00
02	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.00	3.38	1.80	0.00
03	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	2.95	1.40	0.00
04	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	3.00	1.00	0.00
05	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.00	3.60	1.40	0.50
06	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.50	3.40	1.80	0.00
07	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	3.05	1.40	0.00
08	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	0.00	3.93	1.80	0.50
09	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	1.50	3.25	1.50	0.00
10	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO	2.00	2.88	1.60	0.00

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo diez especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



LEMS W&C EIRL

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
Código : 399.604 : 2002
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
Ensayo : **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	ABSORCIÓN (%)
01	B-01, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	13.37
02	B-02, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	14.15
03	B-03, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	13.76

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.

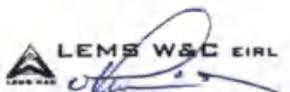
Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo : **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	ABSORCIÓN (%)
01	B-01, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	18.09
02	B-02, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	18.34
03	B-03, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	17.83

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.

Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo : **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	ABSORCIÓN (%)
01	B-01, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	19.03
02	B-02, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	19.08
03	B-03, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	19.28

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.

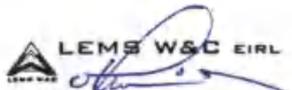
Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	ABSORCIÓN (%)
01	B-01, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	18.62
02	B-02, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	18.55
03	B-03, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	18.43

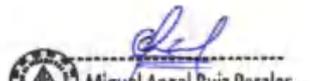
NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.

Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo **Densidad**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	DENSIDAD (kg/m ³)
01	B-01, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1838.95
02	B-02, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1813.74
03	B-03, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1819.49

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.

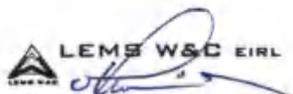
Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo : **Densidad**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	DENSIDAD (kg/m ³)
01	B-01, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1434.32
02	B-02, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1448.49
03	B-03, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1454.42

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.

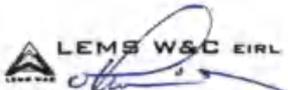
Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo : **Densidad**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	DENSIDAD (kg/m ³)
01	B-01, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1399.05
02	B-02, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1409.56
03	B-03, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1405.17

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 **Miguel Angel Ruiz Perales**
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo : **Densidad**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	DENSIDAD (kg/m ³)
01	B-01, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1319.03
02	B-02, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1321.16
03	B-03, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	1329.99

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

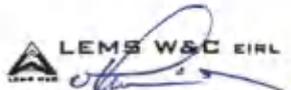
Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo : **Área neta media**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	ÁREA NETA MEDIA (mm ²)
01	B-01, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	31163.09
02	B-02, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	31807.77
03	B-03, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	31552.03
PROMEDIO		31507.63

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

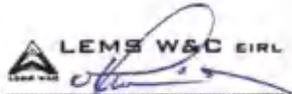
Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo : **Área neta media**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	ÁREA NETA MEDIA (mm ²)
01	B-01, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	30258.59
02	B-02, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	31289.84
03	B-03, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	30414.05
PROMEDIO		30654.16

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.
 Ensayo : **Área neta media**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	ÁREA NETA MEDIA (mm ²)
01	B-01, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	33654.2
02	B-02, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	34122.6
03	B-03, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	33082.8
PROMEDIO		33619.88

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

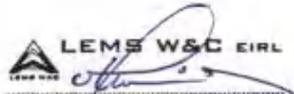
Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE
Proyecto / Obra : CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -
2020".
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
Código : 399.604 : 2002
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en
albañilería de concreto.
Ensayo : **Área neta media**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	ÁREA NETA MEDIA (mm ²)
01	B-01, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	31679.8
02	B-02, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	30987.4
03	B-03, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	31896.9
PROMEDIO		31521.38

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

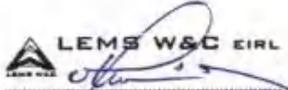
Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
 Código : 399.613 : 2005
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
 Ensayo **Succión**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	SUCCIÓN (gr/200cm ² /min)
01	B-01, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	19.25
02	B-02, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	19.49
03	B-03, BLOQUE - 0% POLVO DE ESC. ALUMINIO	19.65

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.
- Para el ensayo de succión se hizo uso del área neta de los bloques, calculada según la NTP 399.604.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
 Código : 399.613 : 2005
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
 Ensayo : **Succión**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	SUCCIÓN (gr/200cm ² /min)
01	B-01, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	27.10
02	B-02, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	26.85
03	B-03, BLOQUE - 3% POLVO DE ESC. ALUMINIO	26.96

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.
- Para el ensayo de succión se hizo uso del área neta de los bloques, calculada según la NTP 399.604.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
 Código : 399.613 : 2005
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
 Ensayo : **Succión**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	SUCCIÓN (gr/200cm ² /min)
01	B-01, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	29.71
02	B-02, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	29.89
03	B-03, BLOQUE - 6% POLVO DE ESC. ALUMINIO	29.62

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.
- Para el ensayo de succión se hizo uso del área neta de los bloques, calculada según la NTP 399.604.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAUL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Sabado, 04 de setiembre del 2021.
 Código : 399.613 : 2005
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
 Ensayo : **Succión**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	SUCCIÓN (gr/200cm ² /min)
01	B-01, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	32.20
02	B-02, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	32.92
03	B-03, BLOQUE - 9% POLVO DE ESC. ALUMINIO	32.60

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.
- Para el ensayo de succión se hizo uso del área neta de los bloques, calculada según la NTP 399.604.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 16. Informes de laboratorio, determinación de la propiedades mecánicas de los bloques de concreto ligero.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswycir.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 18 y 19 de agosto, y 01 de setiembre de 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (cm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	139930	315.08	4.44	45.29
02	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	140820	315.08	4.47	45.58
03	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	145600	315.08	4.62	47.12
04	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	4/08/2021	18/08/2021	14	224060	315.08	7.11	72.52
05	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	4/08/2021	18/08/2021	14	198870	315.08	6.31	64.36
06	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	4/08/2021	18/08/2021	14	205560	315.08	6.52	66.53
07	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	4/08/2021	1/09/2021	28	303310	315.08	9.63	98.16
08	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	4/08/2021	1/09/2021	28	288800	315.08	9.17	93.47
09	BLOQUE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	4/08/2021	1/09/2021	28	294470	315.08	9.35	95.30

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
- Cemento : Tipo I - PACASMAYO
- Arena : La Victoria - Pátapo
- Agua : Potable de la zona
- Ra/c : 0.650

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 19 y 26 de agosto, y 02 de setiembre de 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : **Resistencia a la Compresión**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (cm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	78890	306.54	2.57	26.24
02	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	68700	306.54	2.24	22.85
03	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	72960	306.54	2.38	24.27
04	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	26/08/2021	14	84170	306.54	2.75	28.00
05	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	26/08/2021	14	85630	306.54	2.79	28.49
06	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	26/08/2021	14	87070	306.54	2.84	28.96
07	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	5/08/2021	2/09/2021	28	135490	306.54	4.42	45.07
08	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	5/08/2021	2/09/2021	28	138840	306.54	4.53	46.19
09	BLOQUE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	5/08/2021	2/09/2021	28	142690	306.54	4.65	47.47

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Agua : Potable de la zona
 R/a/c : 0.850

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tests "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 19 y 26 de agosto, y 04 de setiembre de 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : Resistencia a la Compresión

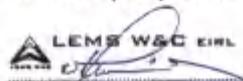
Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (cm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	77750	336.20	2.31	23.58
02	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	80410	336.20	2.39	24.39
03	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	80000	336.20	2.38	24.26
04	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	26/08/2021	14	83210	336.20	2.48	25.24
05	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	26/08/2021	14	85690	336.20	2.55	25.99
06	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	26/08/2021	14	87750	336.20	2.61	26.62
07	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	7/08/2021	4/09/2021	28	136210	336.20	4.05	41.31
08	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	7/08/2021	4/09/2021	28	153570	336.20	4.57	46.58
09	BLOQUE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	7/08/2021	4/09/2021	28	144000	336.20	4.28	43.68

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Agua : Potable de la zona
 R/a/c : 0.850

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
 TEC. INGENIERO DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 19 y 26 de agosto, y 06 de setiembre de 2021.
 Código : 399.604 : 2002
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Ensayo : **Resistencia a la Compresión**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Dias	CARGA (N)	ÁREA (cm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	70110	315.21	2.22	22.68
02	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	78290	315.21	2.48	25.33
03	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	19/08/2021	7	70180	315.21	2.23	22.70
04	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	26/08/2021	14	72630	315.21	2.30	23.50
05	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	26/08/2021	14	77510	315.21	2.46	25.07
06	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	12/08/2021	26/08/2021	14	80000	315.21	2.54	25.88
07	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	9/08/2021	6/09/2021	28	130000	315.21	4.12	42.06
08	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	9/08/2021	6/09/2021	28	118340	315.21	3.75	38.28
09	BLOQUE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	9/08/2021	6/09/2021	28	121880	315.21	3.87	39.43

NOTA :

- Dosificación: 1 : 1/2 : 2
 Cemento : Tipo I - PACASMAYO
 Arena : La Victoria - Pátapo
 Agua : Potable de la zona
 Ra/c : 0.850

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante:



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



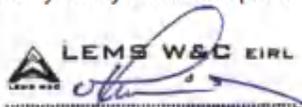

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 12 de octubre del 2021.
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.605

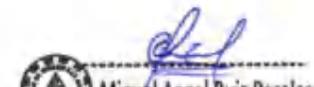
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	PRISMA 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	293	142	384	41688	2.70	415820	9.97	1.052	10.49	106.99
02	PRISMA 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	291	141	385	41158	2.72	389620	9.47	1.053	9.97	101.67
03	PRISMA 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	292	142	385	41388	2.72	401230	9.69	1.053	10.21	104.09

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



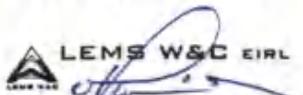
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 12 de octubre del 2021.
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	PRISMA 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	291	145	395	42293	2.72	175740	4.16	1.053	4.38	44.62
02	PRISMA 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	289	143	395	41294	2.77	168020	4.07	1.056	4.30	43.81
03	PRISMA 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	290	142	396	41375	2.78	170360	4.12	1.057	4.35	44.38

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 12 de octubre del 2021
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaclado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	PRISMA 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	289	144	404	41558	2.81	150480	3.62	1.059	3.83	39.09
02	PRISMA 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	289	146	397	42049	2.73	155110	3.69	1.054	3.89	39.64
03	PRISMA 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	291	142	398	41428	2.79	156950	3.79	1.058	4.01	40.86

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



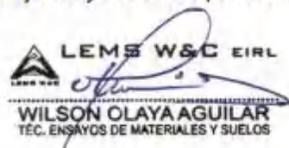
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Martes, 12 de octubre del 2021
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	PRISMA 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	287	143	397	41048	2.77	128750	3.14	1.056	3.31	33.79
02	PRISMA 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	289	144	397	41418	2.76	129110	3.12	1.056	3.29	33.56
03	PRISMA 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	14/09/2021	12/10/2021	28	289	143	397	41183	2.79	134160	3.26	1.057	3.44	35.12

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Viernes, 08 de octubre del 2021.
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	MURETE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	606	592	141	84656	156960	1.31	13.37
02	MURETE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	597	596	143	85308	161865	1.34	13.68
03	MURETE 0% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	602	598	142	85272	159413	1.32	13.48

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



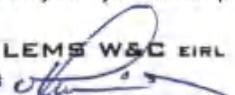
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Viernes, 08 de octubre del 2021.
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	MURETE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	599	606	144	86854	117720	0.96	9.77
02	MURETE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	599	603	143	85877	120663	0.99	10.13
03	MURETE 3% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	602	603	143	86073	119682	0.98	10.02

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Viernes, 08 de octubre del 2021.
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	MURETE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	601	604	145	87528	108891	0.88	8.97
02	MURETE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	603	605	144	86671	112815	0.92	9.38
03	MURETE 6% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	601	604	145	87504	109872	0.89	9.05

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE -2020"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Viernes, 08 de octubre del 2021.
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	MURETE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	601	610	145	87770	98100	0.79	8.06
02	MURETE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	603	607	144	87195	100062	0.81	8.27
03	MURETE 9% DE POLVO DE ESC. ALUMINIO	10/09/2021	8/10/2021	28	600	609	143	86207	100553	0.82	8.41

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 17. Informes de laboratorio, resistencia a la compresión de los cubos de mortero.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : GARCÍA CHUMACERO WILLIAMS RAÚL
Obra / Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO INCORPORANDO POLVO DE ESCORIA DE ALUMINIO, LAMBAYEQUE - 2020"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Sábado, 11 de setiembre de 2021

ENSAYO :

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

REFERENCIA : NTP 334.051: 2013

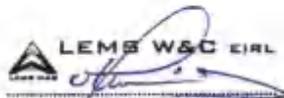
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm ²
01	CUBO DE MORTERO - 1	14/08/2021	11/09/2021	28	46800	2488	18.8	191.9
02	CUBO DE MORTERO - 2	14/08/2021	11/09/2021	28	44560	2493	17.9	182.3
03	CUBO DE MORTERO - 3	14/08/2021	11/09/2021	28	43950	2498	17.6	179.4
04	CUBO DE MORTERO - 4	14/08/2021	11/09/2021	28	45200	2507	18.0	183.8
05	CUBO DE MORTERO - 5	14/08/2021	11/09/2021	28	42900	2494	17.2	175.4
06	CUBO DE MORTERO - 6	14/08/2021	11/09/2021	28	44160	2489	17.7	180.9

NOTA :

- Dosificación: 1 : 4
Cemento : Tipo I - PACASMAYO
Arena : La Victoria - Pátapo
Agua : Potable de la zona
Ra/c : 1.015

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

ANEXO 18. Ficha Técnica de los requisitos las propiedades para el Cemento Pacasmayo Portland Tipo I.



Cemento Portland tipo I Requisitos Normalizados

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

Resultado promedio de nuestros productos.

Propiedades Químicas

QUÍMICOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
MgO (%)	6.0 máx.	2.2
SO ₃ (%)	3.0 máx.	2.7
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.7

Propiedades Físicas

REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	12 máx.	6
Superficie específica (cm ² /g)	2600 mín.	3610
Expansión en autodesecado (%)	0.80 máx.	0.12
Densidad (g/ml)	A	3.12
Resistencia a la compresión mín. (MPa)		
1 día	A	15.8
3 días	12.0	30.3
7 días	19.0	37.0
28 días ⁽¹⁾	26.0	42.1
Tiempo de fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	110
Final, no mayor que:	375	238

A No específica.
(1) Requisito opcional.

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha y hora de envasado garantiza máxima frescura.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2016.

ANEXO 19. Panel Fotográfico.

1. Visita a las canteras de agregado fino de la región Lambayeque.

- Cantera Pacherras – “Pacherres”



- Cantera Pátapo – “La Victoria”



- Cantera Tres Tomas – “Bomboncito”



- Cantera Castro I – “San Nicolas”



2. Ensayos al agregado fino.

- Análisis granulométrico de la arena gruesa (cuarteo y zarandeo).



- Peso Unitario Suelto y compactado.



- Contenido de humedad: Lectura del peso húmedo y colocación de la muestra al horno.



- Peso Específico y absorción: Muestra y equipo usado, obtención la condición superficialmente seca y colocación del material en la fiola.





- Porcentaje de materiales finos que pasan la malla No. 200: Muestras secas, lavado en agua las muestras de arena gruesa.





3. Ensayos a la cal hidratada.

- Peso Unitario Suelto de la cal: Llenado del recipiente pasando la cal través del tamiz No. 20 y recipiente lleno antes de enrasar.



- Peso Unitario Compactado de la cal: Golpeo de la probeta para la compactación y frasco con la cal hidratada compactada.



- Gravedad específica: Frasco volumétrico de Le Chatelier, colocación de la cal dentro del matraz, controlando la temperatura.



4. Ensayos al polvo de escoria de aluminio.

- Granulometría del polvo de escoria de aluminio: Peso inicial de la muestra, colocación de la muestra y materiales retenidos por cada tamiz.



- Peso unitario suelto del polvo de escoria de aluminio: Llenado del recipiente cilíndrico y recipiente lleno y enrasado del polvo de escoria de aluminio.



- Peso unitario compactado del polvo de escoria de aluminio: Varillado del material, ultima capa compactada del material ensayado.



- Peso específico del polvo de escoria de aluminio: Peso de la muestra y Frasco volumétrico de Le Chatelier con la muestra introducida.

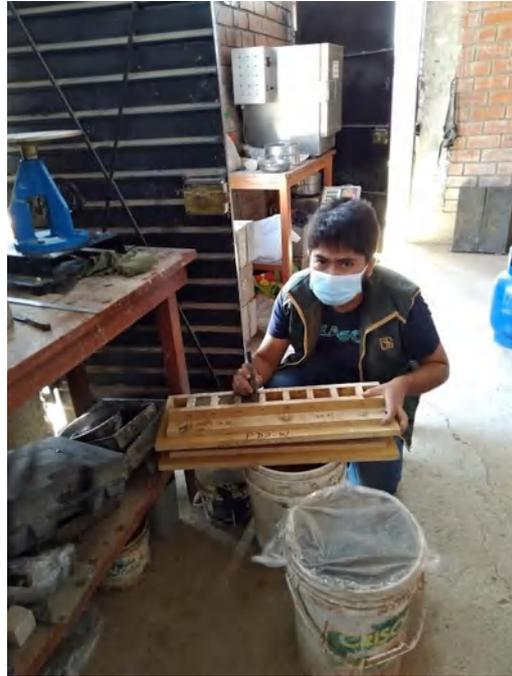


5. Ensayo de fluidez para las mezclas de concreto ligero (diseños previos): Preparación de la muestra, muestra en la mesa de flujo y medida del diámetro de expansión.





6. Preparación de los cubos de mortero (diseños previos): Preparación de la mezcla, vaciado en los moldes, desencofrado y curado de los cubos.



7. Apreciación visual de la expansión de la mezcla de concreto: Cubos de mortero sin incorporación de polvo de esc. de aluminio y con incorporación.

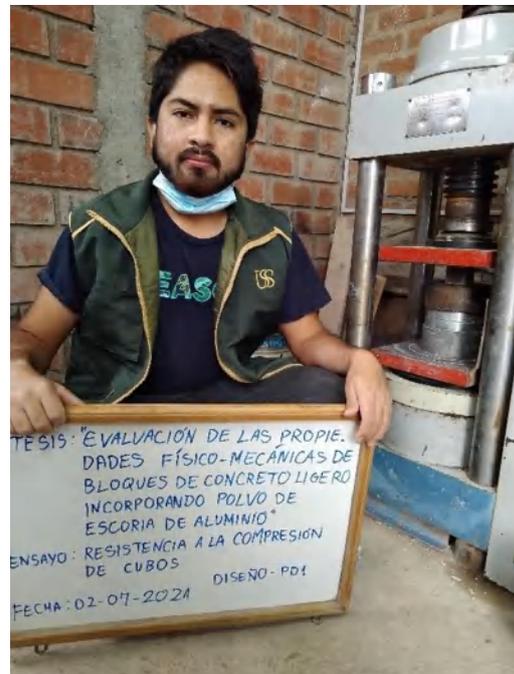


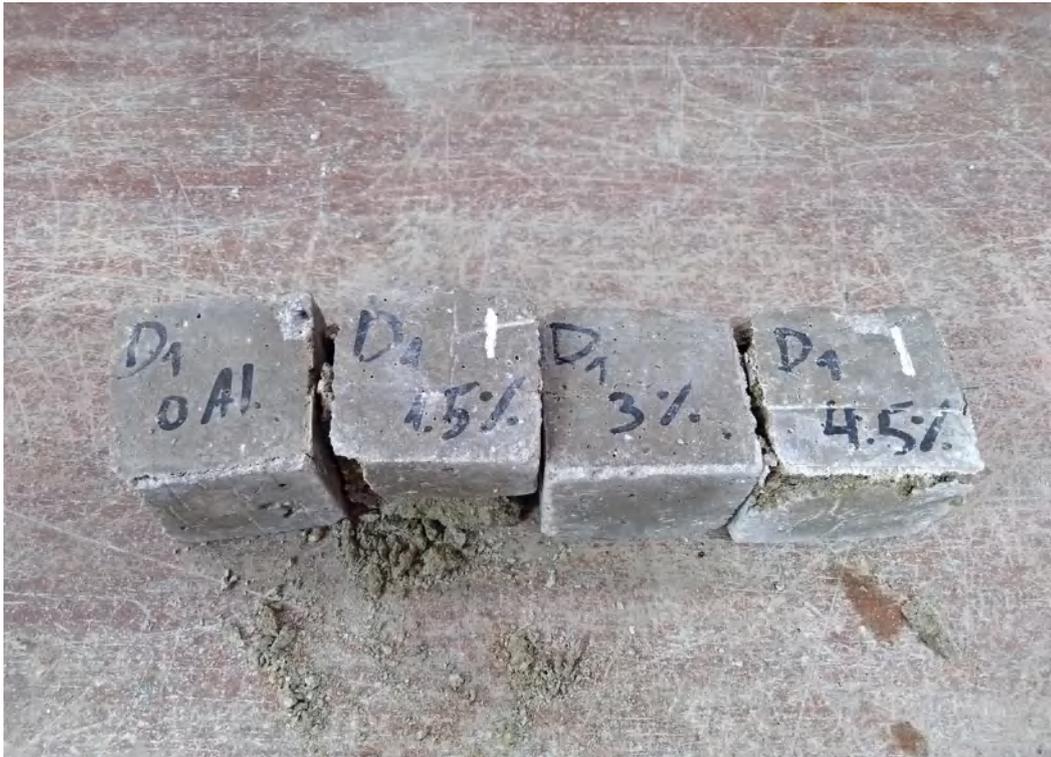
8. Ensayo de densidad de los cubos de mortero: Toma de peso sumergido, cubos saturados superficialmente seco y secado de los especímenes al horno.





9. Ensayo de resistencia a la compresión: Rotura de los cubos de mortero y especímenes después de ser ensayados.





10. Elaboración de los bloques de concreto ligero:

- Preparación de la mezcla fresca de concreto y vaciado en los moldes metálicos.



- Desencofrado de los bloques de concreto ligero.



- Expansión de la mezcla de concreto ligero debido a la reacción del polvo de los componentes con el polvo de escoria de aluminio.

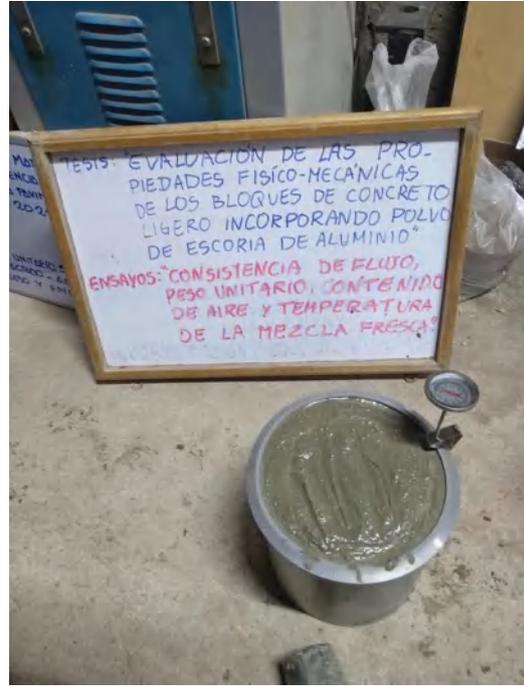


- Expansión de la mezcla de concreto ligero debido a la reacción del polvo de los componentes con el polvo de escoria de aluminio.



11. Ensayos al concreto ligero en estado fresco.

- Control de temperatura



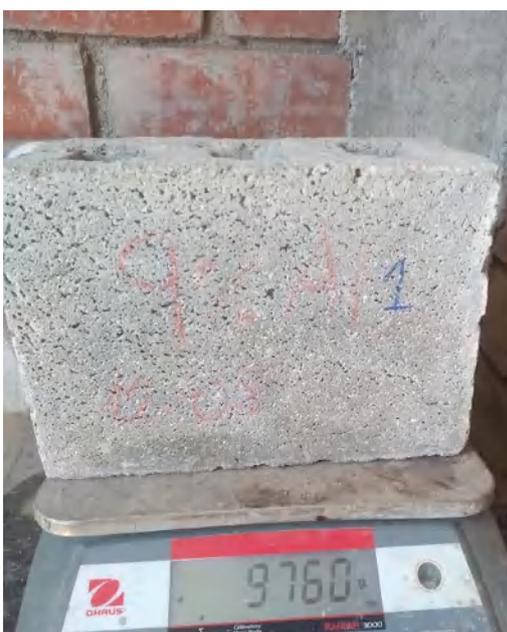
- Peso Unitario y contenido de vacíos o aire: Llenado del recipiente, lectura de peso del recipiente más masa de concreto ligero.



- Consistencia de flujo: Llenado, enrasado e izado del molde cilíndrico, lectura de los diámetros de esparcimiento.



12. Apariencia de los bloques de concreto ligero: Incorporación de 0, 3, 6 y 9% de polvo de escoria de aluminio.

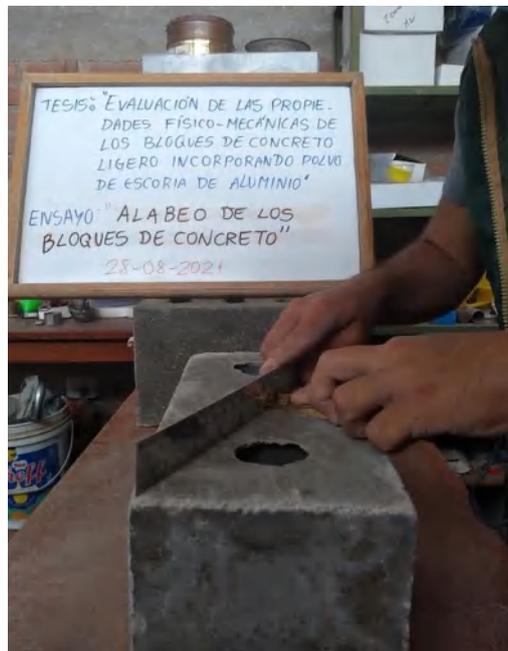


13. Ensayos físicos de los bloques de concreto ligero.

- Variación dimensional: Lectura de las dimensiones modulares del bloque.



- Ensayo de alabeo.



- Procedimiento de ensayo para determinar la densidad y absorción de los bloques: Peso saturado superficialmente seco, sumergido y seco al horno.



- Procedimiento de ensayo de succión: Secado de los bloques en horno, saturación de la superficie.



14. Ensayos mecánicos de los bloques de concreto ligero.

- Resistencia a la compresión “ f_b ”: Refrenado de los bloques, rotura en la máquina de compresión y bloques rotos durante el ensayo.





- Resistencia a la compresión de prismas de albañilería “f’m”: Elaboración de los prismas, rotura en la máquina de compresión de los prismas.





- Compresión diagonal de muretes de albañilería "V'm": Elaboración de los muretes, rotura de los muretes en la prensa hidráulica.





ANEXO 20. Presupuesto general de la Investigación

Costos de materiales, flete y logística para la investigación.

Descripción de materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Cemento	bolsa	16.00	24.50	392.00
Arena	m ³	1.00	36.00	36.00
Cal	bolsa	4.00	15.50	62.00
Agua	m ³	1.00	5.00	5.00
Escoria de aluminio	kg	30.00	2.00	60.00
Molienda de la escoria de aluminio (en máquina de abrasión)	Glb.	----	400.00	400.00
Moldes metálicos para los bloques	Unidad	3	350.00	1050.00
Flete	Glb.	----	200.00	200.00
Logística	Glb.	----	300.00	300.00
Sub Total				2505.00

Costos del servicio de ensayos de laboratorio requeridos en la investigación.

Lista de ensayos realizados	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Análisis granulométrico por tamizado	5.00	10.00	50.00
Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado	5.00	20.00	100.00
Contenido de humedad del agregado por secado al horno.	5.00	10.00	50.00
Peso específico y absorción del agregado	4.00	10.00	40.00
Porcentaje de materiales más finos que pasan por el tamiz N°200.	3.00	15.00	45.00
Peso Unitario Suelto y Compactado de la cal	1.00	20.00	20.00
Gravedad específica de la cal	1.00	15.00	15.00
Gravedad específica del polvo de escoria de aluminio	1.00	15.00	15.00
Determinación de fluidez del mortero.	50.00	5.00	250.00
Temperatura del concreto en estado fresco.	4.00	7.50	30.00
Consistencia de flujo de la mezcla de concreto	4.00	10.00	40.00
Peso unitario y contenido de aire del concreto fresco	4.00	15.00	60.00
Resistencia a la compresión de cubos de mortero.	249.00	4.00	996.00
Determinación de la densidad de cubos de mortero	243.00	3.00	729.00

Variación dimensional de los bloques de concreto ligero	40.00	5.00	200.00
Determinación del alabeo de los bloques de concreto ligero	40.00	5.00	200.00
Determinación de la densidad y absorción de los bloques de concreto ligero	12.00	6.00	72.00
Determinación de la succión de los bloques de concreto ligero	12.00	6.00	72.00
Resistencia a la compresión de los bloques de concreto ligero.	36.00	10.00	360.00
Resistencia a la compresión de prismas de albañilería	12.00	20.00	240.00
Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería	12.00	45.00	540.00
Sub Total			4124.00

Total			6629.00
--------------	--	--	----------------

El presupuesto general de la investigación asciende a un monto de **S/. 6629.00**

SEIS MIL SEISCIENTOS VEINTE Y NUEVE SOLES

Financiamiento

El financiamiento total de la investigación fue asumido por el tesista Williams Raúl García Chumacero.