

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A
BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS,
HUALGAYOC**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por: FERNANDO DÍAZ RUIZ

Asesor: JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO

Chota – Perú

2021



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: FERNANDO DÍAZ RUIZ

Código del alumno: 2015051014 Teléfono: 921769070

Correo electrónico: 2015051014@unach.edu.pe DNI: 47997228

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC

5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: SILVA TARRILLO, JOSÉ LUIS

Teléfono: 979 006832

Correo electrónico: jsilvat@unach.edu.pe

D.N.I.: 46412746

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de, Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por el presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA:

DNI.47997228

**Evaluación del ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y
sedimentos de relaves mineros, Hualgayoc**

POR:

Fernando Díaz Ruiz

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título**

de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Mg. Ing. Cristhian Saúl López Villanueva

PRESIDENTE



Mg. Ing. Jane Elizabeth Alvares Llanos

SECRETARIO



Mcs. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin

VOCAL

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primeramente a dios por darme la vida y guiarme por el camino del éxito, a mis queridos padres por el arduo sacrificio que han realizado y realizan día a día, por su apoyo incondicional para que ahora sea un profesional, y por sus buenos consejos para ser una buena persona.

Al ingeniero José Luis Silva Tarrillo, asesor de la presente investigación, quien me ha acompañado y orientado durante la ejecución de este logro, gracias por todo su apoyo.

A nuestra alma mater “UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA”, la cual nos ha acogido en sus aulas durante los 5 años de nuestra formación profesional; y así estar preparados para el gran cambio como jóvenes profesionales, asumiendo la carrera académica con responsabilidad para construir un mejor futuro en nuestra provincia y todo el país.

DEDICATORIA

La presente tesis lo dedico con mucho cariño a mis queridos padres por brindarme su apoyo incondicional tanto económico y moral, para que de esa manera pueda realizar mis estudios profesionales también a todos los docentes de la “UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA” quienes nos brindaron sus conocimientos a diario, para de esa manera ponerlos en práctica en las diferentes actividades que desempeñemos como futuros profesionales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación del problema	20
1.3. Justificación e importancia	20
1.4. Delimitación de la investigación	22
1.5. Limitaciones	23
1.6. Objetivos	23
1.6.1. Objetivo general	23
1.6.2. Objetivos específicos	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes de la investigación	25
2.1.1. Antecedentes internacionales	25
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	28
2.1.3. Antecedentes regionales	31
2.2. Marco teórico	33
2.2.1. Arcilla	33
2.2.2. Propiedades físicas de los suelos	36
2.2.3. Relaves mineros.....	40
2.2.4. Sedimentos de relaves mineros.....	42
2.2.5. Propiedades físico-químicas de agregados	43
2.2.6. Albañilería	46
2.2.7. Unidad de albañilería o ladrillo	47
2.2.8. Ladrillo artesanal	49
2.2.9. Propiedades físico-mecánicas del ladrillo	51

2.2.10.	Requisitos generales para unidades de albañilería (Norma E.070 “Albañilería”)	53
2.2.11.	Ladrillos de sedimentos de relaves mineros	56
2.3.	Definición de términos	57
CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....		58
3.1.	Hipótesis	58
3.2.	VARIABLES.....	58
3.2.1.	Variable independiente	58
3.2.2.	Variable dependiente	58
3.3.	Operacionalización de variables	59
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO		60
4.1.	Ubicación geográfica del estudio	60
4.2.	Unidad de análisis, población y muestra	63
4.2.1.	Población	63
4.2.2.	Muestra	65
4.2.3.	Unidad de análisis.....	67
4.3.	Tipo y descripción del diseño de investigación	68
4.3.1.	Tipo de investigación	68
4.3.2.	Diseño de investigación.....	69
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	71
4.4.1.	Técnicas	71
4.4.2.	Instrumentos	71
4.5.	Técnicas para el procesamiento y análisis de información	73
4.5.1.	Recolección de información	73
4.5.2.	Procesamiento de información	78
4.5.3.	Análisis de información.....	78
4.6.	Matriz de consistencia metodológica	78
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		79
5.1.	Presentación de resultados.....	79

5.1.1.	Propiedades físico-químicas de las materias primas	79
5.1.2.	Caracterización del ladrillo.....	86
5.1.3.	Dosificación óptima.....	107
5.1.4.	Albañilería en pilas y muretes	113
5.2.	Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	116
5.2.1.	Propiedades físico-químicas de las materias primas	116
5.2.2.	Caracterización del ladrillo.....	119
5.2.3.	Dosificación óptima.....	126
5.2.4.	Albañilería en pilas y muretes	127
5.3.	Contrastación de hipótesis	129
	CONCLUSIONES	134
	RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	136
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
	ANEXOS	145
	Anexo 1. Matriz de consistencia	145
	Anexo N° 2. Panel fotográfico	146
	Anexo 3. Análisis de costo de la elaboración de ladrillos	156
	Anexo 4. Propiedades físicas de las arcillas	157
	Anexo 5. Propiedades físico-químicas de los sedimentos de relaves mineros.....	158
	Anexo 6. Propiedades físico-mecánicas de los ladrillos.....	159
	Anexo 7. Propiedades en albañilería	160

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la corteza terrestre y arcilla roja común	33
Tabla 2. Grado de plasticidad del suelo	38
Tabla 3. Límites máximos permisibles para la descarga de actividades minero – metalúrgicas	42
Tabla 4. Granulometría estándar de un relave minero	44
Tabla 5. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	54
Tabla 6. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	54
Tabla 7. Tipos de mortero	55
Tabla 8. Resistencias de características de la albañilería Mpa (kg/cm ²)	55
Tabla 9. Matriz de operacionalización de variables en estudio	59
Tabla 10. Resumen del diseño de bloques completamente al azar en Minitab 19	65
Tabla 11. Número de ladrillos para ensayos en unidades de albañilería	67
Tabla 12. Número de ensayos en pila y murete de las unidades de albañilería	67
Tabla 13. Tipo de investigación según los principales criterios	68
Tabla 14. Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de cada variable ..	72
Tabla 15. Gradación del suelo de “El Frutillo”	79
Tabla 16. Gradación de los sedimentos de relaves mineros	80
Tabla 17. Límites de consistencia de las materias primas: arcilla y sedimentos de relaves mineros	82
Tabla 18. Peso específico y absorción de las materias primas	84
Tabla 19. Peso unitario suelto y compactado de las materias primas	84
Tabla 20. Propiedades químicas de los sedimentos de relaves mineros	85
Tabla 21. Variación dimensional de los ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros ..	87
Tabla 22. Variación dimensional de los ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros ..	88
Tabla 23. Variación dimensional de los ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros ..	89
Tabla 24. Variación dimensional de los ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros ..	90
Tabla 25. Variación dimensional de los ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros ..	91
Tabla 26. Alabeo de ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros	92
Tabla 27. Alabeo de ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros	93
Tabla 28. Alabeo de ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros	94
Tabla 29. Alabeo de ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros	95
Tabla 30. Alabeo de ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros	96
Tabla 31. Peso específico y absorción para ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros	102

Tabla 32. Peso específico y absorción para ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros	102
Tabla 33. Peso específico y absorción para ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros	102
Tabla 34. Peso específico y absorción para ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros	103
Tabla 35. Peso específico y absorción para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros	103
Tabla 36. Eflorescencia para ladrillos con sedimentos de relaves mineros.....	103
Tabla 37. Resistencia a la compresión para ladrillos con sedimentos de relaves mineros	104
Tabla 38. Peso específico de masa de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros	108
Tabla 39. Absorción de ladrillos con arcilla y sedimentos de relaves mineros	109
Tabla 40. Resistencia a la compresión de los ladrillos con arcilla y sedimentos de relaves mineros	110
Tabla 41. Resistencia axial en pilas de unidades de albañilería	114
Tabla 42. Resistencia al corte diagonal en muretes de unidades de albañilería	115
Tabla 43. Parámetros físico-químicos de las materias primas	118
Tabla 44. Parámetros físico-mecánicos de los ladrillos elaborados con sedimentos de relaves mineros	121
Tabla 45. Variación dimensional de ladrillos con sedimentos de relaves mineros	122
Tabla 46. Alabeo máximo de ladrillos con sedimentos de relaves mineros	123
Tabla 47. Absorción promedio de ladrillos con sedimentos de relaves mineros	124
Tabla 48. Resistencia a la compresión promedio de ladrillos con sedimentos de relaves mineros	124
Tabla 49. Dosificación óptima para ladrillos	127
Tabla 50. Características de los ladrillos con sedimentos de relaves mineros, para análisis estadístico ANOVA	130
Tabla 51. Análisis de varianza para variación dimensional	131
Tabla 52. Análisis de Varianza para alabeo	131
Tabla 53. Análisis de varianza para absorción	131
Tabla 54. Análisis de varianza resistencia a la compresión	131
Tabla 55. Resumen del modelo para las características físico – mecánica del ladrillo	131
Tabla 56. Datos para el análisis estadístico ANOVA.....	132
Tabla 57. Análisis de Varianza.....	133
Tabla 58. Resumen del modelo.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la producción de oro por empresas, enero-mayo	18
Figura 2. Principales unidades de producción minera en la región Cajamarca.....	19
Figura 3. Viviendas que tienen material noble en los distritos de la provincia de Hualgayoc..	20
Figura 4. Clasificación de los materiales arcillosos de aplicación cerámica.....	34
Figura 5. Diagrama de Winkler para a) tipos de textura, b) zonas de tipo de producto	35
Figura 6. Diagrama de los componentes del suelo.....	36
Figura 7. Clasificación de los suelos según su gradación	37
Figura 8. Límites de Atterberg	38
Figura 9. Carta de plasticidad.....	39
Figura 10. Elementos de un relave minero.....	40
Figura 11. Tipos de relaves mineros	41
Figura 12. Escala de clasificación del potencial de hidrogeno (pH)	43
Figura 13. Muros portantes	46
Figura 14. Muros no portantes	46
Figura 15. Partes de un Ladrillo.....	47
Figura 16. Clasificación de las unidades de albañilería	48
Figura 17. Componentes para la elaboración del ladrillo artesanal	49
Figura 18. Instrumentos para medición del alabeo	51
Figura 19. Procedimiento para elaborar ladrillos de sedimentos de relaves mineros	56
Figura 20. Ubicación del distrito de Hualgayoc, Hualgayoc	61
Figura 21. Ubicación del distrito de Bambamarca, Hualgayoc.....	61
Figura 22. Ubicación de los relaves mineros de Golf Fields, Río Culquirumi	62
Figura 23. Ubicación de la ladrillera en el centro poblado El Frutillo.....	62
Figura 24. Centro poblado El Frutillo, Bambamarca, Hualgayoc.....	63
Figura 25. Mina Golf Fields, cerro Corona, Hualgayoc.....	63
Figura 26. Ladrillera del Sr. Cesar Lozano en el centro poblado El Frutillo	64
Figura 27. Sedimentos de relaves mineros de Golf Fields Río Culquirumi	64
Figura 28. Muestra de análisis	65
Figura 29. Dimensiones de la unidad de albañilería elaborada a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros.....	66
Figura 30. Diseño de investigación experimental factorial.....	70
Figura 31. Curva de plasticidad de las materias primas: arcilla y sedimentos de relaves mineros	80
Figura 32. Curva de fluidez del suelo de “El Frutillo”.....	81
Figura 33. Curva de fluidez de los sedimentos de relaves mineros	81

Figura 34. Ábaco de Casagrande para las materias primas: arcilla y sedimentos de relaves mineros.....	82
Figura 35. Peso específico y absorción de las materias primas.....	83
Figura 36. Peso unitario suelto y compactado de las materias primas	83
Figura 37. Caracterización mineralógica de los sedimentos de relaves mineros	85
Figura 38. pH de los sedimentos de relaves mineros	85
Figura 39. Variación dimensional de los ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros .	87
Figura 40. Variación dimensional de los ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros .	88
Figura 41. Variación dimensional de los ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros	89
Figura 42. Variación dimensional de los ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros	90
Figura 43. Variación dimensional de los ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros	91
Figura 44. Alabeo de ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros	92
Figura 45. Alabeo de ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros	93
Figura 46. Alabeo de ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros	94
Figura 47. Alabeo de ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros	95
Figura 48. Alabeo de ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros	96
Figura 49. Peso específico para ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros	97
Figura 50. Absorción para ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros	97
Figura 51. Peso específico para ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros	98
Figura 52. Absorción para ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros	98
Figura 53. Peso específico para ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros	99
Figura 54. Absorción para ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros	99
Figura 55. Peso específico para ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros	100
Figura 56. Absorción para ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros	100
Figura 57. Peso específico para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros	101
Figura 58. Absorción para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros	101
Figura 59. Resistencia a la compresión para ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros	104
Figura 60. Resistencia a la compresión para ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros	105
Figura 61. Resistencia a la compresión para ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros	105
Figura 62. Resistencia a la compresión para ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros	106
Figura 63. Resistencia a la compresión para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros	106

Figura 64. Peso específico de masa de los ladrillos con arcilla y sedimentos de relaves mineros	108
Figura 65. Absorción de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros.....	109
Figura 66. Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros	110
Figura 67. Resistencia a compresión – absorción en ladrillos elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros	111
Figura 68. Costo de ladrillos con sedimentos de relaves mineros.....	112
Figura 69. Resistencia axial en pilas de unidades de albañilería.....	114
Figura 70. Resistencia al corte diagonal en muretes de unidades	115
Figura 71. Variación dimensional de ladrillos con sedimentos de relaves mineros.....	123
Figura 72. Alabeo máximo de ladrillos con sedimentos de relaves mineros	123
Figura 73. Absorción promedio de ladrillos con sedimentos de relaves mineros	125
Figura 74. Resistencia a la compresión promedio de ladrillos con sedimentos de relaves mineros	125
Figura 75. Resistencia axial promedio en pilas de albañilería	127
Figura 76. Resistencia al corte diagonal promedio en muretes de albañilería	128
Figura 77. Recolección de materias primas	146
Figura 78. Análisis de granulometría	146
Figura 79. Límite líquido de las materias primas.....	147
Figura 80. Límite plástico de las materias primas.....	147
Figura 81. Peso específico de las materias primas	148
Figura 82. Peso unitario suelto de las materias primas	148
Figura 83. Mezcla de suelo para la elaboración de unidades de albañilería	149
Figura 84. Proceso de mezclado de suelo arcillo y sedimentos de relaves mineros para la elaboración de unidades de albañilería.....	149
Figura 85. Mezcla óptima de suelo con sedimentos de relaves mineros para la elaboración de ladrillos.....	150
Figura 86. Cocción de las unidades de albañilería	150
Figura 87. Traslado de las unidades de albañilería al laboratorio	151
Figura 88. Medición de variación dimensional de unidades de albañilería	151
Figura 89. Medición de alabeo de las unidades de albañilería.....	152
Figura 90. Análisis de peso específico de las unidades de albañilería	152
Figura 91. Análisis de absorción de las unidades de albañilería	153
Figura 92. Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.....	153
Figura 93. Elaboración de pilas de unidades de albañilería	154

Figura 94. Elaboración de muretes de unidades de albañilería	154
Figura 95. Ensayo en pilas de unidades de albañilería.....	155
Figura 96. Ensayo de muretes de las unidades de albañilería	155

RESUMEN

En el país existen muchos relaves mineros, cuyos sedimentos no tienen una disposición final adecuada, pero pueden ser utilizados en la elaboración de ladrillos, previo análisis químico que garantice que no existe riesgo en su manipulación. La investigación tuvo por objetivo “Caracterizar física, química y mecánicamente el ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros con el fin de verificar si cumple con los estándares de la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para un ladrillo tipo I”. Los sedimentos de relaves mineros, utilizados en el presente estudio están formados por la mezcla de material mineral de los relaves mineros expulsados por la Mina Golf Fields y suelo del río Culquirumi (lugar de extracción). Se ha determinado según SUCS que el suelo de la cantera El Frutillo, distrito de Bambamarca, es arcilloso de alta plasticidad, y los sedimentos son residuos arcillosos de baja plasticidad con arena, que presenta porcentaje de hierro, cobre, plata, zinc y cianuro mínimos y pH de 7.78 (base-alcalino). Siendo así se elaboraron ladrillos a base de sedimentos de relaves mineros en porcentajes de remplazo del 0, 5, 25, 50 y 75% respecto al peso de la arcilla, verificando que cumplen con la norma E.070 “Albañilería” para un ladrillo tipo I. Con 5% de sedimentos se obtiene, la resistencia a compresión más alta (65.60 kg/cm²), el menor costo en unidad (0.981 soles), y buena resistencia en pilas y muretes con valores de 42.06 y 9.10 kg/cm², lo que confirma que estas unidades cumplen con los estándares de la Norma E.070 “Albañilería”, pero se debe continuar la evaluación para garantizar su certificación ambiental y sus posibles aplicaciones.

Palabras clave: unidad de albañilería, suelo, resistencia, absorción, pilas, muretes, cocción.

ABSTRACT

In the country there are many mining tailings, whose sediments do not have an adequate final disposal, but can be used in the manufacture of bricks, after a chemical analysis that guarantees that there is no risk in its handling. The objective of the research was "To physically, chemically and mechanically characterize the handmade brick made from clay and mining tailings sediments in order to verify if it meets the standards of the E.070 "Masonry" standard (MVCS, 2021) for a type I brick". The mine tailings sediments used in this study are formed by the mixture of mineral material from the mine tailings expelled by the Golf Fields Mine and soil from the Culquirumi River (extraction site). It has been determined according to SUCS that the soil of the El Frutillo quarry, Bambamarca district, is clayey of high plasticity, and the sediments are clayey residues of low plasticity with sand, which present minimum percentages of iron, copper, silver, zinc and cyanide and pH of 7.78 (base-alkaline). Thus, bricks were made from mining tailings sediments in replacement percentages of 0, 5, 25, 50, 50 and 75% with respect to the weight of clay, verifying that they comply with the E.070 "Masonry" standard for a type I brick. With 5% sediment, the highest compressive strength (65.60 kg/cm²), the lowest cost per unit (0.981 soles), and good resistance in piles and walls with values of 42.06 and 9.10 kg/cm² are obtained, which confirms that these units comply with the standards of the E.070 "Masonry" Standard, but the evaluation should continue in order to guarantee their environmental certification and their possible applications.

Keywords: masonry unit, soil, strength, absorption, piles, walls, firing.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

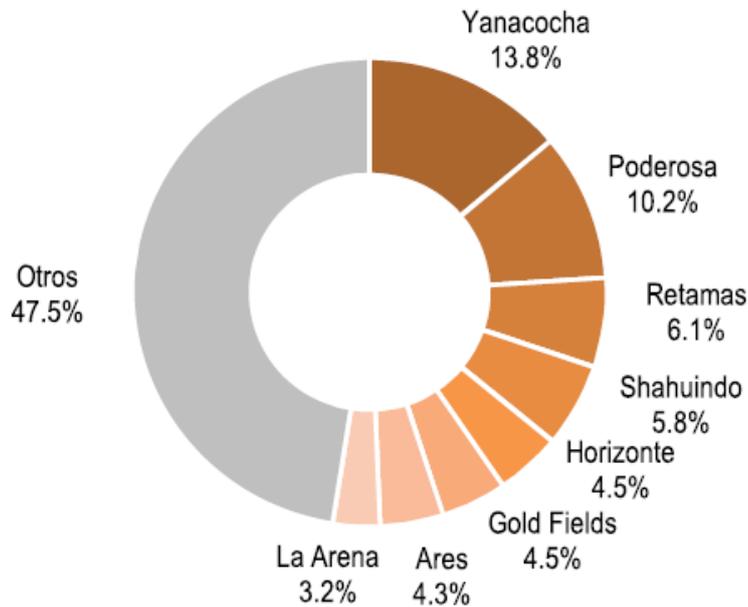
1.1. Planteamiento del problema

“El ladrillo es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre” (Párraga et al., 2018), está hecho de materias primas naturales como arcilla, arena y agua (Tangboriboon et al, 2019), pero, estos son recursos no renovables, por lo que es necesario encontrar aditivos de remplazo parcial o total de la materia prima “arcilla” (Jovanović et al, 2019), para este propósito, se realizan muchas investigaciones con el fin de obtener ladrillos de buena calidad mediante el uso de materiales de encuadernación (Canbaz et al ,2018), es así como, la industria de los ladrillos de arcilla está evolucionando para promover edificios y productos con menor impacto ambiental (Ashande et al,2020).

Los relaves mineros son despojos compactos derivados del proceso de la minería (Kim et al., 2018), todo proyecto minero de explotación, sin importar la escala o tipo de mineral extraído, cuenta con depósitos de relaves y desmonte, (Espín et al., 2017), no obstante, cuando estos son arrojados en puntos autorizados se unen a los suelos de su entorno formando sedimentos de los mismos. En el Perú existen aproximadamente 450 minas polimetálicas en estado de abandono, formando pasivos ambientales de relaves mineros, que con el transcurso del tiempo han sufrido alteraciones en su estructura, llegando a ser perniciosos para el entorno social y ambiental (Romero y Salinas, 2020). Cajamarca, es la segunda región con mayor producción de oro del país con una participación del 27.3% (Fig. 1). “En la provincia de Hualgayoc existen más de 1,000 pasivos ambientales abandonados desde hace más de 20 años, de estos solo 500 cuentan con un plan de cierre, cuyo cumplimiento es incierto” (Pierre, 2019).

Figura 1.

Estructura de la producción de oro por empresas, enero-mayo



Nota: (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

La mina Gold Fields la cima S.A. (Fig. 2) es responsable de la explotación en Cerro Corona en el distrito de Hualgayoc (Ministerio de energía y minas, 2020), como parte de sus trabajos de extracción ha generado diversos pasivos ambientales de relaves mineros, uno de ellos expulsa estos residuos en un punto autorizado hacia el río Culquirumi, no obstante, a pesar de ser un punto autorizado, la expulsión de estos residuos al agua del cauce genera contaminación debido a la combinación de estos minerales con el suelo del lugar, por lo que es necesario reutilizar los sedimentos formados por la mezcla del suelo del río y los minerales de los relaves mineros en la formación de otros materiales a fin de disminuir su impacto nocivo en la flora, fauna, salud humana y entorno ambiental.

Singh et al. (2021) y Zúñiga et al. (2017) asevera que como una solución ambiental se pueden reutilizar los restos de la extracción de minerales para la producción de ladrillos ecológicos, pero Flores et al. (2017) advierte que para garantizar la certificación ambiental debe tener mínimas cantidades de minerales

o pasar previamente por un tratamiento que asegure el encapsulamiento del relave mineral para reducir el grado contaminante por metales pesados y aguas ácidas, así mismo Elias y Cultrone (2019) argumentan que para que los ladrillos duren, deben tener ciertas propiedades físicas, químicas y mecánicas, por lo Párraga et al (2018) menciona que es necesario, el control de calidad de la producción artesanal de ladrillos.

Figura 2.

Principales unidades de producción minera en la región Cajamarca



Nota: (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

En la provincia de Hualgayoc (Fig. 3), sus tres distritos Bambamarca, Chugur y Hualgayoc tienen el 91.93%, 1.60% y 6.47% de viviendas construidas con material noble, siendo los ladrillos cocidos hechos en los caseríos La Lúcumá, El Frutillo, Mayhuasi y Agomarca del distrito de Bambamarca, los usados de manera preferencial por los pobladores (Cruzado, 2017), estos ladrillos ocasionalmente cumplen con la norma E.070 “Albañilería” (Molocho, 2019), por lo que puede utilizarse el suelo de estas canteras para la elaboración de unidades ecológicas donde se sustituya la materia prima por porcentajes de sedimentos de relaves mineros, generando unidades que cumplan técnicamente con los estándares de la norma E.070, a fin de que puedan ser utilizados para construcciones dentro de la mina, o en saneamiento como material para la

construcción de pozos de percolación, no obstante, si desean ser utilizados con otros fines pueden ser caracterizados químicamente para garantizar su inocuidad y obtener la certificación ambiental.

Figura 3.

Viviendas que tienen material noble en los distritos de la provincia de Hualgayoc



Nota: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018).

1.2. Formulación del problema

¿Según la caracterización física, química y mecánica, el ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros superará la resistencia a compresión de 50 kg/cm², dada en la norma E.070 “Albañilería” para un ladrillo tipo I?

1.3. Justificación e importancia

Es importante debido a que se ha realizado la caracterización del ladrillo artesanal hecho de arcilla y sedimentos de relaves mineros, con el fin de verificar que sus particularidades físicas, químicas y mecánicas cumplan con la norma E.070 “Albañilería” del “Reglamento Nacional de Edificaciones” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2021), logrando así no solo reutilizar un material considerado nocivo para el entorno ambiental, sino también validar su calidad técnica, a través de la aplicación del método científico, no

obstante, la investigación queda abierta para que se pueda plantear su certificación ambiental.

Esta investigación es original, no existen estudios similares en el contexto local, tiene como aporte teórico la identificación de la proporción de mezcla (arcilla + sedimento de relave minero) que logra la elaboración de unidades de albañilería de calidad técnica y económica que cumpla con los estándares normados por la E.070, para su uso como ladrillo ecológico en la construcción de pozos de percolación o edificaciones dentro de la mina que no tengan mayor contacto con las personas, como por ejemplo las instalaciones de residuos, las instalaciones de aguas negras, instalaciones de aguas ácidas, entre otros.

El motivo por el que se ha desarrollado el presente estudio fue la necesidad de aprovechar otras materias primas, en este caso los sedimentos de relaves mineros, en el sector construcción para la elaboración de ladrillos ecológicos, que tengan un menor impacto ambiental, pero que además logren mejorar las características de la unidad de mampostería.

Reutilizando los sedimentos de relaves mineros se ha pretendido disminuir el impacto en el entorno, considerando que, al ser depositados estos residuos cerca de los ríos, terminan siendo trasladados por el cauce, lo que no solo genera efectos en la fauna, flora y agricultura, sino también en la salud de las personas de la provincia de Hualgayoc, por lo que la presente investigación ha servido como un referente ambiental, para futuras investigaciones sobre la producción de ladrillo artesanal de arcilla cocida con incorporación de residuos de la extracción de minerales.

Así mismo, se ha realizado la caracterización química y estimación del pH de los sedimentos de relaves mineros utilizados en la elaboración de las unidades

de albañilería, verificando que estos presenta un pH neutro y su proporción de minerales de hierro, cobre, plata, zinc y cianuro son mínimos, por lo que no representan un riesgo para la manipulación de los fabricantes, no obstante deben realizarse estudios de caracterización mineralógica más completos como la prueba de hierro, que garantice que no existen elementos tóxicos como mercurio o arsénico en la mezcla, para que se obtenga la certificación ambiental y puedan ser utilizados por la población que desee construir su edificación con estas unidades de albañilería, además, podrían utilizar cal al 10% de mezcla del sedimento como encapsulador para garantizar mayor seguridad en su uso.

1.4. Delimitación de la investigación

Se ha desarrollado en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc en un lapso de 11 meses, interrumpidos por el tiempo de confinamiento social por la covid-19. Se han elaborado y ensayado unidades de albañilería “ladrillo artesanal cocido” con arcilla del caserío El Frutillo distrito de Bambamarca de la provincia de Hualgayoc y sedimentos de relaves minero en porcentajes de remplazo del 0%, 5%, 25%, 50% y 75% respecto al peso del suelo seco, con el fin de verificar si las unidades cumplen los estándares de la norma E.070, pero se debe continuar la evaluación para garantizar la certificación ambiental. Los sedimentos de relaves mineros son los desechos de la desintegración de los minerales que tras una serie de tratamientos son evacuados a la naturaleza por la mina Golf Fields la cima S.A. en un punto autorizado hacia el río Culquirumi. En otras palabras, el material que ha sido utilizado como materia prima para la elaboración de ladrillos en la presente investigación está integrado por la mezcla del material descargado por el relave minero con el suelo de la ribera del río Culquirumi.

1.5. Limitaciones

La presente tesis ha buscado demostrar que el sedimento de relaves mineros (mezcla del suelo del depósito autorizado + material mineral expulsado del relave minero) puede ser utilizado para la fabricación de ladrillos, sin embargo, no se ha verificado sus aplicaciones.

Se ha realizado un ensayo de pH y caracterización mineralógica verificando que el contenido de hierro, cobre, plata, zinc y cianuro son mínimos, no obstante, es necesario la realización de una caracterización mineralógica de las unidades de albañilería a fin de garantizar que estos sedimentos no presenten cianuro o mercurio (sustancias nocivas). En la presente investigación este ensayo no se ha realizado debido a la falta de insumos dentro del laboratorio de la EPIC, y al elevado costo que representa su realización en un laboratorio externo.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Caracterizar física, química y mecánicamente el ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros con el fin de verificar si cumple con los estándares de la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para un ladrillo tipo I.

1.6.2. Objetivos específicos

- Analizar las propiedades físico-químicas de las materias primas: arcilla de la cantera El Frutillo, distrito de Bambamarca y sedimentos de relaves mineros del río Culquirumi, distrito de Hualgayoc.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas del ladrillo elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros en porcentajes de remplazo del 0%, 5%, 25%, 50% y 75% respecto al peso del suelo seco.

- Definir la dosificación de mezcla (arcilla + sedimentos de relaves mineros) que garantice el cumplimiento de las propiedades mecánicas para su uso en muros de albañilería según la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021).
- Verificar que la dosificación óptima de mezcla arcilla + sedimentos de relaves mineros cumple con la resistencia axial en pilas y la resistencia diagonal en muretes para ladrillo artesanal según la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021).

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Wei, et al. (2021) en su artículo científico “Utilizing gold mine tailings to produce sintered bricks” tuvieron como objetivo utilizar relaves de minas de oro para producir ladrillos sinterizados. En el proceso de preparación se introdujo los relaves como aditivo en la arcilla para determinar sus efectos en la temperatura de cocción, tiempo de mantenimiento y propiedades de los ladrillos. Estos resultados indicaron que la firmeza a compresión, absorción y densidad aparente exhiben diferentes correlaciones con el contenido de arcilla. En conclusión, los parámetros óptimos del proceso para la preparación de los ladrillos sinterizados son un contenido de arcilla del 35%, una humedad de formación del 25%, una temperatura de cocción de 1030 ° C y un tiempo de mantenimiento de 105 min.

Zhu, et al. (2017) en su disertación “Preparation and characterization of permeable bricks from gangue and tailings” tuvieron por objetivo preparar y caracterizar los ladrillos permeables de ganga y relaves. Los parámetros óptimos para preparar los ladrillos permeables se obtuvieron a 1180-1200 °C por 45 min con 20% relaves, 60-70% ganga y 10-20% cerámica residual. Los ladrillos permeables preparados, con los parámetros optimizados, tienen una alta permeabilidad (alrededor de 0.03 cm / s), presentando una considerable firmeza a compresión (superior a 30 MPa).

Suárez-Macías, et al. (2020) en su artículo científico “Retention of Contaminants Elements from Tailings from Lead Mine Washing Plants in Ceramics for Bricks” desarrollaron la incorporación de relaves de lavadoras en

materiales cerámicos para ladrillos con el fin de retener los elementos contaminantes en la matriz cerámica. Realizaron el estudio físico-químico de los residuos mineros y se conforman diferentes grupos de muestras con arcilla y residuos mineros, que fueron evaluados mediante diferentes ensayos físicos y mecánicos. Los resultados de estas pruebas mostraron que se puede fabricar cerámica para ladrillos con hasta un 90% de residuos mineros, obteniendo propiedades físicas y mecánicas aceptables a la normativa y reteniendo los elementos contaminantes en la matriz cerámica, como lo confirman las pruebas de lixiviados.

Wisum (2018) desarrolló su investigación titulada “Prospección geológica y caracterización de arcillas de la zona de Arapicos para la fabricación de ladrillos artesanales” con el objetivo de fabricar ladrillos artesanales utilizando la materia prima de cuatro fuentes (M1, M2, M3 y M4) de la zona. Realizó ensayos físico-químicos a la arcilla, preparó unidades de albañilería con la materia prima y las ensayó a compresión simple, determinando que la mezcla con 60% de arcilla M3, 20% de arcilla M4, 15% de sílice y 5% de aserrín, logra mayor resistencia en comparación con otras mezclas, alcanzando una resistencia de 12.14 Mpa, clasificando la unidad artesanal como tipo C según la norma NEC 297.

Valdez et al. (2020) en su investigación “Design and implementation of an alternative process for the manufacture of bricks from gold mine tailings” tuvo como objetivo implementar un procedimiento alternativo para fabricar unidades de albañilería de relaves mineros de oro. El proceso propuesto para la fabricación tiene tres etapas: espesado y neutralizado, filtrado, mezclado y moldeado, secado y sinterizado. Una vez implementado el proceso y elaboradas las unidades de albañilería, los autores caracterizaron los ladrillos elaborados con relaves mineros

de oro, concluyendo que se logra un elemento que cumple con las la firmeza a compresión, absorción máxima y variación dimensional, según normas vigentes, por tanto, el amplio pasivo ambiental, puede ser utilizado como compuesto para la producción de mampostería.

Salguero (2017) en su proyecto de tesis “Inertización de relaves mineros utilizando la vitrificación para su aprovechamiento en la construcción” tuvo como objetivo usar vidrio y relaves mineros en la construcción del Ecuador. El autor llegó a concluir que, con el uso de la vitrificación de relaves mineros, se han logrado altos valores de inertización llegando al 100% de los metales pesados dentro del residuo. Para lo cual es forzoso que la miscelánea entre metales, fundente y vidrio sea semejante para que haya más área de contacto y el vidrio atrape en su estructura los metales pesados evitando que lixivien.

Quintero y Diaz (2020) en su tesis “Identificación de alternativas de almacenamiento de relaves generados en la minería aurífera en Colombia” tuvieron como objetivo determinar tácticas para optimar el acopio de relaves mineros en las compañías auríferas de manufactura a amplia escala, a partir de la observación de eventos dados en Colombia y otros países mineros. Concluyeron que el uso de geotubos se adecua al contexto de la superficie y extensión del área donde se demanda usar, admite acopiar cuantías de sólidos con humedad cercana al 18%. El antecedente enmarca el proceso para la recolección de relaves mineros y para luego ser utilizados en la manufactura de la edificación de forma segura.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Marca (2020) orientó su tesis “Determinación de propiedades físico mecánicas de unidades de albañilería fabricados con relaves mineros para uso en la construcción, distrito de Ananea – Puno” al uso de relaves mineros del sector Chaquiminas en el distrito de Ananea, en la producción de ladrillos con 90%, 70% y 50% de relaves mineros, a través del moldeado y cocción de la arcilla con relaves mineros para ser ensayados a alabeo, absorción, eflorescencia y resistencia mecánica. Concluyendo que las unidades con 70% de relave cumplieron con la aceptación respecto a la norma E.070 “Albañilería”, clasificando como ladrillo clase I.

Torres (2021) en su investigación “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla fabricados en la ciudad de Iquitos-2020” tomo como finalidad caracterizar física y mecánicamente a la unidad de albañilería de arcilla elaborada en la Iquitos. Concluyendo que muchas de las unidades de albañilería no estandarizadas de venta general, no llegan a cumplir con la firmeza esperada por el cliente.

Chicchón y Rivasplata (2020) en su disertación “Características físicas y mecánicas de ladrillo artesanal de arcilla king kong del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, región de Lambayeque” para ello tuvo como objetivo evaluar las características de la unidad de albañilería artesanal de las ladrilleras monsefuanas. Concluyeron que las características geométricas de las unidades cumplen con los límites para un tipo IV y tipo V, pero la media de la firmeza a compresión para la ladrillera María Luisa y Elías es 23.15 y 28.20 kg/cm², por tanto, es inferior al mínimo especificado en la norma E.070 (50 kg/cm²).

Melgarejo (2018), en su tesis “Resistencia del concreto F’C=210 kg/cm² con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí” tuvo por objetivo determinar el efecto de sustituir el 4 y 8% de cemento por relave minero de la mina Potosi, concluyendo que el relave no tiene efectos de cambio en la trabajabilidad del concreto y logra superar la resistencia de diseño f’c 210 kg/cm², pero empieza a disminuir mientras el porcentaje de sustitución aumenta. El antecedente ha servido como referente para la recolección de relaves mineros con las medidas de seguridad necesarias.

Palacios (2019) en el desarrollo de su investigación “Estudio comparativo de las propiedades físico – mecánicas del ladrillo artesanal de las ciudades de Sullana – Paita – Piura – Morropón” tuvo como objetivo comparar las propiedades del ladrillo artesanal de las ciudades de Sullana, Paita, Piura y Morropón, llegando a deducir que la mejor ladrillera fue la de “Catacaos” debido a que cumple con la norma E.070. Los resultados alcanzados fueron: resistencia a compresión 50 kg/cm², succión 24.71 gr/min, absorción 17.66%. En cambio, la ladrillera “La Quinta de Mallares” no cumple con la norma E.070 con firmeza de 26 kg/cm².

Apaza (2019) en su investigación “Caracterización de la mezcla de arcillas para la fabricación de ladrillo artesanal de la concesión san pedro 2000 del distrito de salcedo-Puno” tuvo como objetivo caracterizar física y químicamente la combinación de arcillas para la producción de unidades de albañilería. Según los ensayos determinó que la arcilla rojiza-amarillenta con greda y arena rojiza tiene un pH de 7.20, límite líquido de 64.93% e índice de plasticidad de 32.88%. Con este suelo (66.67% de arcilla + 18.67% de greda + 6.67% de arena) elaboró ladrillos artesanales que alcanzaron firmezas máximas de 241 kg/cm² y absorción de 8.53%, por lo que cumplen con la norma E.070, para un ladrillo tipo V.

Cárdenas (2019) en su tesis “Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería – caso ex unidad minera Mercedes 3” hizo el diseño por dosificación de material según el método ACI para la elaboración de ladrillos de concreto, obteniendo para una mezcla 3:4 cemento: relaves mineros una firmeza a compresión de 75 kg/cm², así mismo demostró que este costaría 12% menos que el bloque de concreto convencional. Concluyendo así que este tipo de ladrillo ecológico presenta mejor costo-beneficio.

Milla (2018) en su investigación “Resistencia a la compresión de una unidad de adobe empleando una prensa manual y sustituyendo el 10%, 20% y 30%, por relave minero de Ticapampa, en la provincia de Huaraz - 2017” tuvo como objetivo determinar el efecto de sustituir 10, 20 y 30% de arcilla de la “cantera Chequio” por relave minero del distrito de Ticapampa, para ello determinaron la composición química y propiedades físicas del relave minero y la arcilla para elaborar adobes por compactación en una prensa manual. Concluyó que al adicionar 0, 10, 20 y 30% de relave minero, la firmeza a compresión aumenta, alcanzando valores 15.52, 21.87, 24.61 y 29.33 kg/cm².

Soto (2019) en su investigación “Ladrillos refractario de alúmina a partir de lodos residuales minerales en la Región Junín” tuvo como objetivo diseñar ladrillos refractarios de alúmina, usando lodos residuales minerales. Elaboró 60 unidades de albañilería con diferentes diseños de mezclas, logrando concluir que, la dosificación de lodo debe variar solo entre 30 a 50% para que cumpla con la norma E.070 “Albañilería”, para un bloque NP-refractario.

2.1.3. Antecedentes regionales

Chilón y Posadas (2018) en su investigación “Reutilización de lodos generados en el tratamiento de aguas ácidas para la elaboración de ladrillos artesanales en una empresa minera de Cajamarca” tuvieron como objetivo reutilizar lodos generados en la planta de tratamiento de aguas ácidas de la minera ubicada en Hualgayoc, para la elaboración de ladrillos artesanales. Efectuaron seis dosis con siete replicas c/t, la dosis N° 2, 3, 4 y 5 fue lodo + arcilla con 8, 10, 15 y 20% de vidrio triturado, y la dosis N° 6 fue lodo + cemento + arena. Concluyendo que el tratamiento 1 (ladrillo arcilla), 2, 3, 4 y 5 no consuman la norma E.070 “Albañilería”, en cambio el tratamiento 6 alcanza una firmeza de 51.038 kg/cm², por lo que se clasifica como ladrillo Tipo I.

Gálvez (2020) en su investigación “Propiedades físico mecánicas de ladrillos de arena con inyección de CO₂ con 03 granulometrías diferentes de la cantera Sapos, Cajamarca 2020” analizó las características del ladrillo de arena con inyección de CO₂ usando tres gradaciones de la cantera Sapos. Concluyó que ninguno de los ladrillos alcanza la firmeza mínima para un ladrillo tipo I según la norma E.070, siendo la resistencia más alta 19.53 kg/cm², alcanzada por el ladrillo a base de la granulometría N° 1, por lo que su uso se limita a muros no portantes.

Cruzado (2017) en su indagación “Estudio de las propiedades físico - mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca” tuvo por fin comparar las características del ladrillo elaborado en las ladrilleras de las comunidades El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi. Realizó pruebas dimensionales, absorción y compresión, concluyendo que ocho de las nueve fabricadas se clasifican como ladrillo tipo I,

mientras que la fábrica Frutillo 2, se clasifica como ladrillo tipo II según la norma E.070 “Albañilería”.

Aliaga (2017) en su investigación “Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales de la ciudad de Celendín” caracterizó los ladrillos artesanales elaborados por las ladrilleras Santos y Vilchez de la ciudad de Celendín. Concluyendo que, la compresión axial para la ladrillera Santos y Vilchez es 63.47 y 65.51 kg/cm², respectivamente, clasificándose según la norma E.070 “Albañilería” como ladrillo tipo I.

Fernández (2019) en su investigación de doctorado “Alteración de las propiedades físico mecánicas de suelos por la actividad extractiva de arcilla utilizada para la fabricación de ladrillo artesanal en el centro poblado santa bárbara - Cajamarca” tuvo como objetivo comparar las propiedades de suelos no intervenidos e intervenidos por la acción extractiva de arcilla de 15 canteras para la producción de unidades artesanales. Según los resultados concluyó que la extracción de arcilla genera suelos arenosos sueltos, mal graduados, reduce su plasticidad, cohesión y capacidad portante, por lo que el autor recomienda la búsqueda de nuevas materias primas para la producción de unidades.

Garay (2018) en el desarrollo de su tesis “Revisión sistemática: calidad de la producción de los ladrillos artesanales” tuvo como objetivo analizar bibliográficamente las características de las unidades de albañilería elaboradas de forma artesanal llegando a concluir que las unidades de mampostería artesanal pueden llegar a cumplir con los estándares normados en la actualidad.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Arcilla

“Es una roca sedimentaria formada por partículas muy finas ($>50\%$ es $<2\mu\text{m}$), que contiene filosilicatos y otros minerales que le imparte las propiedades” (Wisum, 2018). Las arcillas son materiales inorgánicos, no-metálicos de formación sedimentaria que tienen en común una estructura constituida por planos superpuestos y que con el agua forman sistemas arcilla-agua con mayor o menor plasticidad y que al secar se contraen y adquieren resistencia y que al ser cocido a alta temperatura adquieren dureza y durabilidad volviéndose indestructible (Apaza, 2019).

Composición química. La arcilla, en su estado natural, está conformada de uno o, como es el caso general, varios minerales arcillosos. En esencia los minerales de arcilla son silicatos de aluminio, pero también hay presente productos hidratados de la descomposición de las rocas aluminosas y silicatadas, y otras sustancias como fragmentos de rocas, de óxidos hidratados, álcalis y materiales coloidales (Palacios, 2019).

Tabla 1.

Composición química de la corteza terrestre y arcilla roja común

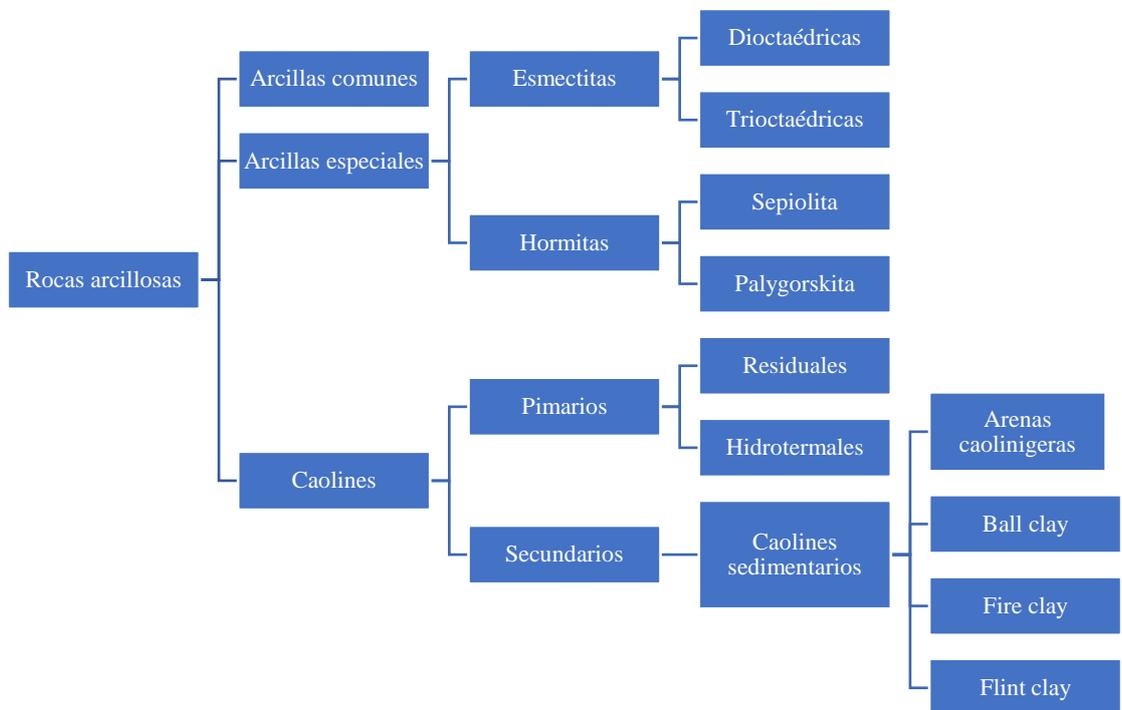
Componentes	Corteza terrestre (%)	Arcilla roja comun (%)
SiO ₂	59.14	57.02
Al ₂ O ₃	15.34	19.15
Fe ₂ O ₃	6.88	6.70
MgO	3.49	3.08
CaO	5.08	4.26
Na ₂ O	3.84	2.38
K ₂ O	3.13	2.03
H ₂ O	1.15	3.45
TiO ₂	1.05	0.91

Nota: (Palacios, 2019).

Clasificación de arcillas. Las arcillas según Díaz y Torrecillas (2002) pueden ser comunes (todo elemento arcilloso repartido ampliamente en toda la superficie, compuesto por micas y poco caolín, cloritas, esmectitas y hormitas), especiales (arcillas comerciales compuestas por esmectitas y hormitas, pero con origen geológico relacionado) o caolines (Pueden ser primarios o secundarios, son las arcillas cerámicas por excelencia).

Figura 4.

Clasificación de los materiales arcillosos de aplicación cerámica

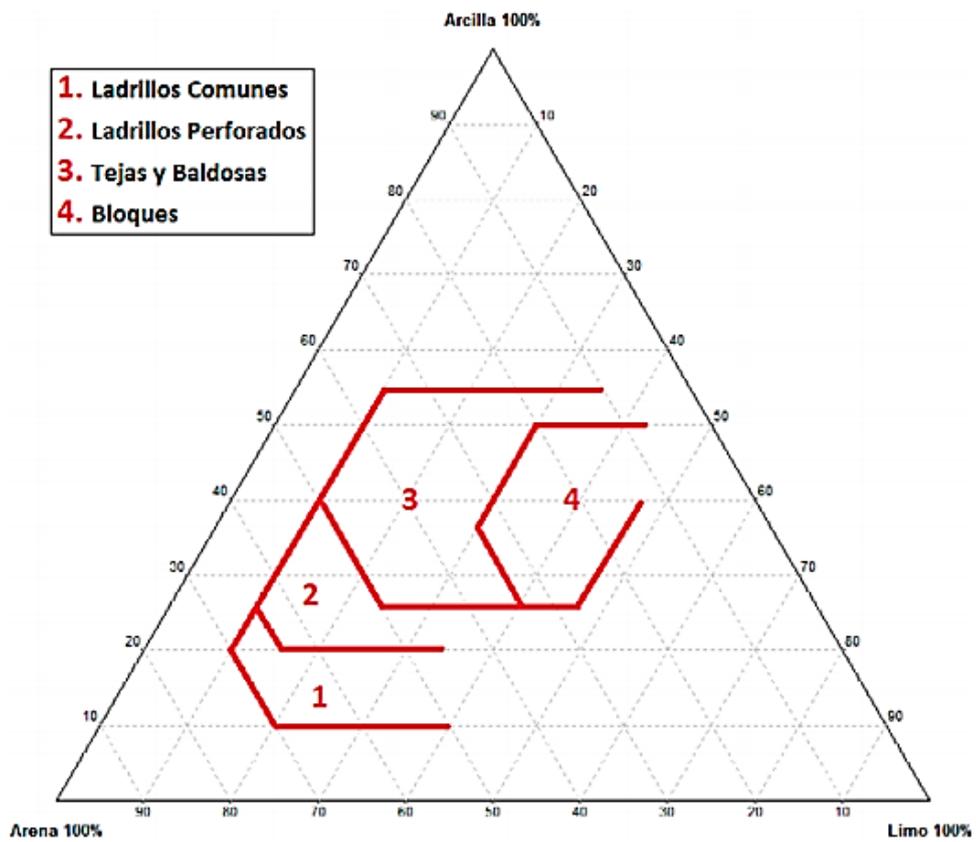
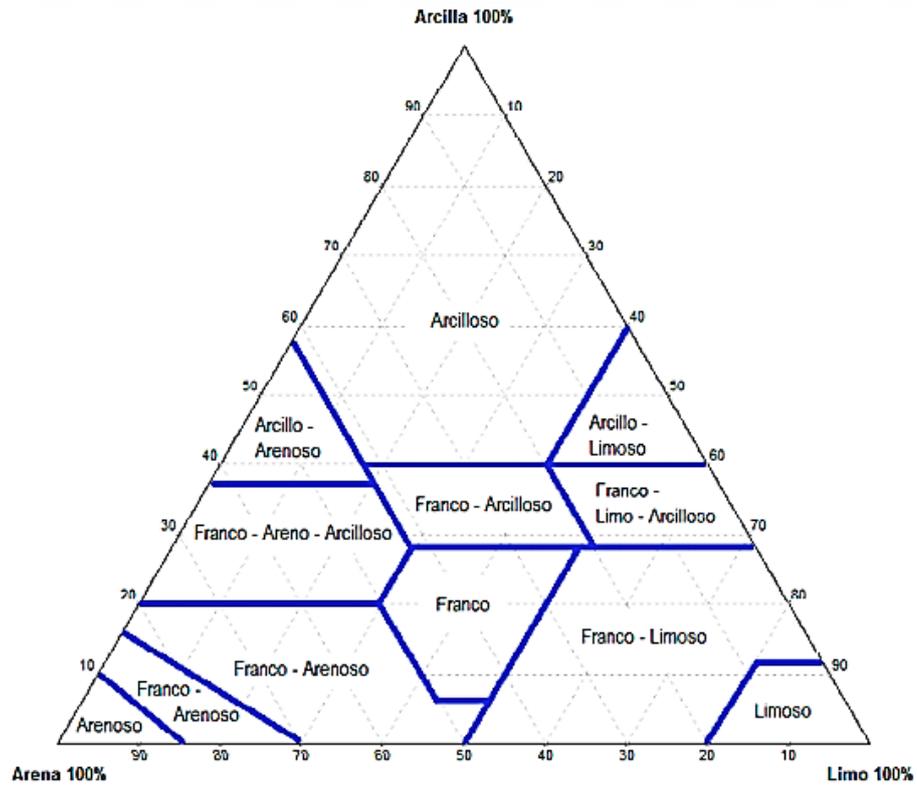


Nota: (Díaz y Torrecillas, 2002).

Arcillas para la fabricación de ladrillos. Según Bosque (2005) la arcilla debe representar como mínimo el 25% del total de material componente de la mezcla, pueden ser magras (poco plásticas por su composición arenosa) o grasas (gran plasticidad) pero no deben contener materiales nocivos para el ladrillo. Los diagramas de la Fig. 5, se pueden comparar para garantizar la idoneidad del suelo en la producción de productos cerámicos (García y Bolívar, 2017, p. 57).

Figura 5.

Diagrama de Winkler para a) tipos de textura, b) zonas de tipo de producto



Nota: (García y Bolívar, 2017, p. 57)

2.2.2. Propiedades físicas de los suelos

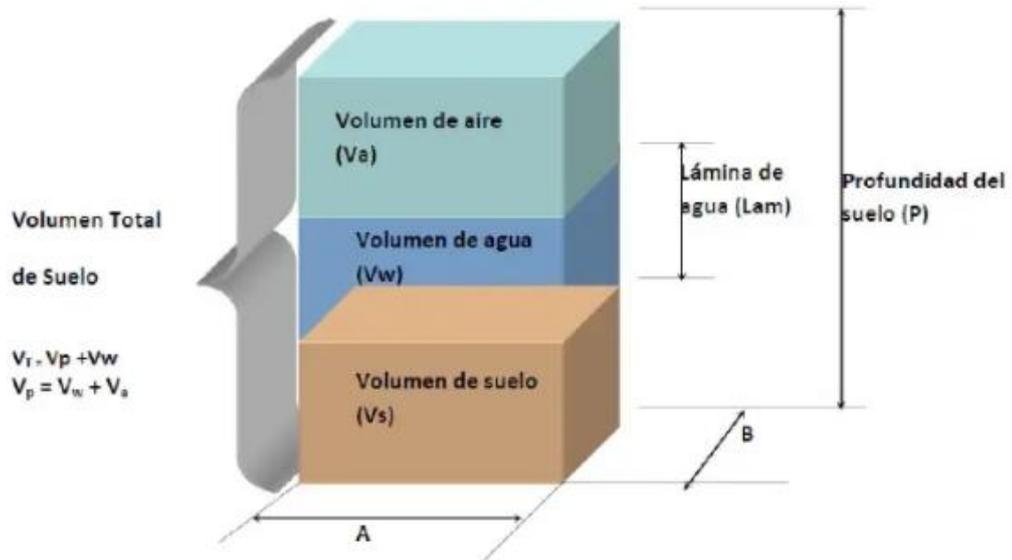
Contenido de humedad. “Relación, expresada como porcentaje, del peso del agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas” (Silva, 2019).

$$CH(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

En la ecuación 1, el contenido de humedad (CH), es la relación entre el peso del agua de una masa de suelo (Ww) y el peso de los sólidos en el suelo (Ws).

Figura 6.

Diagrama de los componentes del suelo



Peso específico seco del suelo. Depende del contenido de humedad y contenido de aire de la muestra, por lo que es preferible determinar el peso específico de la muestra de suelo seca. Diferentes tipos de suelos pueden ocupar un mismo volumen en diferentes cantidades, siendo este el principal criterio al momento de compactar los suelos (Yepes, 2011).

$$d = \frac{M}{V} (gr/cm^3) \dots\dots\dots(2)$$

En la ecuación 2, se muestra como estimar la densidad o peso específico del suelo, siendo la relación entre la masa de un suelo (M) en una unidad de volumen (V).

Granulometría. Permite conocer la cantidad de sus constituyentes, clasificados en función de su tamaño. La masa de las partículas retenidas en los diferentes tamices se expresa en porcentaje respecto de la masa seca total del material, los porcentajes acumulados que pasan cada tamiz se presentan en forma numérica y gráfica, utilizando las siguientes fórmulas: (AENOR, 2006)

$$\text{Porcentaje retenido en el tamiz} = \frac{R_i}{M_i} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

En la ecuación 3, se expresa el % de la masa retenida en cada tamiz en kg (Ri) respecto de la masa seca total en kg (Mi).

$$\text{Porcentaje que pasa por el tamiz} = 100 - \sum \frac{R_i}{M_i} \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

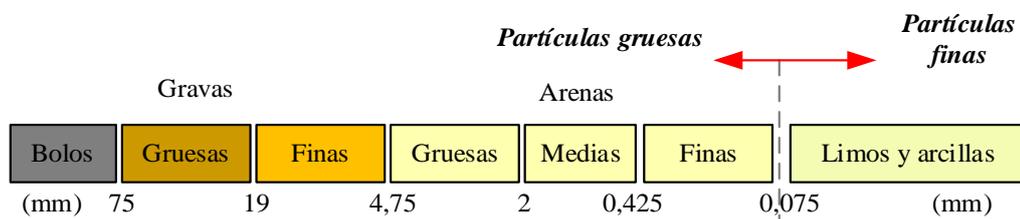
En la ecuación 4, se calcula el % acumulado de la masa seca total que pasa por cada tamiz excluyendo el tamiz 0.063 mm.

$$f = \frac{(M_i - M_2) + P}{M_i} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

En la ecuación 5, se calcula el % de finos (f) que pasa por el tamiz de 0.063 mm, donde P es la masa de material tamizado que queda en el fondo en kg, M2 es la masa seca tras el lavado en kg, y si la muestra no se ha lavado entonces Mi=M2.

Figura 7.

Clasificación de los suelos según su gradación



Nota: Clasificación SUCS.

Límites de consistencia. Un suelo puede comportarse de forma plástica, semisólida o sólida, dependiendo de su cantidad de agua. El agua con la que el suelo cambia de un estado líquido a un plástico se define como límite líquido (LL). Igualmente, los contenidos de agua, con el que el suelo cambia de un estado

plástico a un semisólido y de un semisólido a un sólido se definen como el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LS), respectivamente (Silva, 2019).

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots(6)$$

En la ecuación 6, se describe como encontrar el índice de plasticidad (IP), el cual se define como la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).

Tabla 2.

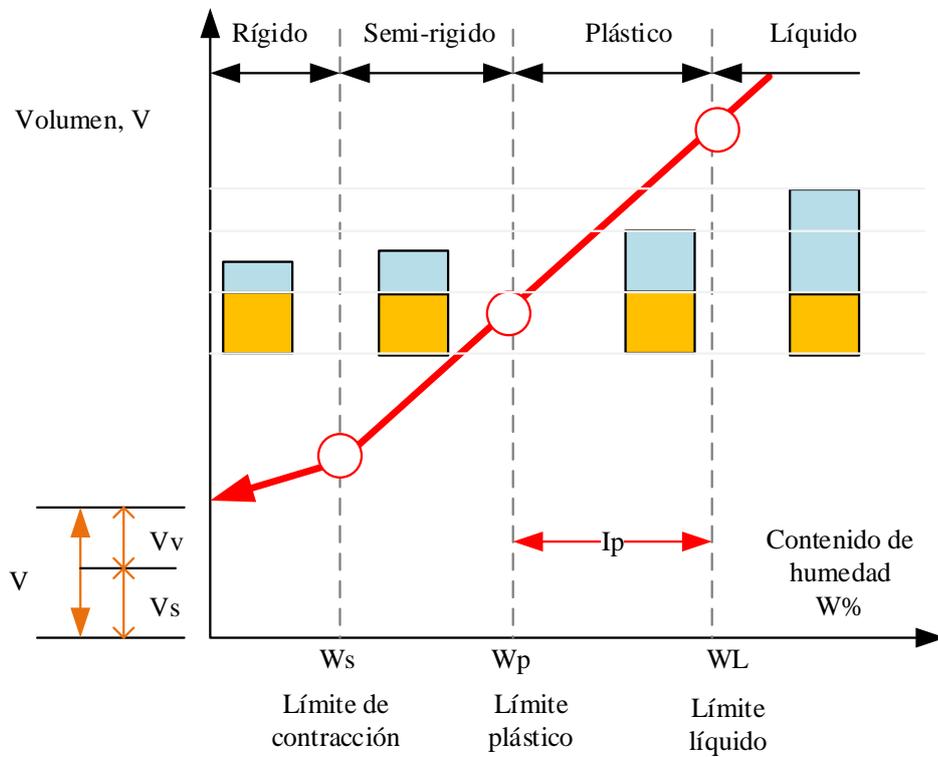
Grado de plasticidad del suelo

IP	Grado de plasticidad
0 – 3	No plástico
3 – 15	Ligeramente plástico
15 – 30	Baja a media plasticidad
>30	Alta plasticidad

Nota: (Reinoso, 2017)

Figura 8.

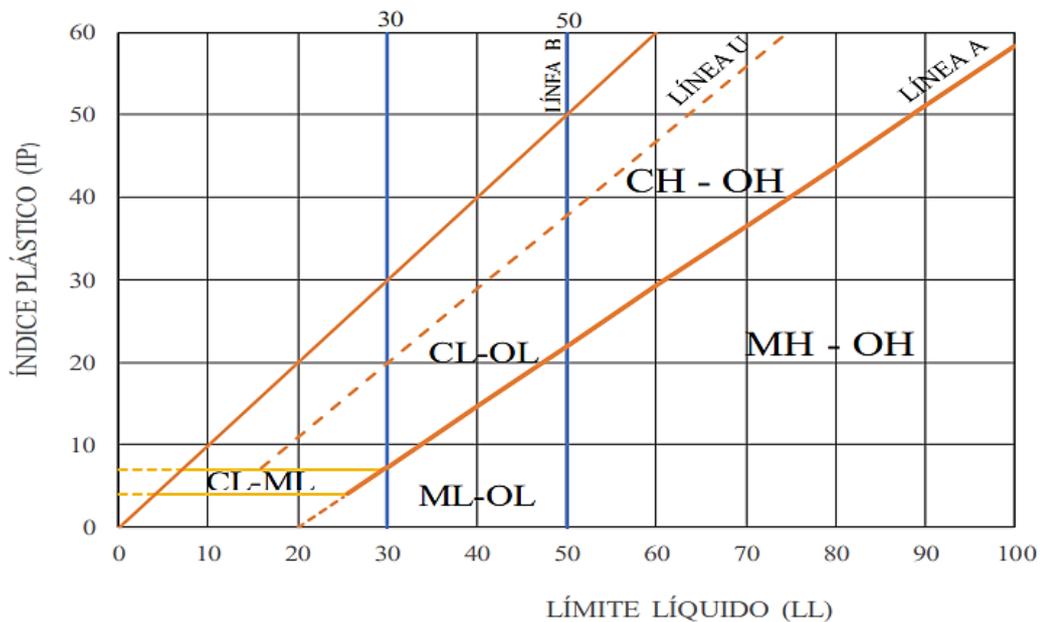
Límites de Atterberg



Clasificación SUCS de los suelos. Estos se clasifican en suelos finos, como: orgánico (O), limos (M), arcillas (C) de alta (H) o baja (L) plasticidad, y suelos gruesos como arena (S) o grava (G) bien (W) o mal graduada (P), o una mezcla de ambos grupos. La clasificación de las partículas finas se puede realizar por medio de la carta de plasticidad (Reinoso, 2017).

Figura 9.

Carta de plasticidad



Nota: (Reinoso, 2017).

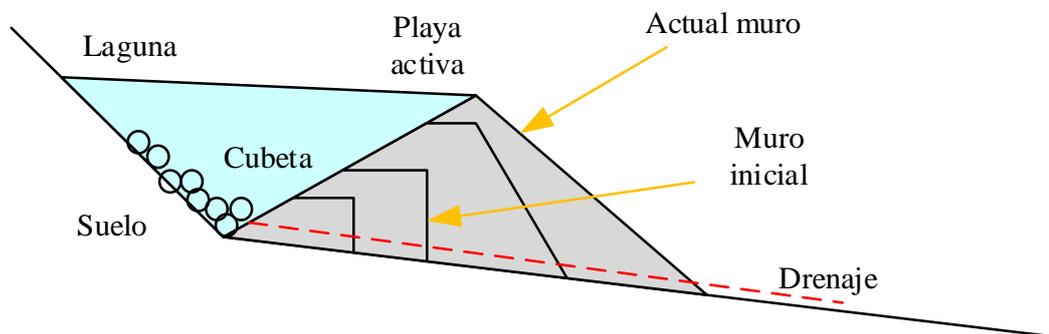
Compactación. Proceso artificial/mecánico, por el cual se intenta conseguir un aumento en las particularidades del suelo. Este procedimiento involucra la disminución de vacíos por pérdida de aire, llevando a permutas de volumen; sin embargo, según Silva (2019) “no todo el aire sale del suelo y por lo general, no se expulsa agua por lo que la condición de un suelo compactado en carretas es la de un suelo parcialmente saturado”.

2.2.3. *Relaves mineros*

Son residuos que se producen a través del proceso para la obtención de los minerales la composición mineral de estos sólidos sedimentados es muy variada y depende de las características del mineral y de los procesos a que ha sido sometido. Así mismo el relave se define como la roca finamente molida desde la cual los valores minerales han sido extraídos mediante el uso de reactivos químicos. El relave tiene en su mayoría un tamaño entre una arena y limo. Este residuo toma la forma de una solución acuosa compuesta comúnmente por al menos un 50% de agua y puede ser transportada a través de cañerías y depositados en forma de lodos (Romero y Salinas, 2020).

Figura 10.

Elementos de un relave minero

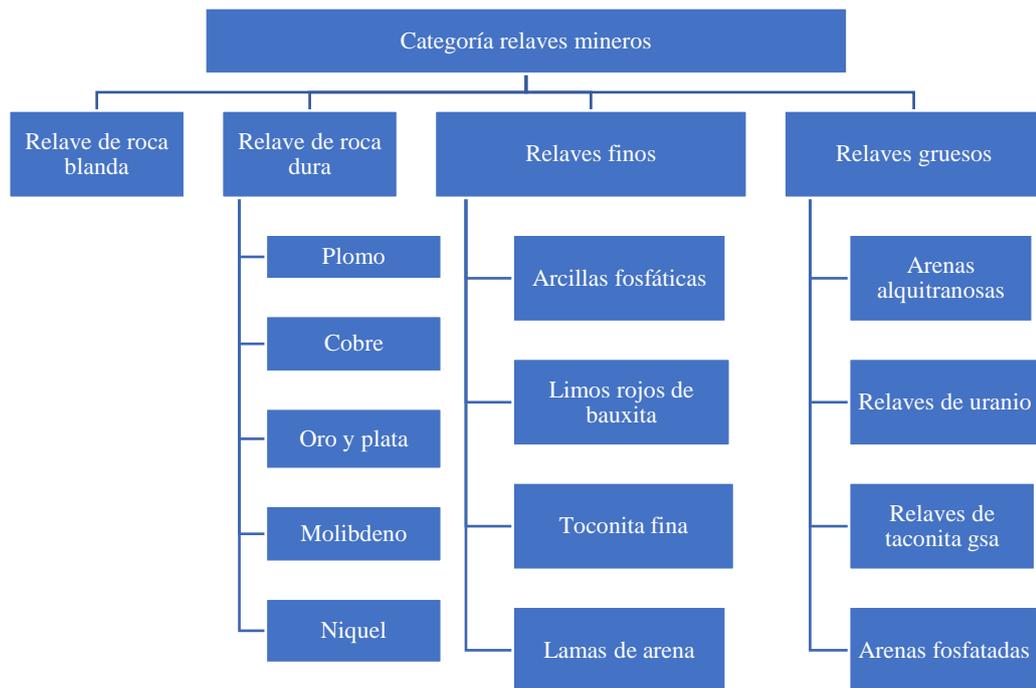


Los distintos tipos de relaves mineros comprenden una diversidad extensa de peculiaridades físicas de modo que sistematizarlos es dificultoso. Los diferentes tipos de relaves según Romero y Salinas (2020) se pueden dividir según gradación y la plasticidad, en: Relave de roca blanda (contiene arena y lamas, pero las lamas pueden dominar todas las peculiaridades por la presencia de arcilla), relave de roca dura (pueden contener arena y lama, pero las arenas prácticamente controlan las propiedades totales para propósitos de ingeniería), relaves finos (la fracción de arena es pequeña o nula, particularmente las características de sedimentación

consolidación son dominadas por limos o arcilla y pueden dar problemas de volumen de disposición) y relaves gruesos (contienen arenas o limos no plásticos, exhibiendo generalmente características favorables de ingeniería).

Figura 11.

Tipos de relaves mineros



Nota: (Romero y Salinas, 2020).

El relave minero puede ser utilizado como elemento para la producción de materiales de construcción, pero previamente se tiene que definir su caracterización mineralógica, acidez y demás estándares para verificar si es necesario realizar el encapsulamiento o tratamiento del residuo mineral. El encapsulamiento, es el proceso por el cual el residuo contaminante es incorporado dentro de una matriz sólida, la cual lo aísla del medio ambiente, sin que los componentes del residuo se fijen químicamente al material utilizado, algunos materiales utilizados para encapsular son: vidrio, metal, cal, concreto y plástico (Romero y Salinas, 2020).

2.2.4. Sedimentos de relaves mineros

“Los sedimentos de relaves son materiales granulares de tamaños generalmente menores de 2 mm, que comprende fracciones de tamaños arena, limo y arcilla con formas predominantemente angulosos y subangulosos” (Palli, 2016), son residuos transportados por el agua o aire, desde el relave minero hasta otra área continua, en otras palabras, son materiales que han sufrido proceso de transformación y se han mezclado con otros tipos de suelo natural, sin embargo, igual es importante, garantizar que estén dentro de los límites máximos permisibles dados en el decreto supremo N° 010-2010-MINAM.

Tabla 3.

Límites máximos permisibles para la descarga de actividades minero – metalúrgicas

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH	mg/L	6 – 9	6 – 9
Sólidos totales en suspensión	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
Cianuro total	mg/L	1.00	0.80
Arsénico total	mg/L	0.10	0.08
Cadmio total	mg/L	0.05	0.04
Cromo hexavalente (*)	mg/L	0.10	0.08
Cobre total	mg/L	0.50	0.40
Hierro (disuelto)	mg/L	2.00	1.60
Plomo total	mg/L	0.20	0.16
Mercurio total	mg/L	0.002	0.0016
Zinc total	mg/L	1.50	1.20

Nota: Decreto supremo N° 010-2010-MINAM.

De no cumplir con los límites máximos permisibles, los sedimentos o mezcla de suelo natural con relaves mineros deben pasar por un proceso de encapsulamiento que consiste en la mezcla de los mismos con cal, para inhibir la acidez del material. Luego debe volver a realizarse la caracterización química y estimación de pH, para garantizar que se cumpla con los LMP especificados por el MINAM.

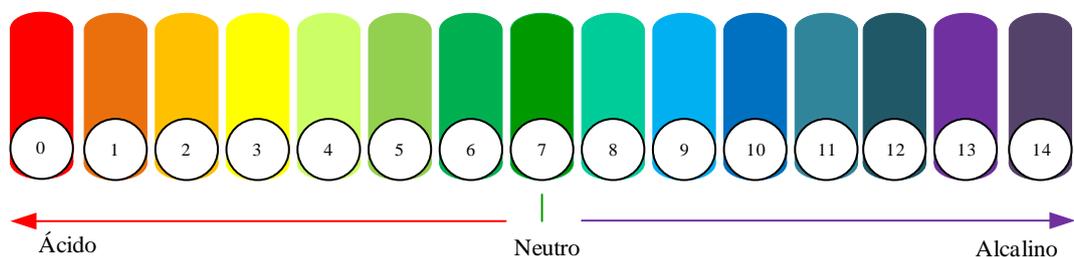
2.2.5. *Propiedades físico-químicas de agregados*

Caracterización mineralógica. Consiste en determinar la cantidad de minerales en porcentaje, que componen su matriz estructural, permite establecer algunas propiedades del material como, la capacidad de intercambio catiónico, meteorización, pH y otras (Mora y Tejeira, 2019).

Ensayo de pH (Potencial de hidrogeno). El pH es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones o cationes hidrógeno [H⁺] presentes en determinada sustancia. Los suelos pueden tener una reacción acida o alcalina, y algunas veces neutral. La medida de reacción química del suelo se expresa mediante su valor de pH. El valor de pH oscila de 0 a 14 (Romero et al, 2010).

Figura 12.

Escala de clasificación del potencial de hidrogeno (pH)



Granulometría. La granulometría se puede determinar por tamizado o por el método del hidrómetro, y consiste en determinar los porcentajes de material que se encuentran dentro de cierto rango de gradación en mm. Los residuos mineros tienen como peculiaridad primordial la dimensión de las partículas sólidas porque va a fijar sus probabilidades de beneficio y redención. La gradación va a depender de los métodos mineralógicos utilizados para agrupar o extraer los minerales (Romero et al, 2010).

Tabla 4.

Granulometría estándar de un relave minero

Granulometría	% que pasa	Calidad
Gruesos	0-15% menor de 74 um	Buenos
Medios	15-50% menor de 74 um	Generalmente Buenos
Finos	50-80% menor de 74 um	Cuestionables
Limos	100 menor de 74 um y 25% menor de 200 um	Almacenado por presas convencionales

Nota: (Romero et al, 2010).

Peso específico. “Es la relación a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua libre de gas” (Contreras y Gonzales, 2017).

$$Pem = \frac{A}{(A-C)} \dots \dots \dots (7)$$

En la ecuación 7, se muestra la densidad específica de masa (Pem), entendido como la división del peso de la muestra seca al horno (A), con la resta del mismo con el peso sumergido en agua de la muestra saturada (C).

$$PeSSS = \frac{B}{(B-C)} \dots \dots \dots (8)$$

En la ecuación 8, se muestra la densidad saturada superficialmente seca (PeSSs), entendida como la división entre el peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca y la resta del mismo con el peso sumergido en agua de la muestra saturada (C).

$$Pea = \frac{A}{B-C} \dots \dots \dots (9)$$

En la ecuación 9, se muestra la densidad aparente (Pea), entendido como la división de la muestra seca (A) entre la resta del peso en el aire de la muestra saturada (B) y el peso sumergido en agua de la muestra saturada (C).

Absorción. Se estima según las instrucciones de la NTP 400.022 (INACAL, 2018), para agregado fino. Consiste en sumergir en agua la muestra durante 24 h

luego de lo cual se lleva a la condición de peso específico aparente saturado y superficialmente seco (SSS).

$$Ab = \frac{B-A}{A} \dots\dots\dots(10)$$

En la ecuación 10, se muestra la absorción (Ab), entendido como la división de la resta del peso en el aire de la muestra saturada (B) y la muestra seca (A) entre el valor de A.

Peso unitario. Es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen. Representa el peso unitario para uno u otro grado de compactación, expreso en Kg/m³. El peso unitario depende de lo compactado que este el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas (Contreras y Gonzales, 2017).

$$P.U. = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(11)$$

En la ecuación 11, el peso unitario suelto (P.U.) representa la división entre el peso de la muestra suelta (W) y el volumen del molde que contiene a la muestra de agregado suelto (V).

$$P.U.C = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(12)$$

En la ecuación 12, el peso unitario compactado (P.U.C) representa la división entre el peso de la muestra compactada (W) y el volumen del molde que contiene a la muestra de agregado compactado (V).

$$\% \text{ vacíos} = \frac{100 \times (S \times W - PU)}{S \times W} \dots\dots\dots(13)$$

En la ecuación 13, se calcula el porcentaje de vacíos del agregado (% vacíos), donde S es el peso específico de la masa, PU el peso unitario del agregado y W la densidad del agua 988 kg/m³.

2.2.6. Albañilería

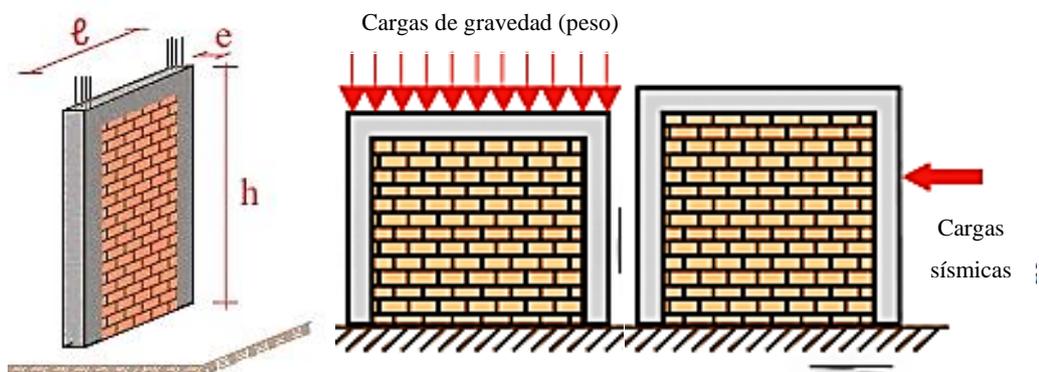
Está integrada principalmente por unidades de albañilería asentadas en base a mortero las cuales soportan el peso de la estructura, presentan una alta resistencia a compresión dependiendo del tipo de unidad de albañilería y la adhesión del mortero (Gallegos y Casabonne, 2005).

Muros portantes. Elementos estructurales de una edificación que tienen como objetivo hacer más resistente a la vivienda, se encargan de soportar y transferir cargas de cada piso hacia la cimentación (Gallardo, 2021).

Muros no portantes. Denominado “tabique”, no recibe ningún peso vertical y solo se usa para divisiones (Gallardo, 2021).

Figura 13.

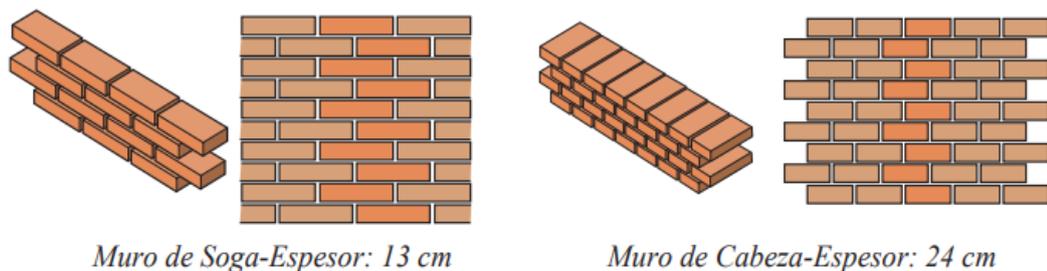
Muros portantes



Nota: (Medina, 2020).

Figura 14.

Muros no portantes



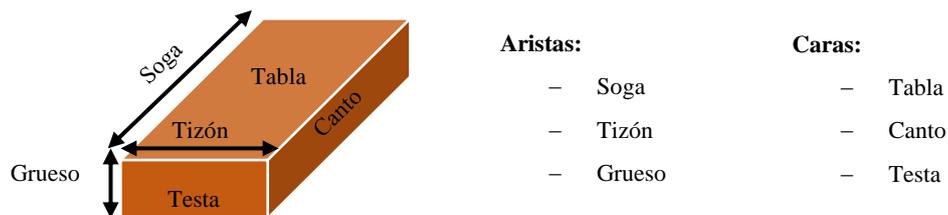
Nota: (Aceros Arequipa, 2020)

2.2.7. Unidad de albañilería o ladrillo

El ladrillo es un componente cerámico artificial de construcción, compuesto básicamente por arcilla cocida, se emplea para la construcción en diversos elementos constructivos (Chicchón y Rivasplata, 2020). La NTP 331.017, define el ladrillo, como “la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno” (INACAL, 2016). Los ladrillos son piezas cerámicas suelen ser de forma rectangular pero también se fabrican una gran variedad de piezas en formas y tamaños. Está conformado por aristas y caras.

Figura 15.

Partes de un Ladrillo



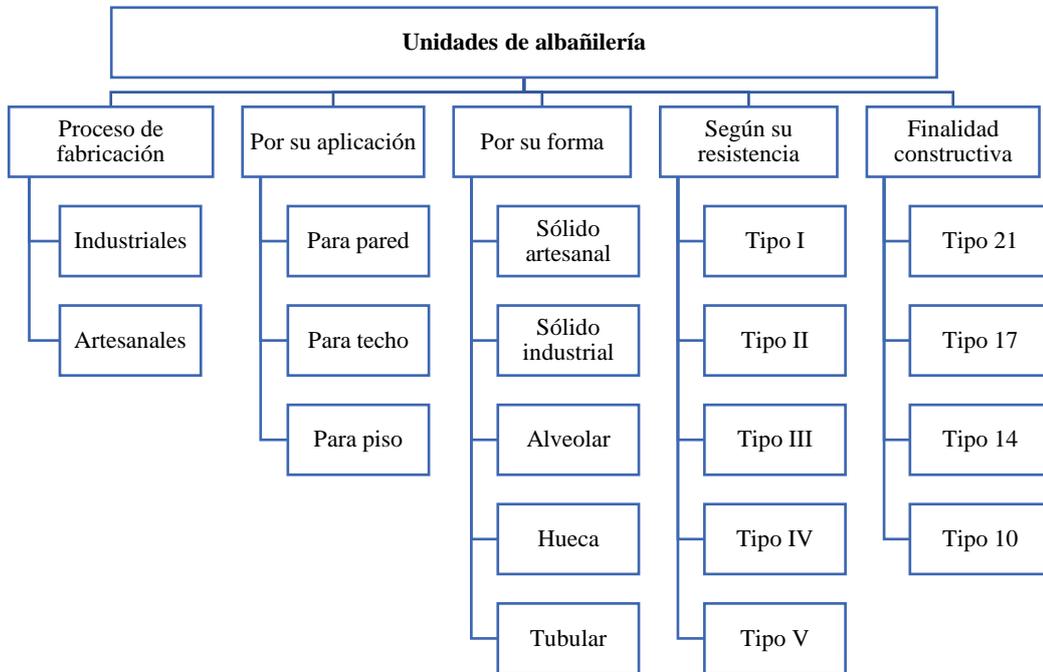
Nota: (Apaza, 2019)

Los ladrillos según su forma de elaboración son artesanales o industriales. Otra forma de clasificar a los ladrillos es por su aplicación, siendo así se puede encontrar en el mercado comercial: ladrillos de pared, de techo y de piso. Según Torres (2021) los ladrillos por su forma pueden ser sólido artesanal, sólido industrial, alveolar, hueva y tubular. Según la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) las unidades de albañilería de arcilla pueden clasificarse según sus propiedades físico-mecánicas en tipo I, tipo II, tipo III, tipo IV y tipo V. Así mismo, la NTP 331.017 (INACAL, 2016) clasifica a los ladrillos de arcilla en base a su uso o finalidad constructiva en Tipo 21, Tipo 17, Tipo 14 y Tipo 10. En

la presente investigación se ha dado mayor énfasis al ladrillo artesanal sólido para muros de albañilería.

Figura 16.

Clasificación de las unidades de albañilería



Nota:

- Tipo I: Resistencia y durabilidad muy bajas. Condiciones con exigencias mínimas.
- Tipo II: Resistencia y durabilidad bajas. Condiciones de servicios moderadas.
- Tipo III: Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.
- Tipo IV: Resistencia y durabilidad altas. Condiciones de servicio rigurosas.
- Tipo V: Resistencia y durabilidad muy altas. Condiciones de servicio particularmente rigurosas.
- Tipo 21: Alta resistencia a compresión, penetración de la humedad y acción severa del frío.
- Tipo 17: Uso general, moderada resistencia a compresión, acción del frío y penetración de la humedad.
- Tipo 14: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a compresión.
- Tipo 10: Para uso general donde se requiere baja resistencia a compresión.

Las dimensiones usuales de la unidad de albañilería o ladrillo de arcilla sólido artesanal para uso en muro de albañilería es de largo 20 a 24 cm, ancho de 10 a 13 cm y alto de 6 a 9 cm. (Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control, 2004).

2.2.8. *Ladrillo artesanal*

El ladrillo artesanal es un elemento usado en la edificación, elaborado de arcilla o tierra arcillosa, en ocasiones con incorporación de otros materiales plásticos para que se logren constituir permanentemente y secarse sin mostrar aberturas o imperfecciones (Apaza, 2019). Sus componentes son:

Arcilla. “Tierra compuesta por partículas pequeñas, de colores rojizo, blanquecino y amarillento, que posee plasticidad cuando se la mezcla con agua; es de fácil manipuleo y moldeable, que cuando seca, mantiene la forma recibida, conocida comúnmente como greda” (Zambrana y Saavedra, 1992).

Arena. Según la NTP 400.012 (INACAL, 2021) es el agregado fino resultante de la desintegración natural de rocas.

Agua. “El agua es el elemento indispensable para la hidratación del ladrillo y del desarrollo de sus propiedades” (Marin, 2019).

Figura 17.

Componentes para la elaboración del ladrillo artesanal



El procedimiento de elaboración de ladrillo artesanal está integrado por los procesos de extracción de material, mezclado, moldeo del ladrillo, secado del ladrillo, cocción, descarga y clasificación; mismos que se describen según Chicchón y Rivasplata (2020):

Extracción del material. Se extrae la arcilla por medio de palas, picos, carretillas.

Mezclado. Unión de todos los materiales que se necesitan para la fabricación del ladrillo, se puede realizar de dos maneras: Manual (usando una palana se forma el montículo de tierra arcillosa y poco a poco se va agregando el agua, haciendo una “pre mezcla”) y mecánico (se realiza usando una mezcladora eléctrica o mecánica, el material se coloca en la tolva y esta amasa hasta que la consistencia del material sea la correcta de acuerdo al conocimiento empírico).

Moldeo del ladrillo. Momento en que se le da forma al ladrillo, este al igual que el mezclado se puede hacer de dos maneras: Manual (se utilizan moldes de madera o metálicos, y se procede a colocar una capa fina de arena, luego usando las manos se toma la mezcla y se coloca en el molde) y mecánico (Con una máquina extrusora eléctrica o mecánica formada por la manivela de empuje, tanque de llenado de la mezcla, molde extrusor según tipo de ladrillo a fabricar y mesa de corte de ladrillos).

Secado del ladrillo. Una vez que se ha moldeado el ladrillo se deposita en terrenos al aire libre que se conoce como área de secado, esta zona está generalmente muy cerca de la zona de moldeo (Flores y Ochoa, 2019).

Cocción. Depende mucho de la experiencia del fabricante, es completamente artesanal, el fuego debe ascender de forma uniforme y homogénea a lo largo de las capas de ladrillo, la duración del mismo depende de la cantidad de combustible que se haya puesto (Flores y Ochoa, 2019).

Descarga y Clasificación. Una vez que se ha verificado que la cocción ha terminado, se comprueba que el ladrillo esté lo suficiente frío para poder manipularlo manualmente y proceder a la descarga, estos se apilan cerca al horno para su despacho en la venta de los mismos (Flores y Ochoa, 2019).

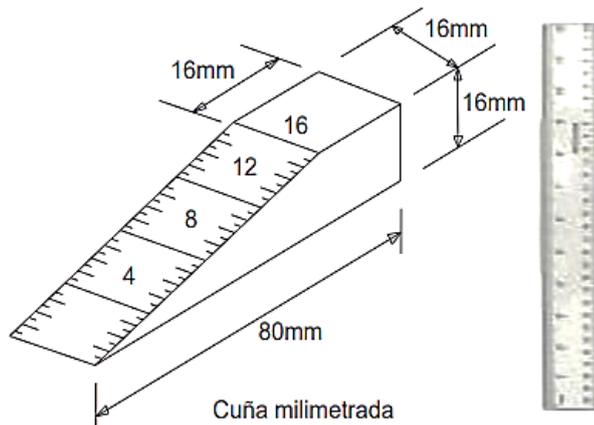
2.2.9. Propiedades físico-mecánicas del ladrillo

Variación dimensional. Es la verificación del largo, ancho y alto, a fin de que tengan un rango estándar, para evitar que en el momento de su uso para formar muros se tenga inconvenientes con las juntas de mortero (Pérez, 2016).

Alabeo. Concavidades o convexidades en las superficies de asiento de la unidad, mientras aumente el alabeo aumentará la junta lo que podría llevar a una menor adherencia unidad – mortero, influyendo negativamente en la firmeza del muro (Palacio, 2019).

Figura 18.

Instrumentos para medición del alabeo



Absorción. Capacidad de retener una sustancia (agua) en estado líquido. Es una medida de la permeabilidad del ladrillo. Para ladrillos de arcilla no debe ser mayor a 22% (Seminario, 2013).

$$Absorción \% = \frac{100 \times (W_s - W_d)}{W_d} \dots\dots\dots(14)$$

En la ecuación 14, la absorción se define como la división de la resta del peso del espécimen saturado por sumersión en agua fría durante 24 h (Ws) con el peso del espécimen seco (Wd), entre el peso seco del espécimen (Wd).

Eflorescencia. Medida del afloramiento y cristalización de las sales solubles contenidas en la unidad de albañilería cuando esta humedecida. Llega a aparecer si las sales que se cristalizan son abundantes, la presión que estos cristales ejercen al crecer causa rajaduras y disgregación de la albañilería (Rincón y Romero, 2000, p.66).

Peso por unidad de área. En la NTP 399.613, se define como el peso total del espécimen seco al aire entre el área promedio en m² de las dos caras de la unidad según se coloca normalmente en una pared (INACAL, 2018).

Resistencia a la compresión en unidad. “Peculiaridad primordial de una unidad, define no solo su calidad estructural sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro” (Palacio, 2019). Para estimar la resistencia a compresión de la unidad de albañilería se aplica el procedimiento descrito en la NTP 399.604 (INACAL, 2015).

$$\text{Área bruta } (A_g) = L \times a \dots\dots\dots(15)$$

En la ecuación 15, el área de la unidad de albañilería es igual a la longitud promedio de espécimen (L) por el ancho promedio del espécimen (a).

$$\text{Esfuerzo de compresión} = \frac{P_{\text{máx}}}{A_n} \dots\dots\dots(16)$$

En la ecuación 16, el esfuerzo de compresión es igual a la división entre la carga de compresión máxima (P_{máx}) y el área neta promedio del espécimen (A_n).

Resistencia a la compresión del mortero. Es la capacidad de soporte de la mezcla de cemento – arena para la adhesión de unidades de albañilería. Se desarrolla por la hidratación cemento – agua – arena, formando una masa sólida (Ishikane, 2019).

Resistencia a la compresión en pilas. Sirve para determinar la resistencia a compresión axial (f_m) referida al área bruta de la sección transversal,

eventualmente si se instrumenta y se registra la deformación axial en la pila se puede determinar el módulo de elasticidad de la albañilería (E_m). (Idrogo, 2015)

$$C = \frac{W}{A} \dots \dots \dots (17)$$

En la ecuación 17, la resistencia a compresión de pila (C) es igual a la división entre la máxima carga (W) y el promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen (A).

Resistencia al corte diagonal en muretes. Se establece que el murete debe ser sometido a una carga de compresión a través de la diagonal del mismo, la cual varía desde 0 hasta la carga de falla (Chanchí et al, 2008).

$$V'm = \overline{Vm} - S \dots \dots \dots (18)$$

En la ecuación 18, la resistencia a la compresión diagonal (V'm) es igual a la diferencia entre la resistencia al corte puro del espécimen (Vm) y la desviación estándar del espécimen (S).

$$Vm = \frac{W \times (F.edad)}{A_{diag}} \dots \dots \dots (19)$$

En la ecuación 19, la resistencia al corte puro del espécimen (Vm) es igual a la división de la multiplicación de la máxima carga (W) por el factor de incremento por edad (F. edad), entre el promedio del área diagonal (A diag). El factor de incremento por edad a los 21 días es 1.05.

2.2.10. Requisitos generales para unidades de albañilería (Norma E.070 “Albañilería”)

Para el uso de las unidades de albañilería en la construcción de muros, deben cumplir con ciertos requisitos físico-mecánicos especificados en la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021). La absorción en unidades de albañilería de arcilla no será mayor que 22%, no tendrá manchas o vetas blanquecinas que indiquen eflorescencia, la variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión estará dentro del rango de su clasificación I, II, III, IV o V.

Tabla 5.*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

Clase	Variación de la dimensión (máxima en %)			Alabeo (mm)	Resistencia a compresión f mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	±10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	± 8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	± 6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	± 4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	± 2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	± 4	4.9 (50)
NP (2)	± 7	± 6	± 4	± 8	2.0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Nota: (MVCS, 2021).

La unidad de albañilería para fines estructurales debe cumplir ciertas limitaciones para su uso según la zona sísmica, tal como se especifica en la tabla:

Tabla 6.*Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales*

Tipo	Zona sísmica 2 y 3		Zona sísmica 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido artesanal	No	Si, hasta 2 pisos	Sí
Solido Industrial	Si	Sí	Sí
Alveolar	Sí, celadas totalmente rellenas con grout	Sí, celdas parcialmente rellenas con grout	Sí, celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tabular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Nota: (MVCS, 2021).

Para la edificación de muros el mortero, cumple la función de adhesión de las unidades de albañilería, por ello se debe tener especial cuidado en la calidad y proporción de sus componentes, siendo así la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) establece su dosificación según uso:

Tabla 7.*Tipos de mortero*

Tipo	Componentes			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no Portantes

Nota: (MVCS, 2021)

El ladrillo para su uso en muros portantes debe cumplir con los valores de resistencia en unidad, pilas y muretes descritos en la tabla 7, tal como especifica la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021).

Tabla 8.*Resistencias de características de la albañilería Mpa (kg/cm²)*

Materia prima	Denominación	Unidad	Pilas	Muretes
		f_b	f_m	v_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4(55)	3,4(35)	0,5(5,1)
	King Kong Industrial	14,2(145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Silice-Cal	King Kong Normal	15,7(160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2(145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(*) Utilizados para Muros Armados

(**) El valor f_b se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de la pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de $f_c=13,72$ Mpa (140 kg/cm²)

El valor f_m ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma.

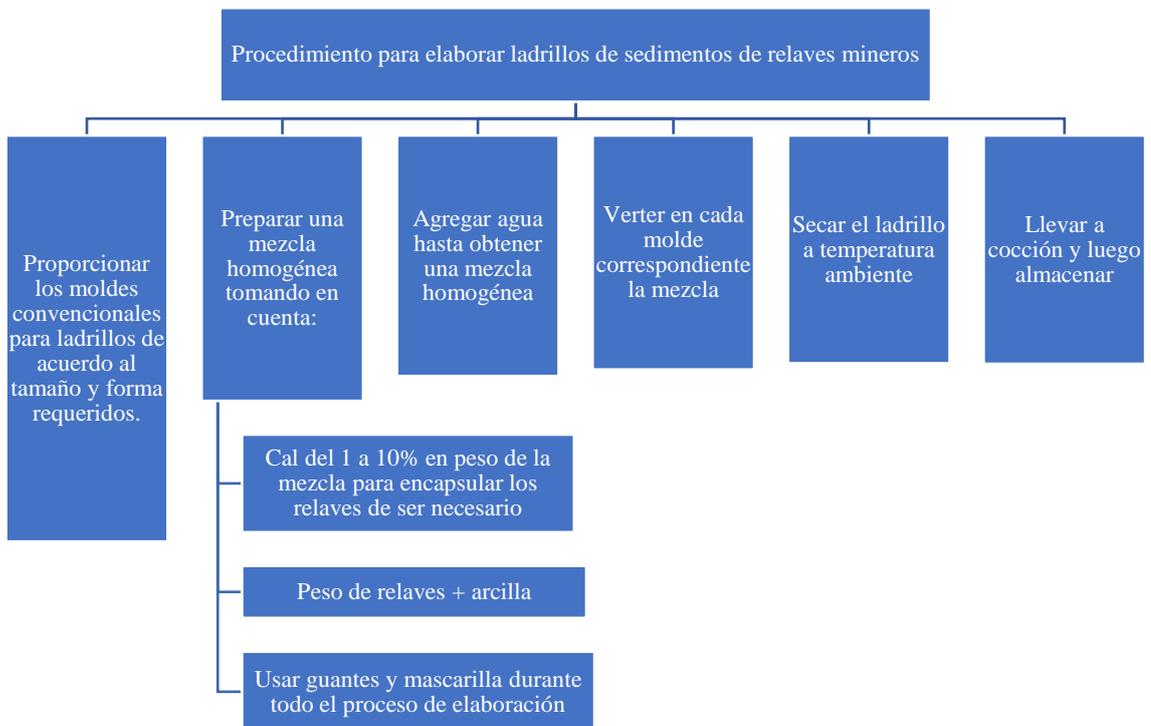
Nota: (MVCS, 2021)

2.2.11. Ladrillos de sedimentos de relaves mineros

Los ladrillos de sedimentos de relaves mineros presentan características similares a las unidades de albañilería convencionales, e incorporan estos residuos minerales en su matriz dándole un nuevo uso en la construcción civil (Suárez-Macías, et al., 2020), pero existen diferencias en su proceso de fabricación tal como lo especifica Romero y Flores (2010), en su estudio para la elaboración de unidades de albañilería con sedimentos de relaves mineros.

Figura 19.

Procedimiento para elaborar ladrillos de sedimentos de relaves mineros



Nota: Adaptado de (Romero y Flores, 2010).

2.3. Definición de términos

Arcilla. “Materiales inorgánicos, no-metálicos de formación sedimentaria que en agua forman sistemas arcilla-agua con mayor o menor plasticidad y que al secar se contraen y adquieren resistencia y que al ser cocido a alta temperatura adquieren dureza y durabilidad volviéndose indestructible” (Apaza, 2019).

Ladrillo artesanal. Es un material utilizado en la construcción, fabricado de arcilla o tierra arcillosa, a veces con adición de otros materiales, de suficiente plasticidad o consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones (Apaza, 2019).

Ladrillo de arcilla. El ladrillo es un componente cerámico artificial de construcción, compuesto básicamente por arcilla cocida. Se emplea para la construcción en diversos elementos constructivos (Chicchón y Rivasplata, 2020).

Relave minero. Residuo mineral molido con agua y otros compuestos, que queda como resultado de haber extraído los minerales sulfurados en el proceso de flotación. Este residuo, también conocido como cola, es transportado mediante canaletas o cañerías hasta lugares especialmente habilitados o tranques, donde el agua es recuperada o evaporada para quedar dispuesto finalmente como un depósito estratificado de materiales finos (Marca, 2020).

Sedimento. Son arena, arcilla, limo y otras partículas sueltas del suelo que se depositan en el fondo de una masa de agua. Pueden provenir de la erosión del suelo o de la descomposición de plantas y animales. El viento, el agua y el hielo pueden transportar estas partículas hasta los ríos, lagos y arroyos (Palli, 2016).

Unidad de albañilería. Aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano (MVCS, 2021).

CAPÍTULO III.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Según la caracterización física, química y mecánica del ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros supera la resistencia a compresión de 50 kg/cm², dada en la norma E.070 “Albañilería” para un ladrillo tipo I.

3.2. Variables

3.2.1. *Variable independiente*

Acilla. Es el suelo compuesto por partículas arcillosas que tienen la propiedad de volverse plásticas en contacto con el agua, y adquirir solidez al pasar por procesos de cocción. Para definir esta variable, se han determinado sus propiedades físicas.

Sedimentos de relaves mineros. Son los desechos de la desintegración de los minerales que tras una serie de tratamientos son evacuados a la naturaleza por la mina Golf Fields la cima S.A. en un punto autorizado hacia el río Culquirumi. En otras palabras, el material que ha sido utilizado como materia prima para la elaboración de ladrillos está integrado por la mezcla del material descargado por el relave minero con el suelo de la ribera del río.

3.2.2. *Variable dependiente*

Ladrillo artesanal. Es un sólido de forma geométrica, que resulta de la mezcla y moldeo de arcilla, arena y agua, que una vez seca y tras someterlo a cocción adquiere dureza y resistencia. En el caso de la investigación se ha analizado el ladrillo artesanal con 0, 5, 25, 50 y 75% de remplazo de la arcilla por relaves mineros, respecto al peso del suelo seco. Para ello se ha planteado el diseño de mezclas y se han analizados las propiedades del ladrillo en unidad, pila y murete.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 9.

Matriz de operacionalización de variables en estudio

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional		
				Indicadores	Ítem	
Variable independiente Sedimentos de relaves mineros	Mezcla del suelo del punto de descarga y desechos de la desintegración de los minerales que tras una serie de tratamientos son evacuados a la naturaleza	Propiedades químicas de los sedimentos	Permiten determinar el cumplimiento del Decreto supremo N° 010-2010-MINAM	pH	Unidad de pH	
				Composición mineralógica	%	
				Absorción	%	
		Propiedades físicas de los sedimentos s	Caracterizan a los sedimentos de relaves mineros para su uso como materia prima.	Peso específico	gr/cm ³	
				Peso unitario	Kg/m ³	
				Granulometría	%	
Variable independiente Arcilla	Suelo que tiene la propiedad de volverse plástica en contacto con el agua.	Propiedades físicas de la arcilla	Define la clasificación SUCS del suelo y sus características de plasticidad y peso.	Granulometría	%	
				Límite líquido	%	
				Límite plástico	%	
		Propiedades físicas de la arcilla	Caracterizan a la unidad en relación a sus propiedades físicas y mecánicas según la norma E.070 "Albañilería".	Peso específico	Gr/cm ³	
				Absorción	%	
Ladrillo artesanal	Sólido de forma geométrica, que resulta de la mezcla y moldeo de arcilla, arena y agua, que una vez seca y tras someterlo a cocción adquiere una gran dureza y resistencia	Dosificación de mezcla para la elaboración de unidades de albañilería	Define la cantidad de material a utilizar de cada tipo de materia prima.	Sedimentos de relaves mineros	%	
				Arcilla	%	
				Agua	%	
		Propiedades de la unidad de albañilería	Definen el uso de la unidad de albañilería para muros portantes o no portantes.	Caracterizan a la unidad en relación a sus propiedades físicas y mecánicas según la norma E.070 "Albañilería".	Variación dimensional	%
					Alabeo	%
				Absorción	%	
				Resistencia a la compresión	Kg/cm ²	
				Resistencia axial en pilas	Kg/cm ²	
Resistencia diagonal en muretes	Kg/cm ²					

CAPÍTULO IV.

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica del estudio

Se ha ubicado geográficamente en la provincia de Hualgayoc, región Cajamarca. La provincia de Hualgayoc está integrada por tres distritos: Chugur, Hualgayoc y Bambamarca. El distrito de Hualgayoc (Fig. 20) tiene una extensión de 226.17 km², está ubicada a 29 km al oeste de Bambamarca y a 88 km al norte de Cajamarca, en este distrito se concentran la mayor parte de pasivos mineros y relaves mineros de la provincia de Hualgayoc. El distrito de Bambamarca (Fig. 21) tiene una extensión de 45.38 km², está ubicada a 21.90 km del distrito de Hualgayoc y a 26.80 km de la ciudad de Chota, en los centros poblados de este distrito se ubican las ladrilleras de la provincia de Hualgayoc.

Para el estudio, se han recolectado los sedimentos de relaves mineros expulsados por la mina Golf Fields en un punto autorizado y depositados cerca del Río Culquirumi (Fig. 22), ubicado en el distrito de Hualgayoc, en las coordenadas UTM WGS84 17S de 766972.00 m E y 9253647.00 m S a 3052 msnm, estos se trasladaron a la ladrillera del Sr. Cesar Lozano (Fig. 23), ubicada en el centro poblado El Frutillo Bajo del distrito de Bambamarca en las coordenadas UTM WGS84 17S de 772832.00 m E y 9260526.00 m S a una elevación de 2732 msnm, de la cantera de esta ladrillera se ha recolectado la arcilla para la mezcla, así mismo, se utilizaron los equipos y herramientas del lugar para elaborar las unidades de albañilería de arcilla y sedimentos de relaves mineros. Los ladrillos fueron trasladados al laboratorio GSE ubicado en la ciudad de Chota, distrito y provincia de Chota, para los ensayos respectivos.

Figura 20.

Ubicación del distrito de Hualgayoc, Hualgayoc

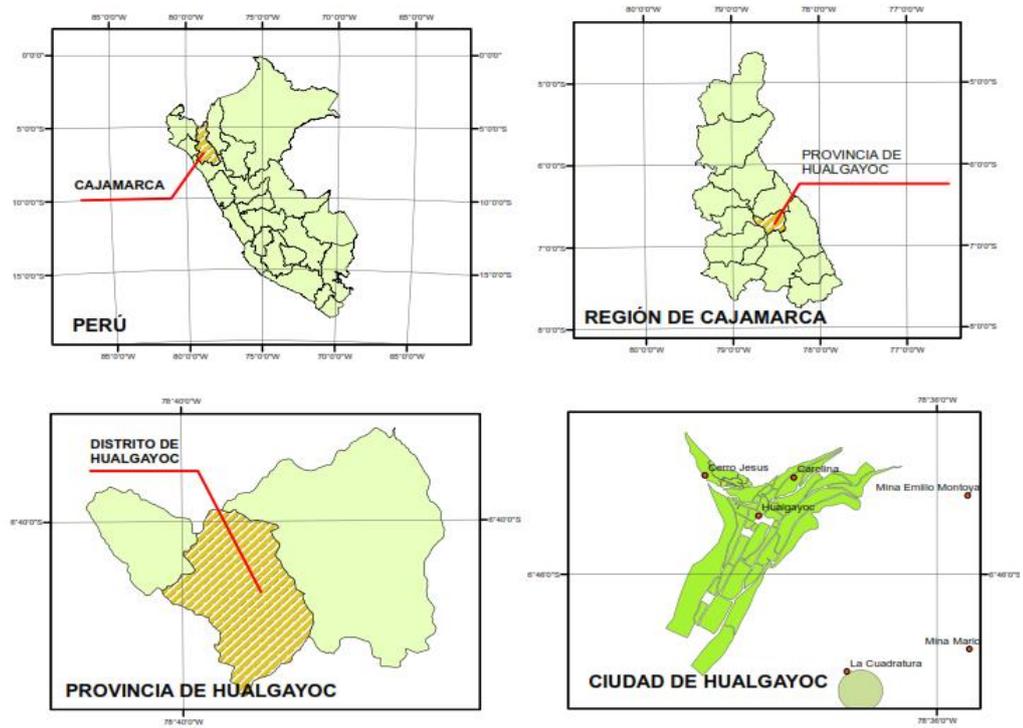


Figura 21.

Ubicación del distrito de Bambamarca, Hualgayoc

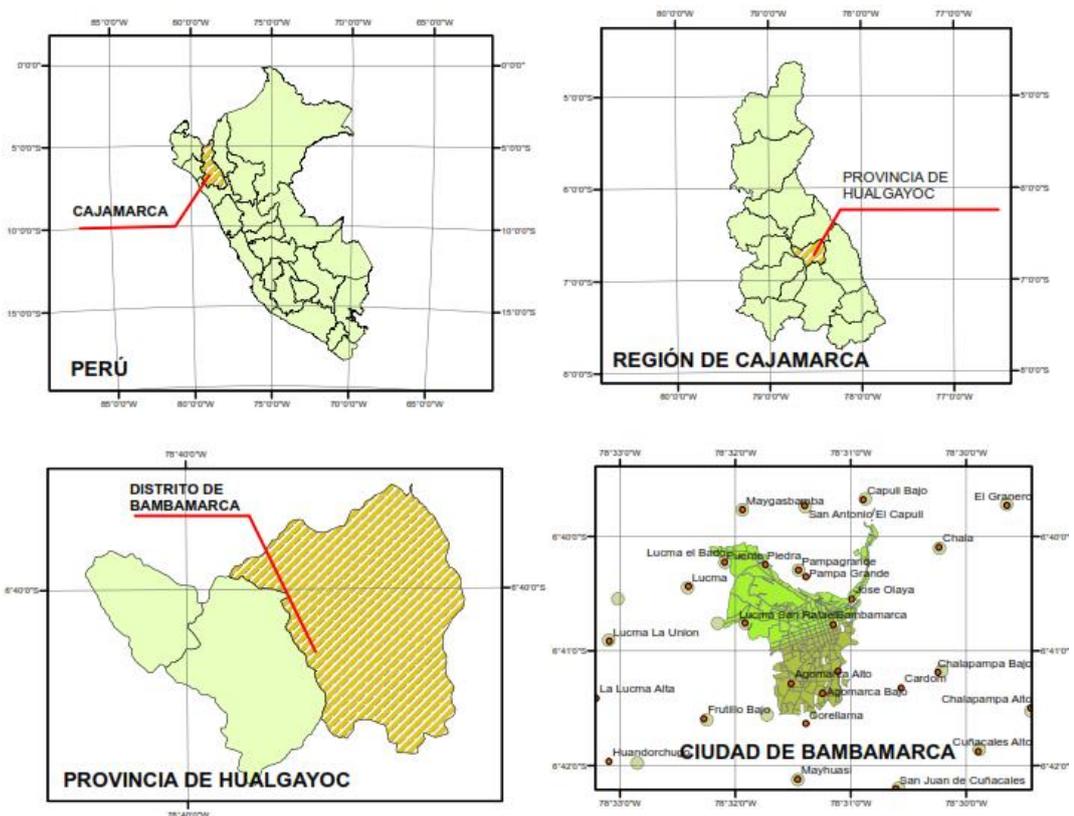


Figura 22.

Ubicación de los relaves mineros de Golf Fields, Río Culquirumi

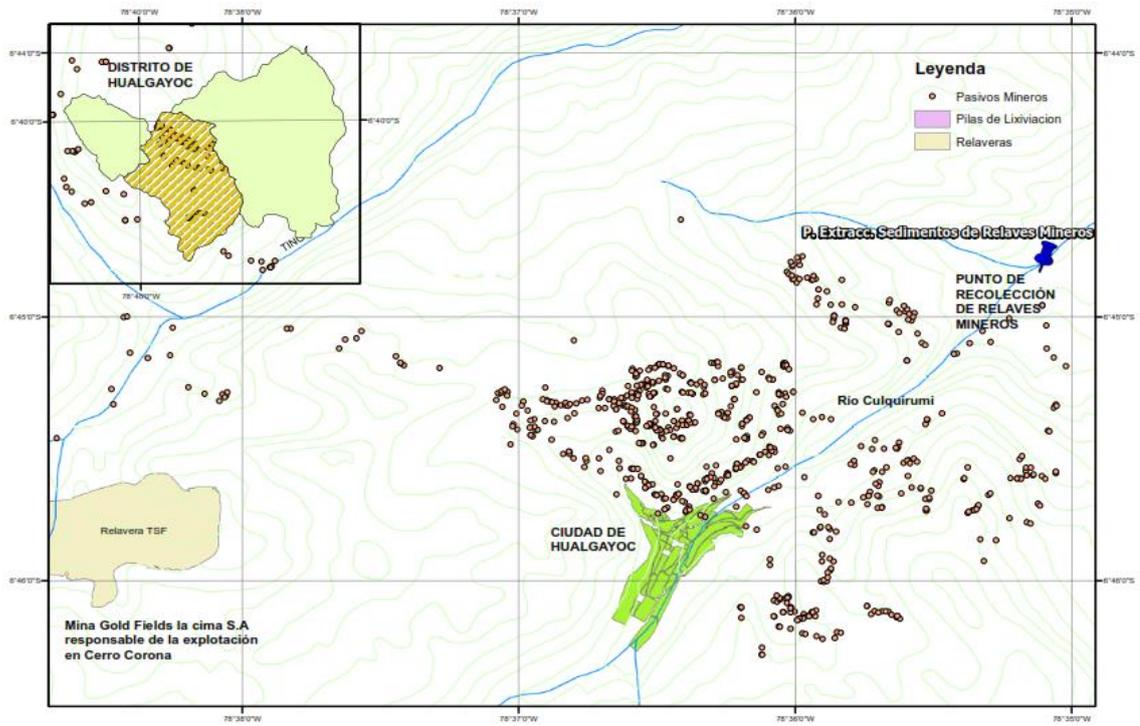
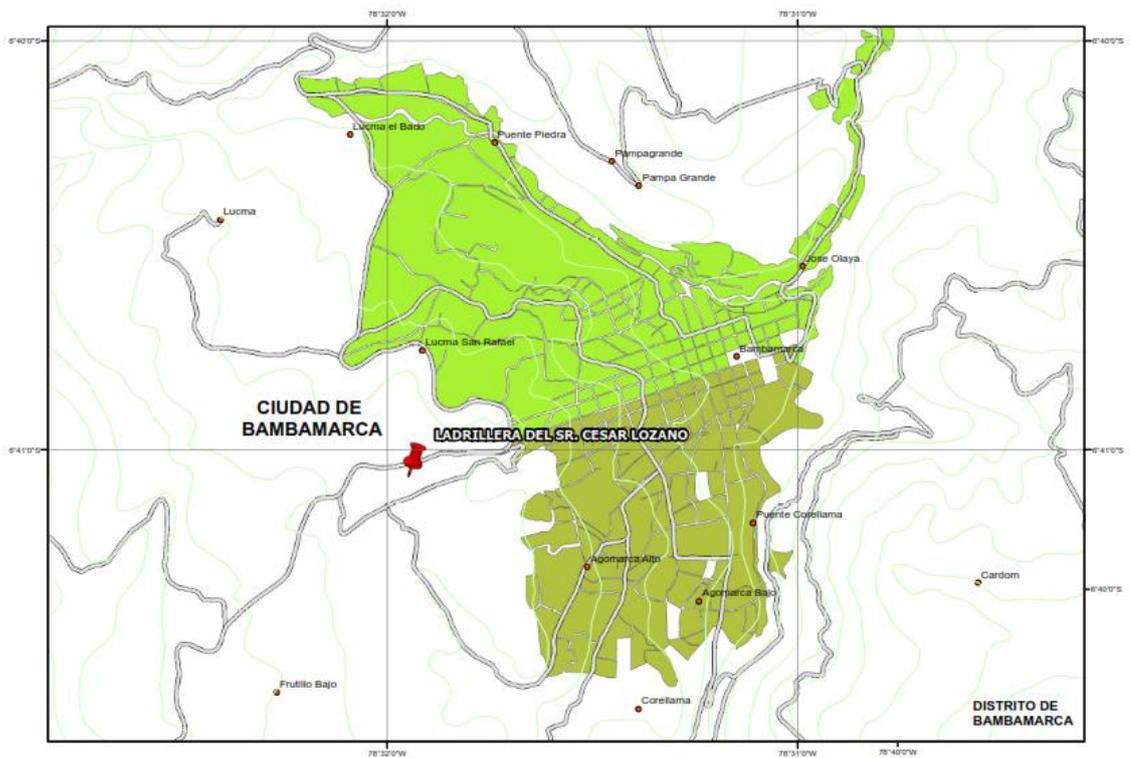


Figura 23.

Ubicación de la ladrillera en el centro poblado El Frutillo



4.2. Unidad de análisis, población y muestra

4.2.1. Población

Todas las unidades de albañilería artesanales elaboradas a base de arcilla del centro poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca y sedimentos de relaves mineros de Golf Fields Río Culquirumi del distrito de Hualgayoc.

Figura 24.

Centro poblado El Frutillo, Bambamarca, Hualgayoc

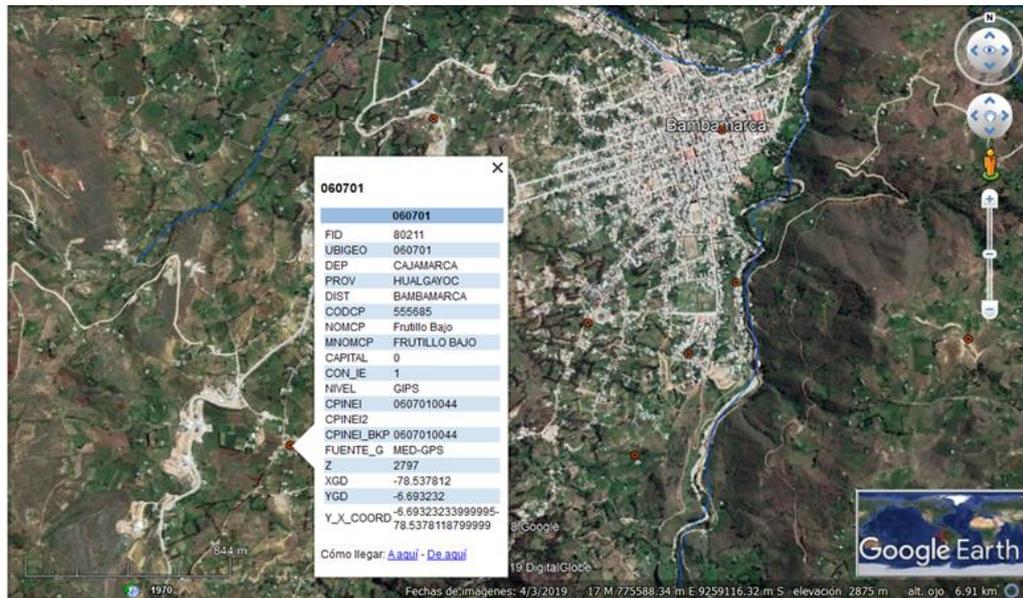


Figura 25.

Mina Golf Fields, cerro Corona, Hualgayoc

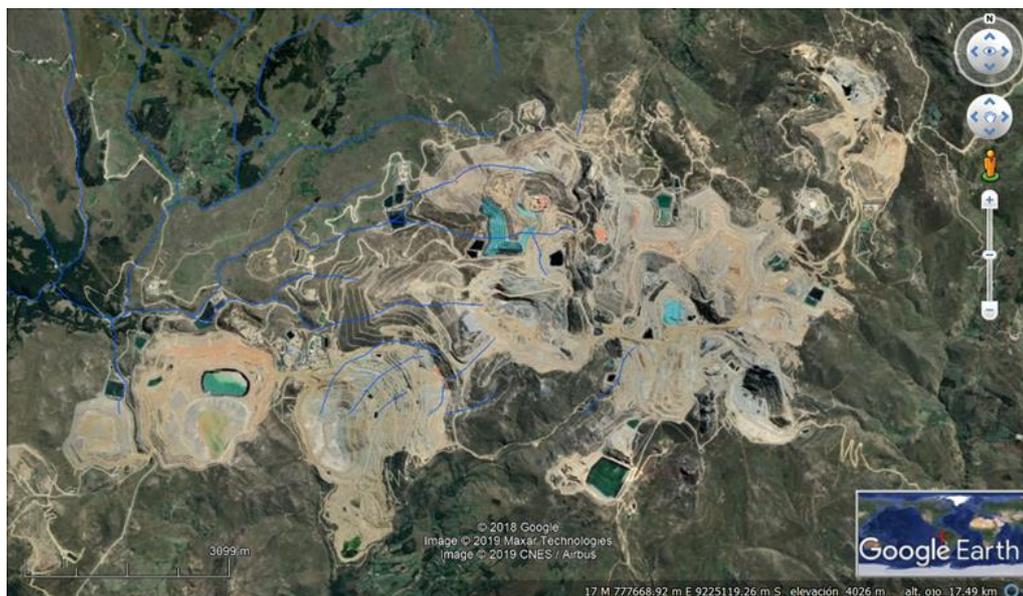


Figura 26.

Ladrillera del Sr. Cesar Lozano en el centro poblado El Frutillo



Nota: (Google earth, 2021).

Figura 27.

Sedimentos de relaves mineros de Golf Fields Río Culquirumi



Nota: (Google earth, 2021).

4.2.2. Muestra

La muestra probabilística se determinó en el software Minitab 19, a partir de un diseño de bloques completamente al azar, con cinco repeticiones, cinco bloques incluido la muestra patrón (0, 5, 25, 50 y 75% de sedimentos de relaves mineros) y seis tipos de ensayos, dando un total de 150 unidades de albañilería de 125 x 220 x 70 mm, elaboradas a base de arcilla de la cantera de la ladrillera del Sr. Cesar Lozano ubicada en el centro poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca y sedimentos de relaves mineros de Golf Fields Río Culquirumi del distrito de Hualgayoc, en porcentajes de remplazo del 0, 5, 25, 50 y 75% respecto al peso del suelo seco.

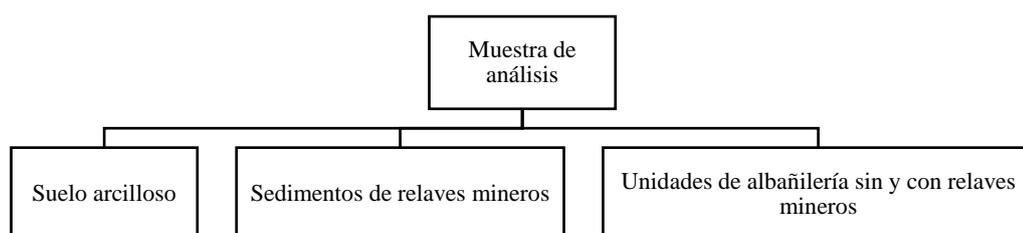
Tabla 10.

Resumen del diseño de bloques completamente al azar en Minitab 19

Factores:	2	Réplicas:	5
Corridas base:	30	Total, de corridas:	150
Bloques base:	1	Total, de bloques:	1

Figura 28.

Muestra de análisis

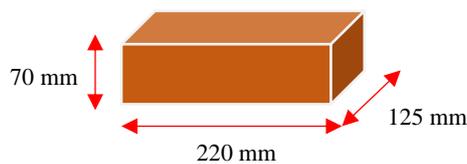


Para definir las características físicas de las arcillas, tales como: peso específico, absorción, límites de consistencia y análisis granulométrico, se ha extraído material arcilloso de la ladrillera El Frutillo en el centro poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca.

Para definir las características físico-químicas de los sedimentos de relaves mineros, se recolectaron muestras utilizando un muestreador mecánico de pistón fijo de 76 mm. Según los resultados de pH y caracterización mineralógica para definir el porcentaje de hierro, cobre, plata, zinc y cianuro en la muestra, los sedimentos de relaves mineros, son la mezcla del suelo del río Culquirumi con el material mineralógico expulsado del relave minero de la Mina Golf Fields en un punto autorizado, siendo así los porcentajes de minerales en la muestra son mínimos por lo que se planteó no realizar el encampusalimiento adicionando cal, no obstante se sugiere que en futuros estudios planteen esta micro cristalización para asegurar la certificación ambiental.

Figura 29.

Dimensiones de la unidad de albañilería elaborada a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros



Una vez definidas las peculiaridades de la arcilla y el sedimento de relaves mineros, se ha planteado la dosificación base para la producción de ladrillo:

$$\text{Dosificación base} = X\% + Y\% + \text{agua} \dots \dots \dots (20)$$

En la Ecuación 20, se describe los componentes para la producción de ladrillo según las especificaciones de la investigación.

Donde:

- $X + Y = 100\%$
- $X = \text{arcilla}$
- $Y = \text{sedimentos de relaves mineros}$

El diseño base se ha planteado según la dosificación que se emplea en la ladrillera el Frutillo para elaborar unidades de albañilería. Esta dosificación ha servido para elaborar 150 unidades de albañilería, tal como se describen:

Tabla 11.

Número de ladrillos para ensayos en unidades de albañilería

Ensayos a las unidades de albañilería	Sustitución de sedimentos de relaves mineros por arcilla					Total
	0%	5%	25%	50%	75%	
	Variación dimensional	5	5	5	5	
Alabeo	5	5	5	5	5	25
Eflorescencia	5	5	5	5	5	25
Resistencia a compresión	5	5	5	5	5	25
Peso específico	5	5	5	5	5	25
Absorción	5	5	5	5	5	25
Total	30	30	30	30	30	150

Según los valores en unidad se ha definido una dosificación óptima de arcilla + sedimentos de relaves mineros, la cual ha sido utilizada para elaborar unidades de albañilería que fueron ensayadas a compresión axial en pilas y a corte diagonal en muretes, tal como se observa en la tabla:

Tabla 12.

Número de ensayos en pila y murete de las unidades de albañilería

Ensayos	Número de ensayos en albañilería		Total
	Unidades sin relaves mineros	Dosificación arcilla + relaves mineros	
Pila	3 pilas	3 pilas	6 pilas
Murete	3 muretes	3 muretes	6 muretes

4.2.3. Unidad de análisis

El ladrillo artesanal elaborado de arcilla de la cantera de la ladrillera El Frutillo, centro poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca, sin y con incorporación de sedimentos de relaves mineros expulsados por la mina Gloc Fields al río Culquirumi del distrito de Hualgayoc.

4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación

4.3.1. Tipo de investigación

El enfoque es cuantitativo, “se identifica con el número, lo positivo, lo hipotético-deductivo, lo particular, lo objetivo, la búsqueda de resultados generalizables, lo confiable y lo válido” (Hernández, et al., 2014).

- Según la finalidad la investigación es aplicada, porque busca la aplicación de teorías para la creación de nuevo conocimiento.
- Según el contexto donde sucede es de laboratorio y campo, debido a que se recolectaron muestras en campo y serán ensayados en laboratorio.
- Según sus objetivos es descriptiva, debido a que los resultados han sido descritos e interpretados.
- Según el control de diseño de la prueba es experimental, debido a que se ha incorporado sedimentos de relaves mineros como remplazo de la arcilla en diversos porcentajes para elaborar ladrillos que cumplan con las exigencias de la norma E.070 “Albañilería”.
- Según la temporalidad es transversal, se ha realizado en un tiempo definido por el cronograma de investigación.

Tabla 13.

Tipo de investigación según los principales criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Descriptiva, correlacional
Fuente de datos	Primaria
Control de diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Laboratorio, campo
Intervención disciplinaria	Multidisciplinaria

4.3.2. *Diseño de investigación*

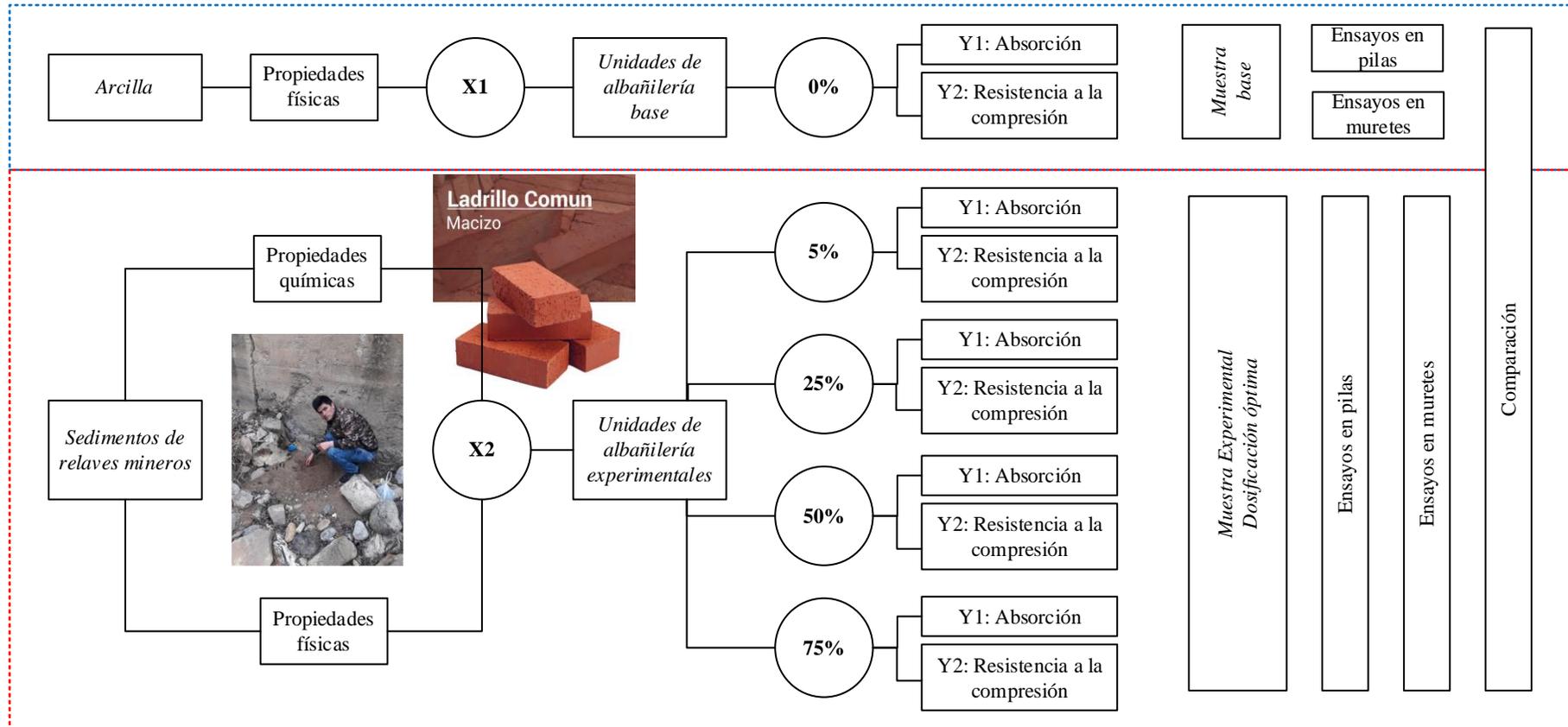
El diseño de investigación es experimental factorial, porque se experimenta con variables tanto independientes como dependientes, en el caso del estudio las variables independientes fueron la arcilla (X1) y los sedimentos de relaves mineros (X2) que sirvieron como material de remplazo de la materia prima arcillosa en porcentajes de 0, 5, 25, 50 y 75% del peso del suelo seco, para elaborar unidades de albañilería (variable dependiente) que fueron analizadas principalmente a absorción (Y1) y compresión (Y2) a fin de verificar que cumplan con los estándares de calidad de la norma E.070 “Albañilería”.

VD	VI	X ₁	X ₂	Total	
Y ₁					
Y ₂				(21)
Total					

En la ecuación 21, se muestra el diseño de contrastación de un diseño factorial donde se presentan las variables independientes (VI) y como estas influyen en las variables dependientes (VD).

Figura 30.

Diseño de investigación experimental factorial



4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Técnicas

Observación. Método de recojo de información que está dado por la exploración metódica, admitida y confiable de procederes y escenarios visibles, a través de un contiguo de condiciones y subcategorías.

Ensayos de laboratorio. Son los ensayos que caracterizan a las materias primas (arcilla y sedimentos de relaves mineros) y a las unidades de albañilería elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros.

- Ensayos físico-químicos en los sedimentos de relaves mineros
- Ensayos físicos en las arcillas
- Ensayos físicos, químicos y mecánicos en los ladrillos
- Ensayos en pila y murete en los ladrillos

Análisis técnico de unidades de albañilería. Establece el contraste de resultados de carácter técnico de los ladrillos convencionales con las unidades de albañilería elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros, para comprobar su desempeño con la norma E.070 “Albañilería”.

4.4.2. Instrumentos

Fotografías. Muestra todos los procedimientos realizados en el estudio para lograr cumplir los objetivos propuestos.

Formatos de ensayos de laboratorio. Son los medios que muestran los resultados de los ensayos físico-químicos a los sedimentos de relaves mineros, ensayos físicos a las arcillas, ensayos físico-mecánicos a las unidades de albañilería y ensayos en albañilería, tales como, pilas y muretes de los ladrillos. pH a los sedimentos de relaves mineros.

- Ensayos químicos en sedimentos de relaves mineros: Caracterización mineralógica y pH.
- Ensayos físicos en sedimentos de relaves mineros: Absorción, peso específico, peso unitario y granulometría.
- Ensayos físicos en arcilla: Peso específico, peso unitario, granulometría de la arcilla, límite líquido y límite plástico.
- Ensayos físicos en unidades de albañilería: Variación dimensional, alabeo y absorción.
- Ensayos químicos en unidades de albañilería: Eflorescencia
- Ensayos mecánicos en unidades de albañilería: Firmeza a compresión.
- Ensayo en pilas de ladrillos y muretes de ladrillos

Matriz de análisis. Es el resumen de las características de los ladrillos para compararlo con la norma E.070 “Albañilería”.

Tabla 14.

Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de cada variable

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
VI Arcilla y sedimentos de relaves mineros	Datos de campo en Hualgayoc	Observación	Fotografías
	NTP	Ensayos de laboratorio	Formatos de ensayo
VD Ladrillo artesanal	NTP	Ensayos de laboratorio	Formatos de ensayo
	Informe de laboratorio GSE	Análisis	Matriz de análisis

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

4.5.1. Recolección de información

4.5.1.1. Recolección de sedimentos de relaves mineros

Los sedimentos de relaves mineros son desechos de la desintegración de los minerales que tras una serie de tratamientos son evacuados a la naturaleza por la mina Golf Fields la cima S.A. en un punto autorizado hacia el río Culquirumi. En otras palabras, el material que ha sido utilizado como materia prima para la elaboración de ladrillos está integrado por la mezcla del material descargado por el relave minero con el suelo de la ribera del río Culquirumi. Para la recolección de esta mezcla se ha seguido el procedimiento descrito por (Lazo, 2019):

- Recopilación de información de la ubicación del área de muestreo.
- El encargado de muestrear debe tener el equipo de protección personal mínimo, conformado por: Casco, chaleco, zapatos, guantes y mascarilla.
- Se utiliza un muestreador mecánico de pistón fijo de 76 mm para recolectar las muestras, que serán enviadas a laboratorio.
- Luego de realizar los ensayos físicos y químicos, para definir la cantidad de minerales de la muestra y verificando que cumplen con los estándares del decreto supremo N° 010-2010-MINAM, se puede proceder a su recolección para la elaboración de unidades de albañilería.
- Para recolectar sedimentos para la elaboración de ladrillos, se utiliza una palana, y se llena los sacos necesarios.

4.5.1.2. Recolección de arcilla

La cantera El Frutillo, actualmente está en extracción, por tanto, se muestreo el material del perfil.

- Se recogieron muestras de arcilla con un muestreador mecánico para los respectivos ensayos de laboratorio.
- Para recolectar la arcilla para la elaboración de ladrillo, se utilizó una palana, y se trasladaron por medio de una carretilla hacia el área de elaboración.

4.5.1.3. Caracterización mineralógica de los sedimentos de relaves mineros

Los sedimentos de relaves mineros se caracterizaron mineralógicamente para definir el porcentaje de minerales que se encuentran en su matriz, Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de análisis químico Lezama E.I.R.L. Hasta este laboratorio se trasladaron las muestras en bolsas impermeables y protegidas. Se verificó la presencia en mínimas cantidades de hierro, cobre, plata, zinc y cianuro.

4.5.1.4. Granulometría

Para determinar la granulometría del suelo se ha seguido el procedimiento de la NTP 339.128 (INACAL, 2019):

- Secar y pesar la muestra.
- Pasar la muestra por tamices ordenados de mayor a menor.
- Pesar la cantidad retenida en cada tamiz.
- Dibujar la curva granulométrica.

4.5.1.5. Peso específico y absorción

Se aplica la NTP 400.022 (INACAL, 2021).

- Obtener 1000 g de agregado fino.
- Secar la muestra, dejar enfriar y pesar.
- Se cubre la muestra en agua por 24 h.
- Se decanta el exceso de agua y se pesa.
- Se expone la muestra al aire para el secado uniforme y se pesa.

4.5.1.6. Peso Unitario

Se aplica la NTP 400.017 (INACAL, 2020).

- Pesar y medir los moldes.
- Echar el agregado al piso y mezclar con la pala.
- Poner el agregado en el molde con una caída libre de 5 cm, hasta colmar el molde para peso unitario suelto.
- Poner el agregado en tres capas de 1/3, las cuales se chusean con una varilla 25 veces. El molde debe estar completamente lleno.
- Se enrasa con la varilla y se pesa. El procedimiento se hace tres veces.

4.5.1.7. Límites de consistencia

Se aplica la NTP 339.129 (INACAL, 2019).

- Separar una porción de la muestra de suelo que pase la malla N° 40.
- Colocar agua hasta formar una mezcla homogénea con el suelo que pasa la malla N° 40, dejar por un día.
- Colocar la muestra en la copa Casa grande, y dividir a la mitad con el ranurador.
- Dar golpes con la manivela hasta que la muestra se una.
- Sacar la porción que se une en una tara, pesar, llevar al horno y volver a pesar. El ensayo se repite tres veces para determinar el límite líquido.
- Con el suelo elaborado para el ensayo de LL se forman rollitos de 3 mm.
- Cuando estos muestran fisuras se colocan en una tara, se pesan, se llevan al horno y se vuelven a pesar. El ensayo se repite dos veces para terminar el límite plástico.

4.5.1.8. Elaboración de ladrillos

Se siguieron los siguientes pasos:

- Se utilizó equipo de protección personal para la elaboración de las unidades de albañilería, tales elementos consistieron en el uso de guantes, mascarilla, careta facial, y un mameluco impermeabilizante.
- Se pesaron las materias primas, sedimentos de relaves mineros y arcilla, para definir la cantidad a utilizar de cada una, considerando los porcentajes de remplazo parcial de 5%, 25%, 50% y 75% respecto al peso del suelo seco.
- Se mezcla la arcilla + sedimentos de relaves mineros con agua para formar una masa homogénea, de acuerdo a la experiencia empírica.
- Se deposita esta mezcla en los moldes y se deja secar al aire libre.
- Una vez secas las unidades de albañilería pasan por cocción en el horno.
- Se dejan enfriar las unidades de albañilería y se almacenan.

4.5.1.9. Variación dimensional de los ladrillos

- Se mide el largo.
- Se mide el ancho.
- Se mide la elevación de la unidad de albañilería.

4.5.1.10. Alabeo

- Se mide la concavidad de la unidad de albañilería.
- Se mide la convexidad de la unidad de albañilería.

4.5.1.11. Absorción

- Se sumerge a las unidades de albañilería en agua por 24 horas
- Se pesa el ladrillo antes y después de ser sumergido.

4.5.1.12. Eflorescencia en unidades de albañilería

Para determinar la eflorescencia se aplica la NTP 399.613 (INACAL, 2018).

- Se ensayan de seis a diez especímenes separados en dos grupos iguales.

- Se colocan los especímenes de canto dentro de una bandeja con intervalos no menores de 5 cm.
- Se llevan ambas series de especímenes en sus respectivas bandejas a la cámara de humedad por 7 días.
- Se retiran ambos recipientes y se dejan secar en el horno durante 24 h.
- Se observa si hay una capa blanca en la unidad de albañilería.

4.5.1.13. Resistencia a la compresión en ladrillos

Para todos los ensayos en unidades de albañilería se sigue el modo descrito en la NTP 399.613 (INACAL, 2018).

- Se determina el área del ladrillo.
- Se coloca la unidad de albañilería en la máquina de compresión.
- Se aplica cargas hasta su ruptura.

4.5.1.14. Ensayo en pilas de ladrillos

Para los ensayos de compresión axial en pilas de unidades de albañilería se aplica la NTP 399.605 (INACAL, 2018).

- Se elabora el mortero cemento: arena según norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021).
- Se construye cada prisma en una superficie plana y nivelada, donde permanecerán sin perturbaciones hasta su edad de ensayo.
- A los 21 días, se ensayan en la máquina de compresión.
- Se aplica carga a los prismas hasta que estos presenten rasgos de ruptura.

4.5.1.15. Ensayo en muretes de ladrillos

Para los ensayos de compresión diagonal en muretes de ladrillos se aplica la NTP 399.621 (INACAL, 2015)

- Se elabora el mortero cemento: arena según la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021).
- Se construye cada murete en una superficie plana y nivelada, donde permanecerán sin perturbaciones hasta su edad de ensayo.
- A los 21 días, se ensayan en la máquina de compresión diagonal.
- Se aplica carga a los prismas hasta que estos presenten rasgos de ruptura.

4.5.2. *Procesamiento de información*

El procesamiento de la información se ha realizado utilizando los programas computacionales:

ArcGIS 10.5. Ha servido para elaborar los mapas de ubicación de las áreas de recolección de materias primas (arcilla y sedimentos de relaves mineros).

Microsoft Excel 2016. Se ha utilizado para procesar los resultados de los ensayos de laboratorio a las materias primas y a los sedimentos de relaves mineros.

Minitab 19. Se ha utilizado para realizar el análisis estadístico de los resultados.

4.5.3. *Análisis de información*

Para el análisis de la información se ha aplicado el análisis estadístico ANOVA para un modelo de regresión lineal a fin de aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0), según el resultado del p-value respecto al nivel de significancia (0.05).

4.6. *Matriz de consistencia metodológica*

Se muestra en el Anexo N° 1.

CAPÍTULO V.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. Propiedades físico-químicas de las materias primas

El suelo de la cantera del Sr. Cesar Lozano, ubicada en el centro poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca, se clasifica según la gradación (suelo fue retenido mayormente en los tamices 1", ½", N° 20 y N° 40), y los límites de consistencia (LL es 63% e IP 40.75%), como arcilla de alta plasticidad con arena. Los sedimentos de relaves mineros (mezcla de material expulsados por la mina "Golf Fields en un punto autorizado al "río Culquirumi" y suelo de la ribera del mismo) según su gradación tienen porcentajes retenidos mayores en los tamices N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200, así mismo presentan LL de 26% e IP de 7.85, clasificándose según SUCS como arcilla de baja plasticidad con arena.

Tabla 15.

Gradación del suelo de "El Frutillo"

Tamaño de tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	143.97	143.97	14.40%	14.40%	85.60%
1/2"	12.5	205.97	349.95	20.60%	34.99%	65.01%
3/8"	9.5	57.87	407.82	5.79%	40.78%	59.22%
N° 4	4.75	29.07	436.89	2.91%	43.69%	56.31%
N° 10	2	109.27	546.17	10.93%	54.62%	45.38%
N° 20	0.85	161.17	707.34	16.12%	70.73%	29.27%
N° 40	0.425	147.97	855.32	14.80%	85.53%	14.47%
N° 60	0.25	81.96	937.28	8.20%	93.73%	6.27%
N° 100	0.15	45.87	983.15	4.59%	98.32%	1.68%
N° 200	0.075	10.17	993.33	1.02%	99.33%	0.67%
Cazoleta		6.67	1000	0.67%	100.00%	
Total		1000		100.00%		

Tabla 16.

Gradación de los sedimentos de relaves mineros

Tamaño de tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75	0	0	0.00%	0.00%	100%
2"	50	0	0	0.00%	0.00%	100%
1"	25	0	0	0.00%	0.00%	100%
1/2"	12.5	25.97	25.97	2.60%	2.60%	97.40%
3/8"	9.5	18.57	44.54	1.86%	4.45%	95.55%
N° 4	4.75	29.77	74.31	2.98%	7.43%	92.57%
N° 10	2	58.37	132.68	5.84%	13.27%	86.73%
N° 20	0.85	74.47	207.15	7.45%	20.72%	79.29%
N° 40	0.425	190.57	397.72	19.06%	39.77%	60.23%
N° 60	0.25	243.37	641.09	24.34%	64.11%	35.89%
N° 100	0.15	219.57	860.66	21.96%	86.07%	13.93%
N° 200	0.075	127.37	988.03	12.74%	98.80%	1.20%
Cazoleta		11.97	1000	1.20%	100.00%	0.00%
Total		1000		100.00%		

Figura 31.

Curva de plasticidad de las materias primas: arcilla y sedimentos de relaves mineros

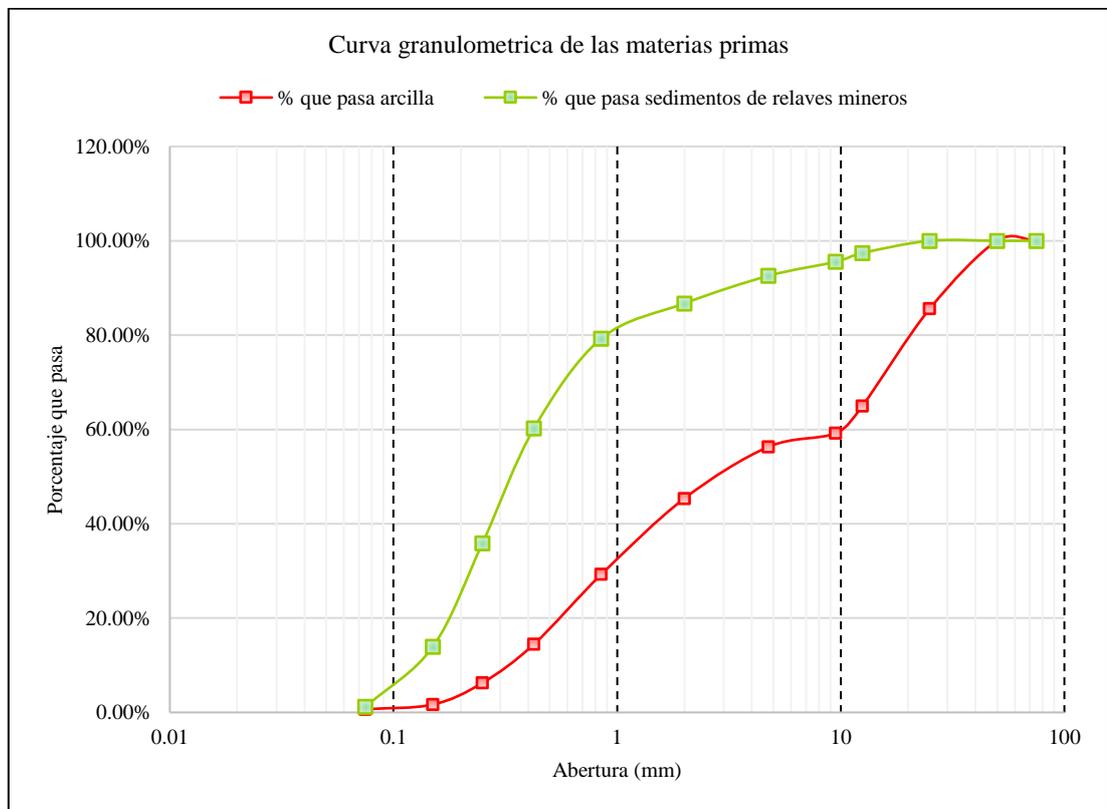


Figura 32.

Curva de fluidez del suelo de "El Frutillo"

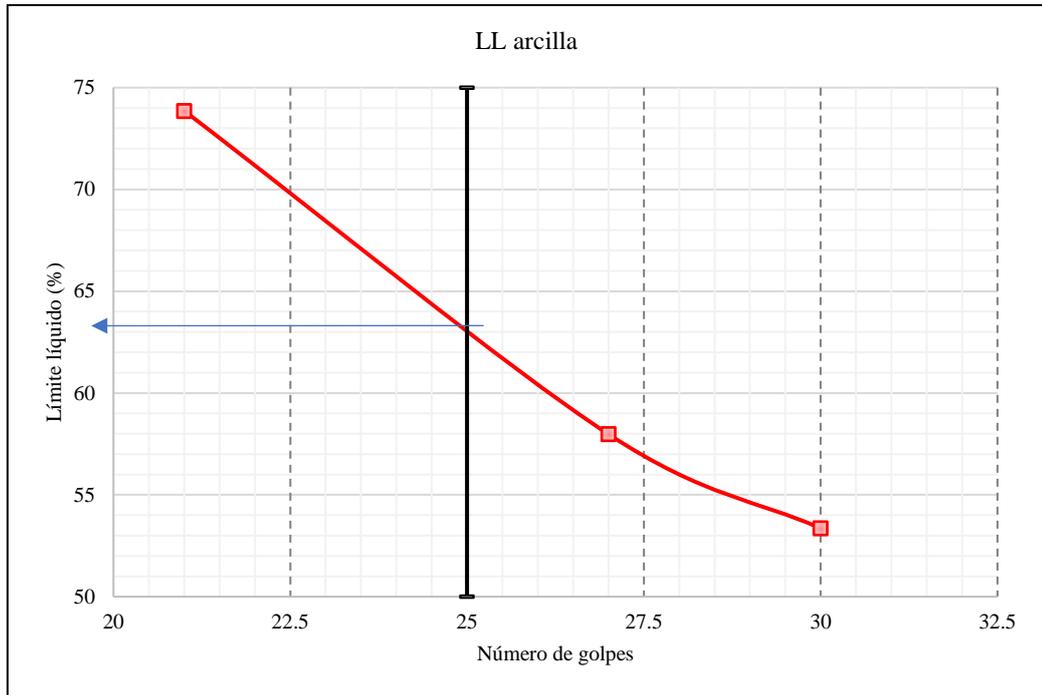


Figura 33.

Curva de fluidez de los sedimentos de relaves mineros

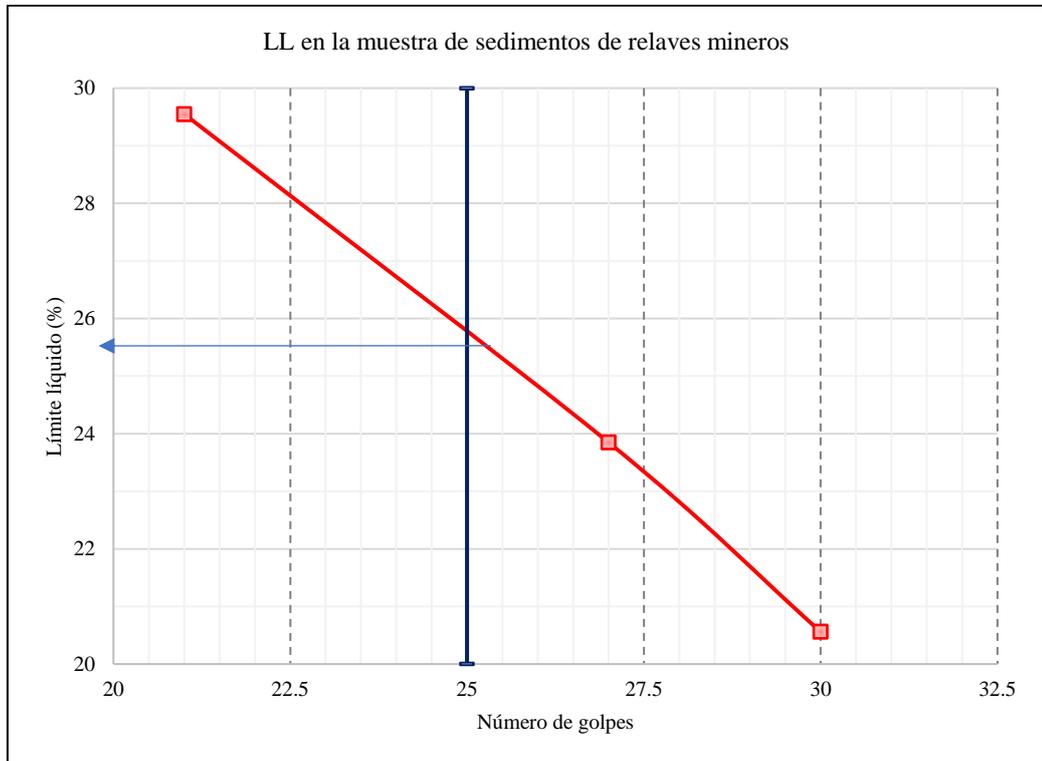


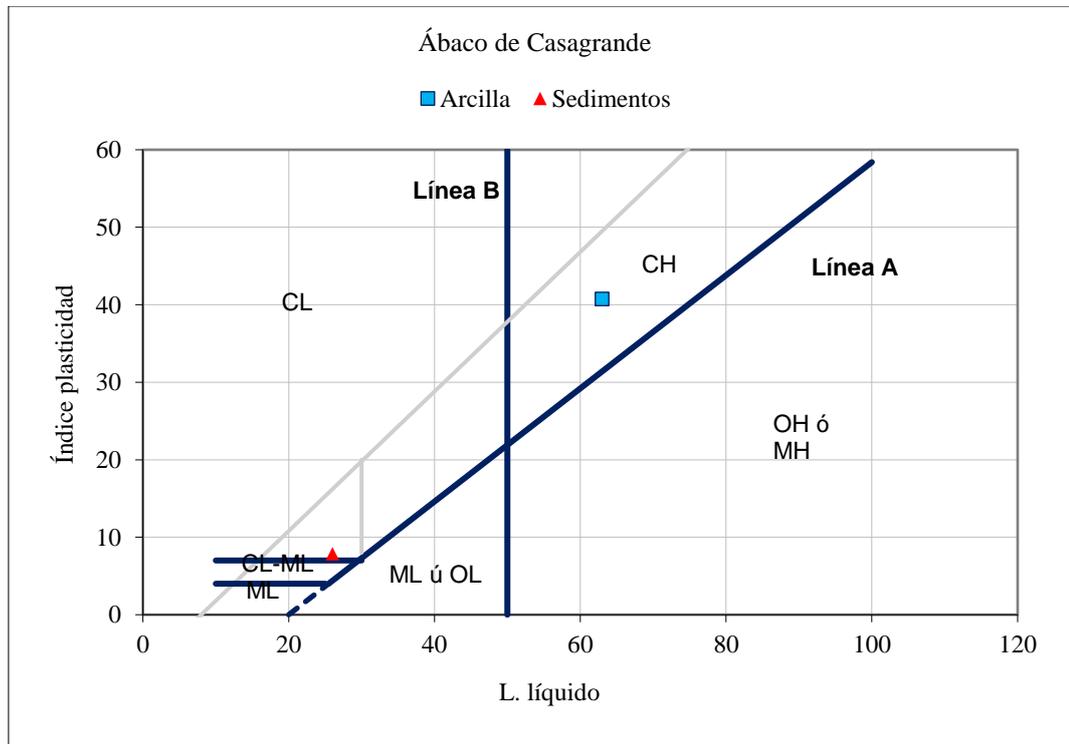
Tabla 17.

Límites de consistencia de las materias primas: arcilla y sedimentos de relaves mineros

Límites de consistencia	Arcilla	Sedimentos de relaves mineros
LL	63.00	26.00
LP	22.25	18.15
IP	40.75	7.85

Figura 34.

Ábaco de Casagrande para las materias primas: arcilla y sedimentos de relaves mineros



El suelo arcilloso de “El Frutillo” presenta peso específico de masa similar al de los sedimentos de relaves mineros con valores respectivos de 2.417 g/cm³ y 2.500 g/cm³, siendo la diferencia porcentual de 3.43%, en cambio el porcentaje de absorción de los sedimentos de relaves mineros expulsados por “la mina Golf Fields + suelo del río Culquirumi” es mayor que el del suelo arcilloso con valores respectivos de 5.263% y 3.448%, esto representa que el agregado sustituto absorbe mayor cantidad de agua dentro de la mezcla para la fabricación de

ladrillos. El peso unitario suelto y compactado de los sedimentos de relaves mineros representa el 102.66% y 103.62% del peso unitario del suelo arcilloso, mismo que tiene 1318.46 kg/m³ de peso unitario suelto y 1494.43 kg/m³ de peso unitario compactado. Las tablas y figuras que validan los resultados del peso específico, absorción y peso unitario de las materias primas, se muestran:

Figura 35.

Peso específico y absorción de las materias primas

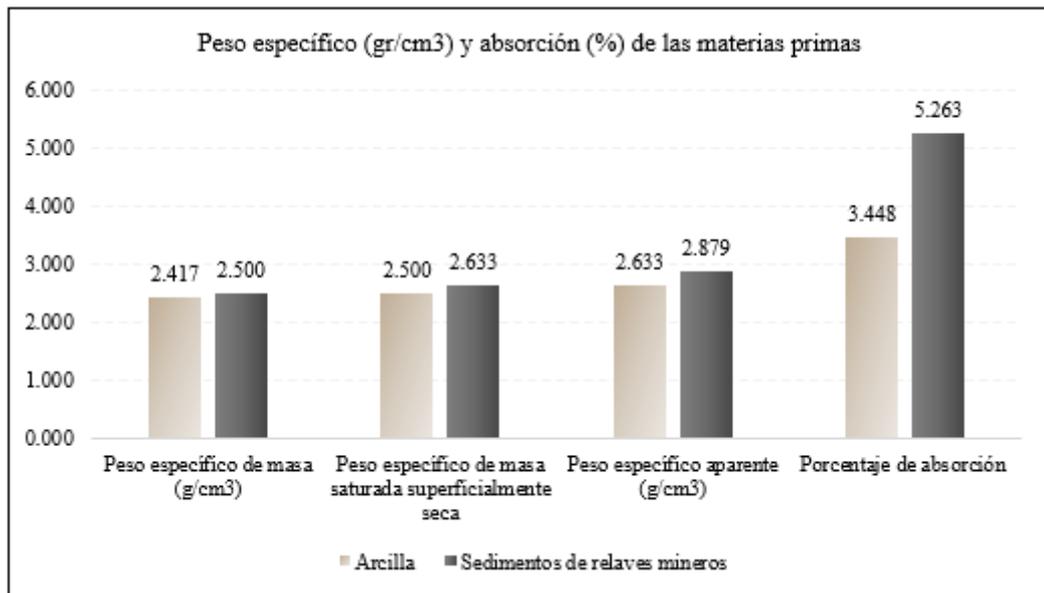


Figura 36.

Peso unitario suelto y compactado de las materias primas

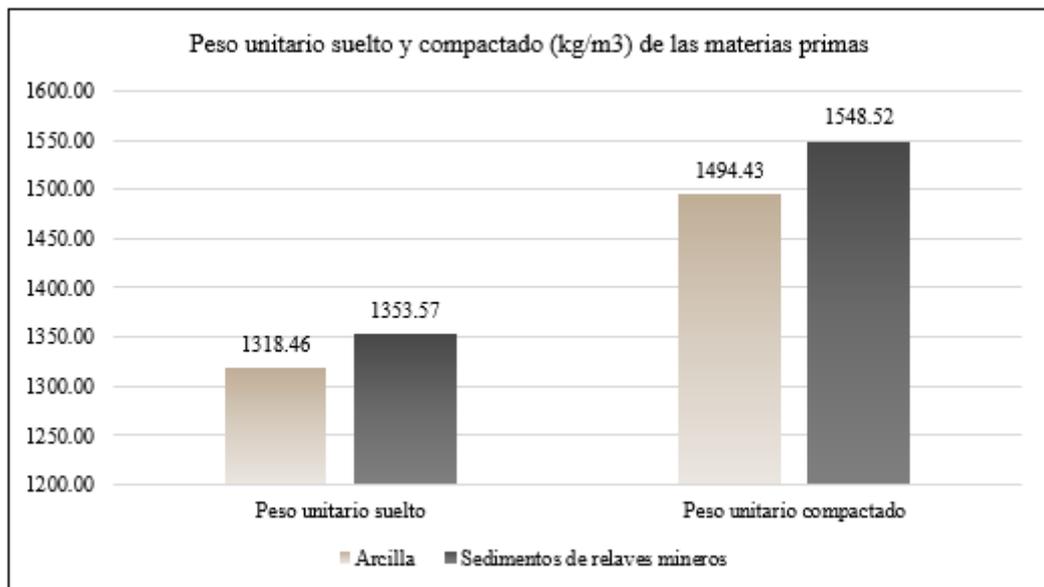


Tabla 18.*Peso específico y absorción de las materias primas*

Peso específico y absorción	Arcilla	Sedimentos de relaves mineros
Peso específico de masa (g/cm ³)	2.417	2.500
Peso específico de masa saturada superficialmente seca	2.500	2.633
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.633	2.879
Porcentaje de absorción	3.448	5.263

Tabla 19.*Peso unitario suelto y compactado de las materias primas*

Peso unitario suelto y compactado (kg/m³)	Arcilla	Sedimentos de relaves mineros
Peso unitario suelto	1318.46	1353.57
Peso unitario compactado	1494.43	1548.52

Los sedimentos de relaves mineros según su caracterización química tienen porcentajes bajos de metales como hierro, cobre, plata, zinc y cianuro, estos elementos presentes en la muestra se encuentran en forma de sales, tales como: CuSO₄, 5H₂O, FeSO₄, 7H₂O, ZnSO₄, etc., estos minerales están encapsulados dentro del suelo residual de los relaves mineros, así mismo presenta un valor pH de 7.78, por tanto, se clasifica como neutro alcalino, siendo así en base al decreto supremo N° 010-2010-MINAM, cumple con los LMP, no existe riesgo en la manipulación de los sedimentos de relaves mineros para la fabricación de unidades de albañilería, no obstante, para su aplicación deben pasar por estudios más especializados como la “prueba de hierro” ensayo que define la cantidad de mercurio y arsénico en la muestra (sustancias tóxicas), finalmente se recalca que según el ensayo de caracterización química preliminar la muestra del sedimento (suelo del río Culquirumi más material expulsado por la mina Golf Fields) solo tiene minerales de hierro, cobre, plata, zinc y cianuro en mínimos cantidades.

Tabla 20.

Propiedades químicas de los sedimentos de relaves mineros

Determinación	Unidades	Resultados	LMP Decreto supremo N° 010-2010-MINAM
pH	Unidad pH	7.78	6-9
Hierro (Fe 2+)	%	0.63	2.00
Cobre (Cu +)	%	0.04	0.50
Plata (Ag+)	%	0.01	0.20
Zinc (Zn 2+)	%	0.032	1.50
Cianuro (CN-)	%	0.017	1.00

Figura 37.

Caracterización mineralógica de los sedimentos de relaves mineros

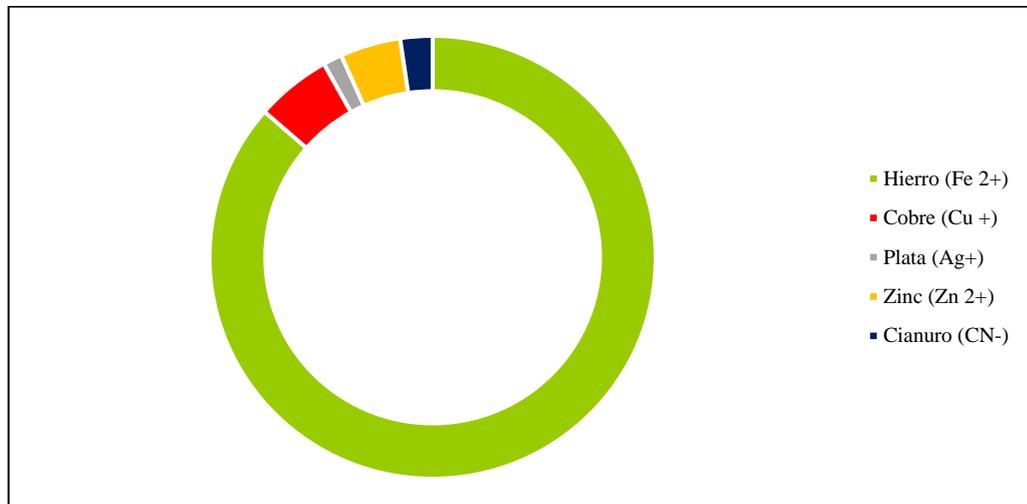
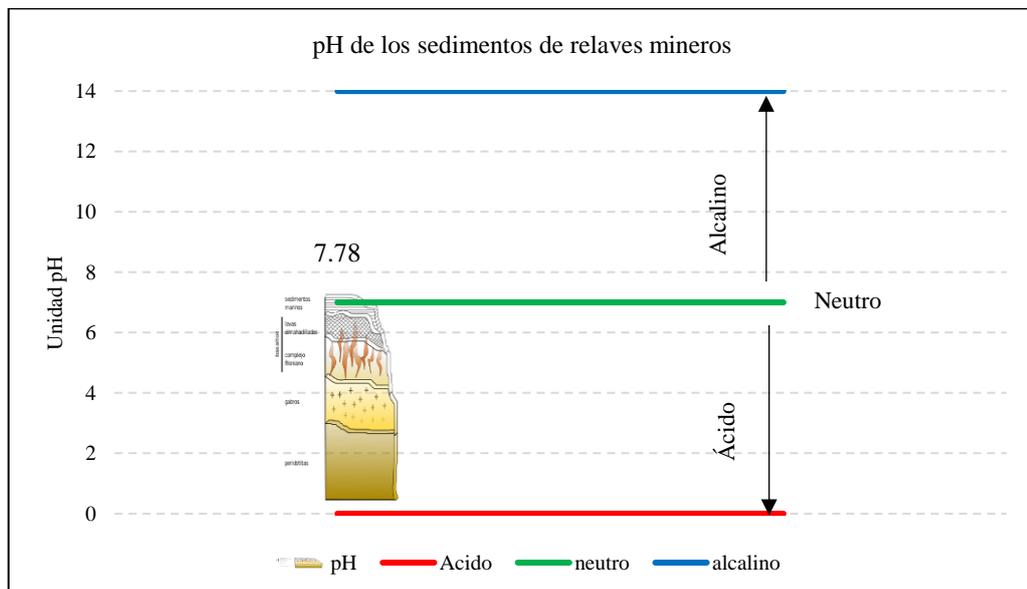


Figura 38.

pH de los sedimentos de relaves mineros



5.1.2. Caracterización del ladrillo

Los ladrillos se elaboraron con arcilla de la cantera del centro poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca, reemplazando parcialmente el mismo en porcentajes de 0, 5, 25, 50 y 75% del peso seco del suelo por sedimentos de relaves mineros (material expulsado por la mina Golf Fields unido con el suelo del río Culquirumi del distrito de Hualgayoc). Se ensayaron a variación dimensional diez unidades de albañilería por cada dosificación, determinando que esta no excede a 1%. Para determinar el alabeo en la superficie y en el borde para concavidad y convexidad, se ensayaron cinco ladrillos por cada dosificación, determinando que el máximo alabeo se da en la superficie, donde los ladrillos con 0, 5, 25, 50 y 75% de sedimentos de relaves mineros tienen como alabeo máximo a 2.00, 2.20, 3.00, 3.00 y 3.00 mm, respectivamente. El peso específico de masa de los ladrillos, representa el peso de la unidad al aire libre sin alterar sus condiciones de humedad, este peso varía según la incorporación de sedimentos de relaves mineros, teniendo valores promedio de 1.650, 1.678, 1.680, 1.617 y 1.589 g/cm³, para ladrillos con 0, 5, 25, 50 y 75% de sedimentos de relaves mineros respectivamente, estos valores cumplen con ser menores a 1.8 g/cm³, por tanto, tienen la denominación de ladrillos. La absorción tiende a disminuir al adicionar porcentajes bajos de sedimentos de relaves mineros, pero al incrementar estos aumenta su filtración de agua, siendo así, los porcentajes de absorción promedio para los ladrillos con 0, 5, 25, 50 y 75% de sedimentos de relaves mineros son 15.02, 13.82, 11.80, 16.60 y 15.82%, así mismo, los ladrillos con sedimentos de relaves mineros no presentan eflorescencia. La resistencia a compresión promedio para ladrillos con 0, 5, 25, 50 y 75% de sedimentos de relaves mineros es 62.00, 65.60, 65.20, 61.40 y 60.40 kg/cm² respectivamente.

Tabla 21.*Variación dimensional de los ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros*

Especimen	Variación dimensional		
	Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)
1	0.12	0.10	0.12
2	0.05	0.05	0.06
3	0.16	0.06	0.05
4	0.12	0.08	0.04
5	0.08	0.09	0.02
6	0.09	0.08	0.03
7	0.06	0.06	0.11
8	0.05	0.05	0.12
9	0.10	0.04	0.14
10	0.08	0.06	0.16
Máximo	0.16	0.10	0.16
Promedio	0.091	0.067	0.085

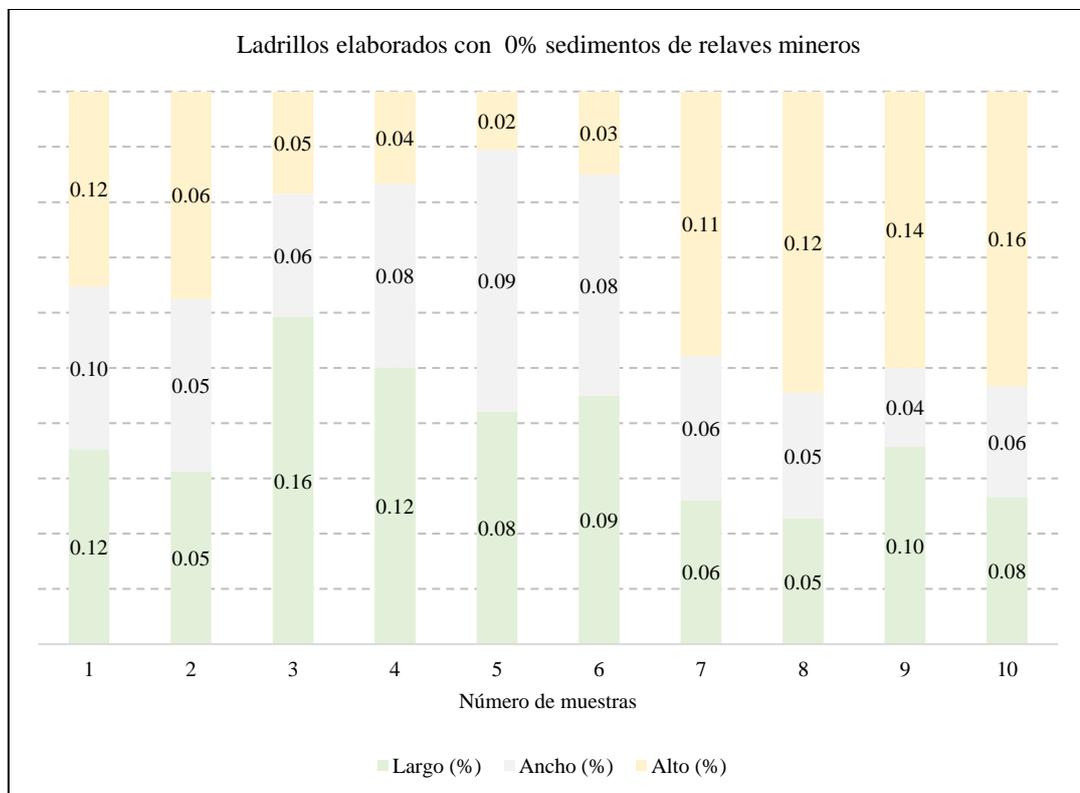
Figura 39.*Variación dimensional de los ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros*

Tabla 22.

Variación dimensional de los ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros

Espécimen	Variación dimensional		
	Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)
1	0.04	0.08	0.05
2	0.05	0.07	0.04
3	0.03	0.06	0.03
4	0.05	0.04	0.02
5	0.06	0.02	0.06
6	0.05	0.06	0.07
7	0.05	0.05	0.08
8	0.04	0.04	0.06
9	0.03	0.03	0.05
10	0.06	0.02	0.08
Máximo	0.06	0.08	0.08
Promedio	0.046	0.047	0.054

Figura 40.

Variación dimensional de los ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros

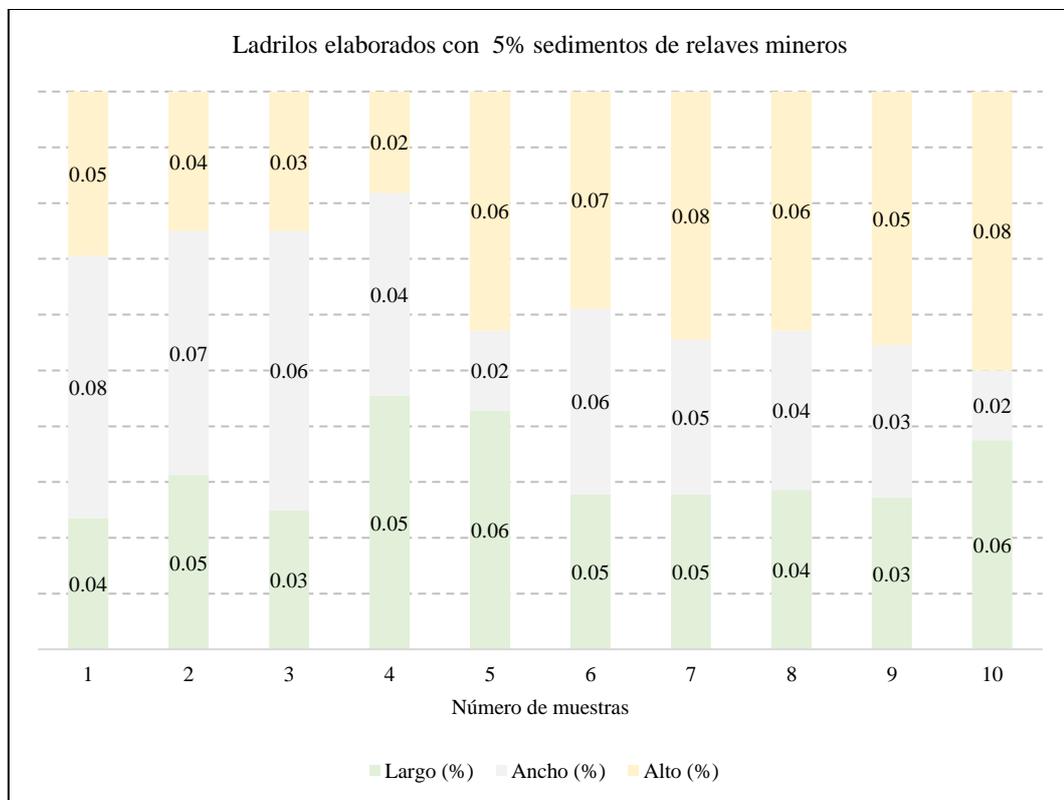


Tabla 23.

Variación dimensional de los ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros

Especimen	Variación dimensional		
	Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)
1	0.08	0.06	0.05
2	0.07	0.07	0.02
3	0.06	0.08	0.02
4	0.07	0.06	0.06
5	0.05	0.05	0.04
6	0.04	0.04	0.05
7	0.03	0.06	0.06
8	0.06	0.05	0.04
9	0.07	0.04	0.02
10	0.06	0.03	0.04
Máximo	0.08	0.08	0.06
Promedio	0.059	0.054	0.04

Figura 41.

Variación dimensional de los ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros

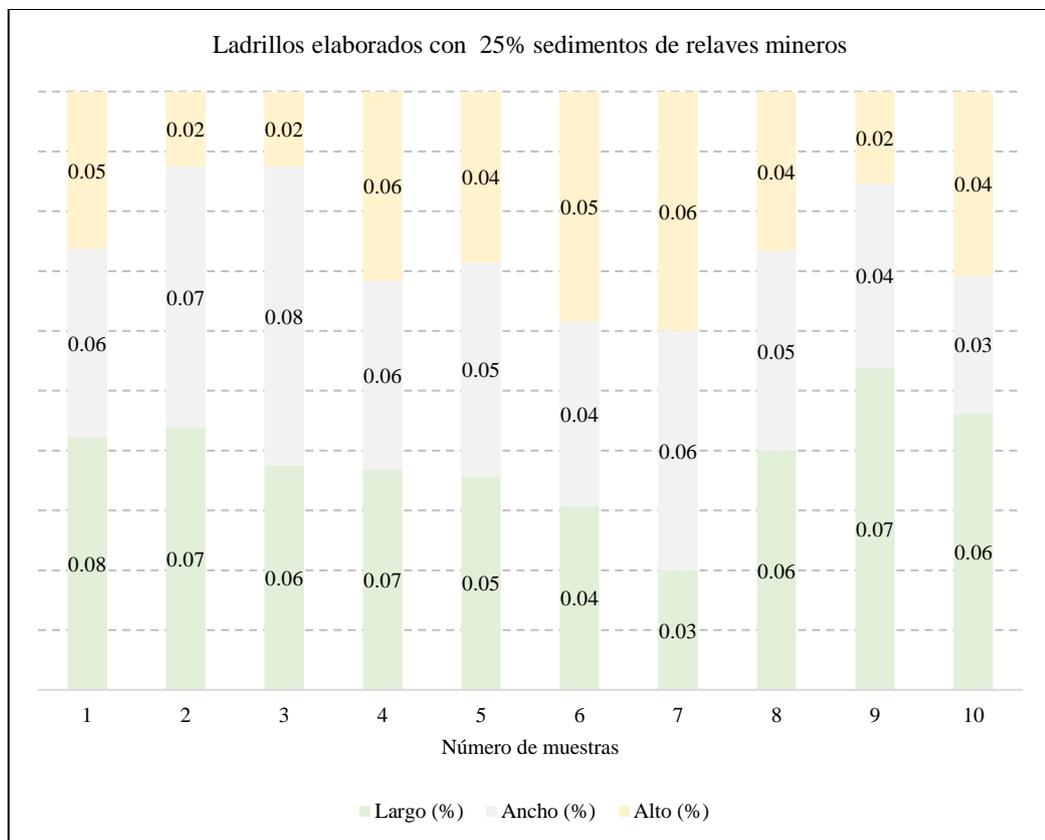


Tabla 24.

Variación dimensional de los ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros

Especimen	Variación dimensional		
	Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)
1	0.06	0.10	0.20
2	0.07	0.10	0.12
3	0.06	0.00	0.11
4	0.08	0.05	0.02
5	0.09	0.03	0.04
6	0.06	0.03	0.04
7	0.04	0.03	0.04
8	0.05	0.03	0.04
9	0.04	0.03	0.04
10	0.03	0.03	0.04
Máximo	0.09	0.10	0.20
Promedio	0.058	0.043	0.069

Figura 42.

Variación dimensional de los ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros

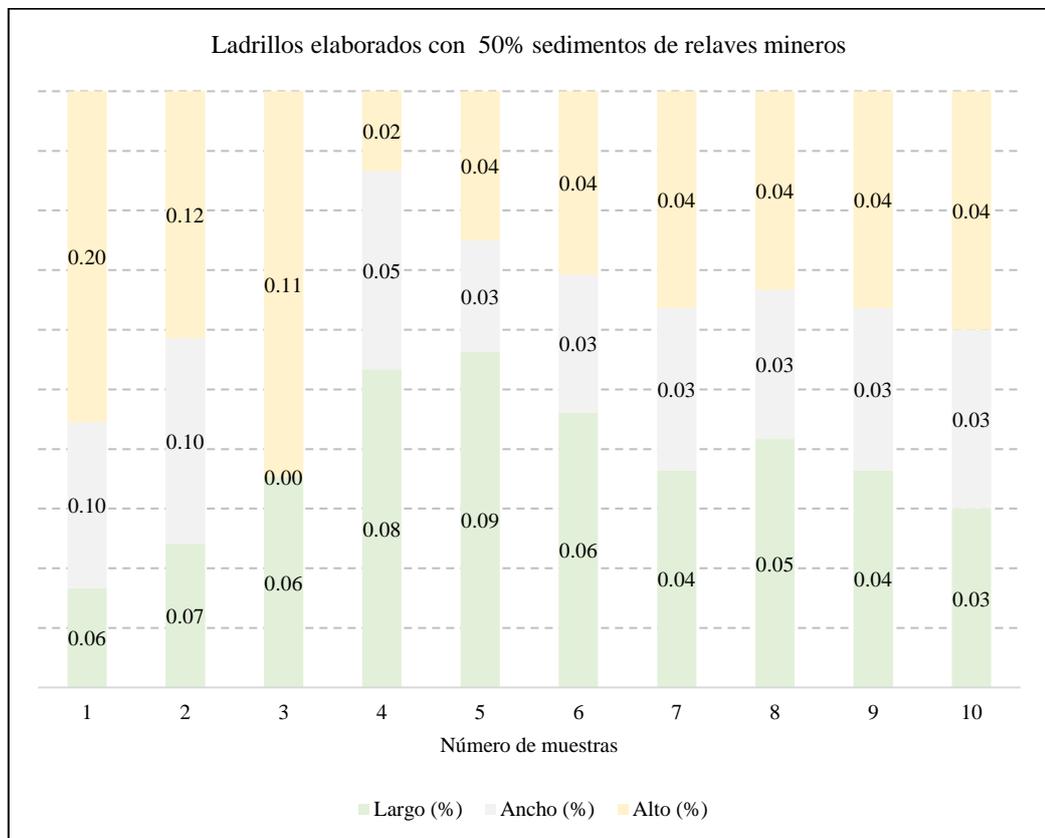


Tabla 25.

Variación dimensional de los ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros

Especimen	Variación dimensional		
	Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)
1	0.12	0.10	0.06
2	0.05	0.10	0.04
3	0.16	0.00	0.06
4	0.06	0.05	0.05
5	0.09	0.03	0.03
6	0.09	0.03	0.08
7	0.09	0.03	0.07
8	0.09	0.03	0.06
9	0.09	0.03	0.04
10	0.09	0.03	0.05
Máximo	0.16	0.10	0.08
Promedio	0.093	0.043	0.054

Figura 43.

Variación dimensional de los ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros

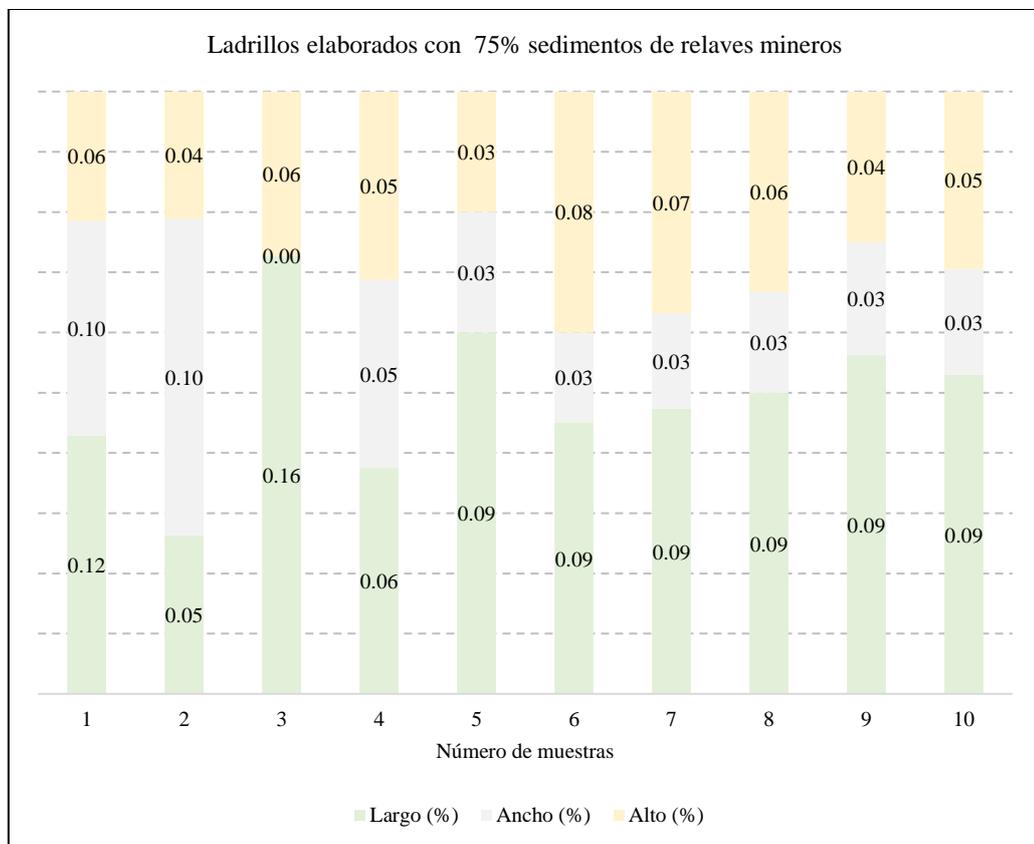


Tabla 26.

Alabeo de ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros

Ladrillos	Alabeo (mm)	0% de sedimentos	
		Superficie (mm)	Borde (mm)
M1	Cóncavo	2.00	1.00
M2		1.10	0.00
M3		1.10	1.00
M4		1.00	0.10
M5		1.00	0.00
M1	Convexo	1.80	1.00
M2		1.30	0.00
M3		1.10	0.90
M4		1.20	0.30
M5		1.20	1.00
Máximo obtenido		2.00	1.00

Figura 44.

Alabeo de ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros

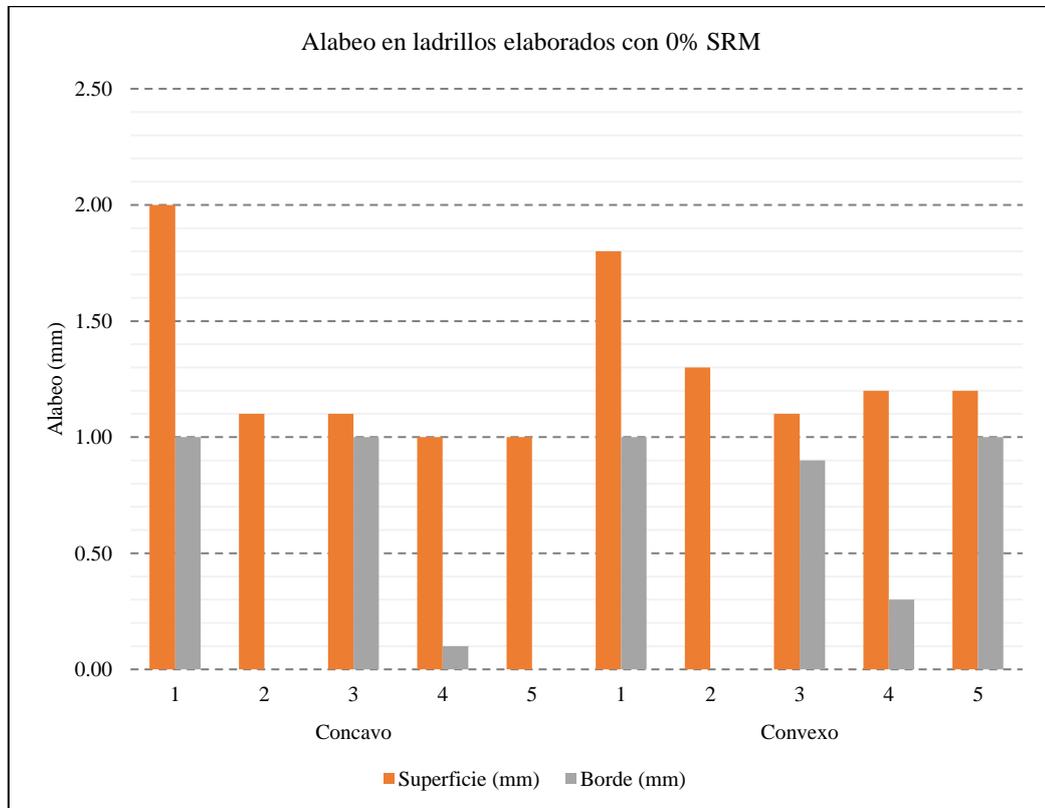


Tabla 27.

Alabeo de ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros

Ladrillos	Alabeo (mm)	5% de sedimentos	
		Superficie (mm)	Borde (mm)
M1	Cóncavo	2.20	0.90
M2		1.30	0.30
M3		1.20	0.50
M4		1.20	0.30
M5		1.30	0.60
M1	Convexo	1.20	0.20
M2		1.20	0.30
M3		1.20	0.20
M4		1.20	0.40
M5		1.30	0.20
Máximo obtenido		2.20	0.90

Figura 45.

Alabeo de ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros

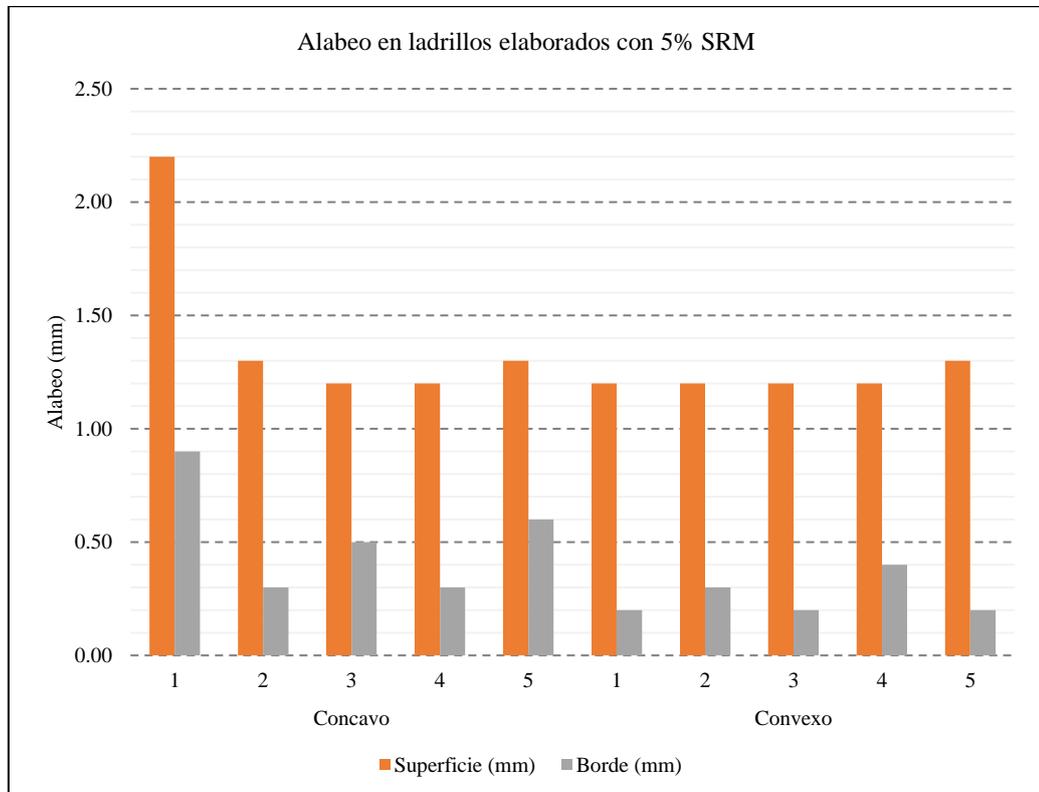


Tabla 28.

Alabeo de ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros

Ladrillos	25% de sedimentos		
	Alabeo (mm)	Superficie (mm)	Borde (mm)
M1	Cóncavo	1.60	1.20
M2		1.50	1.10
M3		1.50	1.00
M4		1.50	0.90
M5		1.50	1.10
M1	Convexo	3.00	1.10
M2		1.50	1.10
M3		1.50	1.00
M4		1.50	1.00
M5		1.50	1.00
Máximo obtenido		3.00	1.20

Figura 46.

Alabeo de ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros

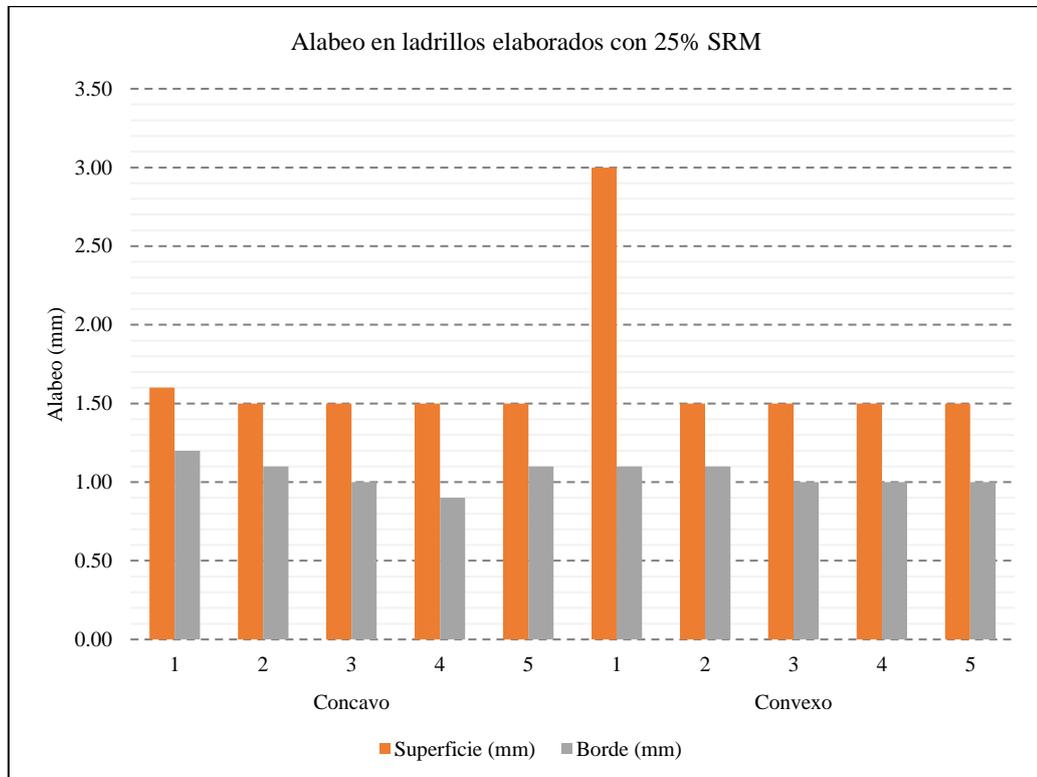


Tabla 29.

Alabeo de ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros

50% de sedimentos			
Ladrillos	Alabeo (mm)	Superficie (mm)	Borde (mm)
M1	Cóncavo	1.50	0.90
M2		1.50	0.90
M3		1.50	0.90
M4		1.50	0.90
M5		1.50	1.90
M1	Convexo	3.00	1.30
M2		3.00	1.20
M3		2.90	2.10
M4		1.90	1.10
M5		0.90	1.10
Máximo obtenido		3.00	2.10

Figura 47.

Alabeo de ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros

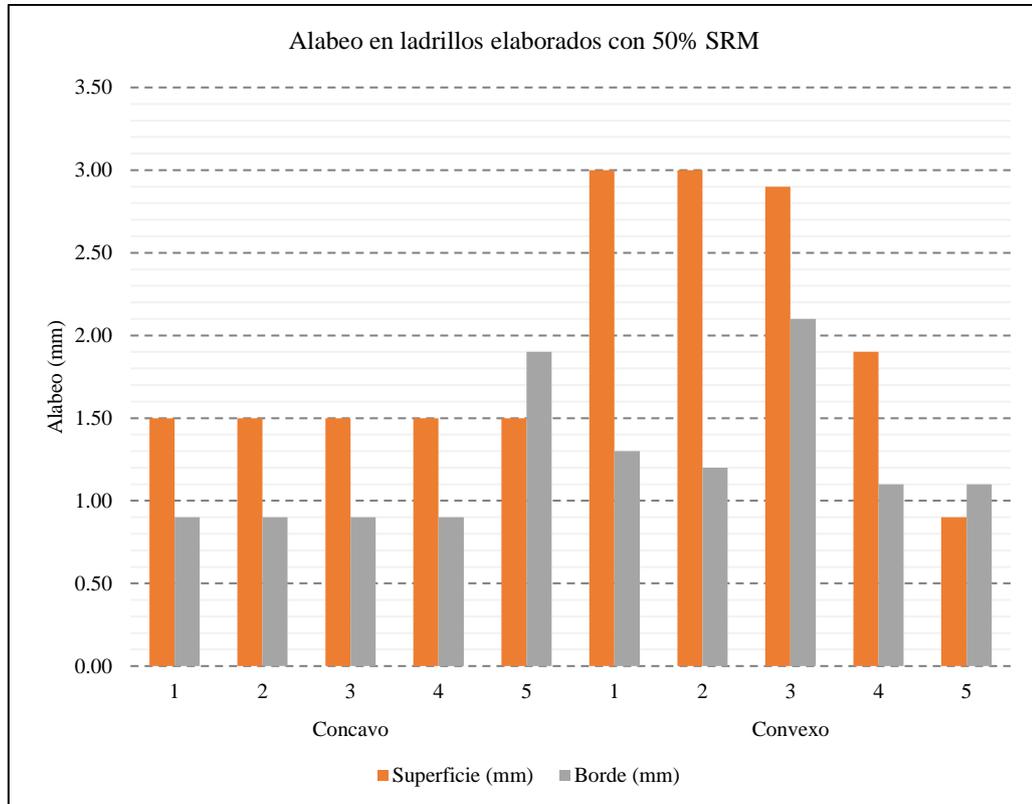


Tabla 30.

Alabeo de ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros

Ladrillos	Alabeo (mm)	75% de sedimentos	
		Superficie (mm)	Borde (mm)
M1	Cóncavo	2.00	1.00
M2		2.00	1.10
M3		1.90	1.00
M4		2.00	1.10
M5		1.90	1.00
M1	Convexo	3.00	0.90
M2		3.00	0.90
M3		2.50	0.90
M4		2.90	1.00
M5		2.70	0.90
Máximo obtenido		3.00	1.10

Figura 48.

Alabeo de ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros

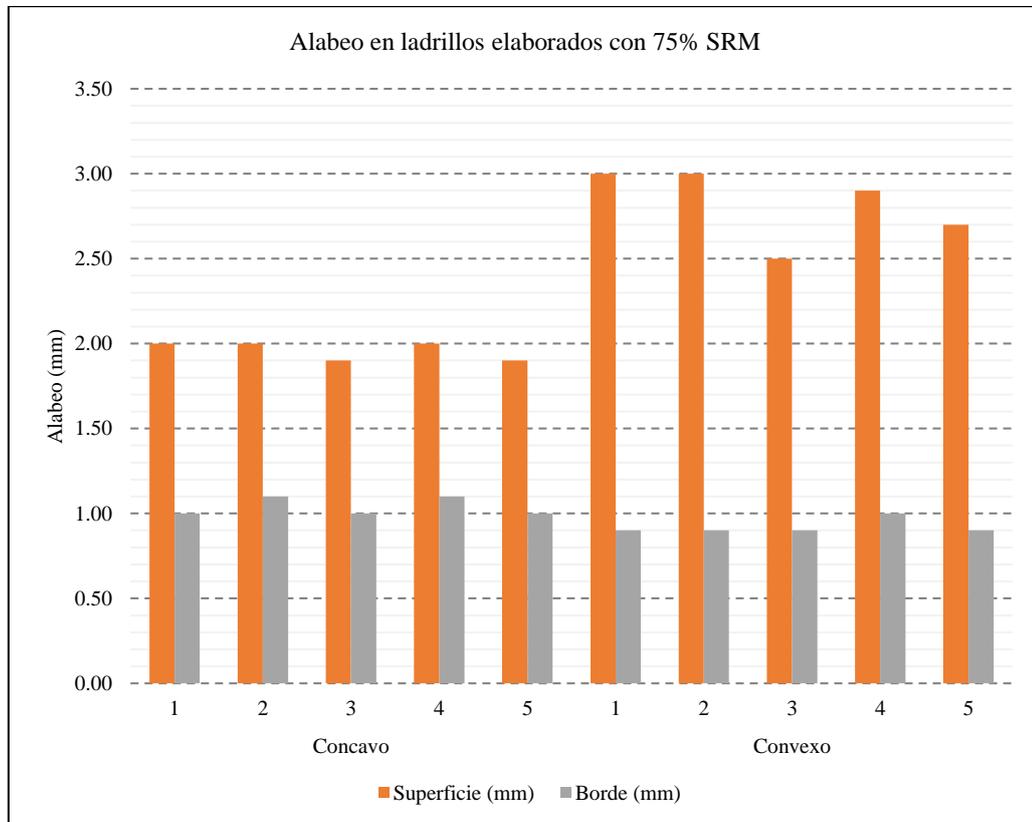


Figura 49.

Peso específico para ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros

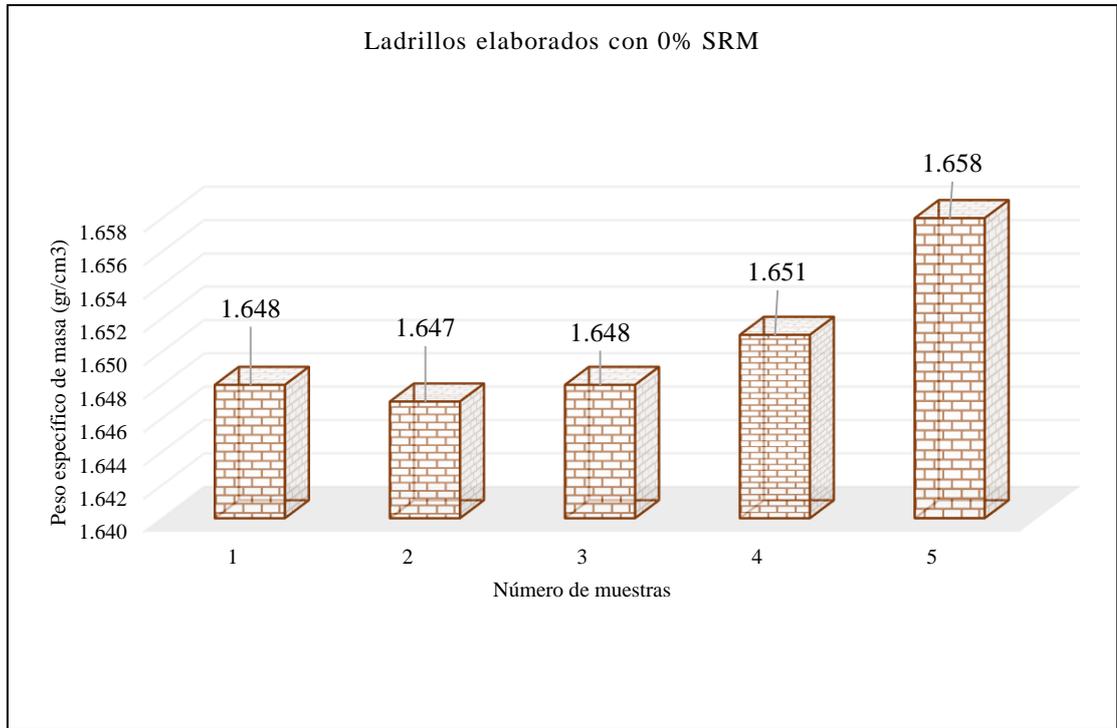


Figura 50.

Absorción para ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros

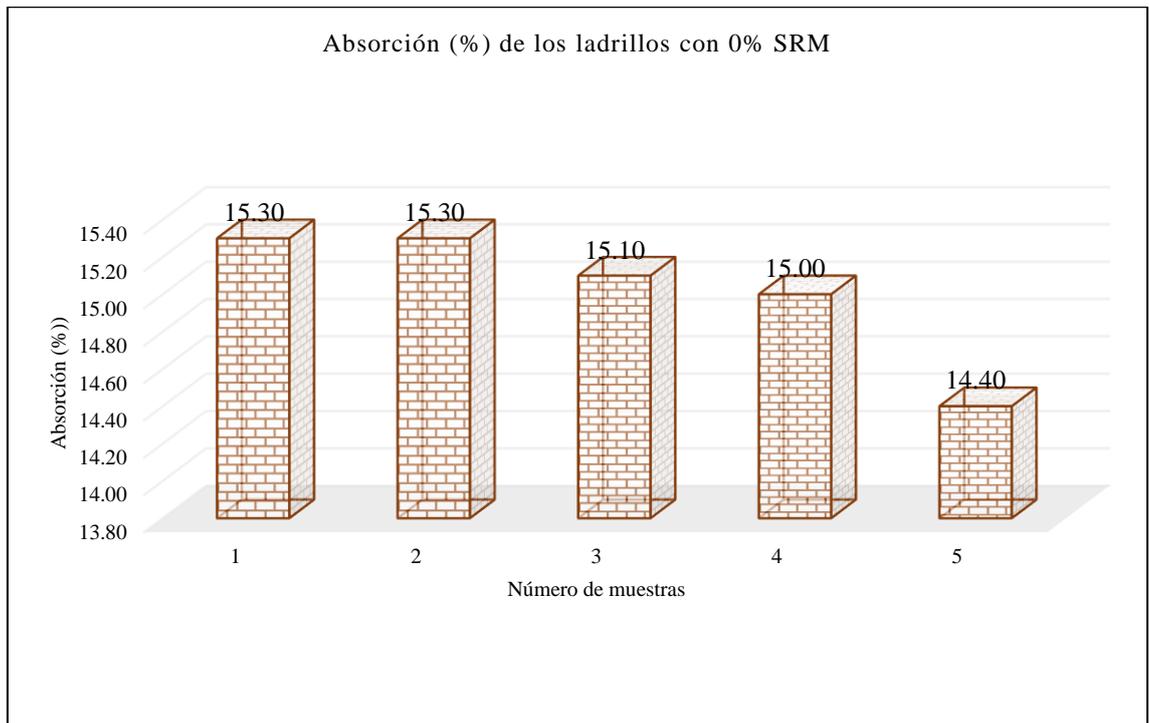


Figura 51.

Peso específico para ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros

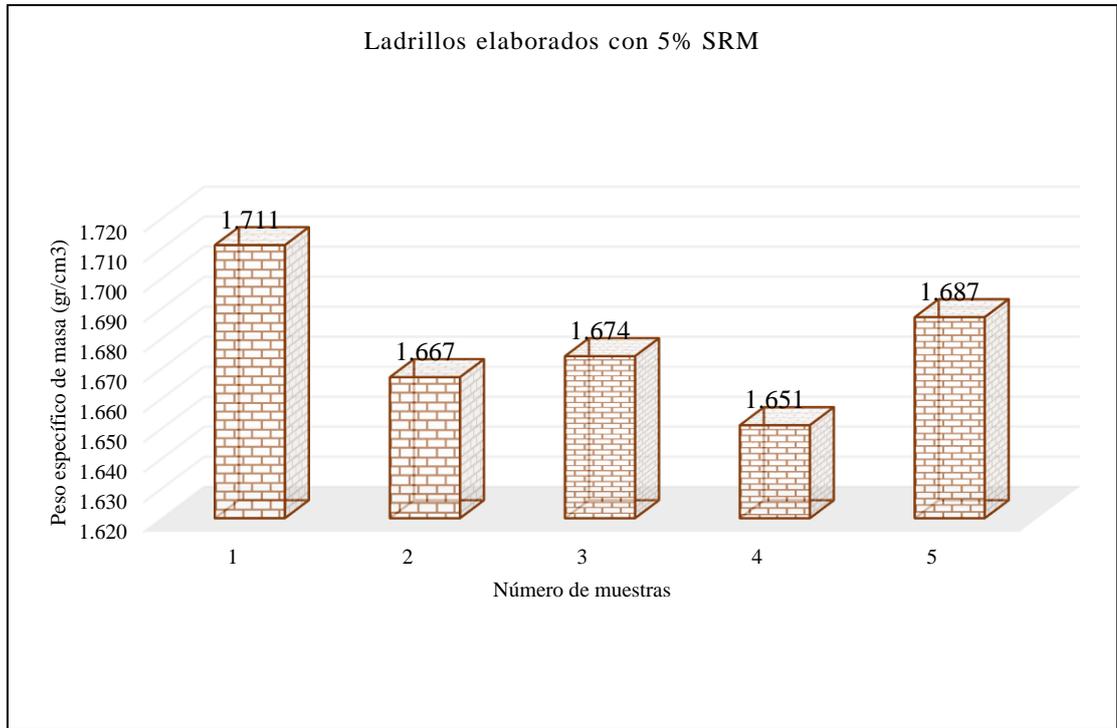


Figura 52.

Absorción para ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros

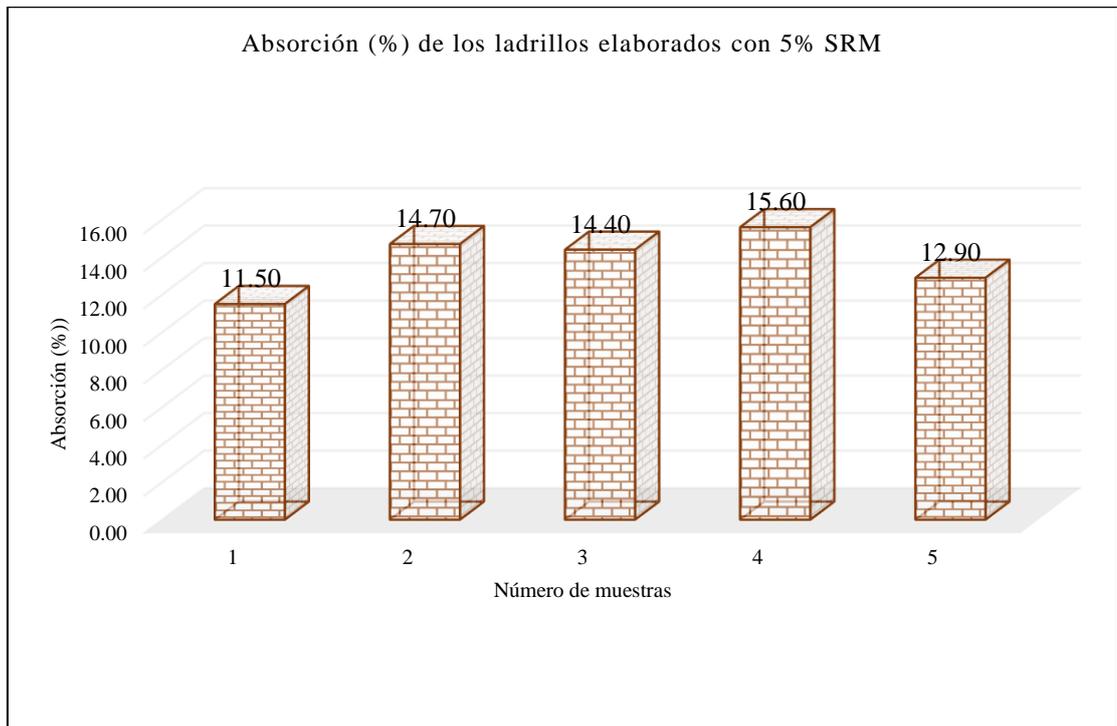


Figura 53.

Peso específico para ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros

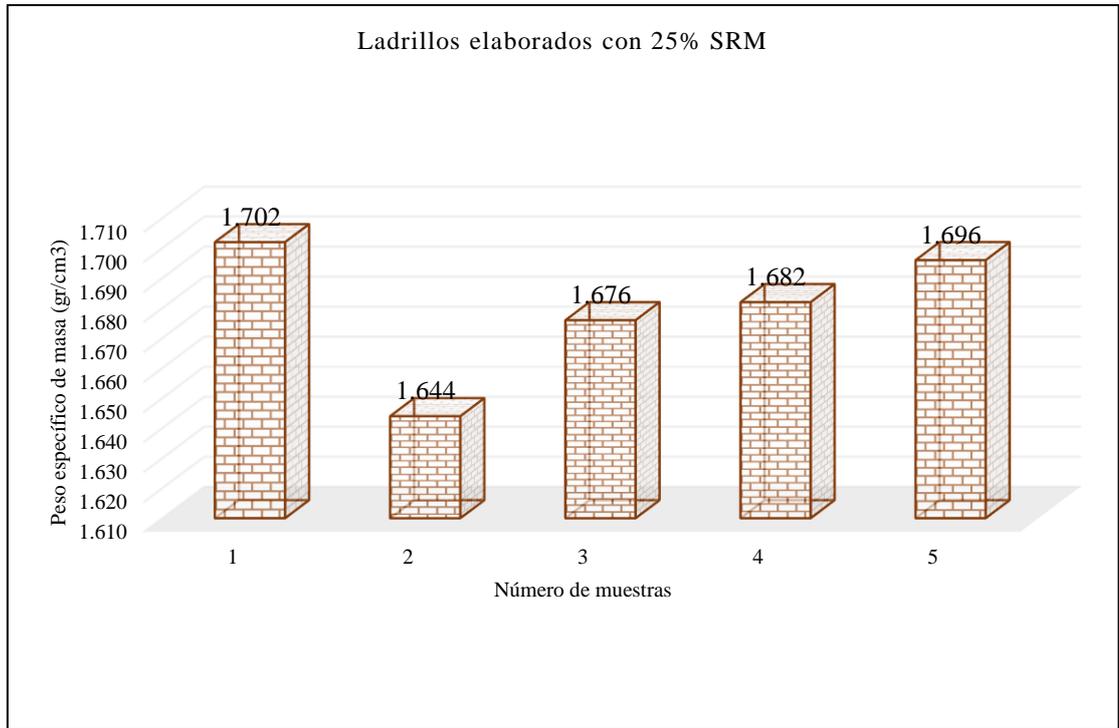


Figura 54.

Absorción para ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros

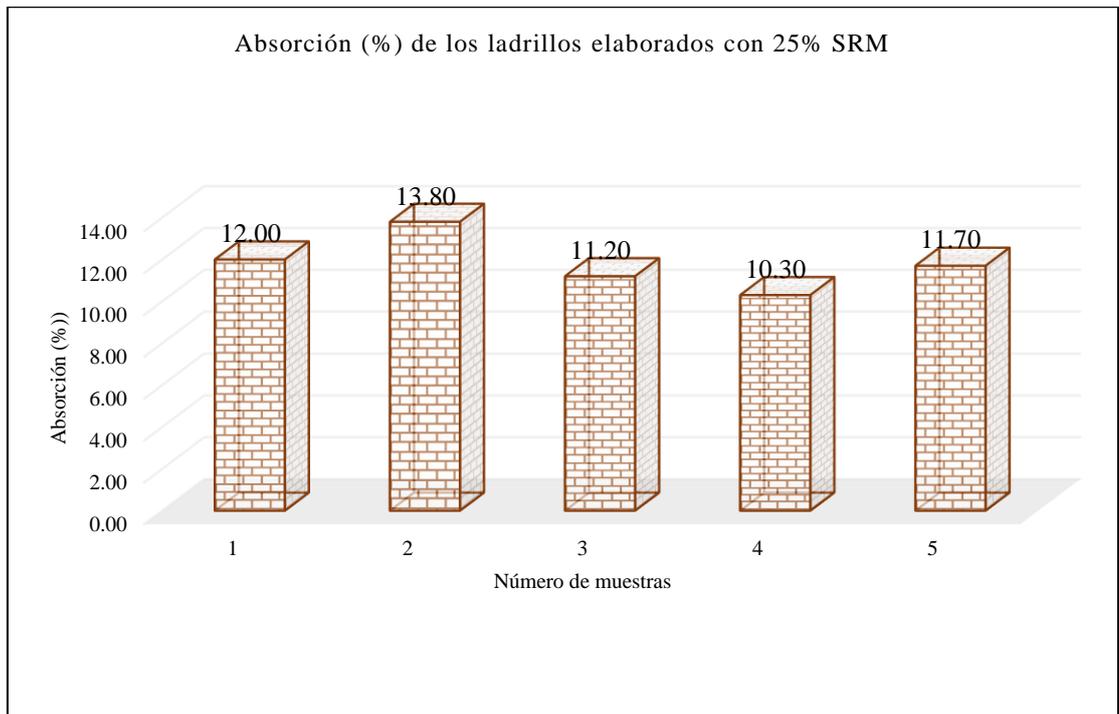


Figura 55.

Peso específico para ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros

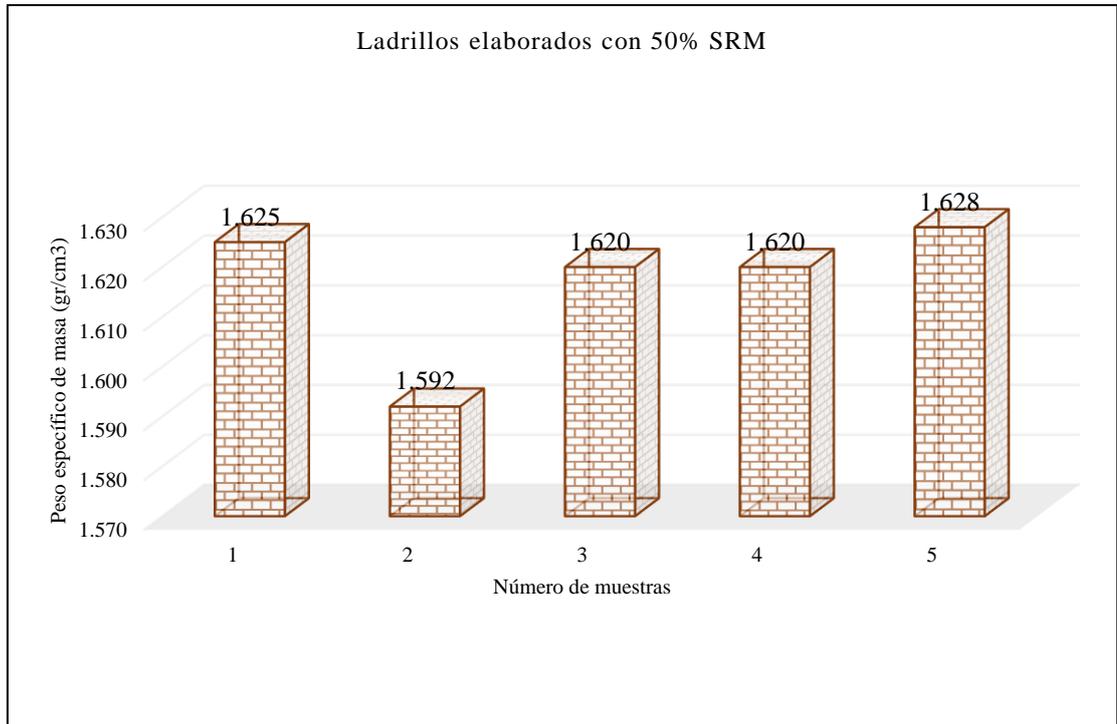


Figura 56.

Absorción para ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros

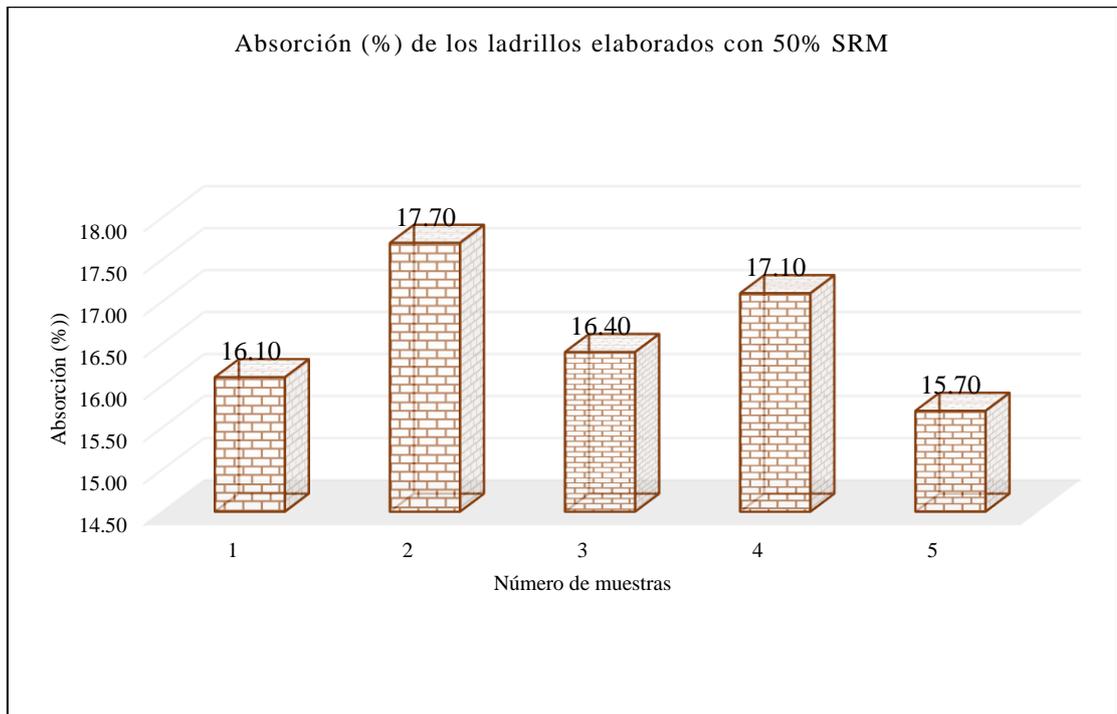


Figura 57.

Peso específico para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros

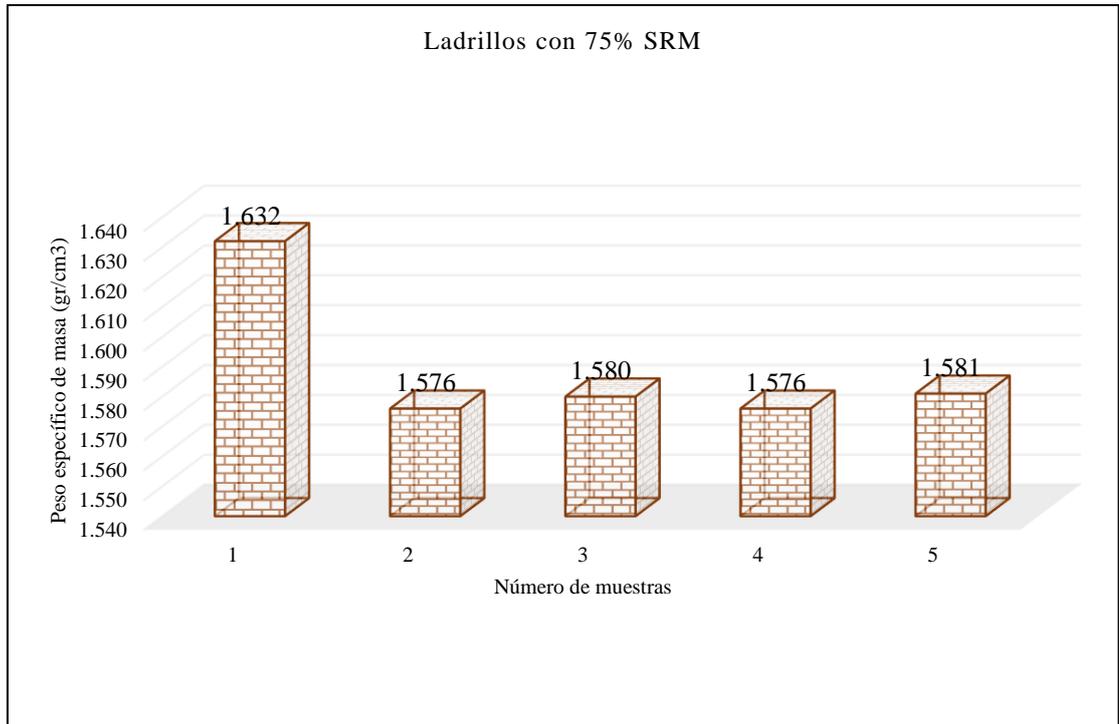


Figura 58.

Absorción para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros

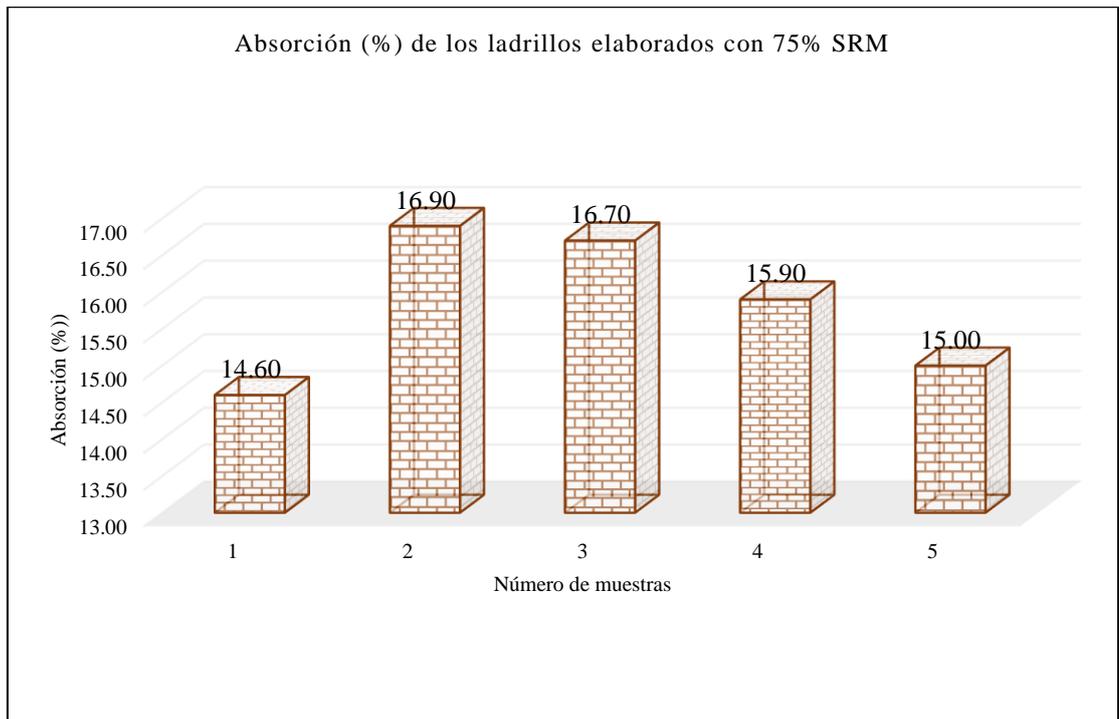


Tabla 31.*Peso específico y absorción para ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros*

Peso específico (gr/cm³) y absorción (%)	Ladrillos con 0% de sedimentos					Medidas estadísticas		
	M1	M2	M3	M4	M5	Media	S	CV
Peso específico de masa (gr/cm ³)	1.648	1.647	1.648	1.651	1.658	1.650	0.0045	0.273%
Peso específico de masa SSS	1.900	1.899	1.897	1.899	1.897	1.898	0.0013	0.071%
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2.203	2.203	2.196	2.195	2.178	2.195	0.0102	0.466%
Porcentaje de absorción (%)	15.300	15.300	15.100	15.000	14.400	15.020	0.3701	2.464%

Donde: S “desviación estándar”, CV “Coeficiente de variación”.

Tabla 32.*Peso específico y absorción para ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros*

Peso específico (gr/cm³) y absorción (%)	Ladrillos con 5% de sedimentos					Medidas estadísticas		
	M1	M2	M3	M4	M5	Media	S	CV
Peso específico de masa (gr/cm ³)	1.711	1.667	1.674	1.651	1.687	1.678	0.0226	1.345%
Peso específico de masa SSS	1.907	1.911	1.916	1.909	1.904	1.909	0.0045	0.236%
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2.130	2.206	2.209	2.226	2.155	2.185	0.0407	1.862%
Porcentaje de absorción (%)	11.500	14.700	14.400	15.600	12.900	13.820	1.6208	11.728%

Donde: S “desviación estándar”, CV “Coeficiente de variación”.

Tabla 33.*Peso específico y absorción para ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros*

Peso específico (gr/cm³) y absorción (%)	Ladrillos con 25% de sedimentos					Medidas estadísticas		
	M1	M2	M3	M4	M5	Media	S	CV
Peso específico de masa (gr/cm ³)	1.702	1.644	1.676	1.682	1.696	1.680	0.0227	1.349%
Peso específico de masa SSS	1.906	1.871	1.863	1.855	1.895	1.878	0.0217	1.153%
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2.138	2.127	2.062	2.033	2.115	2.095	0.0453	2.162%
Porcentaje de absorción (%)	12.000	13.800	11.200	10.300	11.700	11.800	1.2903	10.935%

Donde: S “desviación estándar”, CV “Coeficiente de variación”.

Tabla 34.*Peso específico y absorción para ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros*

Peso específico (gr/cm ³) y absorción (%)	Ladrillos con 50% de sedimentos					Medidas estadísticas		
	M1	M2	M3	M4	M5	Media	S	CV
Peso específico de masa (gr/cm ³)	1.625	1.592	1.620	1.620	1.628	1.617	0.0144	0.890%
Peso específico de masa SSS	1.887	1.873	1.885	1.897	1.884	1.885	0.0086	0.454%
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2.201	2.215	2.204	2.239	2.187	2.209	0.0194	0.879%
Porcentaje de absorción (%)	16.100	17.700	16.400	17.100	15.700	16.600	0.8000	4.819%

Donde: S “desviación estándar”, CV “Coeficiente de variación”.

Tabla 35.*Peso específico y absorción para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros*

Peso específico (gr/cm ³) y absorción (%)	Ladrillos con 75% de sedimentos					Medidas estadísticas		
	M1	M2	M3	M4	M5	Media	S	CV
Peso específico de masa (gr/cm ³)	1.632	1.576	1.580	1.576	1.581	1.589	0.0241	1.520%
Peso específico de masa SSS	1.871	1.843	1.843	1.826	1.818	1.840	0.0204	1.107%
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2.145	2.151	2.145	2.101	2.071	2.123	0.0351	1.656%
Porcentaje de absorción (%)	14.600	16.900	16.700	15.900	15.000	15.820	1.0134	6.406%

Donde: S “desviación estándar”, CV “Coeficiente de variación”.

Tabla 36.*Eflorescencia para ladrillos con sedimentos de relaves mineros*

Número de unidad	Porcentaje de sustitución de arcilla por sedimentos				
	0	5	25	50	75
M1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta

Tabla 37.

Resistencia a la compresión para ladrillos con sedimentos de relaves mineros

Número de unidad	Porcentaje de sustitución de arcilla por sedimentos				
	0	5	25	50	75
1	62.00	64.00	64.00	62.00	60.00
2	62.00	66.00	64.00	60.00	60.00
3	64.00	65.00	66.00	61.00	59.00
4	61.00	67.00	67.00	61.00	61.00
5	61.00	66.00	65.00	63.00	62.00
Promedio	62.00	65.60	65.20	61.40	60.40
Desv. Estándar	1.225	1.140	1.304	1.140	1.140
Coef. Variación	1.98%	1.74%	2.00%	1.86%	1.89%

Figura 59.

Resistencia a la compresión para ladrillos con 0% de sedimentos de relaves mineros

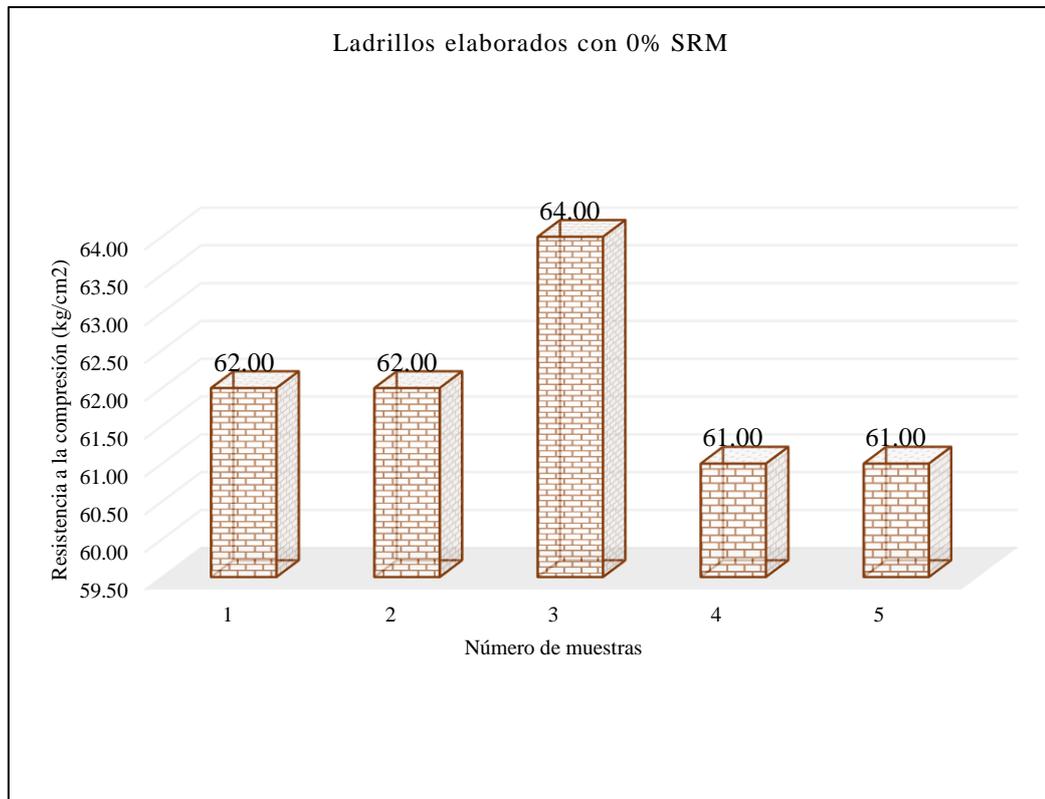


Figura 60.

Resistencia a la compresión para ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros

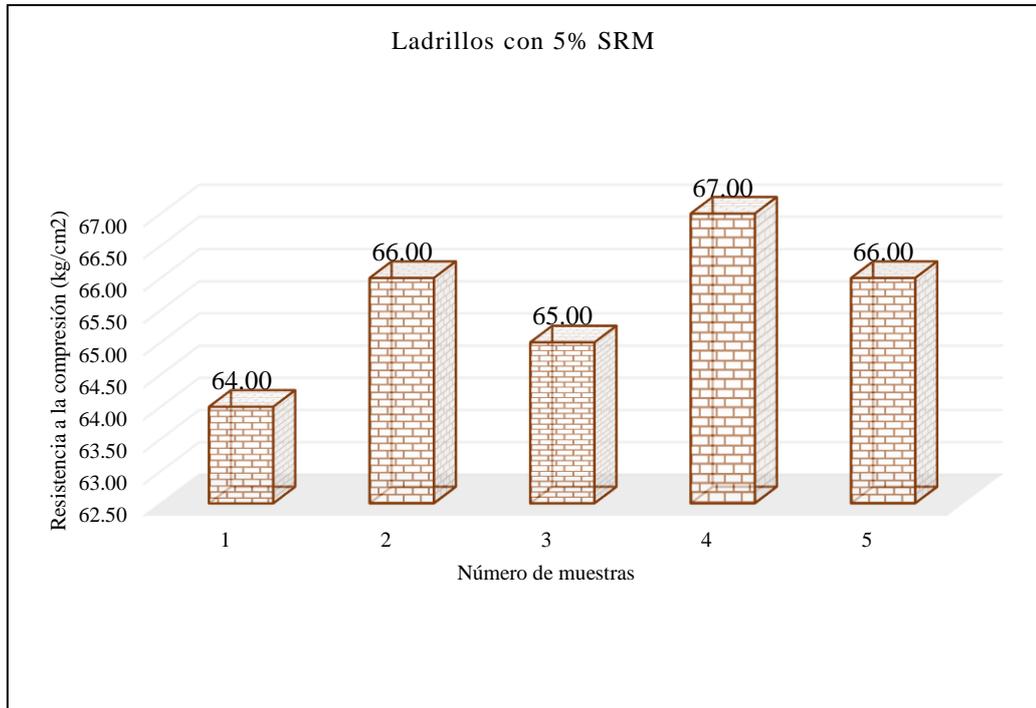


Figura 61.

Resistencia a la compresión para ladrillos con 25% de sedimentos de relaves mineros

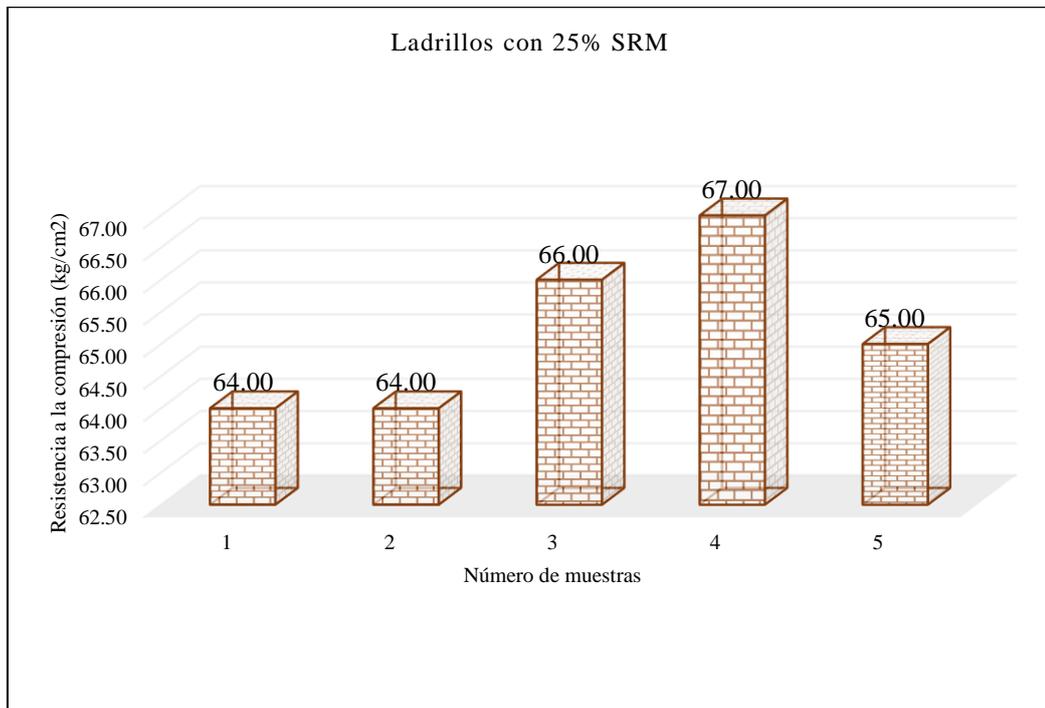


Figura 62.

Resistencia a la compresión para ladrillos con 50% de sedimentos de relaves mineros

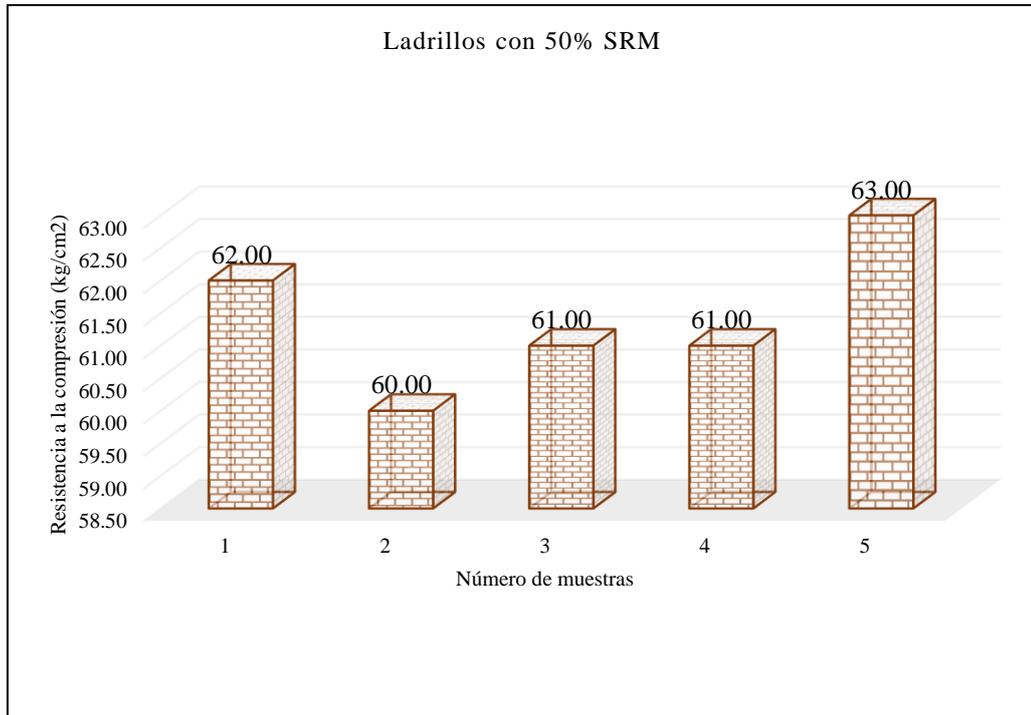
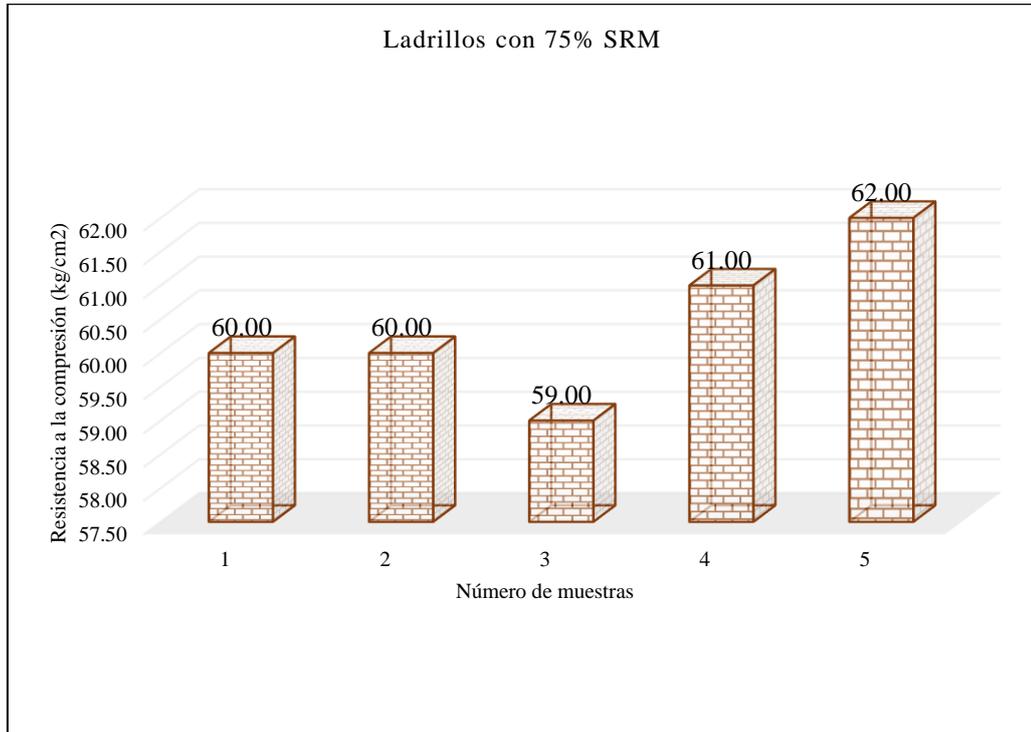


Figura 63.

Resistencia a la compresión para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros



5.1.3. *Dosificación óptima*

Para determinar la dosificación óptima de arcilla + sedimentos de relaves mineros que se puede utilizar en la elaboración de unidades de albañilería, se ha tomado en cuenta los resultados de las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos analizados experimentalmente, el precio de inclusión de la mezcla y la caracterización ambiental. Al sustituir la materia prima arcilla por sedimentos de relaves mineros el peso de la unidad fue disminuyendo de 1.650 g/cm³ para ladrillos sin sedimentos de relaves mineros hasta 1.589 g/cm³ para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros, tal como se puede observar en la Tabla 38 y Fig. 64. La absorción también presenta una ligera disminución mientras se adiciona sedimentos de relaves mineros como sustituto de la arcilla, hasta un 25%, a partir de dicho porcentaje la absorción se incrementa siendo mayor a la absorción de los ladrillos sin sedimentos de relaves mineros que asciende a 15.02%, esto se debe a que los sedimentos de relaves mineros tienen mayor absorción que la arcilla pero mientras mayor sea la cantidad de arcilla neutraliza esta capacidad, manteniendo los valores de absorción, no obstante, todos los ladrillos con diferentes porcentajes de sedimentos de relaves minerales cumplen con los estándares de la norma E.070 “Albañilería” para un ladrillo Tipo I (MVCS, 2021), con valores de absorción menores a 22%. La resistencia a compresión de las unidades de albañilería con incorporación de sedimentos de relaves mineros como sustituto parcial de la arcilla, aumenta de 62 kg/cm² (ladrillos sin sedimentos) hasta 65.60 kg/cm² para los ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros, luego este valor empieza a decaer hasta llegar a 60.40 kg/cm² para ladrillos con 75% de sedimentos de relaves mineros, aun así, todos los ladrillos elaborados con diferentes porcentajes de sedimentos de relaves mineros,

cumple con la resistencia mínima para un ladrillo tipo I de 50 kg/cm², especificado en la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021). Sin embargo, para elegir un óptimo se han tomado en cuenta todos los criterios de forma global.

Tabla 38.

Peso específico de masa de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros

Porcentaje de sustitución de arcilla por sedimentos	Peso específico de masa (gr/cm ³)					Promedio
	Número de muestra					
	1	2	3	4	5	
0	1.648	1.647	1.648	1.651	1.658	1.650
5	1.711	1.667	1.674	1.651	1.687	1.678
25	1.702	1.644	1.676	1.682	1.696	1.680
50	1.625	1.592	1.620	1.620	1.628	1.617
75	1.632	1.576	1.580	1.576	1.581	1.589

Figura 64.

Peso específico de masa de los ladrillos con arcilla y sedimentos de relaves mineros

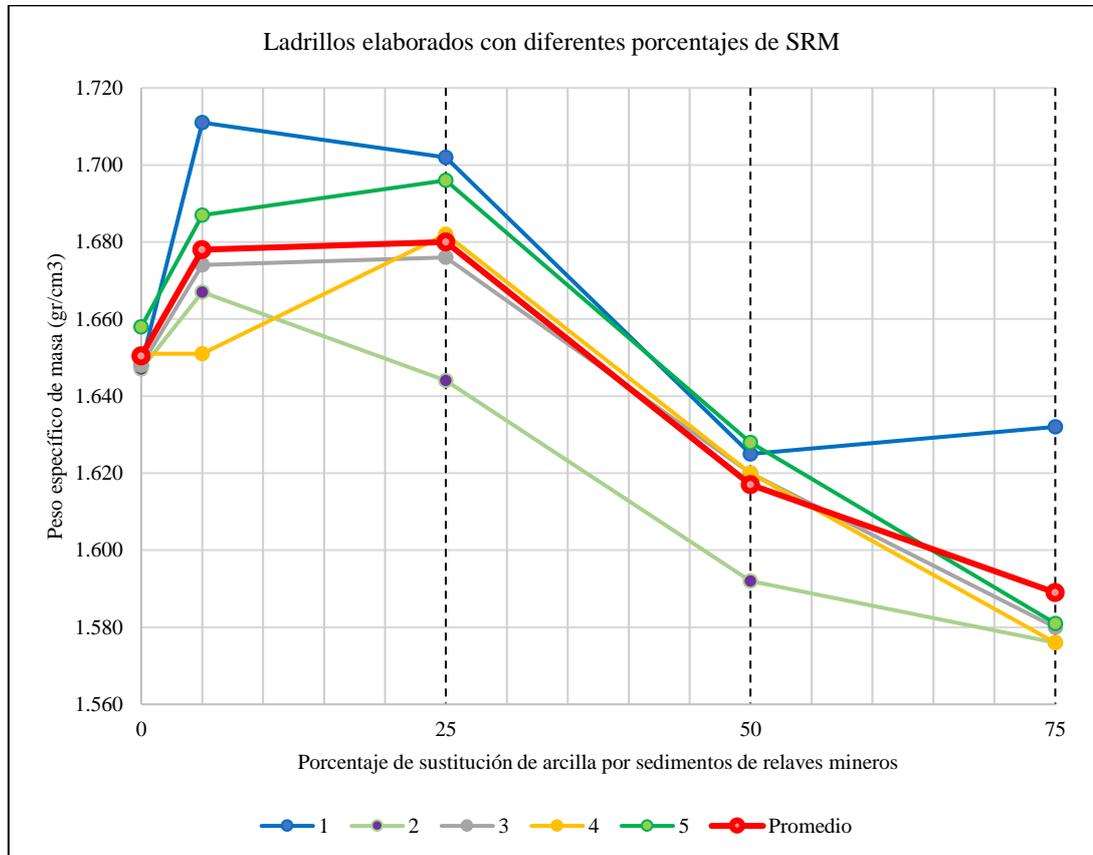


Tabla 39.

Absorción de ladrillos con arcilla y sedimentos de relaves mineros

Porcentaje de sedimentos	Absorción (%)					Promedio (%)	Límite máximo (Norma E.070)
	Número de muestra						
	1	2	3	4	5		
0	15.30	15.30	15.10	15.00	14.40	15.02	22.00
5	11.50	14.70	14.40	15.60	12.90	13.82	22.00
25	12.00	13.80	11.20	10.30	11.70	11.80	22.00
50	16.10	17.70	16.40	17.10	15.70	16.60	22.00
75	14.60	16.90	16.70	15.90	15.00	15.82	22.00

Figura 65.

Absorción de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros

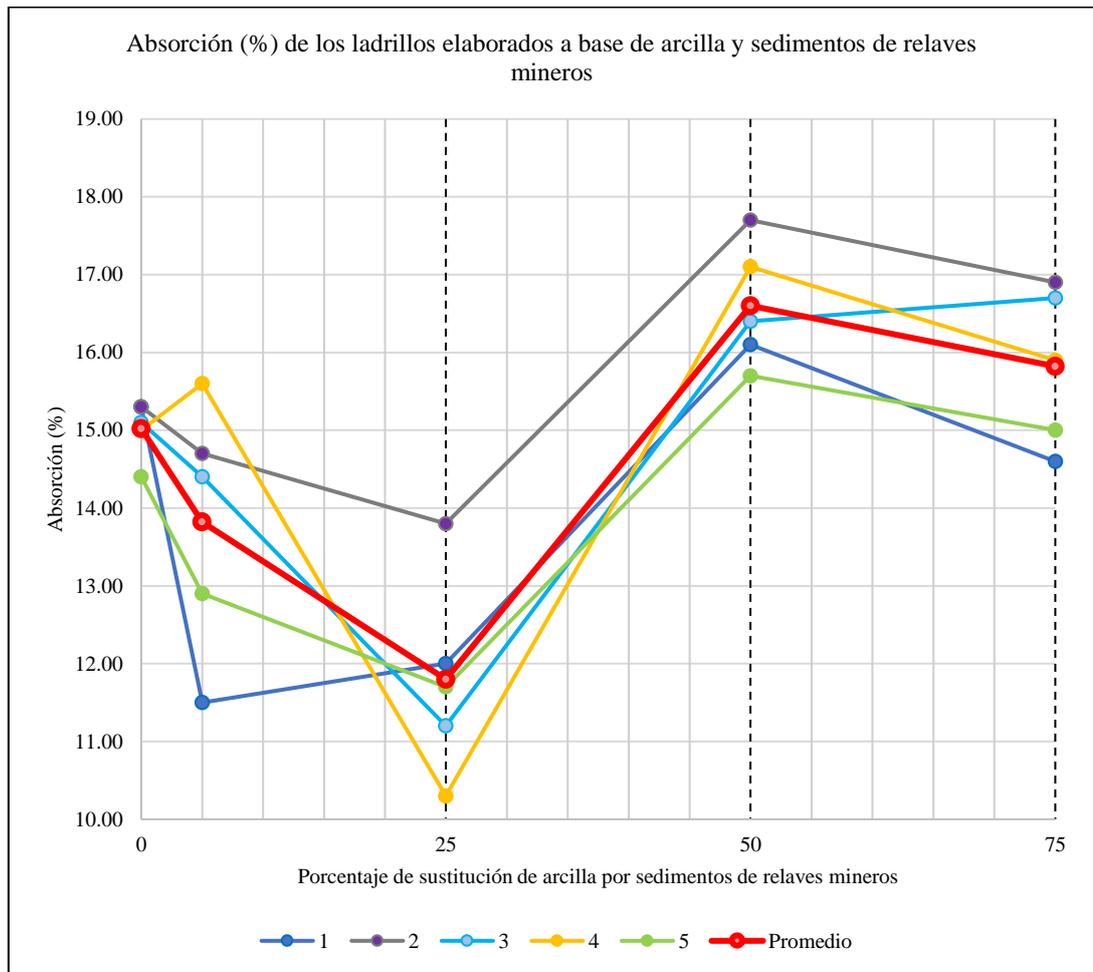


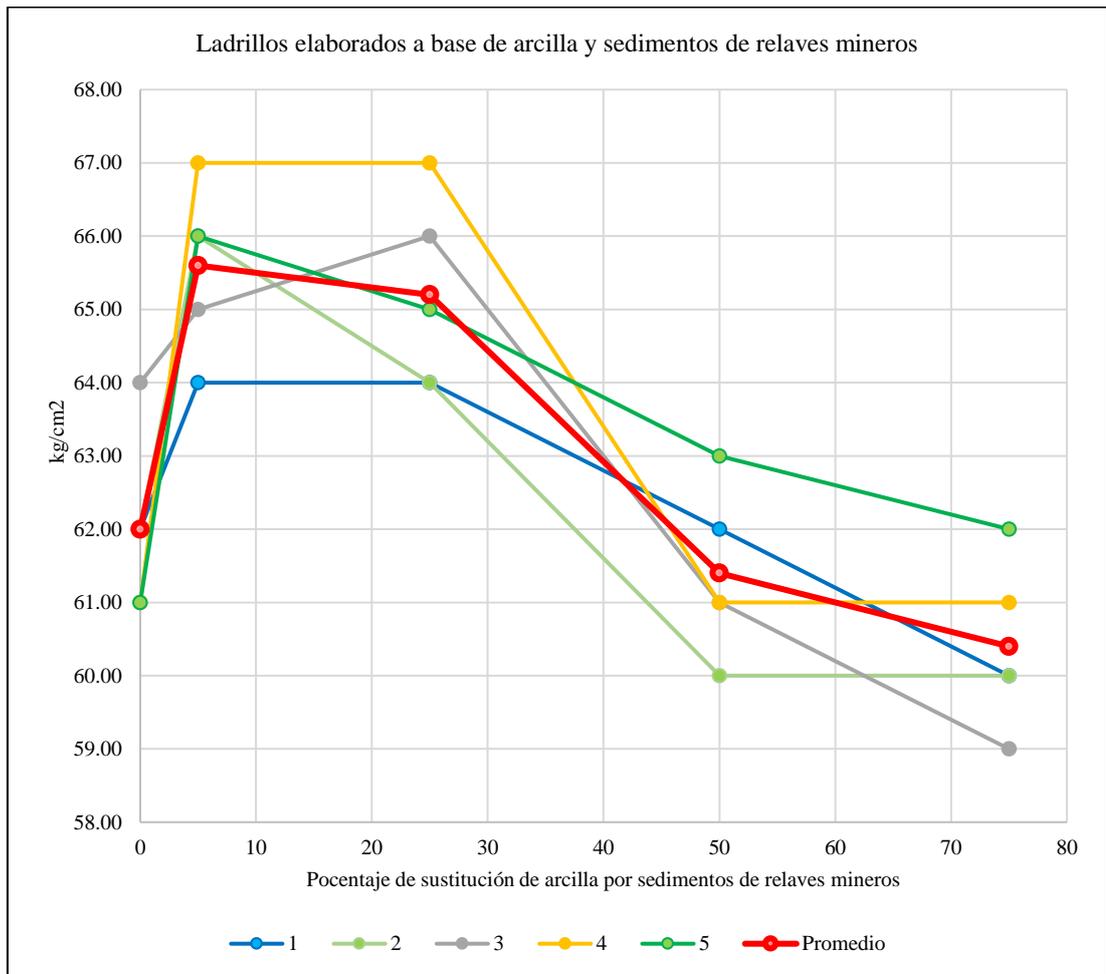
Tabla 40.

Resistencia a la compresión de los ladrillos con arcilla y sedimentos de relaves mineros

Porcentaje de sedimentos	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)					Promedio (kg/cm ²)	Mínimo para Ladrillo tipo I (norma E.070)
	Número de muestra						
	1	2	3	4	5		
0	62.00	62.00	64.00	61.00	61.00	62.00	50.00
5	64.00	66.00	65.00	67.00	66.00	65.60	50.00
25	64.00	64.00	66.00	67.00	65.00	65.20	50.00
50	62.00	60.00	61.00	61.00	63.00	61.40	50.00
75	60.00	60.00	59.00	61.00	62.00	60.40	50.00

Figura 66.

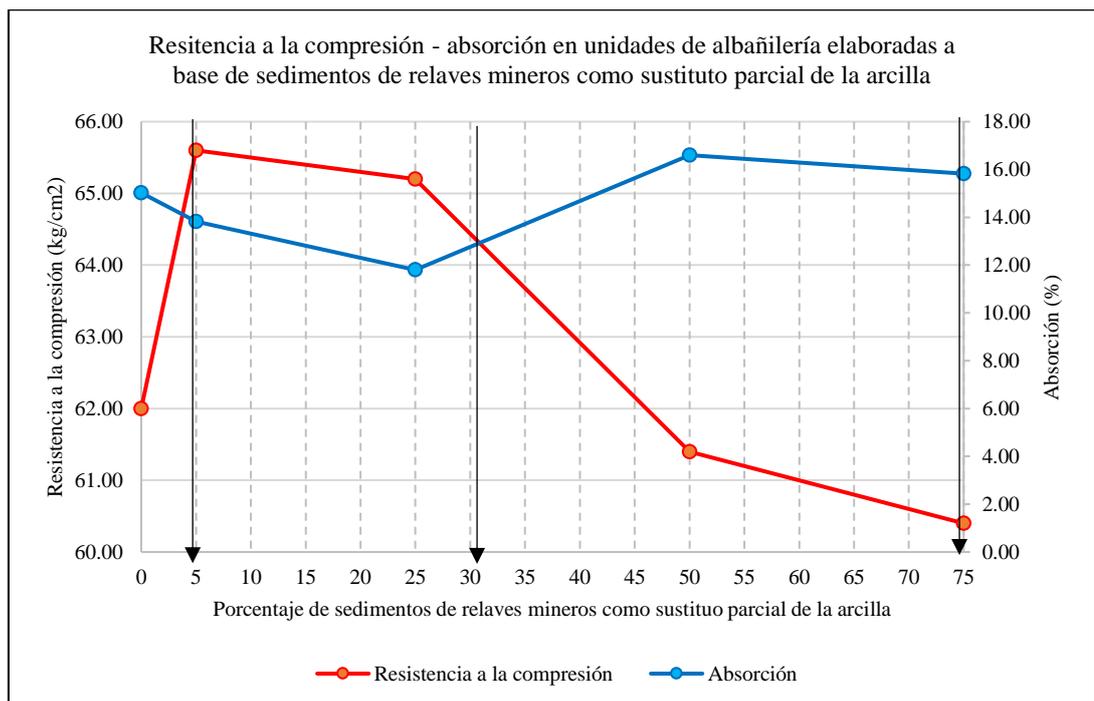
Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros



Se ha correlacionado la compresión – absorción en ladrillos fabricados con arcilla y sedimentos de relaves mineros, debido a que estos son el parámetro físico y mecánico respectivamente, de mayor importancia según la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021). Wei et al. (2021) deduce que para definir una dosificación de mezcla óptima se tienen que establecer correlaciones entre los parámetros físico-mecánicos de las unidades de albañilería, siendo así, las intersecciones según la Fig. 67 se dan al 5% y 30% de sedimentos de relaves mineros; al 30% se logra una absorción media entre 12 a 14%, pero una resistencia menor a 65 kg/cm², en cambio al 5% se logra una absorción similar pero una resistencia mayor a 65 kg/cm². En otras palabras, si se busca una unidad con mayor resistencia que la convencional el porcentaje de adición óptimo es 5%, pero si se desea el mayor porcentaje de sustitución sería 75%, sin embargo al no tener una caracterización química no se puede asegurar su inocuidad.

Figura 67.

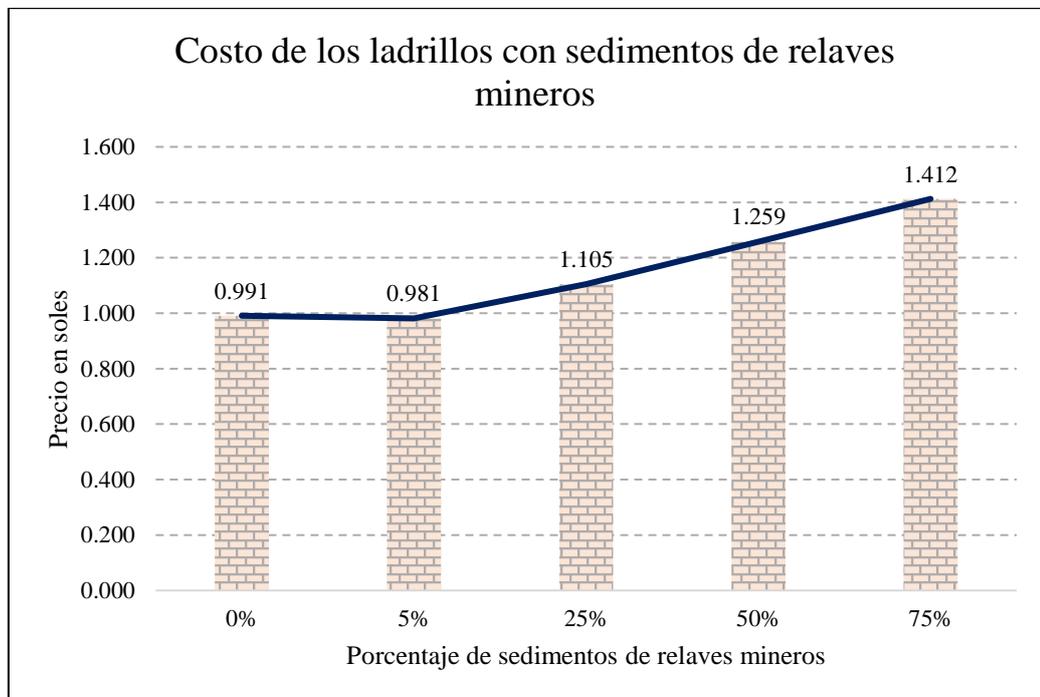
Resistencia a compresión – absorción en ladrillos elaboradas con arcilla y sedimentos de relaves mineros



Se realizó un proceso de estimación del costo de elaboración de ladrillos con sedimentos de relaves mineros (ver anexos), verificando que a mayor cantidad de sedimentos el costo del ladrillo se incrementa, a excepción de la unidad con 5% de sedimentos de relaves mineros que presenta un menor costo por unidad que los ladrillos convencionales con un ahorro de 0.01 soles por unidad, siendo así económicamente la dosificación con mejores posibilidades de uso es la proporción con 5% de sedimentos de relaves mineros.

Figura 68.

Costo de ladrillos con sedimentos de relaves mineros



En el aspecto ambiental a mayor porcentaje de sustitución mayor cantidad de sedimentos de relaves mineros que son reutilizados, dejando de estar en el entorno ambiental, es decir el porcentaje óptimo desde este aspecto sería 75%, sin embargo, no se puede garantizar su inocuidad, por tal motivo tomando en cuenta las características técnicas y económicas de la unidad de albañilería se ha optado por definir como porcentaje óptimo al ladrillo con 5% de sedimentos.

5.1.4. Albañilería en pilas y muretes

Para garantizar que la dosificación sedimentos de relaves mineros + arcilla definida como óptima (5% sedimentos + 95% arcilla) cumpla con la resistencia a compresión axial y al corte diagonal dada en la norma E.070 (MVCS, 2021) se han realizado ensayos en pilas y muretes respectivamente. Se han elaborado tres pilas con ladrillos a base de 5% de sedimentos de relaves mineros y 95% de suelo arcilloso de la cantera del centro poblado “El Frutillo”, y tres pilas con ladrillos convencionales, sin adición de sedimentos de relaves mineros, utilizando el mismo mortero cemento: arena, de dosificación 1:4, tal como especifica la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021); determinando según los resultados que las pilas de ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros presentan resistencias axiales mayores que los ladrillos convencionales, tal como se muestra en la Tabla 41 y Fig. 68. Así mismo, se han elaborado tres muretes con ladrillos a base de 5% de sedimentos de relaves mineros y tres muretes con ladrillos convencionales, sin relaves mineros, unidos con mortero cemento: arena de dosificación 1:4 (MVCS, 2021), también se ha determinado que los muretes de ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros presentan resistencias al corte diagonal mayores que los ladrillos convencionales, tal como se puede observar en la Tabla 42 y Fig. 69. Si bien las pilas y muretes elaborados ya sea con ladrillo convencional o con ladrillos con sedimentos de relaves mineros cumplen con los estándares de la norma E.070 “Albañilería” para ladrillos artesanales (MVCS, 2021), los ladrillos experimentales con sedimentos de relaves mineros presentan mejores parámetros mecánicos, no obstante no puede recomendarse su uso en muros portantes de edificios debido a que todavía no cuenta con certificación ambiental, pero presenta buenas características técnicas.

Tabla 41.

Resistencia axial en pilas de unidades de albañilería

Número de pila	Resistencia axial en pilas (kg/cm ²)		Resistencia mínima norma E.070
	Ladrillos elaborados sin sedimentos de relaves mineros	Ladrillos elaborados con 5% de sedimentos de relaves mineros	Ladrillo artesanal
P1	39.79	41.19	35.00
P2	39.17	42.82	35.00
P3	38.17	42.17	35.00
Promedio	39.04	42.06	
Desv. Estándar	0.82	0.82	
Coef. Variación	2.09%	1.95%	

Figura 69.

Resistencia axial en pilas de unidades de albañilería

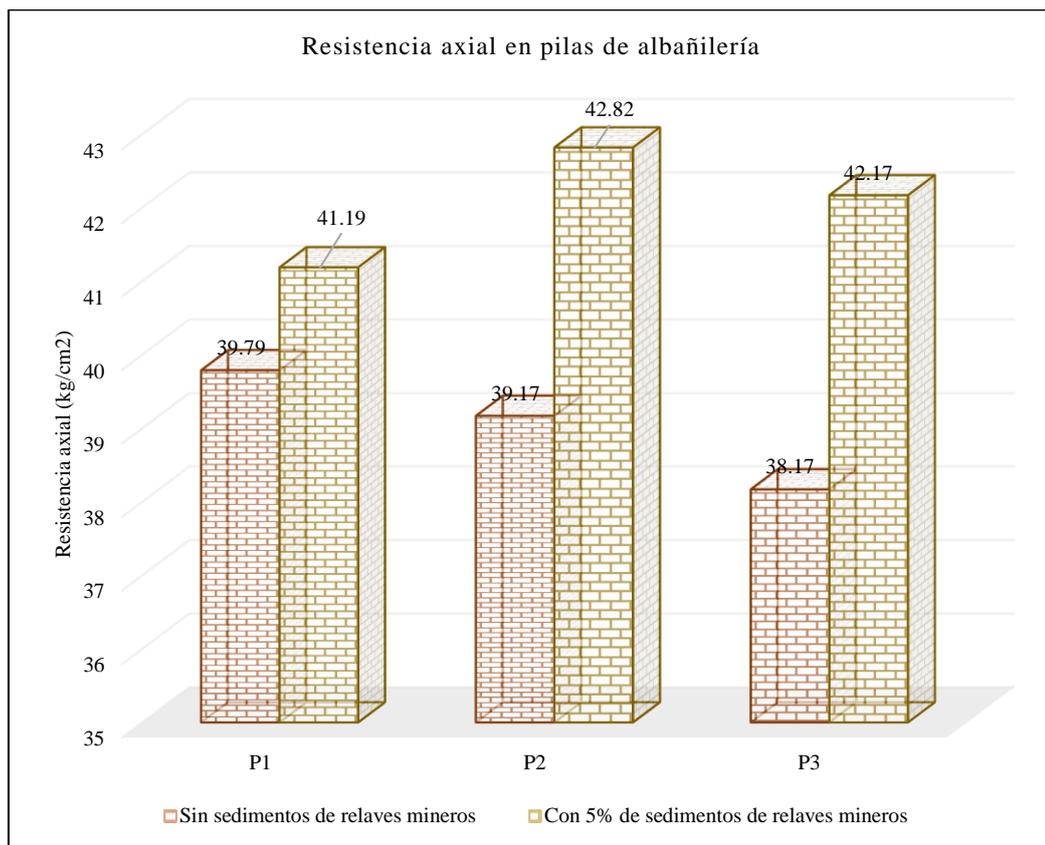


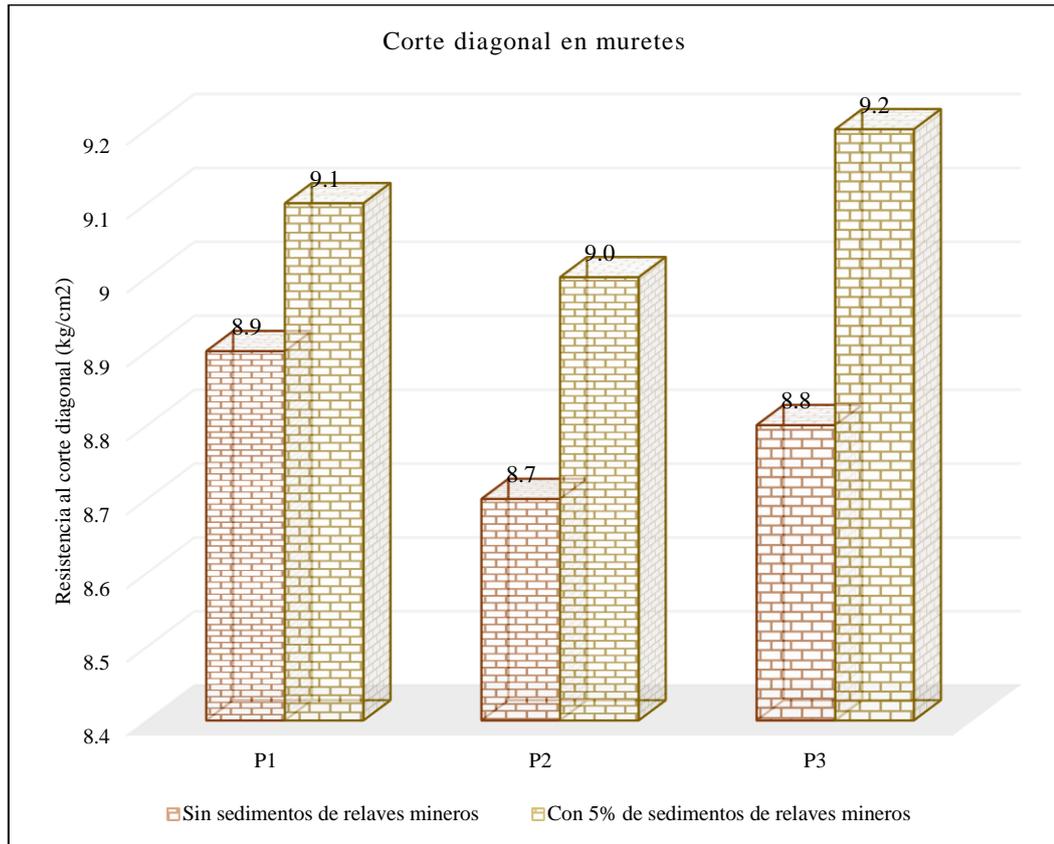
Tabla 42.

Resistencia al corte diagonal en muretes de unidades de albañilería

Número de pila	Corte diagonal en muretes (kg/cm ²)		Resistencia mínima norma E.070
	Ladrillos elaborados sin sedimentos de relaves mineros	Ladrillos elaborados con 5% de sedimentos de relaves mineros	Ladrillo artesanal
P1	8.9	9.1	5.10
P2	8.7	9.0	5.10
P3	8.8	9.2	5.10
Promedio	8.80	9.10	
Desv. Estándar	0.10	0.10	
Coef. Variación	1.14%	1.10%	

Figura 70.

Resistencia al corte diagonal en muretes de unidades



5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Propiedades físico-químicas de las materias primas

Los sedimentos de relaves mineros presentan una gradación más gruesa que el suelo arcilloso de “El Frutillo”, lo que muestra que este material tiene mayor cantidad de arena, así mismo al analizar su proporción fina la arcilla presenta mayor plasticidad que los sedimentos de relaves mineros pero ambos materiales son arcillas, estos valores son análogos a los dados por Wei et al. (2021), quienes estudiaron relaves de minas de oro, determinando que estos sedimentos tienen gran proporción de suelo areno -arcilloso, por lo que plantearon su uso en la elaboración de unidades de albañilería de arcilla cocida. Suárez-Macías (2020) mencionan la importancia de analizar las características químicas de los relaves mineros para garantizar que los elementos contaminantes pueden ser retenidos en la matriz cerámica, siendo así en el presente estudio se ha definido que los sedimentos de relaves mineros presentan un pH de 7.78 lo que valida que no tienen un contenido ácido, por lo contrario, presenta la característica de una base alcalina, así mismo las proporciones de minerales en el suelo son mínimas con cantidades de 0.63% de hierro, 0.004% de cobre, 0.01% de plata, 0.032% de zinc y 0.017% de cianuro, por lo que no se ha realizado un tratamiento de encapsulación con cal, lo contrario sucedió en el estudio de Valdez et al. (2020) donde plantea que para el uso de relaves mineros que van a ser utilizados en la fabricación de ladrillos, debe pasar por un proceso de neutralizado, no obstante, Marca (2020) valida el proceso del estudio, aseverando que los sedimentos de relaves mineros pueden ser utilizados en la elaboración de ladrillos, si el valor pH no se clasifica como ácido, así mismo Apaza (2019) utilizó mezclas de suelo con pH de 7.20, valor similar al alcanzado por los sedimentos de relaves mineros, por

lo que no necesita ser mezclado o encapsulado con cal. La arcilla presenta LL de 63% e índice de plasticidad de 40.75%, por lo que se clasifica según SUCS como suelo arcilloso de alta plasticidad, tal como, el suelo analizado por Apaza (2019), siendo el suelo ideal según Wisum (2018) para la fabricación de ladrillos, no obstante, el suelo también presenta la presencia de arena en bajas cantidades que si bien beneficia al estudio pues brinda unidades de albañilería más sólidas (Chilón y Posadas, 2018), también puede ser producto del proceso de extracción considerando que Fernández (2019) asevera que “la actividad extractiva de arcilla genera suelos arenosos sueltos, mal graduados, reduce la plasticidad, cohesión y capacidad portante, por lo que se recomienda búsqueda de nuevas materias primas para la elaboración de ladrillos”, frente a lo descrito, se corrobora la importancia de reemplazar parcialmente la arcilla por otro material como los sedimentos de relaves mineros en la producción de ladrillos.

También se ha realizado el análisis del peso específico, absorción y peso unitario de las materias primas, para definir su proporción de volumen (Chilón y Posadas, 2018), si bien el remplazo se ha realizado en el peso de suelo seco, y no respecto a volumen, ayuda a tener los datos necesarios para realizar una correlación de ser necesario (Malgrejo, 2018). Según los resultados los sedimentos de relaves mineros tienen 3.43%, 5.32% y 9.34% más peso específico de masa, peso específico de masa saturada superficialmente seca y peso específico aparente que la arcilla, respectivamente; así mismo la absorción de la arcilla es 3.45% y de los sedimentos de relaves mineros es 5.26%, lo que significa que los sedimentos de relaves mineros absorben mayor cantidad de agua al realizar la mezcla, lo que hace que se necesite una mayor cantidad de agua para homogenizar la combinación arcilla + sedimentos de relaves mineros. El peso unitario suelto es

menor al peso unitario compactado por que pasa por procesos de compactación, generalmente al elaborar unidades de albañilería el suelo se coloca sin compactar, pero puede servir como dato para futuras investigaciones, que busquen la elaboración de ladrillos por compactación, el peso unitario suelto y compactado de la arcilla es menor al de los sedimentos de relaves mineros en 2.66% y 3.62% respectivamente, pero esto se justifica por la mayor densidad de los sedimentos de relave minero ya que estos tienen mayor cantidad de suelos gruesos en su matriz como la arena, tal como menciona Gálvez (2020).

A pesar de las diferencias en las peculiaridades de los sedimentos de relaves mineros y la arcilla, ambos materiales tienen suelo arcilloso-arenoso, por lo que su combinación puede ser provechosa para la producción de unidades de albañilería según el estudio de prospección geológica de Wisum (2018).

Tabla 43.

Parámetros físico-químicos de las materias primas

Propiedades físico-químicas	Arcilla	Sedimentos de relaves mineros	Representación respecto a la arcilla
Límite líquido (%)	63.00	26.00	41.27%
Límite plástico (%)	22.25	18.15	81.57%
Índice de plasticidad (%)	40.75	7.85	19.26%
Clasificación SUCS	CH	CL con arena	
Peso específico de masa (g/cm ³)	2.417	2.500	103.43%
Peso específico de masa saturada superficialmente seca	2.500	2.633	105.32%
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.633	2.879	109.34%
Porcentaje de absorción	3.448	5.263	152.64%
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1318.46	1353.57	102.66%
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1494.43	1548.52	103.62%
pH		7.78	
Hierro (Fe 2+) %		0.63	
Cobre (Cu +) %		0.04	
Plata (Ag+) %		0.01	
Zinc (Zn 2+) %		0.032	
Cianuro (CN-) %		0.017	

5.2.2. *Caracterización del ladrillo*

Se elaboraron ladrillos artesanales a base de arcilla de la cantera del Sr. Cesar Lozano ubicada en el centro poblado El Frutillo, sustituyendo parcialmente la misma por sedimentos de relaves mineros (mezcla de material de relave minero de la mina Golf Fields Río Culquirumi del distrito de Hualgayoc expulsada en un punto autorizado, con suelo del río Culquirumi) en porcentajes de 0%, 5%, 25%, 50% y 75% respecto al peso del suelo seco. Otros investigadores también elaboraron unidades de albañilería con sedimentos de relaves mineros, pero en diferentes porcentajes de sustitución, Marca (2020) al 50%, 70% y 90%, Malgrejo (2018) al 4% y 8%, Milla (2018) al 10%, 20% y 30% de sedimentos de relaves mineros, pero en el presente estudio los porcentajes analizados abarcan mayor nivel de influencia que las mencionadas investigaciones, debido a que los porcentajes abarcan un rango más amplio de 0 a 75% de material remplazado.

El peso de los ladrillos disminuye según se incrementa la dosis de sedimentos de relaves mineros, lo que es un aporte positivo, debido a que se tendrían unidades más livianas, con mayor facilidad en su uso para el asentado de muros. La variación dimensional y alabeo se incrementa según el porcentaje de adición de sedimentos de relaves mineros, esto se debe a que la mezcla arcilla – sedimentos de relaves mineros pierde trabajabilidad, no obstante, los valores están dentro del límite dado por la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para un ladrillo artesanal. Una de las preocupaciones, debido a que los sedimentos de relaves mineros tienen presencia de minerales, fue que pudieran presentar rasgos de eflorescencia (Suárez-Macías, et al., 2020), lo cual se descartó con el respectivo ensayo químico, verificando así que los ladrillos elaborados con sedimentos de relaves mineros no presentan eflorescencia. La resistencia a compresión en

unidades de albañilería elaboradas con sedimentos de relaves mineros, inicialmente se incrementa hasta un porcentaje de sedimentos de 5%, pero luego a mayor porcentaje de adición la resistencia va disminuyendo. Zhu et al. (2017) asevera que con al menos 20% de sedimentos de relaves mineros se logra unidades con firmeza a compresión superior a 30 MPa, lo cual equivaldría a 300 kg/cm², mientras que los ladrillos elaborados con 5% de sedimentos de relaves mineros alcanzan en promedio una firmeza a compresión de 65.60 kg/cm², esta diferencia entre la resistencia alcanzada y la resistencia dada por Zhu et al. (2017) se debe al proceso de elaboración, mientras que las unidades fabricadas en el presente análisis fueron artesanales, las realizadas por Zhu et al. (2017) son industriales, no obstante todas las unidades hechas con diferentes porcentajes de sedimentos de relaves mineros cumplen con los parámetros mecánicos de la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021), superando la resistencia mínima de 50 kg/cm² para un ladrillo tipo I, tal como asevera Marca (2020) donde sus unidades se clasificaron como ladrillo tipo I, con un 70% de sedimentos de relaves mineros; siendo así las unidades de albañilería elaboradas a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros logra mejores características que un ladrillo convencional, ya que Torres (2021) menciona que muchas veces los ladrillos artesanales convencionales de Iquitos no cumplen con la resistencia mínima estandarizada, así mismo Chicchón y Rivasplata (2020) aseveraron que las ladrilleras artesanales de Chiclayo “María Luisa” y “Elías” expendían ladrillos que no alcanzaban la firmeza mínima de 50 kg/cm² dada en la norma E.070 “Albañilería”, este problema también fue mostrado por Palacios (2019) que manifestó que los ladrillos de la ladrillera “Quinta de Mallares” de la ciudad de Sullana, tenían una resistencia menor a 30 kg/cm².

Al comparar la resistencia alcanzada por las unidades con sedimentos de relaves mineros con los productos de las ladrilleras artesanales de la región de Cajamarca, encontramos resultados similares. Aliaga (2017) verificó que los ladrillos artesanales de la ciudad de Celendín alcanzaban resistencias promedio de 65.61 kg/cm² valor semejante al obtenido por los ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros, así mismo, Cruzado (2017) determinó que los ladrillos artesanales de las ladrilleras de Bambamarca “El Frutillo 1 y 3”, “La Lúcumá 1 y 2”, “Agomarca 1 y 2” y “Mayhuasi 1 y 2” se clasifican como ladrillo tipo 1, al igual que las unidades de albañilería del presente estudio, a excepción de la ladrillera El Frutillo 2, donde sus ladrillos se clasifican como tipo II, con una resistencia mínima de 70 kg/cm², según la norma E.070 “Albañilería”, no obstante la diferencia para que el ladrillo elaborado con sedimentos de relaves mineros logre dicho valor mínimo es de tan solo 4.40 kg/cm², lo cual podría lograrse al optimizar el proceso de fabricación artesanal. Siendo así se ha verificado que las unidades de albañilería elaboradas con sedimentos de relaves mineros cumplen con los estándares de la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021), llegando a obtener resistencias a compresión similares a las unidades artesanales de Bambamarca.

Tabla 44.

Parámetros físico-mecánicos de los ladrillos elaborados con sedimentos de relaves mineros

Parámetros físico-mecánicos de los ladrillos	Porcentaje de sedimentos de relaves mineros					Ladrillo tipo I (norma E.070)
	0	5	25	50	75	
Variación dimensional máxima	0.16	0.08	0.08	0.20	0.16	Máx. ± 4.00
Alabeo (mm)	2.00	2.20	3.00	3.00	3.00	Máx. 10.00
Peso específico de masa (gr/cm ³)	1.650	1.678	1.680	1.617	1.589	Máx. 1.80
Porcentaje de absorción (%)	15.020	13.820	11.800	16.600	15.820	Máx. 22.00
Resistencia a compresión (kg/cm ²)	62.00	65.60	65.20	61.40	60.40	Mín. 50.00
Eflorescencia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No presenta

La variación dimensional de los ladrillos elaborados con sedimentos de relaves mineros está por debajo del máximo dado por la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para un ladrillo tipo I, por lo que se valida su cumplimiento con la normatividad, es decir al medir las dimensiones de largo, ancho y alto de los ladrillos se ha verificado el porcentaje de variación entre la medición promedio y la medición dada para cada unidad de albañilería, verificando así que estos valores en largo, ancho y alto ascienden como máximo a 0.16%, 0.10% y 0.20% respectivamente, por tanto, son menores al máximo dado por la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para cualquier clasificación (Tipo I, II, III, IV y V) de 1% . El alabeo es menor incluso para una clasificación de ladrillo tipo III, es decir el máximo alabeo de superficie y borde por concavidad y convexidad tiene un valor máximo de 3.00 mm, lo que es menor al máximo permisible de 6.00 mm dado por la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021). Siendo así, las unidades de albañilería elaboradas con sedimentos de relaves mineros cumplen con las características geométricas de alabeo y variación dimensional dadas en la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021).

Tabla 45.

Variación dimensional de ladrillos con sedimentos de relaves mineros

Porcentaje de sedimentos de relaves mineros	Variación dimensional máxima				Norma E.070 “Albañilería”
	Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)	Máximo	
0	0.16	0.10	0.16	0.16	4.00
5	0.06	0.08	0.08	0.08	4.00
25	0.08	0.08	0.06	0.08	4.00
50	0.09	0.10	0.20	0.20	4.00
75	0.16	0.10	0.08	0.16	4.00
Máximo	0.16	0.10	0.20	0.20	4.00

Figura 71.

Variación dimensional de ladrillos con sedimentos de relaves mineros

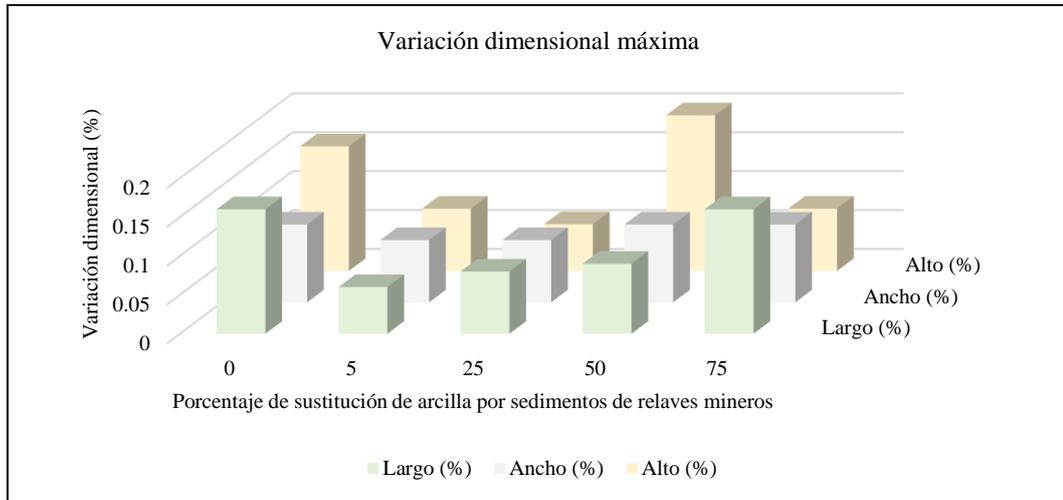


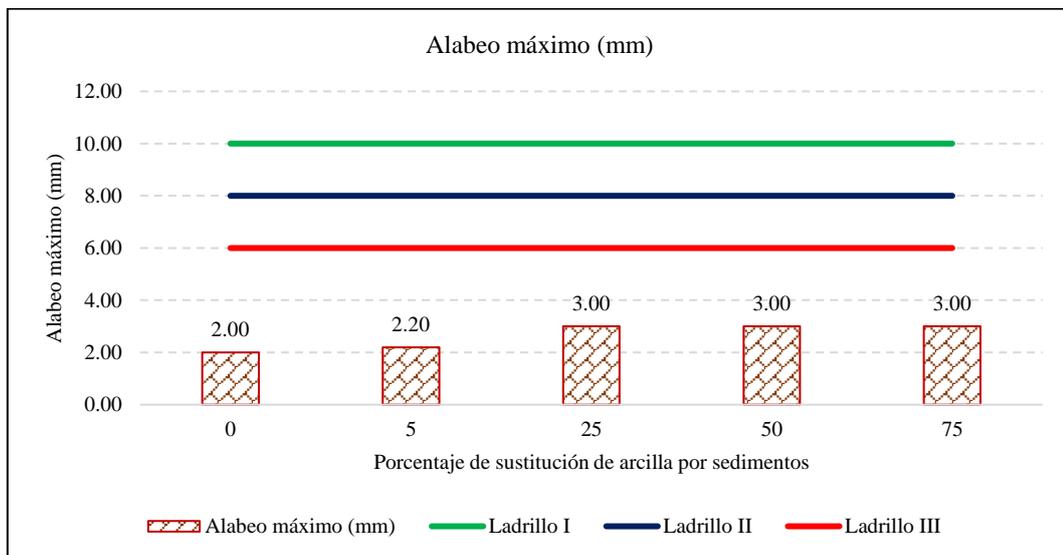
Tabla 46.

Alabeo máximo de ladrillos con sedimentos de relaves mineros

Porcentaje de sustitución de arcilla por sedimentos	Alabeo máximo (mm)	Norma E.070 "Albañilería"		
		Ladrillo I	Ladrillo II	Ladrillo III
0	2.00	10	8	6
5	2.20	10	8	6
25	3.00	10	8	6
50	3.00	10	8	6
75	3.00	10	8	6

Figura 72.

Alabeo máximo de ladrillos con sedimentos de relaves mineros



La absorción de los ladrillos elaborados con sedimentos de relaves mineros por cocción de forma artesanal, no supera el 22%, rango máximo estipulado en la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para ladrillos de arcilla cocida y sillico – calcáreos, por tanto, cumple con la normatividad, así mismo, la firmeza a compresión de los ladrillos elaborados a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros alcanza valores entre 60.40 kg/cm² y 65.60 kg/cm², superando el rango mínimo dado para ladrillos Tipo I por la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) de 50 kg/cm², pero siendo insuficiente para alcanzar la clasificación de ladrillo Tipo II, con una resistencia de 70 kg/cm², por lo que se concluye que la unidad de albañilería elaborada a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros cumple con la norma E.070 “Albañilería”, clasificándose como ladrillo Tipo I.

Tabla 47.

Absorción promedio de ladrillos con sedimentos de relaves mineros

Porcentaje de sustitución de arcilla por sedimentos	Absorción (%)	Norma E.070 “Albañilería”
0	15.02	22
5	13.82	22
25	11.80	22
50	16.60	22
75	15.82	22

Tabla 48.

Resistencia a la compresión promedio de ladrillos con sedimentos de relaves mineros

Porcentaje de sustitución de arcilla por sedimentos	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Norma E.070 “Albañilería”		
		Ladrillo I	Ladrillo II	Ladrillo III
0	62.00	50	70	95
5	65.60	50	70	95
25	65.20	50	70	95
50	61.40	50	70	95
75	60.40	50	70	95

Figura 73.

Absorción promedio de ladrillos con sedimentos de relaves mineros

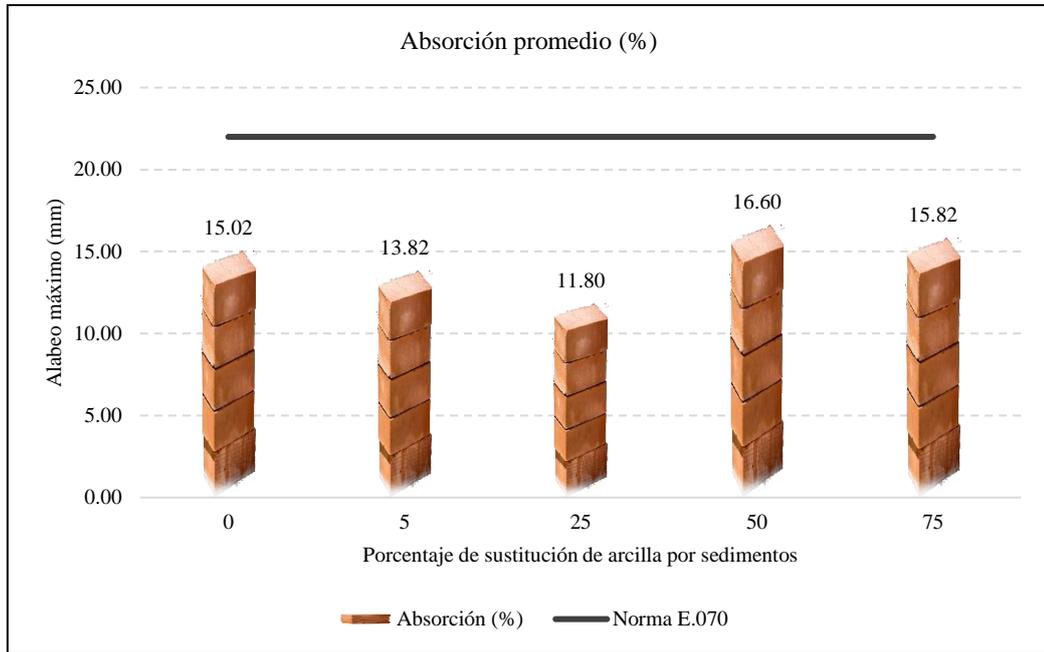
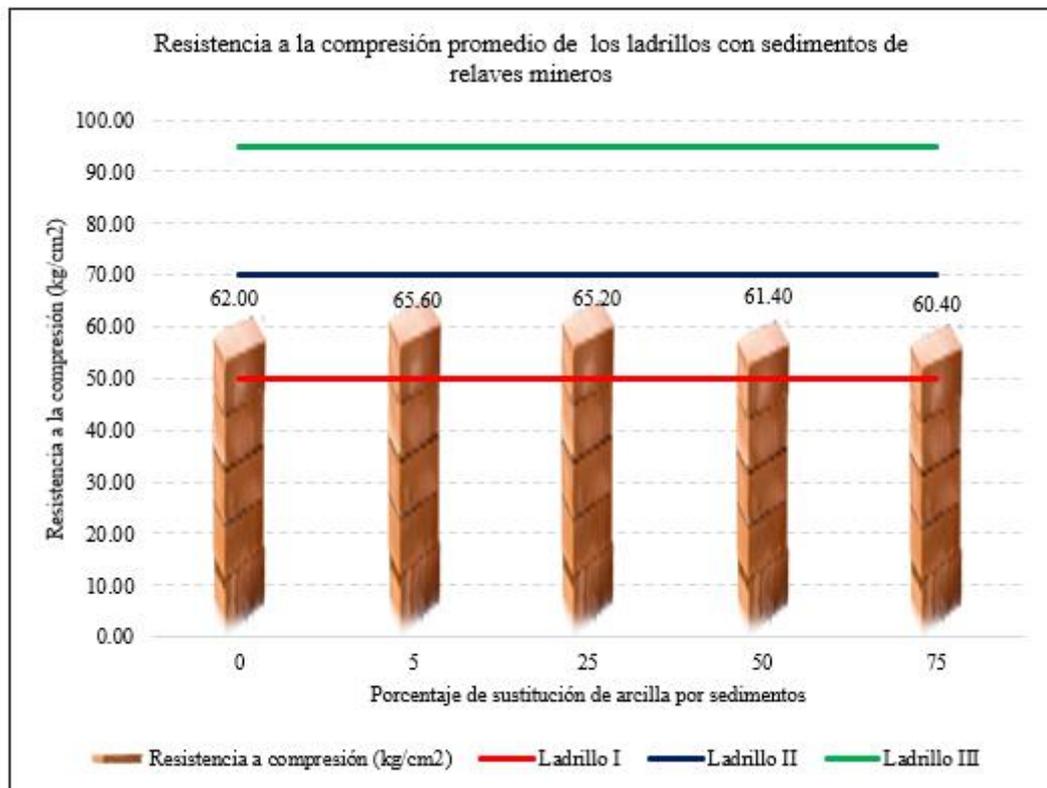


Figura 74.

Resistencia a la compresión promedio de ladrillos con sedimentos de relaves mineros



5.2.3. *Dosificación óptima*

Las unidades de albañilería elaboradas con sedimentos de relaves mineros como remplazo parcial de la arcilla al 0, 5, 25, 50 y 75% del peso del suelo seco, cumplen en su totalidad con los estándares de la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para ladrillos tipo I, sin embargo, la dosificación de mezcla que se ha considerado como la más adecuada para la elaboración de ladrillos es 5% de sedimentos de relaves mineros + 95% de arcilla, debido a que presenta un menor costo económico, presenta mayor resistencia, y desde el punto ambiental aunque el porcentaje de uso de sedimentos sea el mínimo, el solo uso de estos residuos, aporta a la disminución de la contaminación en el ambiente, valor similar al electo por Melgarejo (2018), pero diferente al porcentaje de sedimentos de relaves mineros definido como óptimo por Wei et al. (2021) al 65%, Zhu et al. (2017) al 20%, Suárez-Macías et al. (2020) al 90%, Marca (2020) al 70%, Milla (2018) al 30% y Soto (2019) al 50%. La diferencia de los porcentajes considerados óptimos entre diferentes autores se debe a que muchos de ellos definieron como óptimo a aquel porcentaje que logre cumplir la normatividad, pero no necesariamente superar al ladrillo convencional (Wei et al., 2020, Suárez-Macías et al., 2020, Marca, 2020 y Soto, 2019), mientras que otros autores buscaron que el ladrillo con sedimentos de relaves mineros logre resistencias mayores que el ladrillo convencional (Zhu et al., 2017 y Milla, 2018), por lo que sus porcentajes fueron menores a los de otros investigadores, pero siguen siendo mayores en comparación con la dosificación óptima electa en el presente estudio, debido a que Zhu et al. (2017) han elaborado ladrillos por procesos industriales, y en esta investigación los ladrillos se han elaborado de forma artesanal.

Tabla 49.

Dosificación óptima para ladrillos

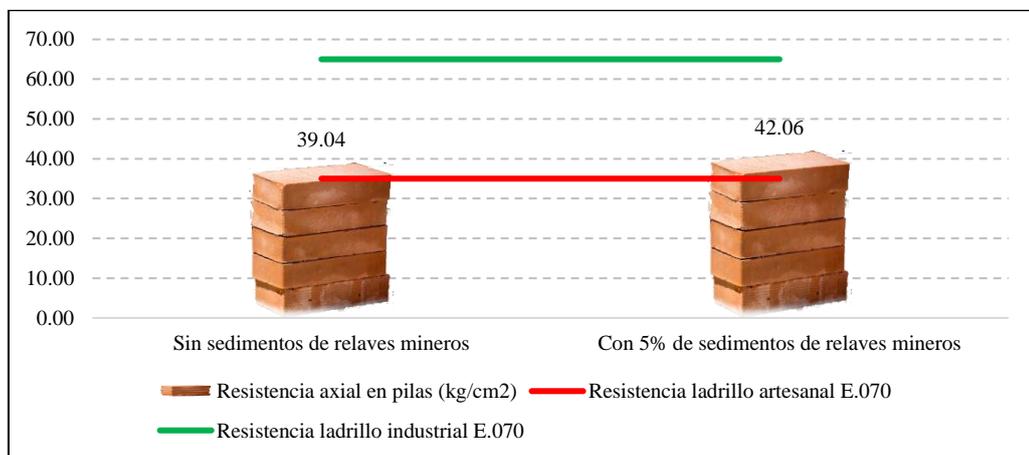
Porcentaje de sedimentos de relaves mineros	Peso específico (gr/cm ³)	Absorción (%)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Clasificación según norma E.070 “Albañilería”
5%	1.678	13.820	65.60	Tipo I

5.2.4. Albañilería en pilas y muretes

La resistencia a la compresión axial promedio en pilas de albañilería elaboradas con ladrillos convencionales (100% suelo arcilloso de la cantera del Sr. Cesar Lozano ubicado en El Frutillo de Bambamarca) alcanza en promedio 39.04 kg/cm² y en ladrillos con sedimentos de relaves mineros (5% de sedimentos de relaves mineros + 95% de arcilla) alcanza una resistencia promedio de 42.06 kg/cm², ambos valores están por encima del mínimo dado en la norma E.070 “Albañilería”, que especifica una resistencia mínima de 35 kg/cm² para ladrillos artesanales (MVCS, 2021), no obstante, los ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros tienen mayor resistencia a la compresión axial en pilas que los ladrillos artesanales convencionales, tal como otras unidades descritas en la revisión sistemática realizada por Garay (2018).

Figura 75.

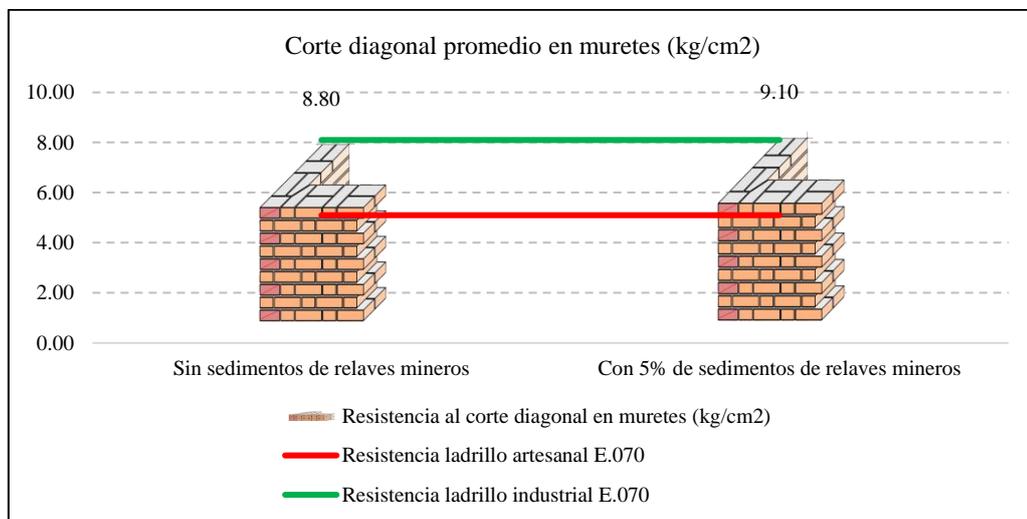
Resistencia axial promedio en pilas de albañilería



La resistencia al corte diagonal promedio en muretes de albañilería elaborados con ladrillos convencionales (100% suelo arcilloso de la cantera del Sr. Cesar Lozano ubicado El Frutillo de Bambamarca) alcanza en promedio 8.80 kg/cm² y en ladrillos con sedimentos de relaves mineros (5% de sedimentos de relaves mineros + 95% de arcilla) alcanza una resistencia promedio de 9.10 kg/cm², ambos valores no solo están por encima de la resistencia mínima especificada por la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para ladrillos artesanales de 5.10 kg/cm², sino también al mínimo dado para ladrillos industriales de 8.10 kg/cm², demostrando una buena adhesión al mortero y una buena resistencia para su uso en muros armados, no obstante, los ladrillos con 5% de sedimentos de relaves mineros tienen mayor resistencia al corte diagonal en muretes que los ladrillos artesanales convencionales, tal como otras unidades descritas en la revisión sistemática realizada por Garay (2018), sin embargo, sus aplicaciones aún son objeto de investigación por no tener certificación ambiental, siendo así se recomienda su uso en pozos de percolación, o áreas de mina que no requieran mayor contacto con la población.

Figura 76.

Resistencia al corte diagonal promedio en muretes de albañilería



5.3. Contrastación de hipótesis

El análisis estadístico de la varianza (ANOVA) se ha realizado mediante el software Minitab 19, con el fin de aceptar la hipótesis nula (H_0) o aceptar la hipótesis alternativa (H_1). Si el p-value (probabilidad) es menor que el nivel de significancia (0.05) se rechaza H_0 , pero si el p-value es mayor que el nivel de significancia se acepta H_0 . El modelo estadístico que más se ajusta a los datos es el modelo lineal general, y las hipótesis que se han analizado son las siguientes:

- H_0 : No hay diferencia significativa en las características físico, químicas y mecánicas de los ladrillos artesanales elaborados con diferentes dosificaciones de sedimentos de relaves mineros.
- H_1 : Si hay diferencia significativa en las mediciones de las características físico-mecánicas de los ladrillos artesanales elaborados con diferentes dosificaciones de sedimentos de relaves mineros.

Para definir si existe diferencia significativa entre las características físico-mecánicas de los ladrillos según dosificación de sedimentos de relaves mineros, se ha determinado el ANOVA para cada característica. En la Tabla 51, el valor-p es 0.043, en la tabla 50, el valor-p es 0.002, en la tabla 53 el valor-p es 0.00 y en la tabla 52 el valor p es 0.00, todos los valores son menores al nivel de significancia 0.05, por tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 , por tanto, se puede aseverar que existe diferencia significativa en las mediciones de las peculiaridades físico – mecánicas de los ladrillos según la dosificación de sedimentos de relaves mineros. Así mismo, en la tabla 53 se ha verificado que la propiedad que tiene mayor relación de significancia para el análisis de firmeza a compresión con un valor R de 79.40%.

Tabla 50.*Características de los ladrillos con sedimentos de relaves mineros, para análisis estadístico*

ANOVA

Porcentaje de sedimentos de relaves mineros	Características físico-mecánicas			
	Variación dimensional (%)	Alabeo (mm)	Absorción (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
0	0.12	2.00	15.30	62.00
0	0.06	1.10	15.30	62.00
0	0.16	1.10	15.10	64.00
0	0.12	1.00	15.00	61.00
0	0.09	1.00	14.40	61.00
5	0.08	2.20	11.50	64.00
5	0.07	1.30	14.70	66.00
5	0.06	1.20	14.40	65.00
5	0.05	1.20	15.60	67.00
5	0.06	1.30	12.90	66.00
25	0.08	3.00	12.00	64.00
25	0.07	1.50	13.80	64.00
25	0.08	1.50	11.20	66.00
25	0.07	1.50	10.30	67.00
25	0.05	1.50	11.70	65.00
50	0.20	3.00	16.10	62.00
50	0.12	3.00	17.70	60.00
50	0.11	2.90	16.40	61.00
50	0.08	1.90	17.10	61.00
50	0.09	0.90	15.70	63.00
75	0.12	3.00	14.60	60.00
75	0.10	3.00	16.90	60.00
75	0.16	2.50	16.70	59.00
75	0.06	2.90	15.90	61.00
75	0.09	2.70	15.00	62.00

Nota: Los porcentajes de adición de sedimentos de relaves mineros han sido 0, 5, 25, 50 y 75%, con los cuales se ha elaborado unidades de albañilería que han sido analizados a variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a la compresión.

Tabla 51.*Análisis de varianza para variación dimensional*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de sedimentos de rel	4	0.01276	0.003190	3.00	0.043
Error	20	0.02124	0.001062		
Total	24	0.03400			

Tabla 52.*Análisis de Varianza para alabeo*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de sedimentos de rel	4	8.466	2.1166	6.13	0.002
Error	20	6.904	0.3452		
Total	24	15.370			

Tabla 53.*Análisis de varianza para absorción*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de sedimentos de rel	4	70.56	17.641	14.47	0.000
Error	20	24.38	1.219		
Total	24	94.95			

Tabla 54.*Análisis de varianza resistencia a la compresión*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de sedimentos de rel	4	109.44	27.360	19.27	0.000
Error	20	28.40	1.420		
Total	24	137.84			

Tabla 55.*Resumen del modelo para las características físico – mecánica del ladrillo*

Característica físico-mecánica del ladrillo	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Variación dimensional	0.03258	37.53%	25.04%	2.39%
Alabeo	0.58753	55.08%	46.10%	28.92%
Absorción	1.10417	74.32%	69.18%	59.87%
Resistencia a la compresión	1.19164	79.40%	75.28%	67.81%

Una vez que se ha determinado que existe diferencia significativa entre los ladrillos elaborados según el porcentaje de incorporación de sedimentos de relaves mineros, se ha procedido a validar la hipótesis nula principal (HPo) o aceptar la hipótesis alternativa principal (HP1), para las unidades elaboradas con 5% de sedimentos de relaves mineros + 95 % de arcilla. Donde el modelo que más se ajusta es el modelo lineal general y las hipótesis analizadas son:

- HPo: Según la caracterización física, química y mecánica el ladrillo artesanal elaborado a base de 95% de arcilla y 5% de sedimentos de relaves mineros cumple con la norma E.070 “Albañilería” para un ladrillo tipo I (MVCS, 2021). (No hay diferencia)
- HP1: Según la caracterización física, química y mecánica el ladrillo artesanal elaborado a base de 95% de arcilla y 5% de sedimentos de relaves mineros no cumple con la norma E.070 “Albañilería” para ladrillo tipo I (MVCS, 2021). (Si hay diferencia)

Tabla 56.

Datos para el análisis estadístico ANOVA

Tipo de unidad	Características físico-mecánicas			
	Variación dimensional (%)	Alabeo (mm)	Absorción (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Ladrillos con 5% de sedimentos	0.08	2.2	11.5	64
Ladrillos con 5% de sedimentos	0.07	1.3	14.7	66
Ladrillos con 5% de sedimentos	0.06	1.2	14.4	65
Ladrillos con 5% de sedimentos	0.05	1.2	15.6	67
Ladrillos con 5% de sedimentos	0.06	1.3	12.9	66
Norma E.070 “Albañilería”	1.00	4.0	22.0	50.0

Tabla 57.*Análisis de Varianza*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de unidad	1	0.1	0.08	0.17	0.685
Tipo de ensayo	3	28299.3	9433.08	19031.74	0.000
Error	35	17.3	0.50		
Falta de ajuste	3	0.9	0.30	0.59	0.627
Error puro	32	16.4	0.51		
Total	39	28316.7			

En la Tabla 57, el valor-p para tipo de unidad es 0.685 mayor al nivel de significancia 0.05 por tanto se acepta H_0 y se rechaza H_1 ; entonces las características físico-mecánicas del ladrillo artesanal elaborado con 95% de arcilla y 5% de sedimentos de relaves mineros cumplen significativamente con los estándares dados en la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para ladrillo Tipo I.

Tabla 58.*Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.704024	99.94%	99.93%	99.92%

En la Tabla 58, el valor de R-cuad es 99.94% por tanto el modelo tiene correlación con los datos dados, y puede ser utilizado para predecir el comportamiento de los materiales.

CONCLUSIONES

Al realizar la “Caracterizar física, química y mecánicamente el ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros con el fin de verificar si cumple con los estándares de la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para un ladrillo tipo I”, se determinaron las siguientes conclusiones:

- 1) Según las propiedades físicas del suelo de la cantera El Frutillo, distrito de Bambamarca y los sedimentos de relaves mineros del río Culquirumi, distrito de Hualgayoc, como el límite líquido (63% y 26%) e índice de plasticidad (40.75% y 7.85%), se clasifican como arcilla de alta plasticidad y arcilla de baja plasticidad con arena, respectivamente con peso específico de masa de 2.417 g/cm³ y 2.5 g/cm³, absorción de 3.45% y 5.26%, peso unitario de 1318.46 kg/m³ y 1494.43 kg/m³, respectivamente. Así mismo, según las propiedades químicas los sedimentos de relave minero tienen un valor pH de 7.78 base alcalina, con proporciones mínimas de minerales, tales como, 0.63% de hierro, 0.004% de cobre, 0.01% de plata, 0.032% de zinc y 0.017% de cianuro, que se encuentran en forma de sales tales como CuSO₄, FeSO₄, ZnSO₄, 7H₂O, entre otras.
- 2) Las propiedades físico-mecánicas del ladrillo elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros en porcentajes de remplazo del 0, 5, 25, 50 y 75% respecto al peso del suelo seco, cumple con los estándares de la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021), para un ladrillo tipo I. Ninguna de las unidades de albañilería presenta rasgos de eflorescencia sin importar el porcentaje de sedimentos de relaves mineros que contengan. El peso de las unidades de albañilería disminuye conforme se incrementa el porcentaje de sedimentos de relaves mineros pero la variación dimensional y el alabeo aumenta. La absorción empieza a disminuir mientras se adicione como máximo 25% de sedimentos de

- relaves mineros, luego está aumenta, en cambio, la resistencia a compresión se incrementa al adicionar 5% de sedimentos de relaves mineros hasta 65.60 kg/cm².
- 3) La dosificación de mezcla que presenta un menor costo económico (0.981 soles) y garantiza el cumplimiento de las propiedades mecánicas para su uso en muros de albañilería según la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021), logrando mayor resistencia que el ladrillo convencional es el ladrillo elaborado con 95% de arcilla + 5% de sedimentos de relaves mineros, con el cual se alcanza un valor de absorción de 13.82% y resistencia a la compresión de 65.60 kg/cm², clasificándose como ladrillo Tipo I. Este resultado es conservador debido a que no se cuenta con la caracterización química del ladrillo, es decir, la unidad con sedimentos de relaves minero cumple los estándares de la norma E.070 pero se debe continuar la evaluación para garantizar la certificación ambiental.
- 4) Las pilas y muretes elaboras con ladrillos 95% de arcilla + 5% de sedimentos de relaves mineros cumple con la resistencia a la compresión axial y la resistencia diagonal para ladrillo artesanal según la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021). Los valores alcanzados por los ladrillos con sedimentos de relaves mineros son 42.06 kg/cm² para resistencia a la compresión axial en pilas y 9.10 kg/cm² para resistencia a la compresión diagonal en muretes. Lo que confirma que estas unidades cumplen los estándares de la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021).

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- 1) Se sugiere en futuras investigación realizar la caracterización química de los sedimentos de relaves mineros, pero por procesos de mayor especialización a fin de garantizar que estos no presenten minerales de mercurio o arsénico. También sería propicio que planteen la caracterización química de las unidades de albañilería elaboradas con sedimentos de relaves mineros, para validar que los minerales hayan sido encapsulados en la matriz del ladrillo.
- 2) Se recomienda determinar los componentes mineralógicos de la arcilla, ya que, si bien en el presente estudio los ladrillos no muestran rasgos de eflorescencia, muchas veces el suelo que se utiliza para la elaboración de ladrillos en los centros poblados de Bambamarca, no pasa, por un proceso de análisis físico-químico, lo que puede terminar generando unidades de albañilería con rasgos eflorescentes.
- 3) Es necesario, que se plantee un estudio para validar las posibles aplicaciones de las unidades de albañilería con sedimentos de relaves mineros, considerando que cumplen con la norma E.070, pero aún no cuentan con certificación ambiental.
- 4) Se propone como futuro tema de investigación la elaboración de unidades de albañilería con sedimentos de relaves mineros previo encapsulamiento de los mismos con cal, para garantizar la neutralización de los minerales y la acidez.
- 5) Los posibles usos que podría tener la unidad de albañilería elaborada en la presente investigación con 5% de sedimentos de relaves mineros, es en pozos de percolación, o en zonas de mina en áreas que no tengan contacto directo con las personas.
- 6) A los pobladores de la ciudad de Bambamarca, se aconseja cumplir con los lineamientos de la norma E.070 “Albañilería”, y solo utilizar las unidades de albañilería artesanal para la construcción de muros no portantes, o muros portantes de hasta dos niveles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR. (2006). *Granulometría UNE-EN 933-1:1998 y UNE-EN 933-1:1998/A1:2006*. Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Aceros Arequipa. (2020). Construye seguro manual del maestro constructor. Aceros Arequipa. <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/preparacion-de-los-materiales>
- Aliaga, G. H. (2017) *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales de la ciudad de Celendín*. Universidad Nacional de Cajamarca. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Apaza, J. R. (2019). *Caracterización de la mezcla de arcillas para la fabricación de ladrillo artesanal de la concesión San Pedro 2000 del distrito de Salcedo-Puno*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno].
- Ashande, C. M., Nzamonga, A. G., Ngiala, G. B., Benjamin, G. Z., Virima, M., & Mpiana, P. T. (2019). Socio-economic and Environmental Impacts of Clay Brick Manufacturing in Gbado-Lite City (Nord Ubangi Province, DR Congo). *Journal of Environment Protection and Sustainable Development*, 5(3), 126-131.
- Bosque, H.R. (2005). *Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Canbaz, M. y Albayrak, U. (2018). Properties of ancient style handmade clay bricks using bottom ash. *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 19 (1), 104-113.
- Cárdenas, F.J. (2019). *Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería – caso ex unidad minera Mercedes 3*. [Tesis de grado para optar por el título de Ingeniero civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. doi: <https://doi.org/10.19083/tesis/625225>
- Chanchí, J. C., Bonilla, D. F., Gaviria, J. A., & Giraldo, J. J. (2008). Ensayos a compresión y tensión diagonal sobre muretes hechos a base de papel periódico reciclado y engrudo de almidón de yuca. *Revista ingeniería de construcción*, 23(3), 145-154.
- Chilón, M. D. & Posadas, W. A (2018). *Reutilización de lodos generados en el tratamiento de aguas ácidas para la elaboración de ladrillos artesanales en una empresa minera de Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/14793>

- Chicchón, J. M., & Rivasplata, L. F. (2020). *Características físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla king kong del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma].
- Contreras, M. M., & Gonzalez, A. G. (2017). *Influencia de la cantidad adicionada de vidrio de desecho en reemplazo de agregado fino, sobre la densidad, absorción y resistencia a la compresión en morteros y pilas de albañilería*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Cruzado, J.W. (2017). *Estudio de las propiedades físico - mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1025>
- Díaz, L. A., & Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: Una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica Y Vidrio*, 41(5), 459–470. <http://hdl.handle.net/10261/4676>
- Elias, M. L., & Cultrone, G. (2019). On the Use of Sodium Chloride and Calcined Diatomite Sludge as Additives to Improve the Engineering Properties of Bricks Made with a Clay Earth from Jun (Granada, Spain). *Minerals*, 9(1), 64.
- Espín, D., Jarrín, J., & Escobar, O. (2017). Manejo, gestión, tratamiento y disposición final de relaves mineros generados en el proyecto Río Blanco. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 1-13.
- Fernández, Y.K. (2019). *Alteración de las propiedades físico mecánicas de suelos por la actividad extractiva de arcilla utilizada para la fabricación de ladrillo artesanal en el centro poblado santa bárbara – Cajamarca*. [Tesis para optar por el grado académico de doctor en ciencias, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3484>
- Flores, J. P., & Ochoa, R. J. (2019). *Evaluación comparativa de un prototipo de ladrillo macizo de cemento sustituyendo el agregado fino por PET respecto a un ladrillo artesanal, Cusco-2018*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco].
- Flores, S., Zegarra, E., Del Carpio, J. y Flores, N. (2017). Desarrollo y validación de una tecnología limpia para el tratamiento integral de neutralización de efluentes y relaves metalúrgicos basados en el empleo de Agentes Calcáreos. *Green Metallurgy Technologies S.R.L: 1 - 7*.

- Gallardo, L.D. (2021). *Influencia de la ubicación de cocción sobre la variación dimensional, alabeo, absorción, vacíos y compresión en tipo de ladrillo de la ladrillera Huanchaco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Gallegos, H. y Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural, 3ª ed.* Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gálvez, B. S. (2020). *Propiedades físico mecánicas de ladrillos de arena con inyección de CO2 con 03 granulometrías diferentes de la cantera Sapos, Cajamarca 2020*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]
- Garay, H. C. (2020). *Revisión sistemática: calidad de la producción de los ladrillos artesanales*. [Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller en ingeniería civil, Universidad Privada del Norte].
- García, R.A. y Bolívar, R. (2017). Caracterización hidrométrica de las arcillas utilizadas en la fabricación de productos cerámicos en Ocaña, Norte de Santander. *INGECUC*, 13(1), 53-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.13.1.2017.05>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación, 6ª ed.* Mc Graw Hill.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares, Acceso a servicios básicos. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. INEI.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2016). *NTP 331.017. Unidades de albañilería. Ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Requisitos. INACAL.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2015). *NTP 399.604. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*. INACAL.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2018). *NTP 399.605. Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería, 3a Ed.* INACAL.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2018). *NTP 399.613. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, 2ª ed.* INACAL.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2015). *NTP 399.621. Unidades de albañilería. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. INACAL.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2019). *NTP 399.128. Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico*. INACAL.

- Instituto Nacional de la Calidad. (2019). *NTP 399.129. Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. INACAL.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2021). *NTP 400.012. Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo*. INACAL.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2021). *NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. INACAL.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2021). *NTP 400.022. Agregados. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo*. INACAL.
- Ishikane, E. G. (2019). *Resistencia a compresión y conductividad térmica del mortero con sustitución al cemento en 12% de Arcilla de Quitaracsa y 4% de concha de lapicero*. [Tesis de grado, Universidad de San Pedro].
- Idrogo, E. (2015). *Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto elaborados artesanalmente en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Jovanović, M., Mujkanović, A., Tutić, E., & Volkov-Husović, T. (2019). Effects of cigarette butts addition on thermal conductivity and ceramic properties of brick clay. *International Journal of Energy and Environment*, 10(5), 281-290.
- Kim, Y., Lee, Y., Kim, M., & Park, H. (2019). Preparation of high porosity bricks by utilizing red mud and mine tailing. *Journal of cleaner production*, 207, 490-497.
- Lazo, C.M. (2019). *Análisis del método de muestreo de detritos de los taladros para voladura y control de envío de mineral en la Mina Justa, San Juan de Marcona – Nasca – Ica*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Marca, R.C. (2020). *Determinación de propiedades físico mecánicas de unidades de albañilería fabricados con relaves mineros para uso en la construcción, distrito de Ananea – Puno*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno].
- Marin, A. (2019). *Resistencia a la compresión en mortero sustituyendo 7% de cemento por cenizas de tallo de maíz y adicionando 3% de agua de penca azul*. [Tesis de grado para optar por el título de ingeniero civil, Universidad San Pedro].
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8009>

- Medina, R. (2020). *Edición N° 12, Capacitándonos y aprendiendo más de la chamba, muros portantes*. Aceros Arequipa. <https://afly.co/r2v5>
- Melgarejo, Y.J. (2018). *Resistencia del concreto $F'_{C}=210$ kg/cm² con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí*. [Tesis de grado, Universidad San Pedro]. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5397>
- Milla, D. E. (2018). *Resistencia a la compresión de una unidad de adobe empleando una prensa manual y sustituyendo el 10%, 20% y 30%, por relave minero de Ticapampa, en la provincia de Huaraz-2017*. [Tesis de grado, Universidad San Pedro]. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5436>
- Ministerio del Ambiente. (2010, 20 de agosto). *Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM. Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas*. MINAM.
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Boletín estadístico minero, edición N° 05-2020. Minería impulsa la reactivación de la economía nacional. Operaciones y proyectos se reanudan en la fase I y II*. Ministerio de energía y minas.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. MVCS.
- Molocho, J. A. (2019). *Propiedades físico-mecánicas de unidades de albañilería de tres ladrilleras artesanales en función de la norma E.070 “Albañilería”, distrito de Bambamarca – Cajamarca – 2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/22323>
- Mora, F.A. y Tejeira, R. (2019). Determinación mineralógica de la fracción arcilla en suelos de importancia agrícolas de la República de Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 2(1), 34-48.
- Palacios, F. A. (2019). *Estudio comparativo de las propiedades físico – mecánicas del ladrillo artesanal de las ciudades de Sullana-Paita-Piura-Morropón*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura].
- Párraga, W. E. R., Campos, M. S. A., & Hernández, E. H. O. (2018). Mechanical properties of artisanal bricks. *International research journal of engineering, IT & scientific research*, 4(4), 1-6.
- Palli, R.H. (2016). *Dimensionamiento y optimización de un sedimentador convencional de relaves de cobre en una planta de procesamiento de 850 TMD*. [Tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín].

- Pérez, T. J. (2016). *Comportamiento Físico-Mecánico del ladrillo de concreto tipo IV*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina].
- Pierre, J.F. (2019, 8 de febrero). *Pasivos mineros: ciudadanos de Hualgayoc reclaman ser tratados como verdaderos ciudadanos*. Revista Energiminas. <https://energiminas.com/pasivos-mineros-ciudadanos-de-hualgayoc-reclaman-ser-tratados-como-verdaderos-ciudadanos/>
- Quintero Araque, E., & Diaz González, D. (2020). *Identificación de alternativas de almacenamiento de relaves generados en la minería aurífera en Colombia*. [Tesis de especialización en Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia].
- Reinoso, M.J. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de ladrillos tradicionales y ladrillos elaborados a base de lodos de la planta de tratamiento de agua potable de la red Casigana, como sustituto parcial de la arcilla*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato].
- Rincón, J.M y Romero, M. (2000). Fundamentos y clasificación de las eflorescencias en ladrillos de construcción. *Materiales de Construcción*, 9(50), 11-15. <http://materconstrucc.revistas.csic.es>
- Romero, M. J., & Salinas, M. A. (2020). *Estudio experimental del concreto para adoquines tipo II, adicionando relaves mineros*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11386>
- Romero, A. y Flores, S. (2010). Reusó de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas. *Revista de la Facultad de ingeniería industrial*, 13(1), 75 – 82.
- Romero, A., Flores, S., & Arévalo, W. (2010). Tratamiento de efluentes de la industria minera con dolomita. *Industrial Data*, 13(1), 85-090. <https://doi.org/10.15381/idata.v13i1.6174>
- Salguero, K. R. (2017). *Inertización de relaves mineros utilizando la vitrificación para su aprovechamiento en la construcción*. [Tesis de grado, Universidad Internacional SEK, Quito].
- Seminario, R. C. (2013). *Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura*. [Tesis de grado, Universidad de Piura].
- Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control. (2004). *Normativa de ladrillos y bloques actualizado a octubre/2004*. Comunidad de Madrid.
- Silva, J. C. (2019). *Bases teóricas para evaluar la influencia de la adición de la mezcla ceniza volante de cascarilla de maní con cal en las propiedades físicas y*

- mecánicas en el suelo de buenos aires distrito de Víctor Larco Herrera-Trujillo–La Libertad, 2018. [Tesis de grado, Universidad Privada de Trujillo].*
- Singh, RK, Pal, D., Signh, SK, Tripathi, N. y Singh, RS. (2021). Utilization of Iron Ore Tailings for Brick Manufacture from Donimalai Mines of Karnataka, India. *Jornal of Scientific & Industrial Research*, 80(1), 210-220.
- Soto, A.A. (2019). *Ladrillos refractario de alúmina a partir de lodos residuales minerales en la Región Junín*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes].
- Suárez-Macías, J., Terrones-Saeta, J. M., Iglesias-Godino, F. J., & Corpas-Iglesias, F. A. (2020). Retention of Contaminants Elements from Tailings from Lead Mine Washing Plants in Ceramics for Bricks. *Minerals*, 10(6), 576. <https://doi.org/10.3390/min10060576>
- Tangboriboon, N., Moonsri, S., Netthip, A., Sangwan, W., & Sirivat, A. (2019). Enhancing physical-thermal-mechanical properties of fired clay bricks by eggshell as a bio-filler and flux. *Science of Sintering*, 51(1).
- Torres, S. R. (2021). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla fabricados en la ciudad de iquitos-2020*. [Trabajo de investigación, Universidad Científica del Perú].
- Valdez Loaiza, J., Aguilar Franco, J., Sánchez Vargas, L., Alatrística Góngora, G., & Figueroa Dianderas, A. P. (2020). Design and implementation of an alternative process for the manufacture of bricks from gold mine tailings. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 268-276.
- Wei, Z., Zhao, J., Wang, W., Yang, Y., Zhuang, S., Lu, T., & Hou, Z. (2021). Utilizing gold mine tailings to produce sintered bricks. *Construction and Building Materials*, 282, 122655.
- Wisum, R.C. (2018). *Prospección geológica y caracterización de arcillas de la zona de Arapicos para la fabricación de ladrillos artesanales* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Yepes Piqueras, V. (2011). *Peso específico seco de un suelo*. Universitat Politècnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/10730>
- Zambrana, H. y Saavedra, J. (1992). *Proyecto Yacupaj. Manual de Albañilería para obras de saneamiento básico*. Área técnica N°5.
- Zhu, M., Wang, H., Liu, L., Ji, R., & Wang, X. (2017). Preparation and characterization of permeable bricks from gangue and tailings. *Construction and Building Materials*, 148, 484-491.

Zúñiga Suárez, A., Hernández-Olivares, F., Fernández-Martínez, F., Zúñiga, B., Sánchez, L., & Paladines, J. (2017). Development of improved bricks (LM) and use of new technologies for ecological bricks (LE) elaboration. In *Proceedings of the 3rd International Congress on Sustainable Construction and Eco-Efficient Solutions*, p 1194-1218. Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Tesis: Evaluación del ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros, Hualgayoc

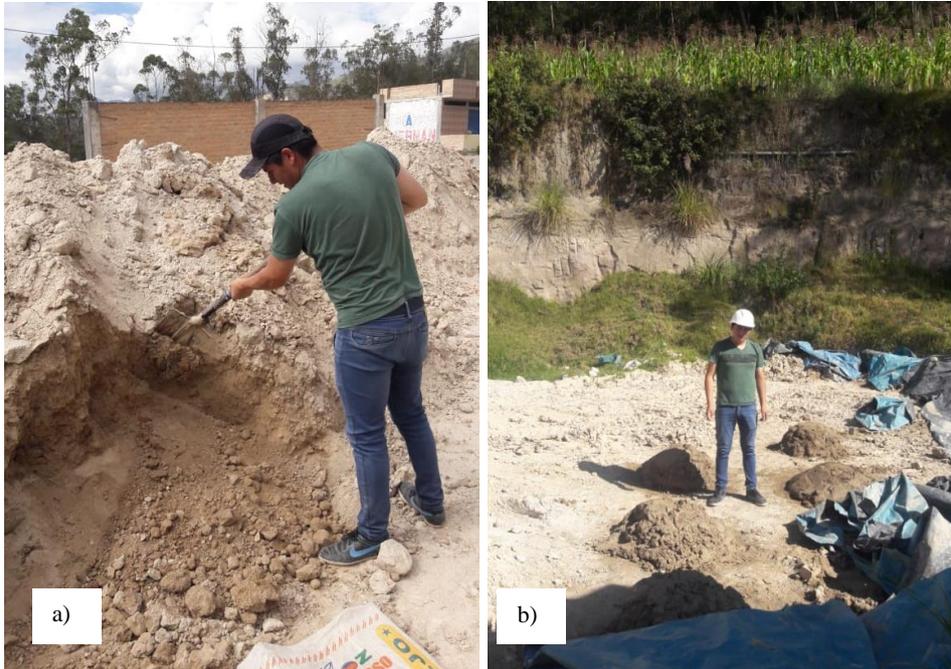
Tesista: Fernando Díaz Ruiz

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Técnicas e instrumentos
¿Según la caracterización física, química y mecánica, el ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros supera la resistencia a compresión de 50 kg/cm ² , dada en la norma E.070 “Albañilería” para un ladrillo tipo I?	<p>Objetivo general</p> <p>Caracterizar física, química y mecánicamente el ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros con el fin de verificar si cumple con los estándares de la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021) para un ladrillo tipo I.</p>	Según la caracterización física, química y mecánica del ladrillo artesanal elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros supera la resistencia a compresión de 50 kg/cm ² , dada en la norma E.070 “Albañilería” para un ladrillo tipo I.	<p>Técnicas</p> <p>Observación</p> <p>Ensayos de laboratorio</p> <p>Análisis</p>
	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – Analizar las propiedades físico-químicas de las materias primas: arcilla de la cantera El Frutillo, distrito de Bambamarca y sedimentos de relaves mineros del río Culquirumi, distrito de Hualgayoc. – Determinar las propiedades físico-mecánicas del ladrillo elaborado a base de arcilla y sedimentos de relaves mineros en porcentajes de remplazo del 0%, 5%, 25%, 50% y 75% respecto al peso del suelo seco. – Definir la dosificación de mezcla (arcilla + sedimentos de relaves mineros) que garantice el cumplimiento de las propiedades mecánicas para su uso en muros de albañilería según la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021). – Verificar que la dosificación óptima de mezcla arcilla + sedimentos de relaves mineros cumple con la resistencia axial en pilas y la resistencia diagonal en muretes para ladrillo artesanal según la norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2021). 		<p>Instrumentos</p> <p>Fotografías</p> <p>Formatos de ensayos de laboratorio</p> <p>Matriz de análisis</p>

Anexo N° 2. Panel fotográfico

Figura 77.

Recolección de materias primas



Nota: a) Recolección de arcilla en la cantera de la ladrillera El Frutillo, b) Recolección de sedimentos de relaves mineros en la ribera del río Culquirumi.

Figura 78.

Análisis de granulometría



Figura 79.

Límite líquido de las materias primas



Figura 80.

Límite plástico de las materias primas

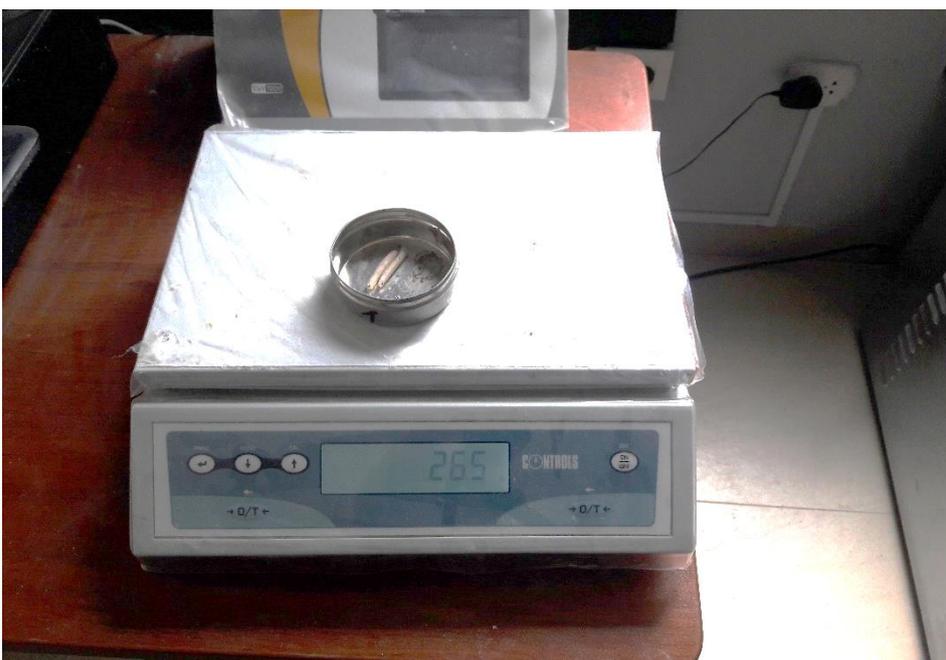


Figura 81.

Peso específico de las materias primas

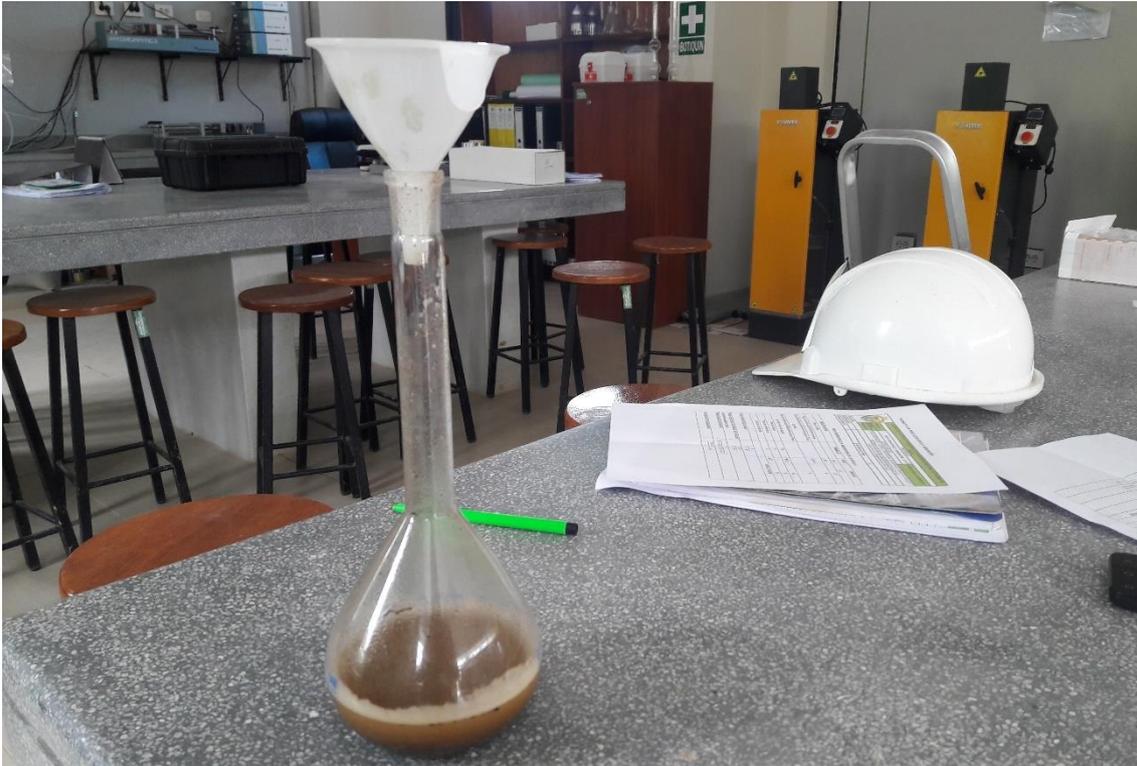


Figura 82.

Peso unitario suelto de las materias primas



Figura 83.

Mezcla de suelo para la elaboración de unidades de albañilería



Figura 84.

Proceso de mezclado de suelo arcillo y sedimentos de relaves mineros para la elaboración de unidades de albañilería



Figura 85.

Mezcla óptima de suelo con sedimentos de relaves mineros para la elaboración de ladrillos



Figura 86.

Cocción de las unidades de albañilería



Figura 87.

Traslado de las unidades de albañilería al laboratorio



Figura 88.

Medición de variación dimensional de unidades de albañilería



Figura 89.

Medición de alabeo de las unidades de albañilería



Figura 90.

Análisis de peso específico de las unidades de albañilería



Figura 91.

Análisis de absorción de las unidades de albañilería



Figura 92.

Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería



Figura 93.

Elaboración de pilas de unidades de albañilería



Figura 94.

Elaboración de muretes de unidades de albañilería



Figura 95.

Ensayo en pilas de unidades de albañilería



Figura 96.

Ensayo de muretes de las unidades de albañilería



Anexo 3. Análisis de costo de la elaboración de ladrillos

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO PARA LA FABRICACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANALES CON SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS

Primero se ha estimado el costo de la extracción de 1 m³ de sedimentos de relaves mineros entendiendo que estos son desechos de la desintegración de los minerales que tras una serie de tratamientos son evacuados a la naturaleza por la mina Golf Fields la cima S.A. en un punto autorizado hacia el río Culquirumi. En otras palabras, el material que ha sido utilizado como materia prima para la elaboración de ladrillos está integrado por la mezcla del material descargado por el relave minero con el suelo de la ribera del río. No obstante, para su uso debe pasar por un análisis previo de caracterización mineralógica también considerado en la cotización.

EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS

Rendimiento	m ³ /día	4.00	EQ 4.00		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	0.100	0.200	12.500	2.500
Peón	hh	1.000	2.000	6.250	12.500
					15.000
Subcontrato					
Caracterización mineral	Glb		1.000	100.000	100.000
Flete	m ³		1.000	5.000	5.000
					105.000
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.000	15.000	0.750
					0.750
Costo unitario directo:					120.750

SIN RELAVES MINEROS

Elaboración de ladrillos 1000 por día

Rendimiento	Und/día	1000.00	EQ 1000.00		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	2.000	0.016	12.500	0.200
Peón	hh	8.000	0.064	6.250	0.400
					0.600
Materiales					
Arcilla	m ³		5.000	50.000	250.000
Arena	m ³		4.000	60.000	240.000
Agua	m ³		0.100	1.000	0.100
					490.100
Subcontratos					
Alquiler de horno	día		1.000	500.000	500.000
					500.000
Costo unitario directo:					990.700

Precio 1 ladrillo

0.991

CON 5% DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS

Peso específico

Arcilla 2417 kg/m³
Sedimento 2500 kg/m³

Cantidad sin relaves mineros

Arcilla m³ 9
Arcilla kg Cantidad de arcilla (m³)*Peso específico= 21753

Cantidad con relaves mineros Porcentaje 5%
Sedimentos (kg) Peso arcilla*Porcentaje de sustitución 1087.65 kg
Sedimentos (m³) Peso del material/peso específico 0.44 m³
Arcilla (m³) Peso del material/peso específico 8.56 m³

Rendimiento Und/día 1000.00 EQ 1000.00

Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	2.000	0.016	12.500	0.200
Peón	hh	8.000	0.064	6.250	0.400
					0.600
Materiales					
Arcilla	m ³		8.565	50.000	428.247
Sedimentos	m ³		0.435	120.750	52.533
Agua	m ³		0.100	1.000	0.100
					480.880
Subcontratos					
Alquiler de horno	día		1.000	500.000	500.000
					500.000
Costo unitario directo:					981.480

Precio 1 ladrillo	0.981
-------------------	-------

CON 25% DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS

Peso específico

Arcilla 2417 kg/m³
Sedimento 2500 kg/m³

Cantidad sin relaves mineros

Arcilla m³ 9
Arcilla kg Cantidad de arcilla (m³)*Peso específico= 21753

Cantidad con relaves mineros Porcentaje 25%
Sedimentos (kg) Peso arcilla*Porcentaje de sustitución 5438.25 kg
Sedimentos (m³) Peso del material/peso específico 2.18 m³
Arcilla (m³) Peso del material/peso específico 6.82 m³

Rendimiento Und/día 1000.00 EQ 1000.00

Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	2.000	0.016	12.500	0.200
Peón	hh	8.000	0.064	6.250	0.400
					0.600
Materiales					
Arcilla	m ³		6.825	50.000	341.235
Sedimentos	m ³		2.175	120.750	262.667

Agua	m3		0.100	1.000	0.100
					604.002
Subcontratos					
Alquiler de horno	día		1.000	500.000	500.000
					500.000
Costo unitario directo:					1104.602

Precio 1 ladrillo 1.105

CON 50% DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS

Peso específico

Arcilla 2417 kg/m3
Sedimento 2500 kg/m3

Cantidad sin relaves mineros

Arcilla m3 9
Arcilla kg Cantidad de arcilla (m3)*Peso específico= 21753

Cantidad con relaves mineros **Porcentaje 50%**
Sedimentos (kg) Peso arcilla*Porcentaje de sustitución 10876.50 kg
Sedimentos (m3) Peso del material/peso específico 4.35 m3
Arcilla (m3) Peso del material/peso específico 4.65 m3

Rendimiento Und/día 1000.00 EQ 1000.00

Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	2.000	0.016	12.500	0.200
Peón	hh	8.000	0.064	6.250	0.400
					0.600
Materiales					
Arcilla	m3		4.649	50.000	232.470
Sedimentos	m3		4.351	120.750	525.335
Agua	m3		0.100	1.000	0.100
					757.905
Subcontratos					
Alquiler de horno	día		1.000	500.000	500.000
					500.000
Costo unitario directo:					1258.505

Precio 1 ladrillo 1.259

CON 75% DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS

Peso específico

Arcilla 2417 kg/m3
Sedimento 2500 kg/m3

Cantidad sin relaves mineros

Arcilla m3 9
Arcilla kg Cantidad de arcilla (m3)*Peso específico= 21753

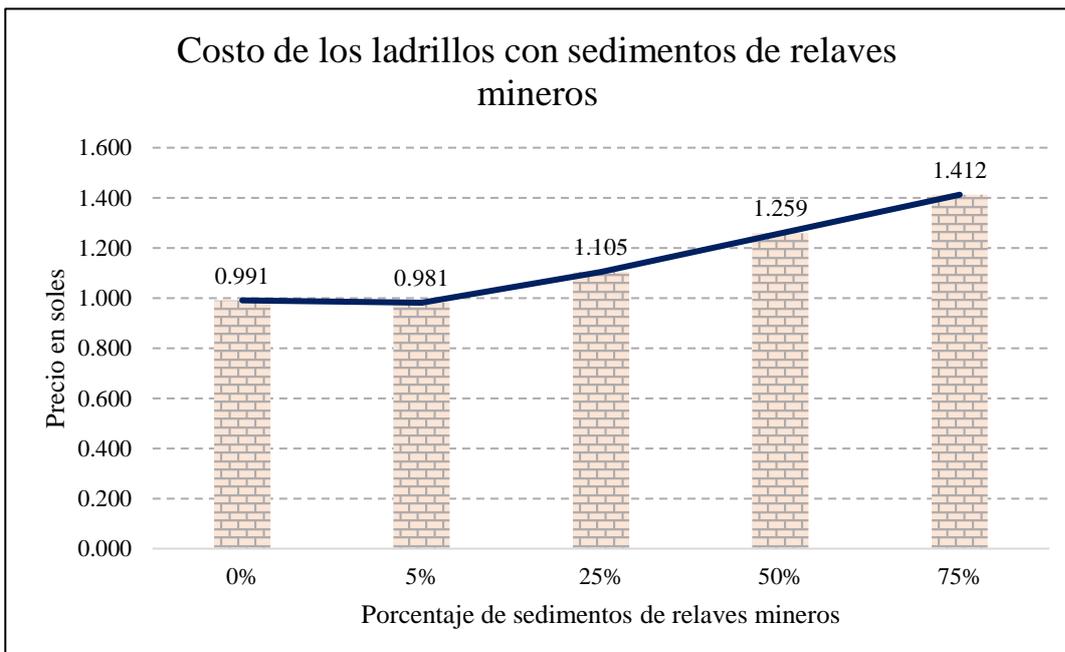
Cantidad con relaves mineros **Porcentaje 75%**
Sedimentos (kg) Peso arcilla*Porcentaje de sustitución 16314.75 kg
Sedimentos (m3) Peso del material/peso específico 6.53 m3
Arcilla (m3) Peso del material/peso específico 2.47 m3

Rendimiento	Und/día	1000.00		EQ	1000.00
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	2.000	0.016	12.500	0.200
Peón	hh	8.000	0.064	6.250	0.400
					0.600
Materiales					
Arcilla	m3		2.474	50.000	123.705
Sedimentos	m3		6.526	120.750	788.002
Agua	m3		0.100	1.000	0.100
					911.807
Subcontratos					
Alquiler de horno	día		1.000	500.000	500.000
					500.000
Costo unitario directo:					1412.407

Precio 1 ladrillo	1.412
--------------------------	--------------

Resumen de costo para 1 ladrillo

Porcentaje de sedimentos	Costo por unidad (soles)
0%	0.991
5%	0.981
25%	1.105
50%	1.259
75%	1.412

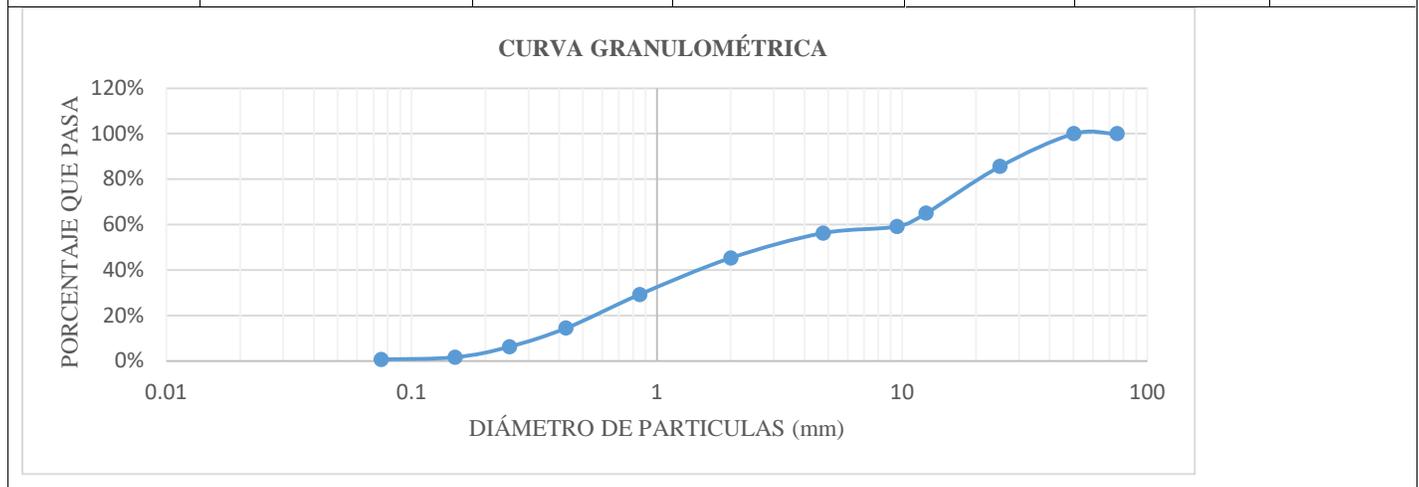


Anexo 4. Propiedades físicas de las arcillas

FORMATO 6.14: GRANULOMETRÍA DE ARCILLA

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	GRANULOMETRÍA DE LA ARCILLA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 400.012	
PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC		
UBICACIÓN:	HUALGAYOC-BAMBAMARCA-FRUTILLO		
RESPONSABLE	FERNANDO DÍAZ RUIZ		
FECHA DE ENSAYO:	20/01/2020	REVISADO POR:	

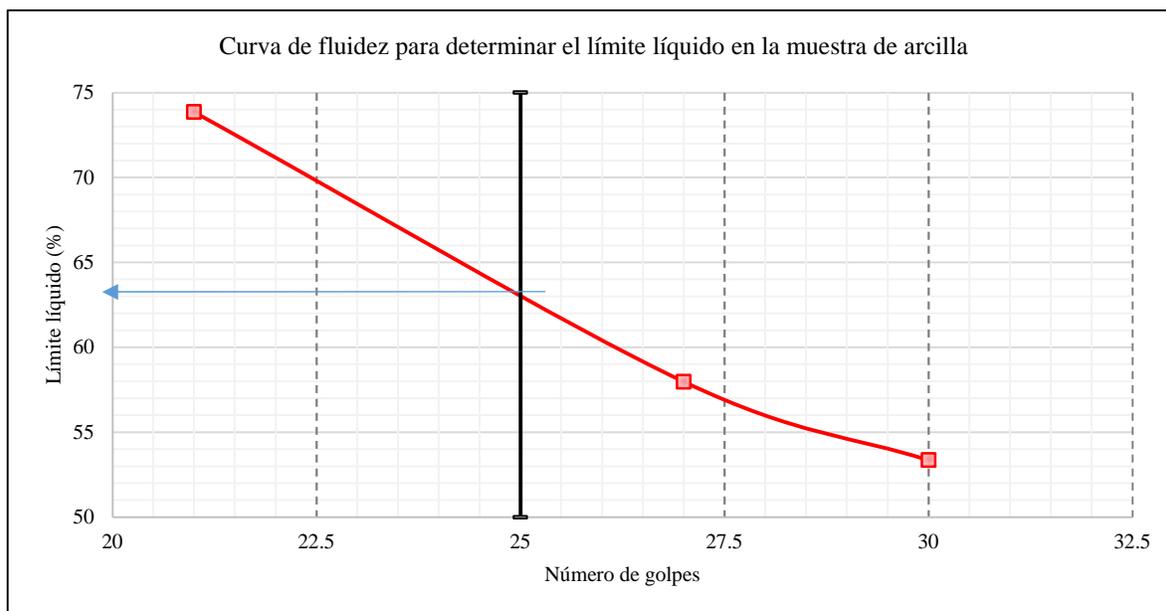
Agregado Grueso:						
Tamaño de tamiz	ABERTURA(mm)	Peso retenido(gr)	Peso Retenido Acumulado(gr)	% Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	143.97	143.97	14.40%	14.40 %	85.60%
1/2"	12.50	205.97	349.95	20.60%	34.99%	65.01%
3/8"	9.5	57.87	407.82	5.79%	40.78%	59.22%
N° 4	4.75	29.07	436.89	2.91%	43.69%	56.31%
N° 10	2	109.27	546.17	10.93%	54.62%	45.38%
N° 20	0.85	161.17	707.34	16.12%	70.73%	29.27%
N° 40	0.425	147.97	855.32	14.80%	85.53%	14.47%
N° 60	0.25	81.96	937.28	8.20%	93.73%	6.27%
N° 100	0.15	45.87	983.15	4.59%	98.32%	1.68%
N° 200	0.075	10.17	993.33	1.02%	99.33%	0.67%
CAZOLETA		6.67	1000	0.67%	100.00%	
TOTAL		1000		100.00%		



FORMATO 6.13: LIMITES DE CONSISTENCIA

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	LIMITES DE CONSISTENCIA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	ASTM D-4318	
PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC		
UBICACIÓN:	HUALGAYOC-BAMBAMARCA-FRUTILLO		
RESPONSABLE	FERNANDO DÍAZ RUIZ		
MUESTRA	ARCILLA		
FECHA DE ENSAYO:	21/01/2020	REVISADO POR:	

LÍMITE LÍQUIDO				OBSERVACIONES
Muestra N°	1	2	3	
Peso de la Tara	23.80	23.70	23.70	
Peso tara + Muestra húmeda (gr)	39.10	40.92	40.11	
Peso tara + muestra seca (gr)	32.60	34.60	34.40	
Numero de golpes	21	27	30	
Peso de muestra seca	8.80	10.90	10.70	
Peso del agua	6.50	6.32	5.71	
% humedad	73.86	57.98	53.36	
LÍMITE PLÁSTICO				
Muestra N°	1	2		
Peso de la tara	23.90	23.80		LÍMITE LÍQUIDO
Peso tara + muestra húmeda	27.40	26.40		LL = 63.00 % bajo hinchamiento
Peso tara + muestra seca	26.80	25.90		LÍMITE PLÁSTICO
Peso muestra seca	2.90	2.10		LP=22.25 %
Peso del agua	0.60	0.50		INDICE PLÁSTICO
% humedad	20.69	23.81		IP = 40.75 %



FORMATO 6.15: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ARCILLA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP -400.022	
PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC		
UBICACIÓN:	HUALGAYOC-BAMBAMARCA-FRUTILLO		
RESPONSABLE	FERNANDO DÍAZ RUIZ		
FECHA DE ENSAYO:	22/01/2020	REVISADO POR:	

ÍTEM	SÍMBOLO		DATOS
A	Peso de material Saturado Superficialmente Seco (SSS)		60
B	Peso de la Fiola + Agua		638
C	Peso de la Fiola + Agua + Muestra SSS		674
D	Peso del material seco		58
			RESULTADOS
PESO ESPECÍFICO DE MASA		D/(B+A-C)	2.417
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO		A/(B+A-C)	2.500
PESO ESPECÍFICO APARENTE		D/(B+D-C)	2.633
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		(A-D/D)*100	3.448

FORMATO 6.15: PESO UNITARIO Y COMPACTADO DE LA ARCILLA

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	PESO UNITARIO Y COMPACTADO DE LA ARCILLA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP-400.017
PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC		
UBICACIÓN:	HUALGAYOC-BAMBAMARCA-FRUTILLO		
RESPONSABLE	FERNANDO DÍAZ RUIZ		
FECHA DE ENSAYO:	22/01/2020	REVISADO POR:	

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LA ARCILLA

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + recipiente		5332.3	gr
Peso del recipiente		1640.6	gr
Peso de la muestra suelta	Ws	3691.7	gr
Volumen del recipiente	V	0.0028	m ³
Peso unitario suelto	PUS	1318.46	Kg/m ³

$$PUS = \frac{W}{V} \text{ K /m}^3$$

$$PUS = 1318.46 \text{ Kg/m}^3$$

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + recipiente		5825	gr
Peso del recipiente		1640.6	gr
Peso de la muestra compactada	Wc	4184.4	gr
Volumen del recipiente	V	0.0028	m ³
Peso unitario suelto	PUC	1494.43	Kg/m ³

$$PUC = \frac{W}{V} \text{ K /m}^3$$

$$PUC = 1494.43 \text{ Kg/m}^3$$

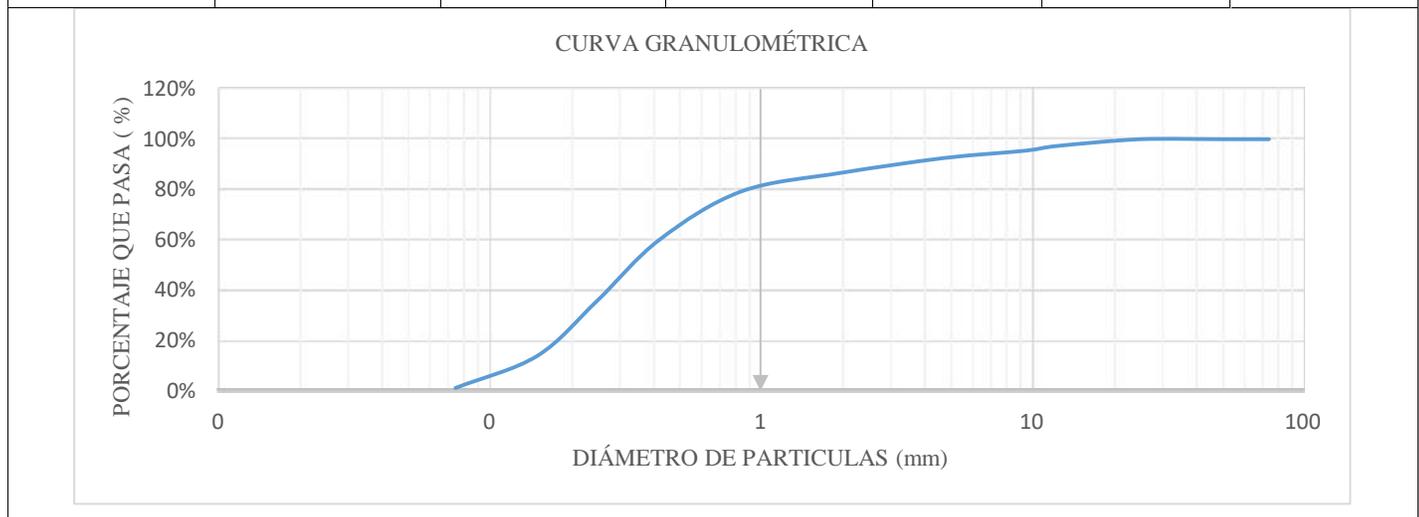
Anexo 5. Propiedades físico-químicas de los sedimentos de relaves mineros

FORMATO 6.8 :GRANULOMETRÍA DE RELAVES MINEROS

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	GRANULOMETRÍA DE RELAVES MINEROS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 400.012	
PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS,HUALGAYOC		
UBICACIÓN:	HUALGAYOC-BAMBAMARCA-FRUTILLO		
RESPONSABLE	FERNANDO DÍAZ RUIZ		
FECHA DE ENSAYO:	20/01/2020	REVISADO POR:	

GRANULOMETRÍA DEL AGRGADO FINO RELAVES MINEROS

Agregado Fino						
Tamaño de tamiz	ABERTURA (mm)	Peso retenido(gr)	Peso Retenido Acumulado(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75	0.00	0.00	0.00 %	0.00 %	100 %
2"	50	0.00	0.00	0.00 %	0.00 %	100 %
1"	25	0.00	0.00	0.00 %	0.00 %	100 %
½"	12.50	25.97	25.97	2.60 %	2.60 %	97.40 %
3/8"	9.50	18.57	44.54	1.86 %	4.45 %	95.55 %
N°4	4.75	29.77	74.31	2.98 %	7.43 %	92.57 %
N°10	2	58.37	132.68	5.84 %	13.27 %	86.73 %
N°20	0.85	74.47	207.15	7.45 %	20.72 %	79.29 %
N°40	0.425	190.57	397.72	19.06 %	39.77 %	60.23 %
N°60	0.25	243.37	641.09	24.34 %	64.11 %	35.89 %
N°100	0.15	219.57	860.66	21.96 %	86.07 %	13.93 %
N°200	0.075	127.37	988.03	12.74 %	98.80 %	1.20 %
CAZOLETA		11.97	1000.00	1.20 %	100.00 %	0.00%
TOTAL		1000.00		100.00%		



FORMATO 6.15: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP -400.022	
PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC		
UBICACIÓN:	HUALGAYOC-BAMBAMARCA-FRUTILLO		
RESPONSABLE	FERNANDO DÍAZ RUIZ		
FECHA DE ENSAYO:	22/01/2020	REVISADO POR:	

ÍTEM	SÍMBOLO		DATOS
A	Peso de material Saturado Superficialmente Seco (SSS)		100
B	Peso de la Fiola + Agua		638
C	Peso de la Fiola + Agua + Muestra SSS		700
D	Peso del material seco		95
			RESULTADOS
PESO ESPECÍFICO DE MASA		D/(B+A-C)	2.500
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO		A/(B+A-C)	2.632
PESO ESPECÍFICO APARENTE		D/(B+D-C)	2.879
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		(A-D/D)*100	5.263

FORMATO 6.13: LIMITES DE CONSISTENCIA

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	LIMITES DE CONSISTENCIA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	ASTM D-4318	
PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC		
UBICACIÓN:	HUALGAYOC-RÍO CULQUIRUMI		
RESPONSABLE	FERNANDO DÍAZ RUIZ		
MUESTRA	SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS		
FECHA DE ENSAYO:	21/01/2020	REVISADO POR:	

LÍMITE LÍQUIDO	1	2	3	OBSERVACIONES
Muestra N°	1	2	3	
Peso de la Tara	23.80	23.70	23.70	
Peso tara + Muestra húmeda (gr)	35.20	37.20	36.60	
Peso tara + muestra seca (gr)	32.60	34.60	34.40	
Numero de golpes	21	27	30	
Peso de muestra seca	8.80	10.90	10.70	
Peso del agua	2.60	2.60	2.20	
% humedad	29.55	23.85	20.56	
LÍMITE PLÁSTICO				
Muestra N°	1	2		
Peso de la tara	23.90	23.80		LÍMITE LÍQUIDO
Peso tara + muestra húmeda	27.30	26.30		LL = 26.0% bajo hinchamiento
Peso tara + muestra seca	26.80	25.90		LÍMITE PLÁSTICO
Peso muestra seca	2.90	2.10		LP=18.15 %
Peso del agua	0.50	0.40		INDICE PLÁSTICO
% humedad	17.24	19.05		IP = 7.85 %



FORMATO 6.15: PESO UNITARIO Y COMPACTADO DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	PESO UNITARIO Y COMPACTADO DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP-400.017
PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC		
UBICACIÓN:	HUALGAYOC-BAMBAMARCA-FRUTILLO		
RESPONSABLE	FERNANDO DÍAZ RUIZ		
FECHA DE ENSAYO:	22/01/2020	REVISADO POR:	

PESO UNITARIO Y COMPACTADO DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + recipiente		5430.6	gr
Peso del recipiente		1640.6	gr
Peso de la muestra suelta	Ws	3790	gr
Volumen del recipiente	V	0.0028	m ³
Peso unitario suelto	PUS	1353.57	Kg/m ³

$$PUS = \frac{W}{V} \text{ K /m}^3$$

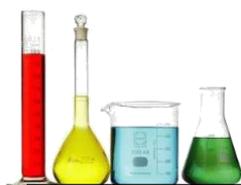
$$PUS = 1353.57 \text{ Kg/m}^3$$

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + recipiente		5821.6	gr
Peso del recipiente		1640.6	gr
Peso de la muestra compactada	Wc	4181	gr
Volumen del recipiente	V	0.0028	m ³
Peso unitario compactado	PUC	1548.52	Kg/m ³

$$PUC = \frac{W}{V} \text{ K /m}^3$$

$$PUC = 1548.52 \text{ Kg/m}^3$$



EMPRESA DE ANALISIS QUIMICO LEZAMA EIRL

Ing. Jorge S. Lezama Bueno

R.U.C. Nº 20529505036

Reg. C.I.P. Nº 76915

Análisis de aguas, Suelos y agregados: pH, Sulfatos, Cloruros, durabilidad al $MgSO_4$, Reactiv agregado/álcali, Carbón y Lignito, Sales Solubles, Calizas, Metales Pesados, etc

Telef: 952353097 - 976916867 - Email: jorleza@hotmail.com. jlezamab@unc.edu.pe

ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE SEDIMENTO

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC

SOLICITANTE: FERNANDO DÍAZ RUIZ.

UBICACIÓN : HUALGAYOC

MUESTRA : SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS

FECHA : FEBRERO DEL 2020

REPORTE

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
pH	-	7,78	ASTM D 4972
Hierro (Fe^{2+})	%	0,630	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre (Cu^{+})	%	0,04	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Plata (Ag^{+})	%	0,01	NTP 122.014:1974 (revisada el 2017). Método para determinar el contenido de oro y plata. 1ra edición
Zinc (Zn^{2+})	%	0,032	Kit Merck Determinacion de cianuro vía espectrofotometría Pharo 300.
Cianuro (CN^{-})	%	0,017	UNE-EN 12441-1:2001 (Ratificada), Determinación de Aluminio en aleaciones de zinc. Metodo Volumetrico. (Ratificada por AENOR en diciembre del 2001)

NOTA:

- Se aclara que los elementos presentes en la muestra, se encuentran en forma de sales, tales como $CuSO_4 \cdot 5H_2O$; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. etc.
- Los resultados son datos referenciales, realizados en el laboratorio Químico, siguiendo las normas técnicas correspondientes a cada parámetro.
- La muestra fue identificada y alcanzada a este laboratorio por un representante de la entidad solicitante.

EMPRESA DE ANALISIS QUIMICO
LEZAMA EIRL

Ing. Químico Jorge S. Lezama Bueno
GERENTE

Anexo 6. Propiedades físico-mecánicas de los ladrillos



INFORME		Código	AE-FO-182
MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		Versión	01
		Fecha	13-11-2019
		Página	1 de 1

PROYECTO : "Evaluacion del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

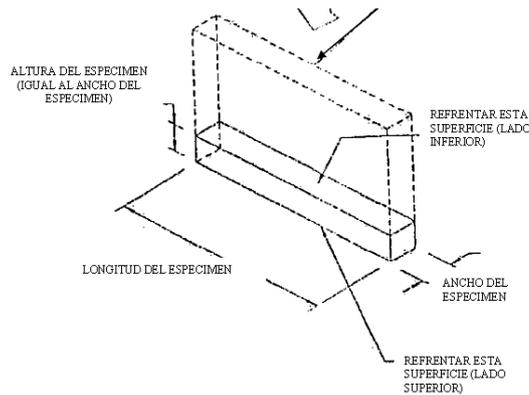
SOLICITANTE : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 CÓDIGO DE PROYECTO : ---
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Bambamarca
 FECHA DE EMISIÓN : 30/03/21

REALIZADO POR: G.R.R
 REVISADO POR: H.C.R
 FECHA DE ENSAYO: 30/03/2021
 TURNO: Diurno

Tipo de muestra : Sedimentos de Relaves Mineros
 Presentación : Unidad de Albañilería

**VARIACION DIMENSIONAL
NTP 331.017.**

PROPORCIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)
CONVENCIONAL	N° 01	221.00	0.10	0.12	127.90	0.10	0.10	72.30	0.10	0.12
CONVENCIONAL	N° 02	221.10	0.12	0.05	127.91	0.11	0.05	72.20	0.08	0.06
CONVENCIONAL	N° 03	221.00	0.10	0.16	127.10	0.90	0.06	72.00	0.06	0.05
CONVENCIONAL	N° 04	221.20	0.09	0.12	127.12	0.10	0.08	72.10	0.07	0.04
CONVENCIONAL	N° 05	221.00	0.10	0.08	127.20	0.11	0.09	72.20	0.05	0.02
CONVENCIONAL	N° 06	221.10	0.10	0.09	127.80	0.12	0.08	72.32	0.06	0.03
CONVENCIONAL	N° 07	221.00	0.12	0.06	127.10	0.10	0.06	72.22	0.08	0.11
CONVENCIONAL	N° 08	221.32	0.11	0.05	127.10	0.08	0.05	72.10	0.06	0.12
CONVENCIONAL	N° 09	221.10	0.10	0.10	127.20	0.05	0.04	72.21	0.05	0.14
CONVENCIONAL	N° 10	221.20	0.08	0.08	127.20	0.05	0.06	72.10	0.06	0.16



OBSERVACIONES:

- * Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
- * Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	ASESOR
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME		Código	AE-FO-182
MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		Versión	01
		Fecha	13-11-2019
		Página	1 de 1

PROYECTO : "Evaluacion del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

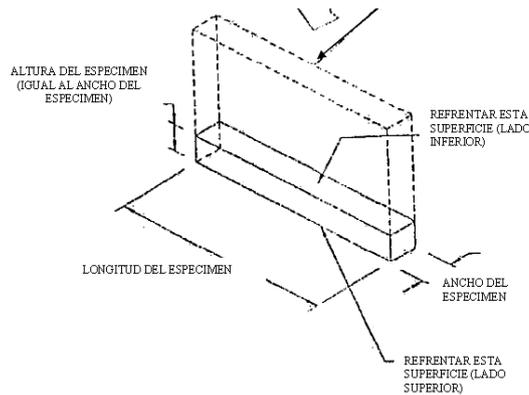
SOLICITANTE : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 CÓDIGO DE PROYECTO : ---
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Bambamarca
 FECHA DE EMISIÓN : 30/03/21

REALIZADO POR: G.R.R
 REVISADO POR: H.C.R
 FECHA DE ENSAYO: 30/03/2021
 TURNO: Diurno

Tipo de muestra : Sedimentos de Relaves Mineros
 Presentación : Unidad de Albañilería

**VARIACION DIMENSIONAL
NTP 331.017.**

PROPORCIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)
5% DE ADICIÓN	N° 01	221.00	0.08	0.04	127.85	0.08	0.08	72.10	0.09	0.05
5% DE ADICIÓN	N° 02	221.20	0.06	0.05	127.90	0.07	0.07	72.32	0.08	0.04
5% DE ADICIÓN	N° 03	221.22	0.04	0.03	127.20	0.06	0.06	72.10	0.07	0.03
5% DE ADICIÓN	N° 04	221.32	0.06	0.05	127.12	0.04	0.04	72.00	0.06	0.02
5% DE ADICIÓN	N° 05	221.10	0.05	0.06	127.10	0.03	0.02	72.22	0.08	0.06
5% DE ADICIÓN	N° 06	221.10	0.03	0.05	127.20	0.05	0.06	72.13	0.06	0.07
5% DE ADICIÓN	N° 07	221.32	0.02	0.05	127.32	0.07	0.05	72.22	0.05	0.08
5% DE ADICIÓN	N° 08	221.20	0.06	0.04	127.21	0.08	0.04	72.32	0.04	0.06
5% DE ADICIÓN	N° 09	221.00	0.04	0.03	127.10	0.06	0.03	72.12	0.03	0.05
5% DE ADICIÓN	N° 10	221.20	0.05	0.06	127.22	0.09	0.02	72.21	0.06	0.08



OBSERVACIONES:

- * Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
- * Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	ASESOR
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME		Código	AE-FO-182
MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENCIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		Versión	01
		Fecha	13-11-2019
		Página	1 de 1

PROYECTO : "Evaluacion del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

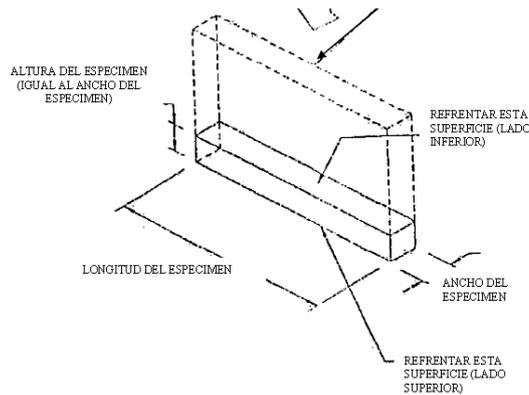
SOLICITANTE : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 CÓDIGO DE PROYECTO : ---
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Bambamarca
 FECHA DE EMISIÓN : 30/03/21

REALIZADO POR: G.R.R
 REVISADO POR: H.C.R
 FECHA DE ENSAYO: 30/03/2021
 TURNO: Diurno

Tipo de muestra : Sedimentos de Relaves Mineros
 Presentación : Unidad de Albañilería

**VARIACION DIMENCIONAL
 NTP 331.017.**

PROPORCIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)
25% DE ADICIÓN	N° 01	221.00	0.08	0.08	127.85	0.08	0.06	72.30	0.08	0.05
25% DE ADICIÓN	N° 02	221.20	0.09	0.07	127.65	0.06	0.07	72.20	0.09	0.02
25% DE ADICIÓN	N° 03	221.10	0.07	0.06	127.85	0.04	0.08	72.00	0.07	0.02
25% DE ADICIÓN	N° 04	221.20	0.06	0.07	127.32	0.02	0.06	72.10	0.05	0.06
25% DE ADICIÓN	N° 05	221.32	0.07	0.05	127.10	0.06	0.05	72.20	0.04	0.04
25% DE ADICIÓN	N° 06	221.20	0.08	0.04	127.20	0.08	0.04	72.32	0.03	0.05
25% DE ADICIÓN	N° 07	221.12	0.06	0.03	127.10	0.06	0.06	72.22	0.02	0.06
25% DE ADICIÓN	N° 08	221.20	0.05	0.06	127.10	0.04	0.05	72.10	0.06	0.04
25% DE ADICIÓN	N° 09	221.32	0.04	0.07	127.20	0.05	0.04	72.21	0.07	0.02
25% DE ADICIÓN	N° 10	221.10	0.06	0.06	127.20	0.04	0.03	72.10	0.05	0.04



OBSERVACIONES:

- * Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
- * Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	ASESOR
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME	Código	AE-FO-182
MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENCIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	Versión	01
	Fecha	13-11-2019
	Página	1 de 1

PROYECTO : "Evaluacion del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

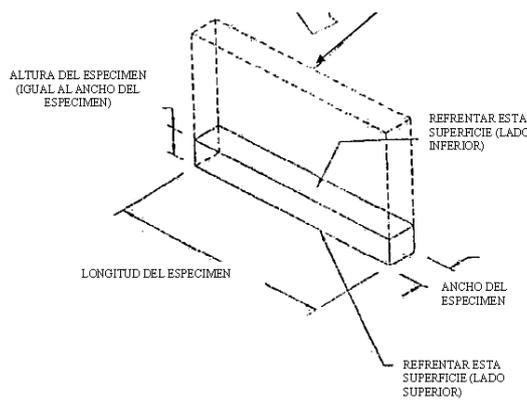
SOLICITANTE : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 CÓDIGO DE PROYECTO : ---
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Bambamarca
 FECHA DE EMISIÓN : 30/03/21

REALIZADO POR: G.R.R
 REVISADO POR: H.C.R
 FECHA DE ENSAYO: 30/03/2021
 TURNO: Diurno

Tipo de muestra : Sedimentos de Relaves Mineros
 Presentación : Unidad de Albañilería

**VARIACION DIMENCIONAL
 NTP 331.017.**

PROPORCIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)
50% DE ADICIÓN	N° 01	221.00	0.08	0.06	127.52	0.12	0.10	72.10	0.10	0.20
50% DE ADICIÓN	N° 02	221.10	0.12	0.07	127.45	0.10	0.10	72.32	0.12	0.12
50% DE ADICIÓN	N° 03	221.20	0.13	0.06	127.36	0.14	0.00	72.10	0.14	0.11
50% DE ADICIÓN	N° 04	221.30	0.14	0.08	127.12	0.10	0.05	72.20	0.10	0.02
50% DE ADICIÓN	N° 05	221.10	0.16	0.09	127.22	0.12	0.03	72.10	0.11	0.04
50% DE ADICIÓN	N° 06	221.32	0.12	0.06	127.52	0.14	0.03	72.32	0.10	0.04
50% DE ADICIÓN	N° 07	221.20	0.10	0.04	127.32	0.10	0.03	72.12	0.12	0.04
50% DE ADICIÓN	N° 08	221.20	0.12	0.05	127.52	0.09	0.03	72.10	0.11	0.04
50% DE ADICIÓN	N° 09	221.36	0.15	0.04	127.10	0.10	0.03	72.22	0.10	0.04
50% DE ADICIÓN	N° 10	221.10	0.16	0.03	127.20	0.12	0.03	72.32	0.12	0.04



OBSERVACIONES:

- * Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
- * Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	ASESOR
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME	Código	AE-FO-182
MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENCIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	Versión	01
	Fecha	13-11-2019
	Página	1 de 1

PROYECTO : "Evaluacion del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

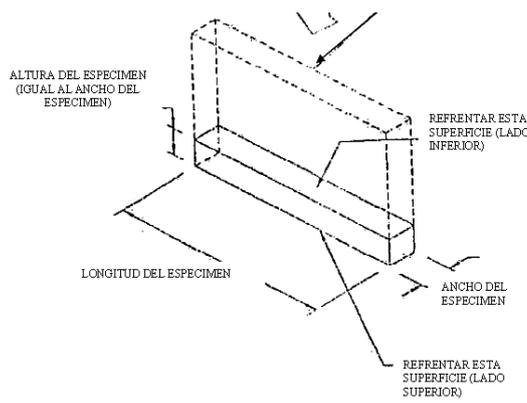
SOLICITANTE : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 CÓDIGO DE PROYECTO : ---
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Bambamarca
 FECHA DE EMISIÓN : 30/03/21

REALIZADO POR: G.R.R
 REVISADO POR: H.C.R
 FECHA DE ENSAYO: 30/03/2021
 TURNO: Diurno

Tipo de muestra : Sedimentos de Relaves Mineros
 Presentación : Unidad de Albañilería

**VARIACION DIMENCIONAL
NTP 331.017.**

PROPORCIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)
75% DE ADICIÓN	N° 01	221.10	0.10	0.12	127.63	0.11	0.10	72.32	0.11	0.06
75% DE ADICIÓN	N° 02	221.20	0.12	0.05	127.20	0.10	0.10	72.10	0.10	0.04
75% DE ADICIÓN	N° 03	221.20	0.10	0.16	127.20	0.11	0.00	72.20	0.11	0.06
75% DE ADICIÓN	N° 04	221.12	0.11	0.06	127.10	0.12	0.05	72.22	0.12	0.05
75% DE ADICIÓN	N° 05	221.20	0.14	0.09	127.20	0.13	0.03	72.10	0.10	0.03
75% DE ADICIÓN	N° 06	221.32	0.10	0.09	127.20	0.09	0.03	72.10	0.08	0.08
75% DE ADICIÓN	N° 07	221.12	0.11	0.09	127.10	0.10	0.03	72.10	0.09	0.07
75% DE ADICIÓN	N° 08	221.32	0.09	0.09	127.20	0.12	0.03	72.32	0.10	0.06
75% DE ADICIÓN	N° 09	221.10	0.10	0.09	127.10	0.11	0.03	72.10	0.12	0.04
75% DE ADICIÓN	N° 10	221.20	0.12	0.09	127.32	0.10	0.03	72.10	0.11	0.05



OBSERVACIONES:

- * Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
- * Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	ASESOR
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME	Código	AE-FO-84
DETERMINACIÓN DEL ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NTP 399.613	Versión	01
	Fecha	30-04-2018
	Página	1 de 1

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 Atención : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 Ubicación de Proyecto : Bambamarca
 Material : Ladrillos Artesanal

Muestreado por : Solicitante
 Ensayado por : G.R.R
 Fecha de Ensayo: 21/12/2020
 Turno: Diurno

Tipo de muestra : Unidad de albañilería
 Presentación : Unidad de albañilería
 N° de Muestra : ---
 Progresiva : ---

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
MUESTRA PATRON 0% DE ADICION	SUPERFICIE	2.0	1.8	1.1	1.3	1.1	1.1	1.0	1.2	1.0	1.2	2.0	Máximo 4 mm
	BORDE	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.9	0.1	0.3	0.0	1.0	1.0	Máximo 4 mm

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
MUESTRA CON 5% DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS	SUPERFICIE	2.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	2.2	Máximo 4 mm
	BORDE	0.9	0.2	0.3	0.3	0.5	0.2	0.3	0.4	0.6	0.2	0.9	Máximo 4 mm

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
MUESTRA CON 25% DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS	SUPERFICIE	1.6	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	3.0	Máximo 4 mm
	BORDE	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.1	1.0	1.2	Máximo 4 mm

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
MUESTRA CON 50% DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS	SUPERFICIE	1.5	3.0	1.5	3.0	1.5	2.9	1.5	1.9	1.5	1.9	3.0	Máximo 4 mm
	BORDE	0.9	1.3	0.9	1.2	0.9	2.1	0.9	1.1	0.9	1.1	2.1	Máximo 4 mm

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO										
MUESTRA CON 75% DE SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS	SUPERFICIE	2.0	3.0	2.0	3.0	1.9	2.5	2.0	2.9	1.9	2.7	3.0	Máximo 4 mm
	BORDE	1.0	0.9	1.1	0.9	1.0	0.9	1.1	1.0	1.0	0.9	1.1	Máximo 4 mm

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME		Código	AE-FO-78
DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO - ADOQUINES MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)		Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
Atención : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
Ubicación de Proyecto : Bambamarca
Material : Ladrillo Artesanal

Muestreado por : Solicitante
Ensayado por : G.R.R
Fecha de Ensayo: 19/12/2020
Turno: Diurno

Tipo de muestra : En Base a Arcillas y sedimentos de Relaves Mineros
Procedencia : Elaboración propia
Identificación : Convencional
Progresiva : ---

DATOS		1	2	3	4	5	6
1	Peso de la muestra sss	3699	3698	3696	3695	3702	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1752	1751	1748	1749	1750	
3	Peso de la muestra secada al horno	3208	3207	3210	3212	3236	

RESULTADOS	1	2	3	3	3		PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA	1.648	1.647	1.648	1.651	1.658		1.650
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	1.900	1.899	1.897	1.899	1.897		1.898
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.203	2.203	2.196	2.195	2.178		2.195
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	15.3	15.3	15.1	15.0	14.4		15.0

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME		Código	AE-FO-78
DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO - ADOQUINES MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)		Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
Atención : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
Ubicación de Proyecto : Bambamarca
Material : Ladrillo Artesanal

Muestreado por : Solicitante
Ensayado por : G.R.R
Fecha de Ensayo: 19/12/2020
Turno: Diurno

Tipo de muestra : En Base a Arcillas y sedimentos de Relaves Mineros
Procedencia : Elaboración propia
Identificación : 5%
Progresiva : ---

DATOS		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra sss	3626	3681	3685	3696	3685	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1725	1755	1762	1760	1750	
3	Peso de la muestra secada al horno	3252	3210	3220	3196	3265	

RESULTADOS	1	2	3	3	3		PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA	1.711	1.667	1.674	1.651	1.687		1.678
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	1.907	1.911	1.916	1.909	1.904		1.910
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.130	2.206	2.209	2.226	2.155		2.185
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	11.5	14.7	14.4	15.6	12.9		13.8

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME		Código	AE-FO-78
DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO - ADOQUINES MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)		Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 Atención : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 Ubicación de Proyecto : Bambamarca
 Material : Ladrillo Artesanal

Muestreado por : Solicitante
 Ensayado por : G.R.R
 Fecha de Ensayo: 19/12/2020
 Turno: Diurno

Tipo de muestra : En Base a Arcillas y sedimentos de Relaves Mineros
 Procedencia : Elaboración propia
 Identificación : 25%
 Progresiva : ---

DATOS		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra sss	3566	3587	3652	3585	3520	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1695	1670	1692	1652	1662	
3	Peso de la muestra secada al horno	3185	3152	3285	3251	3152	

RESULTADOS		1	2	3	3	3		PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA		1.702	1.644	1.676	1.682	1.696		1.680
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S		1.906	1.871	1.863	1.855	1.895		1.878
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.138	2.127	2.062	2.033	2.115		2.095
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		12.0	13.8	11.2	10.3	11.7		11.8

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME		Código	AE-FO-78
DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO - ADOQUINES MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)		Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 Atención : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 Ubicación de Proyecto : Bambamarca
 Material : Ladrillo Artesanal

Muestreado por : Solicitante
 Ensayado por : G.R.R
 Fecha de Ensayo: 19/12/2020
 Turno: Diurno

Tipo de muestra : En Base a Arcillas y sedimentos de Relaves Mineros
 Procedencia : Elaboración propia
 Identificación : 50%
 Progresiva : ---

DATOS		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra sss	3938	4003	3954	3858	3841	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1851	1866	1856	1824	1802	
3	Peso de la muestra secada al horno	3392	3402	3398	3296	3320	

RESULTADOS		1	2	3	3	3		PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA		1.625	1.592	1.620	1.620	1.628		1.617
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S		1.887	1.873	1.885	1.897	1.884		1.885
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.201	2.215	2.204	2.239	2.187		2.209
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		16.1	17.7	16.4	17.1	15.7		16.6

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME		Código	AE-FO-78
DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO - ADOQUINES MÉTODO EXPERIMENTAL (REF ASTM C127)		Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
Atención : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
Ubicación de Proyecto : Bambamarca
Material : Ladrillo Artesanal

Solicitante
G.R.R
19/12/2020
Diurno

Tipo de muestra : En Base a Arcillas y sedimentos de Relaves Mineros
Procedencia : Elaboración propia
Identificación : 75%
Progresiva : ---

DATOS		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra sss	3587	4037	4037	3652	3895	
2	Peso de la muestra sss sumergida	1670	1847	1847	1652	1752	
3	Peso de la muestra secada al horno	3129	3452	3460	3152	3388	

RESULTADOS		1	2	3	3	3		PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA		1.632	1.576	1.580	1.576	1.581		1.589
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S		1.871	1.843	1.843	1.826	1.818		1.840
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.145	2.151	2.145	2.101	2.071		2.123
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		14.6	16.9	16.7	15.9	15.0		15.8

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



INFORME DE ENSAYO

Código

SGC-F-28

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIDAD DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017

Versión

01

Página

4 de 5

Proyecto : EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC"

Ubicación : BAMBAMARCA

Solicitante : BACHILLER FERNANDO DÍAZ RUIZ

TIPO DE LADRILLO : E.C.R

Fecha : 14-12-2020

FABRICACIÓN : 14-012-2020

Identificación : PATRON

TURNO : DIURNO

Tipo de Muestra : LADRILLOS ARTESANAL

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	PESO (g)	DIMENSIONES PROMEDIO (mm)			ÁREA BRUTA (cm ²) (A)	CARGA MÁX. (kg) W	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²) (C=A/W)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kpa)
			LARGO	ANCHO	ALTO				
1	LADRILLO -01	3802	127.9	221.0	72.3	282.7	17512	62	6.08E+03
2	LADRILLO -02	3808	239.8	130.3	89.8	312.3	19362	62	6.08E+03
3	LADRILLO -03	3801	240.3	130.5	89.8	313.5	20012	64	6.26E+03
4	LADRILLO -04	3800	239.8	130.3	89.8	312.3	18952	61	5.95E+03
5	LADRILLO -05	3803	240.0	130.3	89.8	312.6	18996	61	5.96E+03

PROMEDIO	62	6.07E+03
DESV. ESTANDAR	1	1.25E+02
f ['] b	61	5.94E+03

OBSERVAC: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.
Se ensayaron Ladrillos completos, refrentado con yeso cemento.

Dónde: $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión del espécimen, (kg/cm²) (o Pa.10⁴).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg.f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm².



INFORME DE ENSAYO

Código

SGC-F-28

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIDAD DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017

Versión

01

Página

4 de 5

Proyecto : EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC"

Ubicación : BAMBAMARCA

Solicitante : BACHILLER FERNANDO DÍAZ RUIZ

TIPO DE LADRILLO : E.C.R

Fecha : 14-12-2020

FABRICACIÓN : 14-012-2020

Identificación : 5%

TURNO : DIURNO

Tipo de Muestra : LADRILLOS ARTESANAL

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	PESO (g)	DIMENSIONES PROMEDIO (mm)			ÁREA BRUTA (cm ²) (A)	CARGA MÁX. (kg) W	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²) (C=A/W)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kpa)
			LARGO	ANCHO	ALTO				
1	LADRILLO 01	3810	222.0	128.0	70.0	284.2	18252	64	6.30E+03
2	LADRILLO 02	3822	221.0	126.0	70.1	278.5	18365	66	6.47E+03
3	LADRILLO 03	3812	222.0	125.1	71.0	277.7	18165	65	6.41E+03
4	LADRILLO 04	3798	221.0	124.8	72.0	275.8	18451	67	6.56E+03
5	LADRILLO 05	3832	222.0	124.1	71.8	275.5	18120	66	6.45E+03

PROMEDIO	66	6.44E+03
DESV. ESTANDAR	1	9.48E+01
f ['] b	65	6.34E+03

OBSERVAC: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.
Se ensayaron Ladrillos completos, refrentado con yeso cemento.

Dónde: $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión del espécimen, (kg/cm²) (o Pa.10⁴).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg.f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm².



INFORME DE ENSAYO

Código

SGC-F-28

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIDAD DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017

Versión

01

Página

4 de 5

Proyecto : EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC"

Ubicación : BAMBAMARCA

Solicitante : BACHILLER FERNANDO DÍAZ RUIZ

TIPO DE LADRILLO : E.C.R

Fecha : 14-12-2020

FABRICACIÓN : 14-012-2020

Identificación : 25%

TURNO : DIURNO

Tipo de Muestra : LADRILLOS ARTESANAL

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	PESO (g)	DIMENSIONES PROMEDIO (mm)			ÁREA BRUTA (cm ²) (A)	CARGA MÁX. (kg) W	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²) (C=A/W)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kpa)
			LARGO	ANCHO	ALTO				
1	LADRILLO 01	3810	221.0	125.3	72.3	276.9	17685	64	6.26E+03
2	LADRILLO 02	3822	222.0	126.2	89.8	280.2	17995	64	6.30E+03
3	LADRILLO 03	3812	222.0	125.1	89.8	277.7	18252	66	6.45E+03
4	LADRILLO 04	3798	222.0	124.9	89.8	277.3	18632	67	6.59E+03
5	LADRILLO 05	3832	221.0	123.9	89.8	273.8	17895	65	6.41E+03

PROMEDIO	65	6.40E+03
DESV. ESTANDAR	1	1.30E+02
f'b	64	6.27E+03

OBSERVAC: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.
Se ensayaron Ladrillos completos, refrentado con yeso cemento.

Dónde: $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión del espécimen, (kg/cm²) (o Pa.10⁴).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg.f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm².



INFORME DE ENSAYO

Código

SGC-F-28

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIDAD DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017

Versión

01

Página

4 de 5

Proyecto : EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC"

Ubicación : BAMBAMARCA

Solicitante : BACHILLER FERNANDO DÍAZ RUIZ

TIPO DE LADRILLO : E.C.R

Fecha : 14-12-2020

FABRICACIÓN : 14-012-2020

Identificación : 50%

TURNO : DIURNO

Tipo de Muestra : LADRILLOS ARTESANAL

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	PESO (g)	DIMENSIONES PROMEDIO (mm)			ÁREA BRUTA (cm ²) (A)	CARGA MÁX. (kg) W	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²) (C=A/W)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kpa)
			LARGO	ANCHO	ALTO				
1	LADRILLO 01	3822	223.0	131.0	69.0	292.1	18110	62	6.08E+03
2	LADRILLO 02	3796	221.0	129.0	69.0	285.1	17125	60	5.89E+03
3	LADRILLO 03	3754	221.0	128.9	69.1	284.9	17365	61	5.98E+03
4	LADRILLO 04	3852	223.0	127.8	65.2	285.0	17512	61	6.03E+03
5	LADRILLO 05	3796	221.0	126.8	68.5	280.2	17685	63	6.19E+03

PROMEDIO	62	6.03E+03
DESV. ESTANDAR	1	1.12E+02
f'b	60	5.92E+03

OBSERVAC: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.
Se ensayaron Ladrillos completos, refrentado con yeso cemento.

Dónde: $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión del espécimen, (kg/cm²) (o Pa.10⁴).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg.f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm².



INFORME DE ENSAYO	Código	SGC-F-28
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIDAD DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017	Versión	01
	Página	4 de 5

Proyecto : EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC"
 Ubicación : BAMBAMARCA
 Solicitante : BACHILLER FERNANDO DÍAZ RUIZ TIPO DE LADRILLO : E.C.R
 Fecha : 14-12-2020 FABRICACIÓN : 14-012-2020
 Identificación : 75% TURNO : DIURNO
 Tipo de Muestra : LADRILLOS ARTESANAL

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	PESO (g)	DIMENSIONES PROMEDIO (mm)			ÁREA BRUTA (cm ²) (A)	CARGA MÁX. (kg) W	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²) (C=A/W)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kpa)
			LARGO	ANCHO	ALTO				
1	LADRILLO 01	3796	225.0	131.0	72.1	294.8	17562	60	5.84E+03
2	LADRILLO 02	3785	221.0	129.0	71.0	285.1	16998	60	5.85E+03
3	LADRILLO 03	3810	224.9	130.0	71.0	292.4	17365	59	5.82E+03
4	LADRILLO 04	3852	221.0	125.1	71.1	276.5	16948	61	6.01E+03
5	LADRILLO 05	3865	222.0	128.1	72.3	284.4	17652	62	6.09E+03

PROMEDIO	60	5.92E+03
DESV. ESTANDAR	1	1.19E+02
f'^b	59	5.80E+03

OBSERVAC: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.
 Se ensayaron Ladrillos completos, refrentado con yeso cemento.

Dónde: $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión del espécimen, (kg/cm²) (o Pa.10⁴).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg.f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm².



ENSAYOS DE EFLORESCENCIA 0% DE ADICIÓN

 **LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**

Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

 **LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**

HENRY DAVID CDVORIMARACHIN
**INGENIERO CIVIL
Reg. CP N° 71207**

**DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD**



ENSAYOS DE EFLORESCENCIA 5% DE ADICIÓN

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID CLAYO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL



INFORME
DETERMINACIÓN DEL ENSAYO DE EFLORESCENCIA NTP 339.613 PARA ENSAYOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Código	AE-FD-78
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	1 de 1

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"
Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz Muestreado por : Solicitante
Atención : Bachiller Fernando Díaz Ruiz Ensayado por : G.R.R
Ubicación de Proyecto : Bambamarca Fecha de Ensayo: 22/03/2021
Tipo de Muestra : Con 5% de Adición Turno: Diurno

Tipo de muestra : Unidad de Albañilería
Procedencia : Elaboración propia
N° de Muestra :
Progresiva :

MUESTRA	ENSAYO	N° DE UNIDADES	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	1.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	2.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	3.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	4.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	5.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC HENRY DAVID LEM RIMARACHIN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 77067	Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rimarachin Rimarachin GERENTE GENERAL	Nombre y firma:



ENSAYOS DE EFLORESCENCIA 25% DE ADICIÓN

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

HENRY DAVID CLAVE RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL



ENSAYOS DE EFLORESCENCIA 50% DE ADICIÓN

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Casarimarachin
HENRY DAVID CASARIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77257

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin
Geremias Rimarachin, Rimarachin
GERENTE GENERAL



DETERMINACIÓN DEL ENSAYO DE EFLORESCENCIA NTP 339.613 PARA ENSAYOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA

Versión

01

Fecha

30-04-2018

Página

1 de 1

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz Muestreado por : Solicitante

Atención : Bachiller Fernando Díaz Ruiz Ensayado por : G.R.R

Ubicación de Proyecto : Bambamarca Fecha de Ensayo: 22/03/2021

Tipo de Muestra : 50% de Adición Turno: Diurno

Tipo de muestra : Unidad de Albañilería

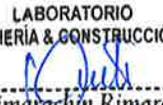
Procedencia : Elaboración propia

N° de Muestra : ---

Progresiva : ---

MUESTRA	ENSAYO	N° DE UNIDADES	UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE
UNIDAD DE ALBAÑILERIA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	1.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERIA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	2.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERIA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	3.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERIA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	4.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERIA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	5.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC HENRY DAVID CEPEDA RIMARACHIN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 27117	Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Geremias Rimarachin Rimarachin GERENTE GENERAL	Nombre y firma:

ENSAYOS DE EFLORESCENCIA 75% DE ADICIÓN

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID OLAVE RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77257

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL



INFORME
DETERMINACIÓN DEL ENSAYO DE EFLORESCENCIA NTP 339.613 PARA ENSAYOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Código	AE-PO-78
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	1 de 1

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"
 Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 Atención : Bachiller Fernando Díaz Ruiz
 Ubicación de Proyecto : Bambamarca
 Tipo de Muestra : 75% De Adición

Muestreado por : Solicitante
 Ensayado por : G.R.R
 Fecha de Ensayo: 22/03/2021
 Turno: Diurno

Tipo de muestra : Unidad de Albañilería
 Procedencia : Elaboración propia
 N° de Muestra :
 Progresiva :

MUESTRA	ENSAYO	N° DE UNIDADES	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DE
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	1.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	2.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	3.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	4.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	EFLORESCENCIA	5.0	LA UNIDAD NO PRESENTA EFLORESCENCIA

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC HENRY DAVID CLAUDIO VILLARACHIN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 72767	Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rimarachin Rimarachin GERENTE GENERAL	Nombre y firma:

Anexo 7. Propiedades en albañilería



INFORME DE ENSAYO		Código	SGC-F-28
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PILAS DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017		Versión	01
		Página	5 de 5

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz

Fecha : 30/03/2021

TIPO DE LADRILLO

FABRICACIÓN

MARCA

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²)	ESBELTEZ	FACTOR DE CORREC. ESBELTEZ - SENCICO	FACTOR DE CORREC. EDAD-21 DIAS	RESISTENCIA CORREGIDA kg/cm ²
		ANCHO (A)	ESPESOR (E)	ALTO (H)							
1	P-1 CONVENCIONAL	12.5	22.0	39.1	275.0	13025	47.4	1.78	0.80	1.05	39.79
2	P-2 CONVENCIONAL	12.1	22.0	41.0	265.1	12362	46.6	1.86	0.80	1.05	39.17
3	P-3 CONVENCIONAL	12.0	22.0	40.5	274.0	12452	45.4	1.84	0.80	1.05	38.17
PROMEDIO										39.04	
DESV. ESTANDAR										0.81	
f'm										38.23	

OBSERVAC.: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.

Se ensayaron Pilas de albañilería refrentado con yeso cemento.

Dónde: $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión de la Pila, (kg/cm²) (o Pa.10⁴).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg.f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm².



INFORME DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PILAS DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017	Código	SGC-F-28
	Versión	01
	Página	5 de 5

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz

Fecha : 30/03/2021

TIPO DE LADRILLO

FABRICACIÓN

MARCA

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²)	ESBELTEZ	FACTOR DE CORREC. ESBELTEZ - SENCICO	FACTOR DE CORREC. EDAD-21 DIAS	RESISTENCIA CORREGIDA kg/cm ²
		ANCHO (A)	ESPESOR (E)	ALTO (H)							
1	P-1 5%	12.0	21.5	40.0	258.0	12652	49.0	1.86	0.80	1.05	41.19
2	P-2 5%	12.0	20.7	39.1	249.0	12695	51.0	1.89	0.80	1.05	42.82
3	P-3 5%	12.0	20.5	39.0	252.0	12652	50.2	1.90	0.80	1.05	42.17
PROMEDIO										42.06	
DESV. ESTANDAR										0.82	
f'm										41.24	

OBSERVAC.: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.

Se ensayaron Pilas de albañilería refrentado con yeso cemento.

Dónde: $C = W / A$

C = Resistencia a la compresión de la Pila, (kg/cm²) (o Pa.10⁴).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kg.f o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm².

	INFORME DE ENSAYO	Código	SGC-F-28
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL MURETES DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017	Versión	01
		Página	5 de 5

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz

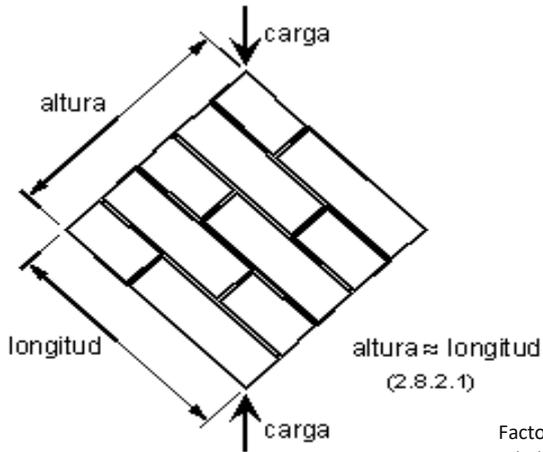
Fecha : 30/03/2021

TIPO DE LADRILLO

FABRICACIÓN

MARCA

N° MUESTRA	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm ²) (A diag.)	CARGA MÁX. (kg) (W)	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
	LARGO	ANCHO	ALTO				kg/cm ²	Kpa
MURETE CON 0% 21 DIAS	70.30	12.50	67.00	97.00	1212.50	9420	8.9	8.76E+02
MURETE CON 0% 21 DIAS	70.00	12.90	65.20	95.70	1234.53	9385	8.7	8.57E+02
MURETE CON 0% 21 DIAS	70.10	12.65	65.40	96.10	1215.67	9296	8.8	8.62E+02
PROMEDIO (\bar{V}_m)							8.8	8.65E+02
DESV. ESTANDAR (S)							0.1	9.75
V'm							8.7	8.56E+02



Factor Incremento por edad(21 días) = 1.05

FÓRMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W * (F. Edad)}{A_{diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

DONDE:

$V'm$ = Resistencia a la Compresión Diagonal ó al Corte del espécimen, Kg/cm².

V_m = Resistencia al Corte Puro del espécimen, Kg/cm².

S = Desviación Estandar del espécimen, Kg/cm².

W= Máxima carga en Kg, indicada por la máquina de ensayo.

A diag. = Promedio del área Diagonal en cm².

1MPa = 10.2 kg/cm²

Observ.

Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo de Resistencia ala corte.

Se ensayaron Muretes, con esquinas refrentado con yeso cemento.

Según lo indicado por el solicitante, la muestra es Tipo King Kong 30% vacíos; Marca Lark.

	INFORME DE ENSAYO	Código	SGC-F-28
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL MURETES DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017	Versión	01
		Página	5 de 5

Proyecto : "Evaluación del Ladrillo Artesanal Elaborado a Base de Arcilla y Sedimentos de Relaves Mineros, Hualgayoc"

Ubicación : Bambamarca

Solicitante : Bachiller Fernando Díaz Ruiz

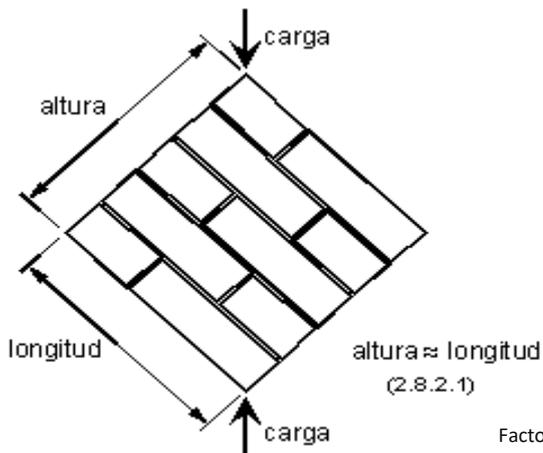
Fecha : 17/04/2021

TIPO DE LADRILLO

FABRICACIÓN

MARCA

N° MUESTRA	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm ²) (A diag.)	CARGA MÁX. (kg) (W)	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
	LARGO	ANCHO	ALTO				kg/cm ²	Kpa
MURETE CON 5% 21 DIAS	68.50	13.00	63.00	92.00	1196.00	9510	9.1	8.97E+02
MURETE CON 5% 21 DIAS	76.00	13.00	64.00	93.00	1209.00	9506	9.0	8.87E+02
MURETE CON 5% 21 DIAS	75.62	13.10	63.52	92.54	1212.27	9712	9.2	9.04E+02
PROMEDIO (\bar{V}_m)							9.1	8.96E+02
DES. ESTANDAR (S)							0.1	8.44
V'm							9.0	8.87E+02



Factor Incremento por edad (21 días) = 1.05

FÓRMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W * (F. Edad)}{A_{diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

DONDE:

$V'm$ = Resistencia a la Compresión Diagonal ó al Corte del espécimen, Kg/cm².

V_m = Resistencia al Corte Puro del espécimen, Kg/cm².

S = Desviación Estandar del espécimen, Kg/cm².

W = Máxima carga en Kg, indicada por la máquina de ensayo.

A diag. = Promedio del área Diagonal en cm².

1MPa = 10.2 kg/cm²

Observ.

Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo de Resistencia ala corte.

Se ensayaron Muretes, con esquinas refrentado con yeso cemento.

Según lo indicado por el solicitante, la muestra es Tipo King Kong 30% vacíos; Marca Lark.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

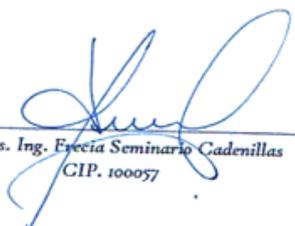


ACTA DE CONFORMIDAD

Chota, 19 de Octubre del 2021.

Mediante la presente la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería da conformidad que el bachiller: **FERNANDO DÍAZ RUIZ**, ha presentado la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ELABORADO A BASE DE ARCILLA Y SEDIMENTOS DE RELAVES MINEROS, HUALGAYOC”**, para la verificación de su contenido en el programa antiplagio Turnitin de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, indicando que la misma tiene un 81 % de originalidad, estando dentro de los límites permitidos, por tanto dando la autorización para que se continúe el proceso de sustentación final.

Sin otro particular.



M. Cs. Ing. Ezequiel Seminario Cadenillas
CIP. 100057

Jefe de la Unidad de Investigación FCI -UNACH