

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Influencia de la adición de escoria de cobre y
cemento en la estabilización de adobes
artesanales, Espinar - Cusco, 2022**

Alice Gilda Unda Zevallos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Espinar, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Mg. Ing. Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Alejandro Vildoso Flores
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 3 de Noviembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORÍA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR – CUSCO, 2022", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Alice Gilda Unda Zevallos, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
(Nº de palabras excluidas:)
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



MBA. Ing. Alejandro Vildoso Flores
Asesor de tesis.

Cc.
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Alice Gilda Unda Zevallos, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 60019069, de la E.A.P. de Ing. Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORÍA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR – CUSCO, 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

02 de noviembre del 2023

Alice Gilda Unda Zevallos

DNI. No. 60019069

Cc.
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRÉ Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR – CUSCO, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	13%	11%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	G. Dittmar, H. Schäfer. "Die Kristallstruktur von L.T.-GeS₂", Acta Crystallographica Section B Structural Crystallography and Crystal Chemistry, 1976 Publicación	2%
3	www.educacion.gob.es Fuente de Internet	1%
4	archive.org Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.upeu.edu.pe:8080 Fuente de Internet	1%

8	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	1 %
9	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %
13	(9-13-14) http://184.168.109.199:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/123456789/sequence=1 Fuente de Internet	<1 %
14	dspace.uib.es Fuente de Internet	<1 %
15	digibug.ugr.es Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
17	J. A. Zea, D. Hernández, J. E. Mandujano, A. López, P. Garnica. "Tabiques no convencionales a base de residuos plásticos"	<1 %

destinados a viviendas rurales", CONGRESO LATINO-AMERICANO DE PATOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN, 2021

Publicación

-
- | | | |
|-----------|--|----------------|
| 18 | <p>Ricardo Manuel Rossi Valverde, Ricardo Gabriel Rossi Ortiz. "Análisis de las diferencias entre las medias de los indicadores financieros de empresas pesqueras en el periodo 2018-2021", Revista Mexicana de Economía y Finanzas, 2023</p> <p>Publicación</p> | <1 % |
|-----------|--|----------------|
-
- | | | |
|-----------|---|----------------|
| 19 | <p>repositorio.une.edu.pe</p> <p>Fuente de Internet</p> | <1 % |
|-----------|---|----------------|
-
- | | | |
|-----------|---|----------------|
| 20 | <p>JAICO HUAYANAY MARCO ANTONIO. "Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos en la Comunidad de Otari - San Martín, del Distrito de Pichari - Provincia de La Convención - Cusco-IGA0015710", R.G.R.N.G.A. N° 001-2022-GRNGA-MPLC, 2022</p> <p>Publicación</p> | <1 % |
|-----------|---|----------------|
-
- | | | |
|-----------|--|----------------|
| 21 | <p>CONSULRORIA CARRANZA E.I.R.L.. "PMA del Proyecto de Construcción y Funcionamiento de la Base de Operaciones Kiteni-IGA0005729", R.D. N° 47-2010-MEM/AE, 2020</p> <p>Publicación</p> | <1 % |
|-----------|--|----------------|
-
- | | | |
|-----------|---|----------------|
| 22 | <p>HERRERA VILLAVICENCIO JUVENAL. "Programa de Reconversión y Manejo de</p> | <1 % |
|-----------|---|----------------|

Áreas Degradadas del Proyecto Construcción del Relleno Sanitario de Echarati - Cercado - Provincia de La Convención - Cusco, Componentes 4B, 4C y 4D-IGA0013661", R.G.R.N.G.A. N° 017-2020-GRNGA-MPLC, 2021
Publicación

23	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Pozo Rico-IGA0005184", R.D. N° 199-2019/MINEM-DGAAM, 2020 Publicación	<1 %
25	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	J. M. Ortega, I. Sánchez, M. A. Climent. "Influencia de diferentes condiciones de curado en la estructura porosa y en las propiedades a edades tempranas de morteros que contienen ceniza volante y escoria de alto horno", Materiales de Construcción, 2012 Publicación	<1 %
27	biblioteca.ucm.es Fuente de Internet	<1 %
28	David Anibal Paz Panduro. "Impacto de los diarios digitales en la votación electoral",	<1 %

Industrial Data, 2020

Publicación

29	dSPACE.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
30	PROYECTOS, ASESORIA, SERVICIOS A LA MINERIA Y ASUNTOS AMBIENTALES SAC - PASMINGA SAC. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Suyckutambo-IGA0001346", R.D. N° 160-2016-MEM/DGAAM, 2020 Publicación	<1 %
31	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	www.tdx.cat Fuente de Internet	<1 %
33	ECO-TEC CONSULTORIA TECNOLOGICA Y AMBIENTAL E.I.R.L.. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Mejoramiento del Sistema de Almacenamiento Nocturno Miguel Grau de la Comunidad Campesina de Pallata, Distrito de Quilahuani - Candarave - Tacna-IGA0013797", R.D.G. N° 297-14-MINAGRI-DGAAA, 2021 Publicación	<1 %
34	HIDROSUELOS S.A.S., SUCURSAL DEL PERU. "Instrumento de Gestión Ambiental Complementario al SEIA, del Proyecto	<1 %

Recuperación de Áreas Degradadas por
Residuos Sólidos en el Sector Rosa Roja,
Distrito de Pariñas, Provincia de Talara,
Departamento de Piura-IGA0020976", R.S. N°
001-2022-SGAS-GSP-MPT, 2022

Publicación

35	<p>SCHLUMBERGER DEL PERU S.A.. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Cuajone-IGA0000334", R.D. N° 444-2012-MEM-AAM, 2020</p>	<1 %
Publicación		
36	<p>Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe, 1957.</p>	<1 %
Publicación		
37	<p>ri.ues.edu.sv</p>	<1 %
Fuente de Internet		
38	<p>repositorio.uasb.edu.bo:8080</p>	<1 %
Fuente de Internet		
39	<p>PALOMINO DE LA MATA LUIS ANTONIO. "Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos La Mejorada Distrito de El Tambo, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín-IGA0019119", R.G.S.P. N° 347-2022-MPH/GSP, 2022</p>	<1 %
Publicación		
40	<p>ddd.uab.cat</p>	<1 %
Fuente de Internet		

- 41 Santiago Cabrera, Kerstin Elert, Anabela Guilarducci, Andrea Margasin. "The effect of local pozzolans and lime additions on the mineralogical, physical and mechanical properties of compressed earth blocks in Argentina", Revista de la construcción, 2022
Publicación <1 %
-
- 42 Eléonore F van Dam van Isselt, Monica Spruit-van Eijk, Niels H Chavannes, Wilco P Achterberg, Karin H Groenewegen-Sipkema. "Geriatric rehabilitation for patients with advanced COPD: programme characteristics and case studies", International Journal of Palliative Nursing, 2013
Publicación <1 %
-
- 43 CLEAN TECHNOLOGY S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos de Gestión No Municipal - Relleno de Seguridad Majes-IGA0003710", R.D. N° 00161-2019-SENACE-PE/DEIN, 2021
Publicación <1 %
-
- 44 GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.. "ITS para la Ampliación de Componentes del EIA del Proyecto Constancia-IGA0000707", R.D. N° 454-2013-MEM-AAM, 2020
Publicación <1 %
-

45	<p>"Deserción y financiamiento en las universidades chilenas", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2012 Publicación</p>	<1 %
46	<p>Waltraud Martínez Olvera, Ismael Esquivel Gámez. "Efectos de la instrucción de estrategias de lectura, mediadas por TIC, en la comprensión lectora del inglés", Perfiles Educativos, 2017 Publicación</p>	<1 %
47	<p>TECNOLOGIA XXI S A. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Fosfatos-IGA0010571", R.D. N° 019-2018-MEM-DGAAM, 2020 Publicación</p>	<1 %
48	<p>ANDRADE CAYCHO EDGAR. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos No Municipales y Municipales Yacucatina - San Martín-IGA0000038", R.D. N° 1485-2015/DEPA/DIGESA/SA, 2020 Publicación</p>	<1 %
49	<p>"Migración intrametropolitana y movilidad social : reproducción de clases sociales, capital simbólico y procesos de segregación en la producción del espacio en el Gran Concepción", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020</p>	<1 %

Publicación		
50	Juan Cosa Martínez. "Utilización de mezclas de residuos para la obtención de cementos de activación alcalina: aplicación en morteros y suelos estabilizados", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1%
51	riubu.ubu.es Fuente de Internet	<1%
52	eprints.ucm.es Fuente de Internet	<1%
53	Por Lemus. "Estudio comparado del desarrollo Embrionario de Especies ovíparas y una ovovivípara (Gallus gallus, Coturnix c. japonica y Liolaemus tenuis t.)", Anatomia Histologia Embryologia Journal of Veterinary Medicine Series C, 9/1984 Publicación	<1%
54	R. M. De Gutiérrez, S. Delvasto, R. Talero. "Una nueva puzolana para materiales cementicios de elevadas prestaciones", Materiales de Construcción, 2010 Publicación	<1%
55	"Análisis de patrones de distribución espacial de individuos de Inga sp. y Cedrelinga catenaeformis aprovechables en los bosques	<1%

tropicales de la Región Amazonas - Perú",
Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021
Publicación

56 (Carlinda Leite and Miguel Zabalza). "Ensino superior: inovação e qualidade na docência", Repositório Aberto da Universidade do Porto, 2012.

Publicación

<1 %

57 Checa, J. "Peruvian earthen architecture : Reflections on traditional constructive techniques", Rammed Earth Conservation, 2012.

Publicación

<1 %

58 Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú

Trabajo del estudiante

<1 %

59 Antonio Azorín Carrión. "Grandes silos de almacenamiento de clínker: análisis y priorización", Universitat Politècnica de Valencia, 2015

Publicación

<1 %

60 José Manuel López Saiz. "Compactación", Informes de la Construcción, 2015

Publicación

<1 %

61 Demetrio Gaspar-Tebar, José Luis Sagrera-Moreno. "Resistencia química del hormigón Estudio de dos cementos portland frente al

<1 %

agua de mar", *Materiales de Construcción*,
2012

Publicación

-
- 62 Carina Fonseca Ferreira, Dina D'Ayala, Jose L. Fernandez-Cabo, Marina Arce-Blanco, Rafael Díez-Barra, Pedro Hurtado-Valdez. "Numerical Modeling and Seismic Assessment of Historic Planked Timber Arches", *International Journal of Architectural Heritage*, 2015 <1 %

Publicación

-
- 63 Jorge Felipe Ramírez León, Luis Alfredo Moreno García, Fabio Restrepo Tello, Francisco Camacho García et al. "Guía de instrucción en artroscopia de hombro", *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 2019 <1 %

Publicación

-
- 64 Juan José Fontana Cabezas. "Mechanical properties of load bearing walls made of uruguayan hollow ceramic bricks", *Revista de la construcción*, 2015 <1 %

Publicación

-
- 65 M. Mauricio Ossa, D. Jorge David. "Efecto de las adiciones puzolánicas en la retracción de pastas y morteros de cemento en sus primeras edades", *Materiales de Construcción*, 2012 <1 %

Publicación

66	d-nb.info Fuente de Internet	<1 %
67	CORPORACION MINERA SAN MANUEL S.A.. "Segunda Modificación del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros Sayapullo-IGA0005280", R.D. N° 451-2014-MEM/DGAAM, 2020 Publicación	<1 %
68	Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (PLA) basadas en la incorporación de derivados de la colofonia", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
69	Mauricio Ossa M., Hector Jorquera S.. "Cementos con cenizas volantes", Materiales de Construcción, 2012 Publicación	<1 %
70	Rosario Romero-Martín, Antonio Fraile-Aranda, Víctor-Manuel López-Pastor, Francisco-Javier Castejón-Oliva. "The relationship between formative assessment systems, academic performance and teacher and student workloads in higher education / Relación entre sistemas de evaluación formativa, rendimiento académico y carga de trabajo del profesor y del alumno en la	<1 %

docencia universitaria", Infancia y
Aprendizaje, 2014

Publicación

-
- | | | |
|-----------|---|----------------|
| 71 | repositorio.uap.edu.pe
Fuente de Internet | <1 % |
|-----------|---|----------------|
-
- | | | |
|-----------|--|----------------|
| 72 | Francisco J. García-Rodríguez, Carmen-Inés Ruiz-Rosa, Esperanza Gil-Soto, Desiderio Gutiérrez-Taño. " Promoting entrepreneurship education among university students: design and evaluation of an intervention programme / ", Cultura y Educación, 2016
Publicación | <1 % |
|-----------|--|----------------|
-
- | | | |
|-----------|---|----------------|
| 73 | Kazuya Akutsu, Takahito Shimizu, Shinsuke Hamaguchi, Shigeki Yamaguchi, Toshifumi Takasusuki, Kimihiko Asahi. "Effect of Remifentanil on Cardiac Autonomic Activity Changes during Electroconvulsive Therapy: A Randomized Controlled Trial", Dokkyo Medical Journal, 2023
Publicación | <1 % |
|-----------|---|----------------|
-
- | | | |
|-----------|--|----------------|
| 74 | MAGMA S.A.C.. "EIA del Proyecto de la Central Hidroeléctrica Centauro I-III y Paso del Águila-IGA0006590", R.D. N° 212-2002-EM-DGAA, 2020
Publicación | <1 % |
|-----------|--|----------------|
-
- | | | |
|-----------|--|----------------|
| 75 | S. A. Bernal, R. Mejía de Gutiérrez, F. Ruiz, H. Quiñones, J. L. Provis. "Desempeño a temperaturas altas de morteros y | <1 % |
|-----------|--|----------------|

hormigones basados en mezclas de escoria/metacaolín activadas alcalinamente", *Materiales de Construcción*, 2012

Publicación

76 documentop.com <1 %
Fuente de Internet

77 repositorio.usmp.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

78 www.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

79 R. J. Galán-Arboledas, A. Merino, S. Bueno. "Utilización de nuevas materias primas y residuos industriales para mejorar las posibilidades de uso de los materiales cerámicos del área de Bailén (Jaén)", *Materiales de Construcción*, 2012
Publicación

80 Regina Teixeira de Barros. "A Galeria de Arte das Folhas e o Prêmio Leirner de Arte Contemporânea: arte e meio artístico em São Paulo, 1958-1962", Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA), 2020
Publicación

81 SANDOVAL ALVARADO LEANDRO. "EIA del Proyecto de Relleno Sanitario de la Provincia <1 %

de Ica-IGA0005419", R.D. N°
2802/2008/DSB/DIGESA, 2020

Publicación

82

SUCAPUCA SANTOS ESTHER ANA. "Plan de
Recuperación del Área Degradada por
Residuos Sólidos del Botadero
Viscachapampa, Distrito San Pedro de Pillao,
Provincia Daniel Alcides Carrión,
Departamento de Pasco-IGA0013744", R.G.M.
N° 326-2020-GM-MPSAC-YHCA, 2021

Publicación

<1 %

83

CONSULCONT SAC. "Plan de Cierre de Minas
de la Unidad Minera María Teresa-
IGA0003633", R.D. N° 388-2009-MEM-AAM,
2020

Publicación

<1 %

84

GRUPO LLR E.I.R.L.. "Plan de Recuperación de
Áreas Degradadas por Residuos Sólidos del
Ex Botadero Maravilla del Distrito de
Pilcomayo - Provincia de Huancayo -
Departamento de Junín-IGA0013843", R.G.S.P.
N° 179-2021-MPH/GSP, 2021

Publicación

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

ASESOR

MBA. Ing. Alejandro Vildoso Flores

Agradecimiento

Agradezco a mi madre, por su apoyo incondicional, por sus consejos y charlas, por todo su amor y sacrificio, por enseñarme de compromiso, responsabilidad y perseverancia e impulsarme a concluir todo aquello que empiezo.

A Junior, por alentarme a continuar a pesar del cansancio y del trabajo, por su paciencia y amor y por demostrarme que depende de uno el ser mejor y labrarse un futuro prometedor.

A mi familia y amigos, por alentarme a perseguir mis sueños, y sobre todo por ser mi soporte en los momentos en que se hacía más complicado seguir mi camino.

A mis maestros, quienes me transmitieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo así con mi formación profesional.

Al asesor del proyecto de tesis el MBA Alejandro Vildoso Flores, por su experiencia, guía y apoyo en la formulación, desarrollo y culminación de la presente investigación.

La autora.

Dedicatoria

A Dios, por mostrarme el camino, por protegerme, guiarme y ser la luz que ilumina cada uno de mis pasos; a mi madre Ana, por su apoyo y amor incondicional, porque ella me ha demostrado día a día lo que es luchar contra corriente, por enseñarme a ser tenaz, firme y constante; a mi abuelo Juan, por siempre creer en mí, por su soporte y compañía, porque a pesar de su partida le estoy eternamente agradecida por haber sido padre y maestro; a mi tío Anibal, quien sin importar la distancia ha velado por mí aconsejándome continuamente; a Junior y Ryo, por impulsarme a continuar, por su amor, apoyo y paciencia; a mi familia, quienes me enseñaron de unión, valores y superación; a mis amigos, pues se han convertido en parte de mí, con sus palabras de aliento, risas y largas charlas; a todos y cada uno les doy mil gracias por ser parte de mi vida.

Alice Gilda Unda Zevallos

Índice de Contenido

Agradecimiento	XX
Dedicatoria.....	XXI
Resumen.....	XLII
Abstract.....	XLIII
Introducción	1
Capítulo I:.....	3
Planteamiento del Estudio.....	3
1.1 Planteamiento y formulación del problema	3
1.1.1 Realidad problemática	3
1.1.2 Formulación del problema	5
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Justificación en Importancia	6
1.3.1 Justificación teórica	6
1.3.2 Justificación práctica	7
1.3.3 Justificación metodológica.....	7
1.3.4 Justificación social.....	7
1.3.5 Justificación económica	7
1.3.6 Justificación ambiental	8
1.4 Hipótesis e Identificación de Variables.....	8
1.4.1 Hipótesis	8
1.4.2 Identificación de variables	9
1.5 Operacionalización de Variables	10
Capítulo II:	12
Marco teórico	12
2.1 Antecedentes del Problema.....	12
2.1.1 Antecedentes internacionales	12
2.1.2 Antecedentes nacionales	16
2.2 Bases Teóricas	21
2.2.1 Adobe.....	21
2.2.2 Cemento	39

2.2.3 Escoria de cobre	42
2.3 Definición de Términos Básicos (18).....	44
Capítulo III:.....	46
Metodología	46
3.1 Método y Alcance de la Investigación	46
3.2 Tipo de Investigación	46
3.3 Nivel de la Investigación	46
3.4 Método de investigación.....	47
3.5 Diseño de la Investigación.....	47
3.6 Población, Muestra y Unidad Muestral	48
3.6.1 Población.....	48
3.6.2 Muestra	48
3.6.3 Unidad muestral	50
3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	52
3.7.1 Técnicas de recolección de datos	52
3.7.2 Instrumentos de recolección de datos	52
3.7.3 Equipos utilizados en la recolección de datos.....	54
3.8 Técnicas y Programas de Análisis y Procesamiento de Datos	56
3.8.1 Técnicas de análisis y procesamiento de datos (48).....	56
3.8.2 Programas de análisis y procesamiento de datos	58
3.9 Desarrollo de la Investigación	58
3.9.1 Objetivo específico I: Detallar la composición, propiedades y procedimiento de obtención de la escoria de cobre	59
3.9.2 Objetivo específico II: Identificar las características del suelo a emplear en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en Espinar-Cusco, 2022	60
3.9.3 Objetivo específico III: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022	98
3.9.4 Objetivo específico IV: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022	100
3.9.5 Objetivo específico V: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022	102

3.9.6_Objetivo específico VI: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022	104
3.9.7_Objetivo específico VII: Analizar el costo-beneficio de la adición de escoria de cobre y cemento en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en comparación de adobes estabilizados en Espinar-Cusco, 2022.....	105
Capítulo IV:.....	106
Resultados y discusión	106
4.1 Resultados.....	106
4.1.1 Objetivo específico I: Detallar la composición, propiedades y procedimiento de obtención de la escoria de cobre	106
4.1.2_Objetivo específico II: Identificar las características del suelo a emplear en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en Espinar-Cusco, 2022	108
4.1.3 Objetivo específico III: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022	112
4.1.4 Objetivo específico IV: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022	117
4.1.5 Objetivo específico V: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022	121
4.1.6 Objetivo específico VI: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022	133
4.1.7_Objetivo específico VII: Analizar el costo-beneficio de la adición de escoria de cobre y cemento en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en comparación con adobes estabilizados en Espinar-Cusco, 2022.....	142
4.2 Prueba de Hipótesis	149
4.2.1 Tratamiento de data	149
4.2.2 Análisis de la información	219
4.3 Discusión de resultados	239
4.3.1 Comparación de resultados con antecedentes y normativa.....	240
4.3.2_Contrastación de hipótesis	253

Conclusiones	256
Recomendaciones	262
Bibliografía	263
ANEXOS	267
Anexo 1: Certificados de laboratorio	267
Anexo 2. Análisis Químico: Escoria de Cobre.	277
Anexo 3: Comprobantes de pago	278

Índice de Tablas

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables	10
Tabla 2 Dimensiones del adobe según diferentes fuentes de información	22
Tabla 3 Pruebas previas	24
Tabla 4 Pruebas de campo.....	25
Tabla 5 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.....	32
Tabla 6 Tipos de cemento hidráulico	40
Tabla 7 Propósitos y valor de los diferentes alcances de la investigación explicativa	46
Tabla 8 Tratamientos mediante la adición de escoria de cobre y cemento	47
Tabla 9 Número de especímenes a ensayar	48
Tabla 10 Número de especímenes por tipo de tratamiento	49
Tabla 11 Número total de unidades de adobe	51
Tabla 12 Unidades requeridas de acuerdo con la dimensión de los ladrillos	52
Tabla 13 Instrumentos de recolección de datos	53
Tabla 14 Criterios para determinar la normalidad de distribución de datos – prueba de normalidad.....	57
Tabla 15 Criterios para determinar la homogeneidad de varianzas – prueba de Levene y prueba T para variables independientes.....	57
Tabla 16 Criterios para determinar la diferencia de medias – prueba ANOVA	58
Tabla 17 Coordenadas UTM del punto de extracción de la muestra	64
Tabla 18 Características técnicas del cemento Yura IP	77
Tabla 19 Peso de los especímenes de prueba	81
Tabla 20 Densidad de los añadidos.....	82
Tabla 21 Cantidad de ladrillos por tratamiento	82
Tabla 22 Cálculo del peso total de suelo por tratamiento	83
Tabla 23 Dosificación TI: GC-0.....	83
Tabla 24 Dosificación TII: GE-1.....	84
Tabla 25 Dosificación TIII: GE-2	84
Tabla 26 Dosificación TIV: GE-3	85
Tabla 27 Dosificación TV: GE-4	85
Tabla 28 Dosificación TVI: GE-5	86
Tabla 29 Dosificación TVII: GE-6.....	86
Tabla 30 Cuantificación de materiales	87

Tabla 31	Composición química de la escoria de cobre.....	106
Tabla 32	Propiedades físicas de la escoria de cobre.....	107
Tabla 33	Propiedades químicas de la escoria de cobre.....	107
Tabla 34	Resultados de las pruebas previas de la muestra del suelo	109
Tabla 35	Resultados de la prueba Cinta de Barro	109
Tabla 36	Resultados de la prueba Presencia de Arcilla o Resistencia Seca.....	110
Tabla 37	Resultados del ensayo de Contenido de Humedad	111
Tabla 38	Resultados del ensayo Proctor Estándar	111
Tabla 39	Resultados del ensayo de Granulometría por tamizado.....	111
Tabla 40	Resultados del ensayo de Límites de Consistencia.....	112
Tabla 41	Resultados del ensayo de clasificación de suelos SUCS	112
Tabla 42	Porcentaje de variación dimensional - TI: GC-0.....	113
Tabla 43	Porcentaje de variación dimensional - TII: GE-1	113
Tabla 44	Porcentaje de variación dimensional - TIII: GE-2.....	114
Tabla 45	Porcentaje de variación dimensional - TIV: GE-3	114
Tabla 46	Porcentaje de variación dimensional - TV: GE-4.....	115
Tabla 47	Porcentaje de variación dimensional - TVI: GE-5	115
Tabla 48	Porcentaje de variación dimensional - TVII: GE-6	116
Tabla 49	Resumen de los porcentajes de variación dimensional de acuerdo al tratamiento	117
Tabla 50	Porcentaje de absorción - TI: GC-0.....	118
Tabla 51	Porcentaje de absorción - TII: GE-1.....	118
Tabla 52	Porcentaje de absorción - TIII: GE-2	118
Tabla 53	Porcentaje de absorción - TIV: GE-3	119
Tabla 54	Porcentaje de absorción - TV: GE-4	119
Tabla 55	Porcentaje de absorción - TVI: GE-5	119
Tabla 56	Porcentaje de absorción - TVII: GE-6	120
Tabla 57	Resumen de los porcentajes de absorción de acuerdo con el tratamiento	120
Tabla 58	Esfuerzo de compresión axial en unidades - TI: GC-0.....	121
Tabla 59	Esfuerzo de compresión axial en unidades - TII: GE-1.....	122
Tabla 60	Esfuerzo de compresión axial en unidades - TIII: GE-2	122
Tabla 61	Esfuerzo de compresión axial en unidades - TIV: GE-3	123
Tabla 62	Esfuerzo de compresión axial en unidades - TV: GE-4	123
Tabla 63	Esfuerzo de compresión axial en unidades - TVI: GE-5	124

Tabla 64	Esfuerzo de compresión axial en unidades - TVII: GE-6.....	124
Tabla 65	Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión axial en unidades de acuerdo con el tratamiento	125
Tabla 66	Esfuerzo de compresión axial en pilas - TI: GC-0.....	126
Tabla 67	Esfuerzo de compresión axial en pilas - TII: GE-1.....	126
Tabla 68	Esfuerzo de compresión axial en pilas - TIII: GE-2	127
Tabla 69	Esfuerzo de compresión axial en pilas - TIV: GE-3	127
Tabla 70	Esfuerzo de compresión axial en pilas - TV: GE-4	128
Tabla 71	Esfuerzo de compresión axial en pilas - TVI: GE-5	128
Tabla 72	Esfuerzo de compresión axial en pilas - TVII: GE-6.....	129
Tabla 73	Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión axial en pilas de acuerdo con el tratamiento	129
Tabla 74	Esfuerzo de compresión axial en muretes - TI: GC-0	130
Tabla 75	Esfuerzo de compresión axial en muretes - TII: GE-1	130
Tabla 76	Esfuerzo de compresión axial en muretes - TIII: GE-2.....	131
Tabla 77	Esfuerzo de compresión axial en muretes - TIV: GE-3.....	131
Tabla 78	Esfuerzo de compresión axial en muretes - TV: GE-4.....	131
Tabla 79	Esfuerzo de compresión axial en muretes - TVI: GE-5.....	132
Tabla 80	Esfuerzo de compresión axial en muretes - TVII: GE-6	132
Tabla 81	Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión axial en muretes de acuerdo con el tratamiento	133
Tabla 82	Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TI: GC-0	134
Tabla 83	Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TII: GE-1	134
Tabla 84	Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TIII: GE-2	135
Tabla 85	Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TIV: GE-3.....	135
Tabla 86	Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TV: GE-4.....	135
Tabla 87	Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TVI: GE-5.....	136
Tabla 88	Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TVII: GE-6.....	136
Tabla 89	Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal en pilas de acuerdo con el tratamiento	137
Tabla 90	Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TI: GC-0.....	138
Tabla 91	Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TII: GE-1.....	138
Tabla 92	Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TIII: GE-2	139

Tabla 93	Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TIV: GE-3	139
Tabla 94	Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TV: GE-4	140
Tabla 95	Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TVI: GE-5	140
Tabla 96	Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TVII: GE-6	141
Tabla 97	Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal en muretes de acuerdo con el tratamiento	141
Tabla 98	Costo estimado de la escoria de cobre por kg	142
Tabla 99	Costo de los materiales para la fabricación de adobes	143
Tabla 100	Dosificación de materiales para ladrillos tipo A	143
Tabla 101	APU TI: GC-0	144
Tabla 102	APU TII: GE-1	144
Tabla 103	APU TIII: GE-2	145
Tabla 104	APU TIV: GE-3	146
Tabla 105	APU TV: GE-4	146
Tabla 106	APU TVI: GE-5	147
Tabla 107	APU TVII: GE-6	148
Tabla 108	Análisis descriptivo de los resultados de variabilidad dimensional - longitud .	150
Tabla 109	Resultados de la prueba de normalidad - variabilidad dimensional (longitud) .	151
Tabla 110	Resultados de la prueba de homogeneidad - variabilidad dimensional (longitud)	151
Tabla 111	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - variabilidad dimensional (longitud)	152
Tabla 112	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - variabilidad dimensional (longitud)	152
Tabla 113	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - variabilidad dimensional (longitud)	153
Tabla 114	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - variabilidad dimensional (longitud)	154
Tabla 115	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - variabilidad dimensional (longitud)	154
Tabla 116	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - variabilidad dimensional (longitud)	155
Tabla 117	Resultados de la prueba ANOVA - variabilidad dimensional (longitud)	156

Tabla 118	Resultados de la prueba DUNCAN - variabilidad dimensional (longitud)	156
Tabla 119	Análisis descriptivo de los resultados de variabilidad dimensional - ancho	157
Tabla 120	Resultados de la prueba de normalidad - variabilidad dimensional (ancho)	158
Tabla 121	Resultados de la prueba de homogeneidad - variabilidad dimensional (ancho).	159
Tabla 122	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - variabilidad dimensional (ancho)	159
Tabla 123	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - variabilidad dimensional (ancho)	160
Tabla 124	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - variabilidad dimensional (ancho)	160
Tabla 125	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - variabilidad dimensional (ancho)	161
Tabla 126	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - variabilidad dimensional (ancho)	161
Tabla 127	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - variabilidad dimensional (ancho)	162
Tabla 128	Resultados de la prueba ANOVA - variabilidad dimensional (ancho)	163
Tabla 129	Resultados de la prueba DUNCAN - variabilidad dimensional (ancho).....	163
Tabla 130	Análisis descriptivo de los resultados de variabilidad dimensional - altura	164
Tabla 131	Resultados de la prueba de normalidad - variabilidad dimensional (altura).....	165
Tabla 132	Resultados de la prueba de homogeneidad - variabilidad dimensional (altura)	166
Tabla 133	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - variabilidad dimensional (altura)	166
Tabla 134	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - variabilidad dimensional (altura)	167
Tabla 135	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - variabilidad dimensional (altura)	167
Tabla 136	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - variabilidad dimensional (altura)	168
Tabla 137	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - variabilidad dimensional (altura)	168
Tabla 138	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - variabilidad dimensional (altura)	169
Tabla 139	Resultados de la prueba ANOVA - variabilidad dimensional (altura).....	170

Tabla 140	Resultados de la prueba DUNCAN - variabilidad dimensional (altura)	170
Tabla 141	Análisis descriptivo de los resultados de variabilidad dimensional - volumen .	171
Tabla 142	Resultados de la prueba de normalidad - variabilidad dimensional (volumen)	172
Tabla 143	Resultados de la prueba de homogeneidad - variabilidad dimensional (volumen)	173
Tabla 144	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - variabilidad dimensional (volumen)	173
Tabla 145	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - variabilidad dimensional (volumen)	174
Tabla 146	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - variabilidad dimensional (volumen)	175
Tabla 147	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - variabilidad dimensional (volumen)	175
Tabla 148	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - variabilidad dimensional (volumen)	176
Tabla 149	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - variabilidad dimensional (volumen)	176
Tabla 150	Resultados de la prueba ANOVA - variabilidad dimensional (volumen)	177
Tabla 151	Resultados de la prueba DUNCAN - variabilidad dimensional (volumen).....	178
Tabla 152	Análisis descriptivo de los resultados del porcentaje de absorción	179
Tabla 153	Resultados de la prueba de normalidad - porcentaje de absorción.....	180
Tabla 154	Resultados de la prueba de homogeneidad - porcentaje de absorción	180
Tabla 155	Resultados de la prueba ANOVA - porcentaje de absorción	181
Tabla 156	Resultados de la prueba DUNCAN - porcentaje de absorción	182
Tabla 157	Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión axial último en unidades	183
Tabla 158	Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión axial último en unidades	184
Tabla 159	Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión axial último en unidades	184
Tabla 160	Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión axial último en unidades	185

Tabla 161 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión axial último en unidades	186
Tabla 162 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión axial último en unidades	186
Tabla 163 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión axial último en unidades	187
Tabla 164 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión axial último en unidades	188
Tabla 165 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión axial último en unidades	188
Tabla 166 Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión axial último en unidades	189
Tabla 167 Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión axial último en unidades	190
Tabla 168 Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión axial último en pilas	191
Tabla 169 Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión axial último en pilas	192
Tabla 170 Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión axial último en pilas	192
Tabla 171 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión axial último en pilas	193
Tabla 172 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión axial último en pilas	193
Tabla 173 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión axial último en pilas	194
Tabla 174 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión axial último en pilas	194
Tabla 175 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión axial último en pilas	195
Tabla 176 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión axial último en pilas	195
Tabla 177 Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión axial último en pilas	196

Tabla 178 Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión axial último en pilas	197
Tabla 179 Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión axial último en muretes.....	198
Tabla 180 Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión axial último en muretes.....	199
Tabla 181 Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión axial último en muretes.....	199
Tabla 182 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión axial último en muretes	200
Tabla 183 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión axial último en muretes	201
Tabla 184 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión axial último en muretes	201
Tabla 185 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión axial último en muretes	202
Tabla 186 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión axial último en muretes	202
Tabla 187 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión axial último en muretes	203
Tabla 188 Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión axial último en muretes	204
Tabla 189 Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión axial último en muretes.....	204
Tabla 190 Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal último en pilas	205
Tabla 191 Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas	206
Tabla 192 Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas.....	207
Tabla 193 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas.....	207
Tabla 194 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas	208

Tabla 195 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas	208
Tabla 196 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas	209
Tabla 197 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas	210
Tabla 198 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas	210
Tabla 199 Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas	211
Tabla 200 Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas	212
Tabla 201 Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal último en muretes.....	213
Tabla 202 Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes.....	213
Tabla 203 Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes.....	214
Tabla 204 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes	214
Tabla 205 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes	215
Tabla 206 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes	216
Tabla 207 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes	216
Tabla 208 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes	217
Tabla 209 Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes	218
Tabla 210 Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes.....	218
Tabla 211 Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes.....	219

Tabla 212 Análisis de los resultados de los porcentajes de variabilidad dimensional y su variación respecto a GC-0.....	220
Tabla 213 Dispersión (varianza) de data - variabilidad dimensional.....	223
Tabla 214 Normalidad de data - variabilidad dimensional.....	223
Tabla 215 Homogeneidad de data - variabilidad dimensional.....	224
Tabla 216 Homogeneidad de varianzas y medias GC-0 vs. GE - variabilidad dimensional	224
Tabla 217 ANOVA - variabilidad dimensional.....	225
Tabla 218 Análisis de los resultados de los porcentajes de absorción	226
Tabla 219 Análisis de los resultados del esfuerzo de compresión axial último en unidades, pilas y muretes; y su variación respecto a GC-0	228
Tabla 220 Dispersión (varianza) de data - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes	231
Tabla 221 Normalidad de data - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes	231
Tabla 222 Homogeneidad de data - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes.....	232
Tabla 223 Homogeneidad de varianzas y medias GC-0 vs. GE - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes	233
Tabla 224 ANOVA - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes.....	233
Tabla 225 Análisis de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal último en pilas y muretes; y su variación respecto a GC-0.....	234
Tabla 226 Dispersión (varianza) de data - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes.....	236
Tabla 227 Normalidad de data - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes	237
Tabla 228 Homogeneidad de data - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes	237
Tabla 229 Homogeneidad de varianzas y medias GC-0 vs. GE - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes	238
Tabla 230 ANOVA - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes.....	238
Tabla 231	239
Tabla 232 Comparación de resultados con los antecedentes - porcentaje de variabilidad dimensional (largo)	241

Tabla 233 Comparación de resultados con los antecedentes - porcentaje de variabilidad dimensional (ancho).....	242
Tabla 234 Comparación de resultados con los antecedentes - porcentaje de variabilidad dimensional (altura)	243
Tabla 235 Discusión de resultados de variabilidad dimensional.....	244
Tabla 236 Comparación de resultados - porcentaje de absorción	245
Tabla 237 Comparación de resultados - resistencia a la compresión axial en unidades	248
Tabla 238 Comparación de resultados - resistencia a la compresión axial en pilas	250
Tabla 239 Comparación de resultados - resistencia a la compresión diagonal en muretes	253
Tabla 240 Validación de hipótesis.....	254
Tabla 241 Conclusiones de acuerdo con los objetivos específicos.....	257

Índice de Figuras

Figura 1 Descripción de la prueba Cinta de Barro.....	25
Figura 2 Descripción de la prueba de Presencia de Arcilla o Resistencia Seca.	26
Figura 3 Límites de Atterberg.....	29
Figura 4 Carta de Plasticidad SUCS.	33
Figura 5 Dimensiones de una pila de adobe.	38
Figura 6 Murete sometido a carga diagonal.....	39
Figura 7 Disposición de las pilas.	50
Figura 8 Disposición de los muretes.....	51
Figura 9 Horno de secado de muestras.	54
Figura 10 Tamices y equipo para el ensayo de granulometría.	54
Figura 11 Cuchara de Casagrande.	55
Figura 12 Prensa para medir la resistencia a la compresión.	55
Figura 13 Presentación de la escoria de cobre en sacos de 50 y 1500 kg.....	59
Figura 14 Transporte de la escoria de cobre.	60
Figura 15 Mapas provincial y distrital de Espinar.....	61
Figura 16 Pruebas preliminares.	62
Figura 17 Moldeo de la cinta de barro.....	62
Figura 18 Desarrollo de la prueba Presencia de Arcilla o Resistencia Seca.....	63
Figura 19 Secado de las muestras del ensayo de Resistencia Seca.	63
Figura 20 Ubicación del punto de extracción de la muestra con Google Earth.....	64
Figura 21 Calibración de la balanza en laboratorio.	66
Figura 22 Peso de las muestras en la balanza calibrada.	66
Figura 23 Colocación de las muestras en el horno 110°C.	67
Figura 24 Compactación de capas con 25 golpes con pisón manual.....	69
Figura 25 Colocación de la muestra en los tamices.....	70
Figura 26 Giro de la manivela de la cuchara de Casagrande.....	73
Figura 27 Adición de agua destilada a la muestra.	74
Figura 28 Moldeo de la muestra para determinar el Límite Plástico.....	75
Figura 29 Transporte del suelo en camión volquete de 5m ³	76
Figura 30 Adquisición de cemento Yura.	76
Figura 31 Paja Ichu para la elaboración de adobes.....	78
Figura 32 Dimensiones de los moldes de adobe.....	78

Figura 33	Disposición del suelo.....	79
Figura 34	Separación y limpieza del suelo.	80
Figura 35	Hidratación de la mezcla de barro.	80
Figura 36	Adición de paja Ichu a la mezcla de barro.	81
Figura 37	Dosificación del cemento.	88
Figura 38	Dosificación de la escoria de cobre.	88
Figura 39	Mezcla de escoria de cobre y cemento secos.	89
Figura 40	Adición de los añadidos al barro.	89
Figura 41	Hidratación del barro con añadidos.	90
Figura 42	Incorporación de los materiales.	90
Figura 43	Colocación del barro en baldes de 20 lt.	91
Figura 44	Transporte de barro para moldeo.....	91
Figura 45	Tratamiento de los moldes con petróleo.....	92
Figura 46	Moldeo de las unidades de adobe artesanal Espinar-Cusco, 2022.	92
Figura 47	Acabados en las unidades de adobe con frotacho.	93
Figura 48	Acabados en las unidades de adobe con las manos.	93
Figura 49	Lavado de las adoberas.....	94
Figura 50	Secado de unidades de adobe.	94
Figura 51	Uso de plástico para proteger el adobe de la helada.....	95
Figura 52	Raspado del barro excedente en las unidades de adobe.	95
Figura 53	Preparación del mortero de barro.	96
Figura 54	Alineamiento de las unidades de adobe.	96
Figura 55	Verificación del espesor de las juntas horizontales y verticales.	97
Figura 56	Apilado de ladrillos en pilas.....	97
Figura 57	Apilado de ladrillos en muretes.....	98
Figura 58	Proceso de medición largo del ladrillo 25x12x 8.5 cm.	99
Figura 59	Proceso de medición ancho del ladrillo 25x12x 8.5 cm.	99
Figura 60	Proceso de medición altura del ladrillo 25x12x 8.5 cm.	100
Figura 61	Sumersión de los ladrillos en agua potable.	101
Figura 62	Ladrillos desintegrados 24 h después de la sumersión.....	101
Figura 63	Ladrillos aptos para realizar los cálculos de porcentaje de absorción.....	102
Figura 64	Ensayo de resistencia a la compresión axial en unidades.	103
Figura 65	Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas.	103
Figura 66	Ensayo de resistencia a la compresión axial en muretes.	104

Figura 67 Ensayo de compresión diagonal en pilas y muretes.	105
Figura 68 Granulometría de la escoria de cobre.	108
Figura 69 Longitud de la cinta de barro.	110
Figura 70 Porcentaje de variación dimensional vs. tratamiento para longitud, ancho, altura y volumen.	221
Figura 71 Variación de GC-0 vs. GE - variabilidad dimensional.	222
Figura 72 Porcentaje de absorción vs. tratamiento.	226
Figura 73 Esfuerzo de compresión axial último vs. tratamiento para unidades, pilas y muretes	229
Figura 74 Variación de GC-0 vs. GE - esfuerzo de compresión axial último.	230
Figura 75 Esfuerzo de compresión diagonal último vs. tratamiento para pilas y muretes. .	235
Figura 76 Variación de GC-0 vs. GE - esfuerzo de compresión diagonal último.	236

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1	Contenido de humedad.....	26
Ecuación 2	Densidad húmeda.....	27
Ecuación 3	Densidad seca.....	27
Ecuación 4	Porcentaje retenido.....	28
Ecuación 5	Porcentaje acumulado.....	28
Ecuación 6	Porcentaje que pasa.....	28
Ecuación 7	Índice de Plasticidad.....	30
Ecuación 8	Coefficiente de Uniformidad.....	31
Ecuación 9	Coefficiente de Curvatura.....	31
Ecuación 10	Porcentaje de variación dimensional.....	34
Ecuación 11	Porcentaje de absorción.....	35
Ecuación 12	Esfuerzo de compresión último en unidades.....	36
Ecuación 13	Esfuerzo de compresión admisible en unidades.....	36
Ecuación 14	Relación de esbeltez.....	37
Ecuación 15	Esfuerzo de compresión último.....	37
Ecuación 16	Esfuerzo de compresión admisible.....	37
Ecuación 17	Esfuerzo último del murete de ensayo.....	38
Ecuación 18	Esfuerzo admisible al corte.....	38

Índice de Anexos

Anexo 1

Anexo 1 A Portada del informe – Laboratorio ITM.....	267
Anexo 1 B Ensayo de contenido de humedad.	268
Anexo 1 C Ensayo Proctor Estándar.....	269
Anexo 1 D Análisis Granulométrico.....	270
Anexo 1 E Límites de Consistencia y Clasificación del Suelo.....	271
Anexo 1 F Ensayo de resistencia a la compresión axial en unidades.....	272
Anexo 1 G Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas.....	273
Anexo 1 H Ensayo de resistencia a la compresión axial en muretes.....	274
Anexo 1 I Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en pilas.....	275
Anexo 1 J Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes.....	276

Anexo 2

Anexo 2 A Informe Técnico N° 1819-22-LABICER.....	277
---	-----

Anexo 3

Anexo 3 A Boleta por la compra de la escoria de cobre.....	278
Anexo 3 B Boleta de pago por el flete de envío de la escoria de cobre.....	279

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en las propiedades físico-mecánicas del adobe artesanal. En cuanto a la metodología, el estudio reúne las características de un estudio de tipo aplicado, nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental con 294 muestras de unidades de albañilería de adobe artesanal tradicional y estabilizado. De esta muestra, 126 fueron unidades, 84 pilas y 84 muretes. Los resultados demuestran que el uso de escoria de cobre y cemento genera una reducción del porcentaje de variación dimensional promedio de 3.51 % a 0.06 % en longitud, de 3.20 % a 0.10 % en anchura, de 4.44 % a 0.09 % en altura y de 10.74 % a 0.25 % en volumen. Respecto al porcentaje de absorción, la relación es inversamente proporcional, y a partir del TIII (3 % de escoria de cobre + 5 % de cemento) supera el máximo que indica la norma NTP 339.613. Los valores del esfuerzo de compresión axial último promedio para unidades presentan una tendencia al crecimiento de 8.10 kg/cm² a 19.71 kg/cm². El escenario es similar para pilas y muretes, con incrementos de 12.64 kg/cm² a 23.02 kg/cm² y de 17.75 kg/cm² a 31.66 kg/cm², respectivamente. Se observan variaciones de hasta 143.33 % (unidades), 82.21 % (pilas) y 78.39 % (muretes) respecto al grupo de control GC-0 (TI). Los valores del esfuerzo de compresión diagonal último promedio para pilas y muretes presentan una tendencia al crecimiento de 0.80 kg/cm² a 1.57 kg/cm² y de 2.61 kg/cm² a 7.94 kg/cm², respectivamente, por lo que puede observarse un incremento de hasta 97.17 % (pilas) y 204.60 % (muretes) respecto al grupo de control GC-0 (TI). El análisis de precios unitarios por tratamiento permitió establecer el costo para GC-0, GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6: S/.1.00, S/.1.31, S/.1.36, S/.1.28, S/.1.55, S/.1.68 y S/.1.73, respectivamente, con variaciones respecto al grupo de control TI: GC-0 de 31 %, 36 %, 50 %, 55 %, 68 % y hasta 73 %.

Palabras clave: escoria de cobre, cemento, adobe, tradicional, estabilizado, Espinar, Cusco.

Abstract

The objective of the research was to determine the influence of the addition of copper slag and cement on the physical-mechanical properties of the artisanal adobe Espinar-Cusco, 2022. Regarding the methodology, it meets the characteristics of an applied type study, explanatory level, quantitative approach and quasi-experimental design with 294 samples of traditional and stabilized artisanal adobe masonry units, of which 126 were units, 84 piles and 84 low walls. . The results show that the use of copper and cement slag causes the percentage of average dimensional variation to be reduced from 3.51% to 0.06% (length), from 3.20% to 0.10% (width), from 4.44% to 0.09% (height) and from 10.74% to 0.25% by volume. Regarding the absorption percentage, the relationship is inversely proportional (the higher the addition percentage, the lower the absorption percentage), and from TIII (3% copper slag + 5% cement) it exceeds the maximum indicated by the standard NTP 339.613. The values of the average ultimate axial compressive stress for units show a growing trend from 8.10 kg/cm² to 19.71 kg/cm². Similar scenario for piers and low walls, with increases from 12.64 kg/cm² to 23.02 kg/cm² and from 17.75 kg/cm² to 31.66 kg/cm² respectively. Variations of up to 143.33% (units), 82.21% (piles) and 78.39% (walls) are evident with respect to the control group GC-0 (TI). The values of the average ultimate diagonal compression stress for piers and low walls present a growing trend, from 0.80 kg/cm² to 1.57 kg/cm² and from 2.61 kg/cm² to 7.94 kg/cm² respectively, for which an increase of up to 97.17% (batteries) and 204.60% (walls) compared to the control group GC-0 (IT). The analysis of unit prices per treatment allowed establishing the cost for GC-0, GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 and GE-6: S/.1.00, S/.1.31, S/.1.36, S/.1.28, S/.1.55, S/.1.68 and S/.1.73 respectively. with variations compared to the IT control group: GC-0 of 31%, 36%, 50%, 55%, 68% and up to 73%.

Key words: Copper slag, cement, adobe, traditional, stabilized, Espinar, Cusco.

Introducción

La ingeniería viene atravesando un proceso de innovación constante, que busca continuamente la mejora y el perfeccionamiento de los procesos constructivos vigentes, además de nuevas alternativas en el uso de herramientas y materiales. Este es el proceso de adaptación a los requerimientos económicos y funcionales del medio actual.

La presente investigación tiene como objeto de estudio las propiedades físico-mecánicas del adobe como unidad de albañilería, material que presenta un sin-número de limitaciones respecto a su fabricación y comportamiento estructural: la variabilidad dimensional, la permeabilidad y agrietamiento ante factores climatológicos propios del medio, la baja resistencia a la compresión, el conocimiento técnico limitado y, en el caso del Perú, recién normalizado mediante la Norma E.0.80, y la necesidad de reutilizar pasivos ambientales como la escoria de cobre. En consecuencia, es necesario el uso de añadidos para controlar las deficiencias y mejorar el valor de los indicadores que describen las propiedades físico-mecánicas del adobe tradicional en Espinar-Cusco en 2022, mediante la adición de escoria de cobre y cemento.

En el Capítulo I se presenta el planteamiento del estudio, la realidad problemática a nivel mundial, nacional y local, la formulación del problema y los objetivos principales y específicos, la justificación de la investigación, la hipótesis y la descripción y operacionalización de variables. El marco teórico hace referencia al contexto del trabajo, los fundamentos teóricos y el glosario de definiciones (Capítulo II). La metodología se presenta en el Capítulo III, el cual incluye la determinación de la población, muestra y unidad muestral, los métodos, instrumentos y *software* empleados para la recolección, análisis y tratamiento de datos, y el desarrollo de la investigación en función a los objetivos específicos. El Capítulo IV aborda, en primera instancia, los resultados derivados del trabajo de investigación, seguidos de la comprobación de hipótesis (tratamiento de la data y análisis de

la información) para, finalmente, efectuar la discusión de resultados (comparación de resultados con antecedentes y contrastación de hipótesis).

Capítulo I: Planteamiento del Estudio

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 *Realidad problemática*

1.1.1.1 Enfoque internacional. De acuerdo con la investigación realizada por De la Peña (1), la tierra cruda constituye uno de los materiales constructivos más antiguos empleados por el hombre.

El uso del adobe como unidad de albañilería se remonta a miles de años atrás, se ha empleado alrededor del mundo ante la necesidad de adquirir viviendas económicas edificables sin supervisión técnica. Por esta razón, Gama Castro (2) estima que el 50 % de las viviendas a nivel mundial han sido edificadas empleando adobe como insumo principal de construcción, por lo que es factible considerarlo como una alternativa viable de autoconstrucción de bajo costo.

Dentro de las principales limitaciones que derivan de su utilización como unidad de albañilería se tiene que la fuente de conocimiento es meramente empírica con fundamento experimental, y varía de acuerdo con cada cultura y región en la que se aplica, razón por la que es necesario contar con bibliografía y terminología normalizada.

1.1.1.2 Enfoque nacional. En el Perú la construcción en adobe se remonta a la época prehispánica, como se muestra en las ciudadelas de Chan Chan (Trujillo) o Caral (Lima), la Fortaleza de Paramonga o el Complejo de Pachacamac también ubicadas en Lima. Estas son algunas de las estructuras que han sobrevivido al paso del tiempo (3).

La mayoría de viviendas rurales y las de algunos centros urbanos son de tierra. Los principales sistemas para la construcción son: adobe (ladrillos elaborados con barro y paja), tapial (suelo compactado dentro de encofrados de madera) y quincha (marcos de madera llenos de caña revestidos con barro o yeso). Las características de las viviendas de tierra

dependen de varios factores como el clima, la actividad económica y la ubicación geográfica (4).

Un terremoto de magnitud 7,8 Ms sacudió el distrito de Ancash el 31 de mayo de 1970. La pérdida de 66 000 vidas y la destrucción de decenas de asentamientos, entre ellos Yungay, en el Callejón de Huaylas, que quedó sepultado casi en su totalidad por un alud, situaron este suceso entre los 15 más devastadores. Todas las casas de adobe del centro de Huaraz quedaron completamente destruidas. Un terremoto de 8,4 MW que se produjo el 23 de junio de 2001 sacudió las ciudades departamentales de Moquegua, Tacna, Arequipa y Ayacucho. Durante este seísmo, se derrumbaron miles de viviendas, en su mayoría casas de adobe construidas recientemente.

De acuerdo a los datos estadísticos, se aplican procedimientos constructivos formales y normalizados en apenas el 40 % de viviendas en el Perú. Respecto al porcentaje restante, además de informal y empírico, se emplean materiales y procesos perjudiciales para el medio ambiente (5).

1.1.1.3 Enfoque local. Una de las trece provincias que conforman el departamento de Cusco es Espinar. Está situada a 241 kilómetros al norte de la ciudad del Cusco, con una extensión de 5.311,09 km² y una altura de 3.928 m.s.n.m. La temperatura oscila entre -4°C y 19°C de acuerdo con la estación. Geográficamente se encuentra en una zona de congelamiento. La provincia minera y ganadera de Espinar es conocida por sus reservas mineras cercanas e internas, de las que se extrae la mayor parte del cobre (6). Es por ello que, habiendo observado las deficiencias en cuanto a las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de adobe tradicional, y tomando como indicadores la variación dimensional, el porcentaje de absorción y la resistencia a la compresión en unidades, pilas y muretes, se propone el siguiente problema de investigación.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general. ¿Cuál es la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la mejora de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022?

1.1.2.2 Problemas específicos. ¿Cuál es el procedimiento para la obtención de la escoria de cobre como añadido en los adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022?

¿Cuáles son las características del suelo empleado en la elaboración de los adobes artesanales tradicionales en Espinar-Cusco, 2022?

¿Qué efecto tiene la adición de escoria de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022?

¿Qué efecto tiene la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022?

¿Cuál es la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022?

¿Cuál es la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022?

¿Cuál es el efecto de la adición de escoria de cobre y cemento en el costo de la elaboración de adobes artesanales tradicionales y estabilizados en Espinar-Cusco, 2022?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la mejora de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022.

1.2.2 Objetivos específicos

Detallar la composición, propiedades y procedimiento de obtención de la escoria de cobre.

Identificar las características del suelo a emplear en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en Espinar-Cusco, 2022.

Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

Analizar el costo-beneficio de la adición de escoria de cobre y cemento en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en comparación con adobes estabilizados en Espinar-Cusco, 2022.

1.3 Justificación en Importancia

1.3.1 Justificación teórica

Se han encontrado deficiencias en la albañilería de adobe relativas al porcentaje de variabilidad dimensional, la capacidad de absorción limitada, y la resistencia a la compresión en unidades, pilas y muretes. La escoria de cobre posee propiedades cementantes capaces de

mejorar las propiedades físico-mecánicas de las unidades de adobe artesanal, sustentadas en la norma E.080.

1.3.2 Justificación práctica

El aporte práctico de la investigación es determinar el efecto de la sustitución de tierra (% en volumen) en 3 %, 5 % y 7 % por escoria de cobre y 3 % y 5 % por cemento en siete diferentes tratamientos, con el fin de encontrar alternativas para mejorar las propiedades físico-mecánicas del adobe artesanal tradicional.

1.3.3 Justificación metodológica

La evaluación de las unidades de adobe permitirá conocer sus características físico-mecánicas, las cuales se evaluarán a través de ensayos de laboratorio. Los resultados se procesarán en hojas de cálculo para determinar la dispersión entre las muestras y la relación de productividad de acuerdo a los porcentajes de adición de escoria de cobre y cemento considerados para la investigación.

1.3.4 Justificación social

El crecimiento poblacional (urbano y rural) en la provincia de Espinar representa la presencia de una copiosa cantidad de viviendas autoconstruidas con adobe artesanal, lo que hace necesario mejorar sus propiedades físico-mecánicas con el objetivo de construir viviendas que cumplan con los requerimientos mínimos de calidad, habitabilidad y servicio.

1.3.5 Justificación económica

La tierra constituye una fuente ilimitada de recursos aprovechables para actividades constructivas, sobre todo en poblaciones de escasos y limitados recursos económicos al tratarse de un insumo accesible y de disponibilidad inmediata, además de no requerir mano de obra especializada para su utilización.

1.3.6 Justificación ambiental

La elaboración del adobe artesanal implica el uso de materiales presentes en el entorno. Su proceso constructivo no genera combustión ni emisión de contaminantes, y al terminar su vida útil se reintegra fácilmente al medio. La aplicación de la presente investigación impulsa la construcción de viviendas eco-amigables mediante la reutilización de pasivos ambientales tales como la escoria de cobre.

1.4 Hipótesis e Identificación de Variables

1.4.1 Hipótesis

1.4.1.1 Hipótesis general. La adición de escoria de cobre y cemento influye favorablemente en la mejora de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022.

1.4.1.2 Hipótesis específicas. Las propiedades y composición de la escoria de cobre, y su accesibilidad en cuanto a su obtención la convierten en un añadido apto para la estabilización de adobe artesanal.

El suelo natural a emplearse presenta características que lo hacen “deficiente” en cuanto a su composición y propiedades.

La adición de escoria de cobre y cemento reduce la variabilidad dimensional en las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

La adición de escoria de cobre y cemento reduce el porcentaje de absorción en las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

La adición de escoria de cobre y cemento mejora significativamente la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

La adición de escoria de cobre y cemento mejora significativamente la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

La adición de escoria de cobre y cemento no afecta sustancialmente el costo de la elaboración de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022.

1.4.2 Identificación de variables

1.4.2.1 Variable dependiente. Propiedades físico – mecánicas

1.4.2.2 Variable independiente. Adición de escoria de cobre y cemento.

1.5 Operacionalización de Variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR – CUSCO, 2022						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLÓGICO
1 ¿Cuál es la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la mejora de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022?	Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la mejora de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento influye favorablemente en la mejora de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022.	Variable dependiente: Propiedades físico-mecánicas.	Variabilidad dimensional Absorción Resistencia a la compresión	Ensayo de variabilidad dimensional Ensayo de absorción Ensayo de resistencia a la compresión	Tipo de investigación: APLICADA Nivel de investigación: EXPLICATIVO Método de investigación: CIENTÍFICA DE ENFOQUE CUANTITATIVO Diseño de investigación: EXPERIMENTAL - CUASI EXPERIMENTAL Técnicas de recolección de datos • Observación directa Instrumentos de recolección de datos • Fichas técnicas del laboratorio de pruebas a realizar
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
1 ¿Cuál es el procedimiento para la obtención de escoria de cobre como añadido en los adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022?	Detallar la composición, propiedades y procedimiento de obtención de la escoria de cobre.	Las propiedades y la composición de la escoria de cobre, así como su accesibilidad en cuanto a su obtención, la convierten en un añadido apto para la estabilización de adobe artesanal.	Variable independiente: Adición de Escoria de Cobre y Cemento	% de dosificación de escoria de cobre y cemento en proporción al peso de suelo seco	3 % de escoria de cobre y 3 % de cemento 3 % de escoria de cobre y 5 % de cemento	
2 ¿Cuáles son las características del suelo empleado en la elaboración de los adobes artesanales tradicionales en Espinar-Cusco, 2022?	Identificar las características del suelo a emplear en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en Espinar-Cusco, 2022.	El suelo natural a emplearse presenta características que lo hacen “deficiente” en cuanto a su composición y propiedades.				
3 ¿Qué efecto tiene la adición de escoria de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022?	Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento reduce la variabilidad dimensional en las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.			5 % de escoria de cobre y 3 % de cemento	

4	¿Qué efecto tiene la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022?	Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento reduce el porcentaje de absorción en las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.	5 % de escoria de cobre y 5 % de cemento
5	¿Cuál es la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022?	Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento mejora significativamente la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.	7 % de escoria de cobre y 3 % de cemento POBLACIÓN: 294 muestras de unidades de albañilería de adobe artesanal tradicional y estabilizado; de estas 126 son unidades, 84 pilas y 84 muretes ensayadas según la norma E.080
6	¿Cuál es la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022?	Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento mejora significativamente la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.	7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento MUESTRA: Se ensayaron en total 294 muestras entre unidades de adobes, pilas y muretes de adobe artesanal tradicional y estabilizado con adición de escoria de cobre y cemento.
7	¿Cuál es el efecto de la adición de escoria de cobre y cemento en el costo de la elaboración de adobes artesanales tradicionales y estabilizados en Espinar-Cusco, 2022?	Analizar el costo-beneficio de la adición de escoria de cobre y cemento en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en comparación con adobes estabilizados en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento no afecta sustancialmente el costo de la elaboración de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022.	

Capítulo II: Marco teórico

2.1 Antecedentes del Problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

Campoverde et al. (2023) escribieron un artículo de investigación titulado *Análisis de ladrillos ecológicos fabricados con suelo limo-arenoso, cemento, viruta y papel*, en base a *resistencia, costo y deformación*. El **objetivo** de los investigadores fue fabricar un ladrillo ecológico estabilizado mediante la utilización de cemento, suelo limo-arenoso, viruta de madera y papel bond para mejorar sus propiedades físico-mecánicas. Se trata de un estudio con **metodología** exploratoria experimental. El procedimiento se describe a continuación: primero se clasificó y estabilizó el suelo con cemento Portland. Para evitar que la viruta y el papel bond absorban el agua de mezclado utilizada, se colocaron en saturación durante 48 horas. Se aplicó la norma NTE INEN 3066, la cual establece los requisitos y métodos de ensayo. Los **resultados** demuestran que los bloques ecológicos con 40 % de viruta presentan una resistencia de 39 kgf/cm² (28%) más que un tradicional; y con 50 % de viruta presentan una resistencia a la compresión de 31 kgf/cm² (22%) más que un tradicional. Un factor importante es la capacidad del ladrillo ecológico de deformarse y seguir recibiendo carga, a diferencia de un ladrillo tradicional que alcanza su resistencia máxima sin mayor deformación. En el aspecto ecológico los ladrillos de esta investigación presentan varias ventajas frente al ladrillo tradicional, no requieren hornos de cocción. Los investigadores **concluyeron** que las dosificaciones que alcanzan y superan la resistencia de un ladrillo tradicional son las que contienen viruta de madera en un 40 % y 50 % (7).

Cabrera et al. (2020) en su artículo de investigación *Bloques de Tierra Comprimida (BTC) estabilizados con cal y cemento. Evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a*

compresión”, *Concepción-Chile*, se propusieron evaluar el impacto ambiental y la resistencia a compresión de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) estabilizados con cal aérea hidratada y cemento Portland. Se fabricaron 12 series de 5 BTC cada una con dimensiones de 25.0 x 12.5 x 6.25 cm y diferentes proporciones de cal y cemento, y se empleó la **metodología** del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El estudio presenta las características propias de una investigación exploratoria. Se considera el diseño experimental. La tierra empleada provino de una cantera en la comuna de Monte Vera (Santa Fe, Argentina) clasificada como un limo arcilloso de baja plasticidad “CL ML” con 29 % de arcilla. Los **resultados** permiten afirmar que la adición de cal no representa un cambio sustancial en la resistencia media a compresión de los BTC. Los valores de resistencia a la compresión de los bloques estabilizados con cemento incrementan en función a los porcentajes de adición: las series estabilizadas con 2.5 y 5 % de cemento presentaron una resistencia media a compresión sin diferencia significativa entre sí, e igual a la de los BTC sin estabilizante alguno. Los bloques con 10 y 15 % de cemento presentaron resistencias iguales entre sí y superiores a las de sus homólogos con bajos contenidos de cemento, mientras que la serie estabilizada con 20 % de cemento presentó una resistencia media a compresión superior a la de las demás series. Los investigadores **concluyeron** que el uso de material de la ciudad de Santa Fe (Argentina), estabilizados entre el 5 % y el 10 % en peso de cemento Portland, permite alcanzar niveles de resistencia a compresión suficientes para cumplir funciones estructurales. Además, se minimiza el impacto ambiental asociado a este tipo de mampuestos. La estabilización con cal no incrementa la resistencia a compresión de los BTC y acrecienta de manera significativa el impacto negativo de estos sobre el medio ambiente (8).

Romero (2020) realizó una investigación titulada *Uso de cemento y savia de tuna como alternativas de revestimiento de muros de adobe para el mejoramiento de sus propiedades*

hidrófugas, para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. El **objetivo** fue determinar la influencia de la adición de cemento y savia de tuna para revestir muros de adobe, mejorando así sus propiedades. La **metodología** empleada presenta las características de un estudio experimental. El suelo utilizado fue extraído del cerro Putzalahua. Los **resultados** de las pruebas realizadas muestran una resistencia promedio a la compresión de 1.502 MPa mayor a lo indicado en la norma peruana E.080. Además, los bloques fueron sometidos a ensayos de succión y absorción, los mismos que no resistieron disgregándose, y generando grietas y fisuras para los testigos del grupo de control (sin adiciones). Se fabricaron bloques de adobe recubiertos con savia de penca de tuna reposada a 7, 14 y 18 días; también se recubrieron los bloques de adobe con cemento en porcentajes de 5%, 10 % y 12.5 %. Los bloques de adobe recubiertos no se disgregaron en las pruebas de absorción y succión. Los recubiertos con savia a los 18 días alcanzan una succión de 22.66 gr/min/área con un ascenso capilar de 1.08 cm y una absorción de 24.1%, debido a que la savia de la penca de la tuna disminuye la porosidad. Los bloques recubiertos sufren una variación volumétrica del 5.2 %. Los bloques recubiertos con porcentaje de cemento también resisten las pruebas de succión y absorción. Respecto a la succión del 12.5 % del cemento, se obtuvo un valor de 48.05gr/min/área. Los bloques absorben 36.04 % y sufren una variación de 5.0 %. El investigador **concluyó** que los muros tradicionales resisten 1 hora y 45 minutos en contacto con el agua, a diferencia de los muros revestidos con cemento (MC 10 y MC 12.5) y savia (MS14 y MS 18), los cuales resisten desde 5 días a 7 días; por lo tanto, los revestimientos mejoran las propiedades hidrófugas del muro evitando en muchos casos el colapso (MC10, MC 12.5 y MS18) y mejorando la resistencia del muro (9).

En la misma línea de investigación, Guio (2019) realizó un estudio titulado *Comportamiento mecánico de Bloques Comprimidos de suelo cemento al 6 % con fibras sintéticas de PET en la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia*. El investigador tuvo como **objetivo** evaluar el comportamiento mecánico de bloques comprimidos de suelo cemento (BTC) al 6 % de cemento, utilizando fibras sintéticas de plástico reciclado PET (Tereftalato de Polietileno) con porcentajes de adición del 0.25 %, 0.5 % y 1 %. La **metodología** utilizada para este estudio fue experimental. Los **resultados** demuestran que los testigos cuyo porcentaje de adición fue del 0.5 % y 1 % muestran valores óptimos de resistencia a la compresión (entre 7.64 y 9.01 MPa en promedio), a diferencia de las muestras del grupo de control (sin adiciones): 0.91 y 0.95 MPa y los bloques estabilizados al 0.25 % (2,09 MPa). Se **concluye** que el uso de cemento y PET en la estabilización de adobes tiene un efecto favorable en los valores de resistencia a la compresión de bloques comprimidos (BTC), que pueden ser aplicados en proyectos constructivos como material estructural (10).

Bailón et al. (2019), en su artículo de investigación titulado *Bloque de suelo estabilizado en pequeño formato y tecnología de colocación en obra en vivienda de interés social*, se trazaron el **objetivo** de producir bloques con suelo estabilizado con cemento para plantear una alternativa viable en la construcción de viviendas de interés social. La **metodología** aplicada tuvo un diseño experimental, pues se basó en el modelo multi-tabla mediante la manipulación de dos variables: cemento y agua. Los **resultados** más óptimos se obtuvieron con mezclas con 13 % y 9,75 % de cemento, y 25 % y 22 % de agua, para una resistencia a la compresión de 7,78 MPa y 4,66 MPa, respectivamente. Para confirmar el beneficio social del material desarrollado en el laboratorio y su comportamiento en el proceso de colocación en obra, se construyó una vivienda prototipo en la parroquia rural de Chuquiribamba bajo la modalidad de autoconstrucción, para lo cual se

cumplió con las fases de diseño, producción y construcción. Los investigadores **concluyeron** que las dosificaciones que garantizan resistencia y durabilidad son las que contienen 13 % y 9,75 % de cemento, y 25 % y 22 %, respectivamente. Ello permite lograr un material de calidad que supera las debilidades del adobe (11).

2.1.2 Antecedentes nacionales

Rojas (2023) sustentó en la universidad Señor de Sipán la tesis: *Caracterización física y mecánica de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento*. El **objetivo** de la investigación fue determinar la influencia de la adición de cemento en las propiedades del adobe artesanal tradicional en Pimentel, 2023. La **metodología** de investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y de diseño preexperimental. Los tratamientos aplicados fueron: sin adiciones (grupo de control) y adiciones de cemento al 5 %, al 8 %, al 12 %, al 15 % y al 18 % (grupos experimentales). Se prepararon 405 ladrillos de tierra comprimida, 81 muestras por tratamiento con dimensiones nominales de 22.5 cm de largo, 11.5 cm de ancho y 9.5 cm de alto. Los **resultados** de los ensayos realizados para determinar el porcentaje de absorción promedio por tratamiento fueron: -3.32 %, 9.10 %, 8.19 %, 10.76 %, 11.59 % y 12.63 %, respectivamente. Por otro lado, los valores promedio de resistencia a la compresión en unidades respecto al grupo de control (sin adiciones) y grupos experimentales (5 %, 8 % y 12 %, 15 % y 18 %) fueron: 6.74 kg/cm², 29.61 kg/cm², 33.39 kg/cm², 40.96 kg/cm², 52.90 kg/cm² y 60.45 kg/cm² respectivamente. Los valores obtenidos de las pruebas realizadas para determinar la resistencia a la flexión para cada uno de los tratamientos fueron: 2.95 kg/cm², 6.71 kg/cm², 7.6 kg/cm², 7.82 kg/cm², 8.6 kg/cm² y 9.41 kg/cm², respectivamente. Los resultados de los ensayos realizados para determinar la resistencia promedio a la compresión en pilas por tratamiento fueron: 11.69 kg/cm², 27.97 kg/cm², 31.02 kg/cm², 32.49 kg/cm², 36.15 kg/cm² y 41.95 kg/cm²,

respectivamente. En cuanto a los valores promedio de resistencia a la compresión diagonal por tratamiento, estos fueron: 2.34 kg/cm², 3.56 kg/cm², 4.40 kg/cm², 5.63 kg/cm², 6.23 kg/cm² y 6.91 kg/cm². Se **concluyó** que el cemento como añadido tiene la capacidad de mejorar las propiedades mecánicas del adobe tradicional en Pimentel, 2023 (12).

Cotrina (2022) realizó una investigación titulada *Influencia de la viruta metálica en las propiedades del adobe tradicional, en la Provincia de Huaral, Lima, 2022*. El **objetivo** del estudio fue determinar la influencia de la adición de viruta metálica en las propiedades del adobe tradicional en Huaral, Lima, 2022. La **metodología** de investigación fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y de diseño cuasi – experimental. Los tratamientos aplicados fueron: sin adiciones (grupo de control) y adiciones de fibras metálicas al 2 %, al 4 % y 6 % (grupos experimentales). Se prepararon 60 ladrillos entre unidades de 30x20x10 cm y bloques de 10 cm de arista. Los **resultados** de los ensayos realizados para determinar el porcentaje de absorción promedio por tratamiento fueron: 18.65 %, 18.55 %, 18.54 % y 18.38 %, respectivamente. Por otro lado, los valores promedio de resistencia a la compresión en unidades respecto al grupo de control (sin adiciones) y grupos experimentales (2 %, 4 % y 6 %) fueron: 10.9 kg/cm², 13.1 kg/cm², 14.2 kg/cm² y 15.8 kg/cm², respectivamente, con variaciones de hasta 31 % respecto del grupo de control. Los valores obtenidos de las pruebas realizadas para determinar la resistencia a la flexión para cada uno de los tratamientos fueron: 11.5 kg/cm², 12.6 kg/cm², 13.6 kg/cm² y 15.4 kg/cm², respectivamente. Se **concluyó** que el uso de viruta metálica como añadido tiene la capacidad de mejorar las propiedades mecánicas del adobe tradicional en Huaral, Lima, 2022 (13).

Celestino (2021) realizó la tesis titulada *Efecto de la adición del relave minero y cal en las propiedades del superadobe – Huaraz - 2021*. El **objetivo** de la investigación fue evaluar la

influencia de la adición de relave minero en las propiedades del adobe artesanal en Huaraz - 2021. El relave es un material polimetálico sulfurado producto de los procesos de flotación de los minerales, y presenta un alto contenido de cobre, hierro, zinc, cadmio y arsénico. El añadido empleado en la investigación fue recogido del depósito de relaves de la compañía minera Alianza. La **metodología** empleada en el estudio fue aplicada y de diseño experimental. La dosificación propia de los grupos experimentales en peso fue: 20 % R+7 % C, 30 % R+7 % C y 40 % R+7 % C. La muestra estuvo constituida por 52 ladrillos de adobe comprimido, 13 unidades por tratamiento. Los **resultados** promedio de los ensayos para determinar los valores de resistencia a la compresión axial en unidades fueron: 12.44 kg/cm² (grupo patrón – sin adiciones), 13.55 kg/cm² (20 % R+7 % C), 14.83 kg/cm² (30 % R+7 % C) y 15.89 kg/cm² (40 % R+7 % C). En cuanto a las pruebas de tracción, los resultados obtenidos por tratamiento fueron: 1.52 kg/cm², 1.77 kg/cm², 1.94 kg/cm² y 2.21 kg/cm², respectivamente. Por otro lado, y en referencia a los ensayos para determinar el porcentaje de absorción promedio, los valores fueron: indeterminado (grupo patrón – sin adiciones), 15.23 % (20 % R+7 % C), 15.81 % (30 % R+7 % C) y 16.26 % (40 % R+7 % C). Se **concluyó** que la incorporación de relave minero y cal como añadido en el adobe influye favorablemente en las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos estabilizados (14) .

Vargas (2021) realizó la investigación titulada *Influencia del cemento portland tipo IP en las propiedades del adobe comprimido artesanalmente en San Jerónimo - Cusco en el año 2021*. El **objetivo** de la investigación fue evaluar la influencia de la adición del cemento Portland tipo IP en las propiedades del adobe comprimido artesanalmente con material del distrito de San Jerónimo - Cusco, en el 2021. La **metodología** empleada en el estudio fue aplicada, de nivel descriptivo-explicativo y de diseño experimental. La dosificación propia de los grupos

experimentales fue de 0.8 kg de cemento por cada 20 kg de suelo (adobe mejorado – cemento al 4 %); 2 kg por cada 20 kg de suelo (adobe mejorado – cemento al 10 %); y 3.2 kg por cada 20 kg (adobe mejorado – cemento al 16 %). La muestra estuvo constituida por 80 ladrillos de adobe comprimido, 20 unidades por tratamiento (sin adiciones, 4 %, 10 % y 16 %). Los **resultados** de los ensayos para determinar los valores de peso específico seco y contenido de humedad óptimo por tratamiento fueron: 1.68 gr/cm³ y 19.54 % (grupo de control – sin adiciones), 1.67 gr/cm³ y 20.56 % (4% cemento), 1.71 gr/cm³ y 19.30 % (10% cemento) y 1.8 gr/cm³ y 16.4% (16 % cemento), respectivamente. Los resultados promedio de los ensayos de resistencia a la compresión axial en unidades fueron: 9.26 kg/cm² (grupo patrón – sin adiciones), 12.62 kg/cm² (4 % cemento), 14.70 kg/cm² (10 % cemento) y 21.00 kg/cm² (16 % cemento) con variaciones de 36 %, 43 % y hasta 80 % respecto al grupo patrón. Por otro lado, queda demostrado que con una adición mínima de cemento (4%) la resistencia a la erosión acelerada por goteo mejora en forma significativa, disminuyéndose la oquedad a medida que se incrementa el porcentaje de adición del añadido. Se **concluyó** que la incorporación de cemento como añadido en el adobe influye favorablemente en las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos estabilizados (15).

Milla (2018) sustentó la tesis *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*. El **objetivo** de la investigación fue analizar el efecto de la sustitución de suelo por relave minero procedente de Ticapampa en los valores promedio de resistencia a la compresión de las unidades de adobe en Huaraz, 2018. La **metodología** empleada en el estudio reúne las características de un estudio de enfoque cuantitativo y diseño experimental. De acuerdo a los ensayos de caracterización química, el relave empleado fue considerado extremadamente ácido con un contenido de 87.08 % de óxido

de silicio. Las pruebas de Espectro de Rayos X mostraron presencia de metales como: aluminio, cobre, zinc, plomo y arsénico. Los tratamientos empleados fueron: grupo de control (sin adiciones) y grupos experimentales con adiciones del 10 %, 20 % y 30 % de relave minero en peso de suelo. Las unidades fueron elaboradas con moldes de dimensiones de 23x13x8 cm. Los **resultados** de los ensayos para determinar el porcentaje de variabilidad promedio para largo, ancho y altura por tratamiento fueron. 2.60 %, 4.62 % y 10.00 % (sin adiciones); 1.74 %, 4.62 % y 2.50 % (10 % relave); 2.60 %, 3.08 % y 2.50 % (20 % relave); y 1.74 %, 3.08 % y 5.00 % (30% relave). En cuanto a los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión última promedio a la edad de 28 días por tratamiento fueron: 15.52 kg/cm² (grupo de control – sin adiciones), 21.87 kg/cm² (10 % relave); 24.61 kg/cm² (20 % relave) y 29.33 kg/cm² (30 % relave) con variaciones de 29.04 %, 36.94 % y hasta 47.08 % respecto al grupo patrón. El investigador **concluyó** que la adición de relave minero de Ticapampa incide favorablemente en los parámetros que describen las propiedades físico-mecánicas (variación dimensional y resistencia a la compresión) del adobe en Huaraz, 2018 (16).

García (2018) realizó una investigación titulada *Resistencia a la compresión de una unidad de albañilería de adobe, sustituyendo el 3 %, 6 %, 9 % y 12 % de tierra por cal y cemento portland tipo I. Distrito de Huaraz - Huaraz 2018*. El **objetivo** de la investigación fue determinar la influencia de la adición de cemento y cal en los valores de resistencia a la compresión en las unidades de adobe estabilizado, en comparación con el tradicional. El diseño experimental, el nivel explicativo, el enfoque cuantitativo y el tipo aplicativo forman parte de la **metodología** utilizada. Para la elaboración de los ladrillos se emplearon moldes de 30x15x8 cm siendo las dosificaciones de los añadidos de cal y cemento portland tipo I al 1 % cal y 2 % cemento (3 % cal y cemento); 2 % cal y 4 % cemento (6 % cal y cemento); 3% cal y 6 % (9 %

cal y cemento); y 4 % cal y 8 % cemento (12 % cal y cemento). Los **resultados** de las pruebas para determinar el porcentaje de variabilidad dimensional por tratamiento para el largo fueron: 0.33 % (0 % cal y cemento); 0.15 % (3 % cal y cemento); 0.15 % (6 % cal y cemento); 0.10 % (9 % cal y cemento); y 0.03 % (12 % cal y cemento). Respecto al ancho y la altura, los valores fueron: 0.23 % y 0.56 % (0% cal y cemento); 0.10 % y 0.50 % (3 % cal y cemento); 0.20 % y 0.25 % (6 % cal y cemento); 0.13 % y 0.25 % (9% cal y cemento); y 0.07 % y 0.06 % (12 % cal y cemento), respectivamente. Con relación a los resultados obtenidos de resistencia a la compresión, puede observarse una tendencia al crecimiento: 33.63 kg/cm², 46.93 kg/cm², 56.01 kg/cm², 63.00 kg/cm² y 73.47 kg/cm² para grupo de control al 0 %, y los grupos experimentales: 3 %, 6 %, 9 % y 12 %, respectivamente. El investigador **concluyó** que el uso de cemento y cal como añadidos implica una mejora significativa en las propiedades físico-mecánicas de las unidades estabilizadas (17).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Adobe

La norma peruana E.080 define el adobe como "una unidad de tierra cruda, que puede combinarse con paja o arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad". La norma también indica los porcentajes que deben considerarse con relación a la gradación del suelo: la arena debe constituir el 55-70 %, el limo el 15-25 %, y no debe emplearse suelo orgánico en ninguna circunstancia (18).

De acuerdo con los datos estadísticos, se estima que alrededor del 50 % de la población mundial habita viviendas construidas con materiales de tierra. Las estructuras de adobe presentan porcentajes altos de variabilidad dimensional y absorción, y valores bajísimos de resistencia a la compresión axial y diagonal (19).

Se recomienda la elaboración de unidades de sección cuadrada y rectangular para hacer más sencillo el asentado de ladrillos en términos constructivos y facilitar el análisis del comportamiento físico-mecánico de las estructuras empleando este material. Las dimensiones sugeridas según diversas fuentes se describen en la Tabla 2 (20).

Tabla 2

Dimensiones del adobe según diferentes fuentes de información

AUTOR	DIMENSIONES DEL ADOBE
Norma E. 080	<ul style="list-style-type: none"> -Las unidades de adobe cuadrado no deben superar los 40 cm de lado, para permitir una adecuada manipulación, transporte y colocación de las mismas. -El largo de los bloques rectangulares debe ser igual a dos veces su ancho, y la altura medir entre 8 y 12 cm, aproximadamente. -Solo se permiten perforaciones perpendiculares en la cara mayor (cara de asiento) menores al 12 % de su área bruta.
Blondet & Vargas Neumann, 2015	<ul style="list-style-type: none"> -Para un adecuado asentado de muros es necesario contar con bloques cuadrados y rectangulares. -Se recomiendan las siguientes dimensiones: unidades cuadradas de 0.40 m x 0.40 m x 0.10 m y rectangular de 0.20 m x 0.40 m x 0.10 m.
López Gálvez & Bernilla Carlos, 2012	<ul style="list-style-type: none"> -Las unidades de adobe deben presentar dimensiones que permitan una adecuada manipulación por parte del personal obrero, por lo que se sugieren medidas de 0.40 m x 0.40 m, considerando variaciones de acuerdo con la zona.
Ministerio de vivienda Construcción y saneamiento, 2010	<ul style="list-style-type: none"> - Es importante considerar las longitudes vertical y horizontal de traslape, verificando la relación longitud/altura de 4 a 1, y el largo no debe superar el doble del ancho con una altura mínima de 8 cm. -Las dimensiones recomendadas son de 0.40 m x 0.40 m x 0.08 m.
Vélez, 2010	<ul style="list-style-type: none"> -Las dimensiones recomendadas son de 0.25 m x 0.35 m x 0.10 m.

Nota. Adaptado de “Influencia de la sustitución de paja por virutas de eucalipto en la estabilización de adobes para la construcción de viviendas rurales en el distrito de Coracora”, por Del Carpio, R., 2022.

2.2.1.1 Antecedentes. Las primeras noticias sobre la formulación de una tecnología de construcción con tierra provienen del final del siglo XIX, cuando también se iniciaron programas de investigación científica sobre el asunto. Ya en el siglo XX, y con fundamento en los prometedores resultados obtenidos de las investigaciones del comportamiento de mezclas compactadas de tierra-cemento, se inicia el estudio de las propiedades de suelos estabilizados con aglomerantes químicos para fabricación de ladrillos y bloques comprimidos.

En la década de 1970, la Pontificia Universidad Católica del Perú inició una investigación sobre el comportamiento de las estructuras de adobe frente a esfuerzos de naturaleza sísmica, y desarrolló técnicas constructivas justificadas relacionadas en su mayoría a los refuerzos de las paredes. En 1977, el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI) incorporó el uso del adobe en la normativa de construcción como parte de las Normas de Proyectos Sismo-Resistentes. En 1985, el Ministerio de Vivienda y Construcción aprobó y publicó la norma Adobe, incorporándose a las Normas Técnicas de Edificaciones. Actualmente, esta norma está en fase de revisión y ampliación, con la incorporación de otras técnicas constructivas y de acuerdo con el avance de las investigaciones desarrolladas en los últimos años (21).

2.2.1.2 Estabilización del adobe. El adobe, como material de construcción, resulta un insumo sumamente vulnerable a factores ambientales tales como la erosión y la lluvia, además de solicitaciones sísmicas, por lo que surge la necesidad de mejorar sus propiedades físico-mecánicas en términos de uniformidad, porosidad y resistencia mediante la adición de añadidos tanto en los ladrillos como en los morteros (19).

2.2.1.3 Componentes del adobe.

2.2.1.3.1 Suelo. El suelo es un material trifásico constituido por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. El componente sólido está conformado de arcilla, arena, grava y otras partículas de tamaño. Los espacios entre las partículas están ocupados por las fases restantes (líquida y gaseosa). Como requerimientos mínimos, el suelo no debe ser orgánico ni estar contaminado y contener la cantidad adecuada de arcilla y arena. El primero sirve de material activo que reacciona favorablemente a la presencia de agua gracias a sus propiedades cohesivas y rellena los

vacíos presentes entre la arena y la grava. El segundo es material inerte que se mantiene constante (20).

Pruebas previas

Los ensayos propuestos por Tejada Schmidt para determinar la calidad *in situ* del suelo a emplear se exponen en la Tabla 3 (22).

Tabla 3

Pruebas previas

TIPO	PROCEDIMIENTO	INDICADORES	RESULTADOS
Color	Observar el color del suelo.	-Negro: orgánico -Claro y brillante: inorgánico -Gris claro: limoso, poco cohesivo.	Claro y brillante (aprobado)
Olfativa	Percibir el olor del suelo	Olor rancio: orgánico.	Sin olor rancio (aprobado)
Brillo	Cortar una muestra del suelo	-Opaco: arenoso -Mate: limoso con poca arcilla -Brillante: arcilloso	Mate (aprobado)

Nota. Adaptado de “Buena tierra apuntes para el diseño y construcción con adobe. Consideraciones sismorresistentes”, por Tejada Schmidt, U. (2001). Lima: CIDAP. <https://bit.ly/3FfRp4F>

Pruebas de campo

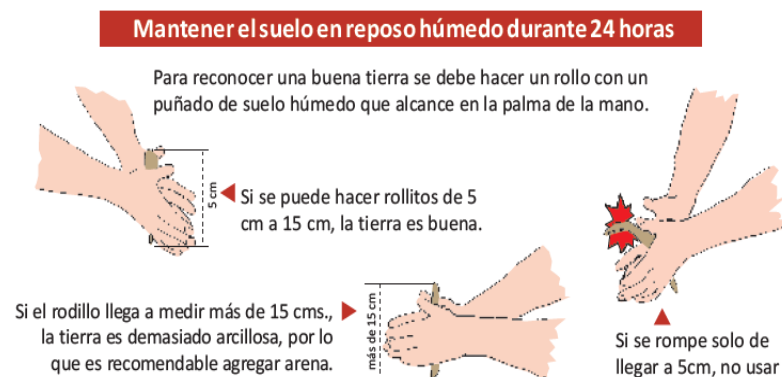
Posteriormente y siguiendo con las pruebas de campo, se realiza el ensayo de Cinta de Barro y Presencia de Arcilla o Resistencia Seca, procedimientos que se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4*Pruebas de campo*

ENSAYO	PROCEDIMIENTO	INDICADORES	RESULTADOS
Cinta de Barro	Moldear un rollo de 12 mm de diámetro y presionarlo para formar una cinta de 4 mm y medir la longitud en la que se rompe.	-Menor o igual a 5 cm: poco arcilloso. -Entre 5 y 15 cm: arcilloso. -Mayor o igual 15 cm: muy arcilloso.	Entre 5 y 15 cm (aprobado)
Presencia de Arcilla o Resistencia Seca	Se forman bolitas de 2 cm de diámetro al agregar agua de ser necesario y se ponen a secar durante 48 horas. Estas bolitas se presionan con firmeza posteriormente.	-No se rompe: arcilloso. -Se rompe: poco arcilloso.	No se rompe (aprobado)

Nota. Norma E.080, 2017.

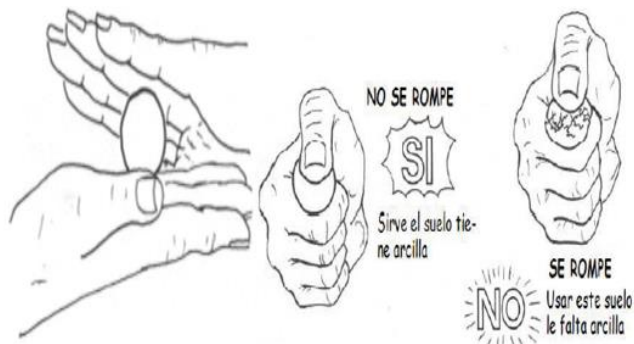
La descripción de los procedimientos a seguir para efectuar las pruebas mencionadas anteriormente puede observarse en la Figura 1 y Figura 2.

Figura 1*Descripción de la prueba Cinta de Barro*

Nota. Adaptado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2010).

Figura 2

Descripción de la prueba de Presencia de Arcilla o Resistencia Seca



Nota. Norma E.080, 2017.

Ensayos de caracterización del suelo.

Contenido de humedad (W%) (NTP 339.127) (23).

Se refiere al cálculo del peso de agua contenida en una muestra significativa, la cual se expresa en porcentaje y como resultado del cociente entre el peso del agua y el peso de las partículas sólidas. El contenido de humedad se determina mediante la Ecuación 1.

Ecuación 1

Contenido de humedad

$$W\% = \frac{Mcws - Mcs}{Mcs - Mc} \times 100\%$$

Donde:

W: contenido de humedad (%).

Mcws: peso del recipiente más el suelo húmedo (gr).

Mcs: peso del recipiente más el suelo secado en horno (gr).

Mc: peso del recipiente (gr).

Proctor Estándar (NTP 339.142) (24)

El objetivo principal de la prueba Proctor Estándar es determinar la densidad seca máxima del suelo y la humedad óptima necesaria para alcanzarla. Este ensayo describe cómo compactar el suelo en un molde con un diámetro aproximado de 101,6 mm (12 400 ft-lbf/ft³) para estimar su contenido de agua en relación con el peso unitario seco (curva de compactación). Es necesario compactar el suelo con distintos valores de humedad por cada muestra en tres capas dentro de un molde de forma y dimensiones normalizadas, por medio de 25 golpes en cada una con un pisón de 2.5 kg de peso, que se deja caer desde una altura de 30,5 cm. Una vez compactado el material, se procede a enraizar el molde para medir la densidad y humedad de las muestras tomadas del centro del molde (25).

El cálculo requiere la determinación de la densidad húmeda y densidad seca del suelo, las que se describen en la Ecuación 2 y Ecuación 3.

Ecuación 2

Densidad húmeda

$$\gamma_m = \frac{Wc}{V}$$

Donde:

γ_m : densidad húmeda (gr/cm³).

Wc: peso de la muestra compactada (gr).

V: volumen del molde (cm³).

Ecuación 3

Densidad seca

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + w}$$

Donde:

γ_d : densidad seca (gr/cm³).

γ_m : densidad húmeda (gr/cm³).

w: contenido de humedad (%).

Análisis granulométrico (NTP 339.128) (26).

Es el cálculo de la proporción de las partículas que componen una cantidad de suelo, las cuales son extraídas del terreno a estudiar como una muestra representativa. Se resume en una tabla cuyos datos se obtienen de la Ecuación 4, Ecuación 5 y Ecuación 6.

Ecuación 4

Porcentaje retenido

$$\% \text{ retenido parcial} = \frac{\text{peso retenido (gr)}}{\text{peso total de la muestra (gr)}} \times 100\%$$

Ecuación 5

Porcentaje acumulado

$$\% \text{ acumulado} = \% \text{ retenido parcial} + \% \text{ retenido acumulado anterior}$$

Ecuación 6

Porcentaje que pasa

$$\% \text{ que pasa} = \% \text{ que pasa anterior} - \% \text{ retenido acumulado}$$

Límites de Consistencia (NTP 339.129) (27).

Los límites de consistencia se utilizan para demostrar el comportamiento de los suelos finos. El límite de contracción se refiere al paso del estado sólido a semisólido; el límite plástico de estado semisólido a plástico; y el límite líquido de estado plástico a semilíquido o viscoso, como se muestra a continuación:

Figura 3

Límites de Atterberg



Nota. Jiménez De Justo (1975).

Límite líquido (LL).

El porcentaje de humedad con el que un suelo alcanza el punto de paso entre las fases semilíquida y plástica se conoce como límite líquido. Se retira de la muestra cualquier partícula que haya quedado en el tamiz N°40, para luego extender la muestra mezclada con agua destilada en una copa de bronce denominada la cuchara de Casagrande, dividida en dos mediante un mecanismo de ranurado y, a continuación, se deja fluir a consecuencia de los impactos creados por las caídas de la copa a partir de 10 mm de altura en un dispositivo mecánico típico hasta que el surco se cierre en una longitud de 13 mm.

Límite plástico e Índice de plasticidad (Lp, IP).

El procedimiento para determinar el límite plástico de una muestra representativa de un suelo se realiza amoldando rollos cilíndricos de tierra de tres milímetros de diámetro, aproximadamente, encima de una superficie de vidrio. Una vez alcanzado el grosor indicado, se presionan y doblan una y otra vez hasta que se produzca el fisuramiento.

El índice de plasticidad se determina mediante la Ecuación 7.

Ecuación 7*Índice de plasticidad*

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad.

LL: Límite líquido.

LP: Límite plástico.

Clasificación de Suelos (SUCS) (NTP 339.134) (28).

En 1942, Arturo Casagrande propuso una actualización a su modelo de clasificación. El procedimiento del ensayo indica que, como primer paso, deben separarse los suelos gruesos de los finos, mediante un tamizado a través de la malla N°200. Se considera que la muestra es de suelo grueso si más del 50 % de sus partículas ha quedado retenido, y de suelo fino si más del 50 % de sus partículas ha pasado por el tamiz (17).

Si más del 50 % del peso de la porción gruesa queda retenido en la malla N°4, se distribuye en el grupo de gravas y arenas que corresponde al grupo G; caso contrario, pertenece al grupo S (29).

Los suelos finos a su vez pueden clasificarse en tres grandes grupos: limo inorgánico, arcilla inorgánica, limo orgánico y arcilla. Ello depende del límite líquido, si el límite líquido es inferior al 50 %, se añade la letra L al símbolo general; caso contrario, se agrega la letra H al símbolo general (30).

Finalmente, se analizará el porcentaje que pasa por la malla N°200. Si el porcentaje que pasa es menor al 5 %, deben aplicarse la Ecuación 8 y Ecuación 9; si el porcentaje que pasa se

encuentra entre 5 y 12 %, se debe verificar la granulometría y carta de plasticidad; y si el porcentaje que pasa es mayor al 12 %, debe verificarse únicamente la carta de plasticidad.

Ecuación 8

Coeficiente de Uniformidad

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ecuación 9

Coeficiente de Curvatura

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$$

SW: $Cu > 6$; $1 \leq Cc \leq 3$

GW: $Cu > 4$; $1 \leq Cc \leq 3$

Donde:

Cu: Coeficiente de Uniformidad.

Cc: Coeficiente de Curvatura.

D_{30} : Diámetro por el que pasa el 30 % de la muestra (mm).

D_{10} : Diámetro por el que pasa el 10 % de la muestra (mm).

D_{60} : Diámetro por el que pasa el 60 % de la muestra (mm).

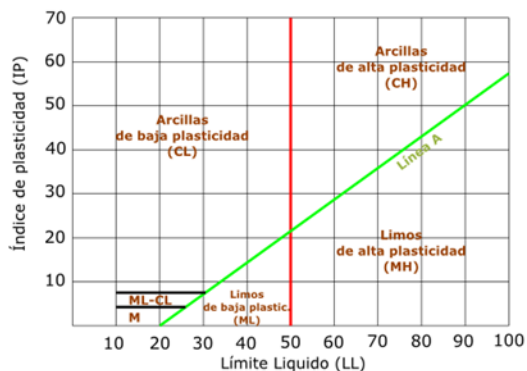
SW: Arena bien graduada.

GW: Grava bien graduada.

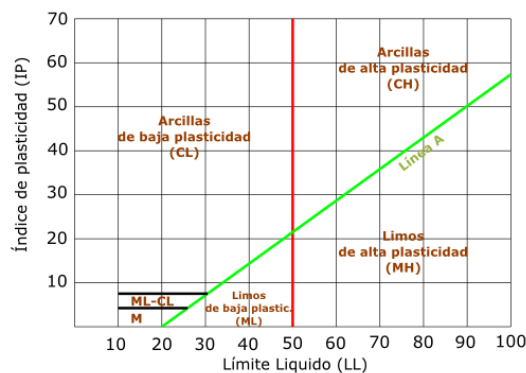
Tabla 5

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz N°4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar el porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. $Cu > 4; 1 \leq Cc \leq 3$	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). No cumplen con las especificaciones de granulometría de GW.	
			GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos de límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava, arena, arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A o $IP > 7$.	
Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200.	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N°4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, poco finos o sin finos.	$Cu > 6; 1 \leq Cc \leq 3$	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, poco finos o sin finos.	$<5\% >$ GW, GP, SW, SP $>12\% >$ GM, GC, SM, SC 5 al 12% \rightarrow casos límite que requieren usar doble símbolo	
			SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
		SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A o $IP > 7$.		
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas: Límite líquido menor a 50.	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	Ábaco de Casagrande		
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
	Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200.	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
Suelos muy orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				



Nota. Gonzales (2005).

Figura 4*Carta de Plasticidad SUCS*

Nota. Norma SUCS.

Arcilla

La arcilla constituye el único componente activo y necesario del suelo según la Norma E.080 (18), posee partículas muy pequeñas menores a 0.002 mm. Es moldeable en presencia y adquiere un comportamiento plástico, además de rellenar los espacios vacíos y unir los demás componentes.

Al reaccionar en contacto con el agua, tiende a dilatarse y contraerse (expansión y contracción), por lo que resulta sumamente importante controlar estos cambios de volumen para evitar la formación de grietas durante el proceso de secado (31).

Limo

De acuerdo con la Norma E.080 (18), el limo es un componente inerte y no reactivo conformado por partículas con granulometría que van desde 0.002 mm a 0.08 mm.

Arena

Arena Fina

De acuerdo con la Norma E.080 (18), la arena fina es un componente inerte y no reactivo conformado por porciones de roca con granulometría que van desde 0.08 mm a 0.50 mm.

Arena Gruesa

Según la Norma E.080 (18), la arena gruesa es un componente inerte y no reactivo conformado por porciones de roca con granulometría que van desde 0.60 mm hasta 4.75 mm.

2.2.1.3.2 Paja. Sánchez (32) describe la paja como una fibra vegetal empleada como añadido en las construcciones de albañilería de adobe, lo cual mejora la adhesión de la mezcla.

2.2.1.3.3 Agua. Nieto y Tello (33) indican que deberá ser preferentemente potable y provenir de alguna otra fuente, sustentar mediante una prueba de laboratorio que es apta para su uso en la construcción, estar limpia y libre de partículas en suspensión, cloruros y sulfatos, y no contener cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, aceites y otras sustancias.

De acuerdo con la Norma E.080 (18), el agua a emplearse en la elaboración de adobes no deberá ser mayor al 20 % del peso de suelo seco.

2.2.1.4 Propiedades físicas del adobe.

2.2.1.4.1 Variabilidad dimensional. La variabilidad dimensional se expresa como el porcentaje de variación respecto a las medidas patrón de los ladrillos (ancho, longitud y altura). Dado que cada unidad de adobe tiene una dimensión única, el grosor de la junta aumentará o disminuirá a medida que lo haga el porcentaje de variabilidad dimensional, y a medida que aumente el grosor de la junta se reducirán parámetros como la resistencia a la compresión axial y diagonal (34).

El porcentaje que representa la variabilidad dimensional se expresa mediante la Ecuación 10.

Ecuación 10

Porcentaje de variación dimensional

$$\%V = \frac{(DN- DP)}{DN} * 100\%$$

Donde:

% V: Variación dimensional (%).

DN: Dimensión nominal (cm).

DP: Dimensión promedio (cm).

Las variaciones permisibles a tomar en consideración de acuerdo con la NTP 331.017 (35), al no existir parámetros referidos en la norma E.080, se describen en función a la dimensión especificada en mm, de tal forma que: para longitudes de hasta 60 mm, la máxima variación permisible respecto a dicha magnitud es de ± 2.0 mm. Para dimensiones superiores a 60 hasta 100 mm, incluido, ± 3.0 mm; para superiores a 100 hasta 140 mm, incluido, ± 5.0 mm; para superiores a 140 hasta 240 mm, incluido, ± 6.0 mm; y para superiores a 240 hasta 400 mm, incluido, ± 8.0 mm.

2.2.1.4.2 Absorción. La absorción se refiere al grado de porosidad y permeabilidad de las unidades de albañilería, y a la propensión a desintegrarse por fenómenos ambientales como el congelamiento. En términos generales, un grado alto de porosidad y permeabilidad implica valores reducidos de resistencia a cargas en comparación con unidades más densas. Las variaciones en los porcentajes de absorción se deben, en gran parte, a la calidad del suelo empleado y al procedimiento de elaboración de las unidades de adobe (36).

El porcentaje de absorción se determina mediante la Ecuación 11.

Ecuación 11

Porcentaje de absorción

$$\% \text{ absorción} = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} * 100\%$$

Donde:

Wd: peso seco de la muestra (gr).

Ws: peso saturado de la muestra tras ser sumergido en agua potable (gr).

Si bien aún no se han establecido parámetros respecto a los porcentajes de absorción admisibles en unidades de adobe en la norma E.080 (18), se toma como referencia el artículo 5 de la norma E.070 (37) que indica que los porcentajes de absorción en unidades sílico-calceas y bloques de concreto no deberán ser mayores al 22 % y 12 %, respectivamente (37).

2.2.1.5 Propiedades mecánicas del adobe.

2.2.1.5.1 Resistencia a la compresión de la unidad de adobe. Según la norma E.080 (18), para medir la resistencia a la compresión se prepararán ladrillos de sección cuadrada de 0.10 m de lado. Se ensayarán las cuatro mejores muestras de un total de seis (únicamente probetas secas). El valor mínimo aceptable (f_o) es de 10,2 kg/cm², y el cálculo se expresa mediante la Ecuación 12 y Ecuación 13.

Ecuación 12

Esfuerzo de compresión último en unidades

$$f'o = \frac{P_{max}}{A}$$

Ecuación 13

Esfuerzo de compresión admisible en unidades

$$f_o = 0.40 f'o$$

Donde:

$f'o$: esfuerzo de compresión último (kg/cm²).

f_o : esfuerzo de compresión admisible (kg/cm²).

$P_{máx}$: carga de rotura (kg).

A = área de superficie en contacto (cm²).

2.2.1.5.2 Resistencia a la compresión axial en pilas (18). Las pilas deberán ser construidas con todos los ladrillos de adobe necesarios para alcanzar un coeficiente de esbeltez (altura/espesor) de aproximadamente tres, como se indica en la Ecuación 14. Se debe prestar especial atención al mantenimiento de la verticalidad de las estructuras a ensayar.

Ecuación 14

Relación de esbeltez

$$\frac{h}{a} \cong 3$$

Las juntas tendrán un espesor de 1.5 cm. El mortero utilizado para construir las pilas tiene un tiempo de secado de aproximadamente un mes, ensayando las cuatro mejores muestras de las seis preparadas. La Ecuación 16 y Ecuación 16 muestran el cálculo para obtener el esfuerzo último (f_m) a compresión de la pila y el esfuerzo admisible a compresión de la pila (f_m).

Ecuación 15

Esfuerzo de compresión último

$$f'_m = P/axb$$

Ecuación 16

Esfuerzo de compresión admisible

$$f_m = 0.40 f'_m$$

Donde:

f'_m : esfuerzo de compresión último (kg/cm²).

f_m : esfuerzo de compresión admisible (kg/cm²).

P: carga de rotura (kg).

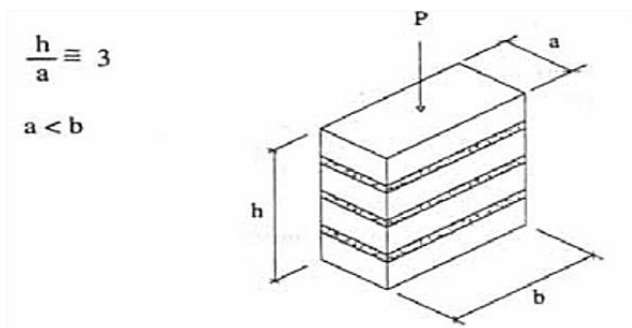
a: ancho (cm).

b: largo (cm).

De ser imposible llevar a cabo los ensayos previamente descritos, se toma el siguiente valor como esfuerzo admisible: $f_m = 6.12 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 5

Dimensiones de una pila de adobe



Nota. Norma E.080, 2017.

2.2.1.5.3 Resistencia a la compresión diagonal o tracción indirecta en muretes (18). La Ecuación 17 y Ecuación 18 muestran el cálculo para determinar el esfuerzo último del murete de ensayo y el esfuerzo admisible al corte del muro.

Ecuación 17

Esfuerzo último del murete de ensayo

$$f't = \frac{P}{2ae_m}$$

Ecuación 18

Esfuerzo admisible al corte

$$V_m = 0.40 f't$$

Donde:

$f't$: esfuerzo último del murete de ensayo (kg/cm^2).

V_m : esfuerzo admisible al corte (kg/cm^2).

P: carga de rotura (kg).

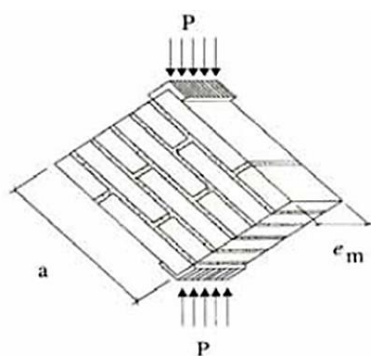
a: largo de la pila o murete (cm).

em: espesor de la pila o murete (cm).

De ser imposible llevar a cabo los ensayos previamente descritos, se toma como valor de esfuerzo admisible al corte: $Vm = 0.25 \frac{kg}{cm^2}$

Figura 6

Murete sometido a carga diagonal



Nota. Norma E.080, 2017.

2.2.2 Cemento

2.2.2.1 Aspectos generales. De acuerdo con la NTP 334.009, se refiere al cemento hidráulico que se fabrica moliendo clinker compuesto principalmente de silicatos cálcicos hidráulicos, con algo de sulfato cálcico y piedra caliza añadida durante la molienda (38).

El proceso de fabricación del clinker del cemento Portland consiste en someter a altas temperaturas una mezcla homogénea de óxidos de aluminio (Al_2O_3), hierro (Fe_2O_3), calcio (CaO) y silicio (SiO_2) finamente molidos (39).

2.2.2.2 Clasificación y uso (38). Los tipos de cementos Portland establecidos en la presente NTP 334.009 están clasificados de acuerdo con sus propiedades específicas, como se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6

Tipos de cemento hidráulico

CEMENTOS	TIPO	DENOMINACIÓN
Cementos Portland	Tipo I	Cemento Portland de uso general
	Tipo II	Cemento Portland de uso general de moderada resistencia a los sulfatos
	Tipo III	Cemento Portland de alta resistencia inicial
	Tipo IV	Cemento Portland de bajo calor de hidratación
	Tipo V	Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos
Cementos hidráulicos adicionados	Tipo IS	Cemento Portland con escoria de alto horno
	Tipo IP	Cemento Portland puzolánico
	Tipo I (PM)	Cemento Portland puzolánico modificado
	Tipo IL	Cemento Portland caliza
	Tipo IT	Cemento adicionado ternario
	Tipo ICo	Cemento Portland compuesto
Cementos hidráulicos especificado por desempeño	Tipo GU	Cemento Hidráulico de uso general
	Tipo HE	Cemento Hidráulico de alta resistencia inicial
	Tipo MS	Cemento Hidráulico de moderada Resistencia a los sulfatos
	Tipo HS	Cemento Hidráulico de alta resistencia a los sulfatos
	Tipo MH	Cemento Hidráulico de moderado calor de hidratación
	Tipo LH	Cemento Hidráulico de bajo calor de hidratación

Nota. NTP 334.009 CEMENTO.

2.2.2.3 Fabricación del clinker. El objetivo de la molienda de las materias primas (caliza, arcillas y correctores de dosis) es reducir su tamaño hasta convertirlas en polvo, lo que les permite reaccionar químicamente durante la clinkerización (39).

Posteriormente, se realiza la homogeneización de los materiales con la finalidad de garantizar la pureza del clinker, las dosis adecuadas y mantener un buen funcionamiento en el horno (40).

Los materiales homogeneizados se calientan hasta que empiezan a fundirse, lo que desencadena los procesos químicos que dan lugar a la creación de los componentes mineralógicos primarios del clinker:

- Silicato tricálcico (C3S).
- Silicato bicálcico (C2S).
- Aluminato tricálcico (C3A).
- Ferroaluminato tetracálcico (C3AF).

Cada una de estas sustancias, silicato tricálcico (C3S), silicato dicálcico (C2S), aluminato tricálcico (C3A) y ferroaluminato tetracálcico, representa más del 90 % del peso del cemento (C4AF). La materia prima se introduce por la zona superior del horno y fluye hacia la sección de mayor temperatura hasta llegar a la zona de “llama”, donde se produce la clinkerización. Finalmente, y al salir del horno, el clinker deberá enfriarse rápidamente (temperatura inferior a 150 °C) para evitar la descomposición del silicato.

2.2.2.4 Molienda del clinker. Se procede a moler el clinker, el yeso y otros ingredientes que constituyen el cemento Portland, lo que requiere el uso de molinos de bolas para reducir la granulometría a partículas menores a 150 micrones. A continuación, se utilizan silos de

hormigón para almacenar la mercancía y transportarla posteriormente a granel a los centros de distribución con fines de comercialización o se envasan en sacos de papel (40).

2.2.3 Escoria de cobre

2.2.3.1 Definición y composición. De acuerdo con la recopilación bibliográfica realizada (40), la escoria de cobre es un derivado del proceso de refinado del cobre, que se obtiene mediante tratamientos pirometalúrgicos en minerales de sulfuro de cobre que han sido flotados para concentrarlos antes de ser fundidos. Durante la fundición del mineral de cobre concentrado (óxido) se crean dos fases líquidas: la mata rica en cobre (sulfuro) y la escoria. El sulfuro de cobre se transforma posteriormente, mientras que el óxido o escoria se descarga inmediatamente o se somete a operaciones de recuperación del cobre, donde se reduce a menos de 1 % de cobre antes de desechar.

Los óxidos primarios presentes en las escorias varían en función de los tipos de minerales, concentrados, fundentes, circunstancias de explotación y otros aspectos. Como compuestos principales se pueden citar:

- Óxido de hierro (como FeO , Fe_3O_4) de 30 % a 40 %.
- Óxido de sílice (SiO_2) de 35 % a 40 %.
- Óxido de aluminio (Al_2O_3) hasta 10 %.
- Óxido de calcio (CaO) hasta 10 %.

2.2.3.2 Proceso de granallado de escoria de cobre. La granulación de escorias de cobre es el método utilizado para crear escoria de cobre granallada. La escoria fundida se vierte en un foso de granallado, que mantiene un nivel de agua constante y se va reponiendo en función del granallado que se esté realizando, y en cuyo interior la escoria se enfría bruscamente, pasando de una temperatura aproximada de 1150 °C a menos de 100 °C. El estado de la escoria cambia de

fundido a sólido granulado. Una vez granulada la escoria, se crea una suspensión de escoria granulada con agua que se transporta a un sistema de separación sólido-líquido con el objetivo de ser llevada a un punto de acopio para almacenar la escoria granulada que se ha producido con una humedad de entre el 10 y 12 %. A continuación, pasa a una fase de clasificación en la que los granos que no cumplen los requisitos de granulometría para granos abrasivos se filtran mediante cribas; mientras que los granos utilizables se transportan a un patio de almacenamiento y se almacenan, y los granos no deseados se eliminan en un vertedero (40).

2.2.3.3 Usos en ingeniería. En la década de 1970 empezó a utilizarse en Europa y Australia como sustituto parcial del cemento Portland. Investigaciones realizadas durante la década de 1980 tuvieron como objeto de estudio al calor de hidratación de combinaciones de escoria y cal en diversas proporciones. Los resultados demuestran que la hidratación no puede producirse hasta que la escoria se encuentre en estado vítreo (41).

Con un precedente de uso en Australia, alrededor del 45 % de la escoria de cobre producida por actividades mineras se utilizaba como agregado en los rellenos en Canadá (1980). Su aplicación representa una reducción en los costos de las actividades mineras, además de constituir una solución sostenible y eco amigable. A través de estas investigaciones se ha establecido una relación entre el grado de finura y el contenido vítreo con la actividad puzolánica y el desarrollo de la resistencia mecánica (42).

En esa década se analizaron mezclas de cemento Portland con adiciones de escoria de cobre al 35 % y 70 % en peso. Los resultados del estudio confirman investigaciones previas según las cuales la cantidad de escoria molida y la presencia de fase vítrea estaban relacionadas con un aumento de la resistencia mecánica (43).

Los cementos fabricados con escoria de cobre como añadido en el cemento Portland se incluyeron en la Norma Europea Experimental, aprobada por el Comité Europeo de Normalización en 1992 y considerando este insumo como una puzolana industrial, con un límite de incorporación de hasta 15 % en peso (44).

Por otro lado, se ha demostrado que el uso de la escoria de cobre, en reemplazo del agregado fino, genera un crecimiento en los valores de resistencia para sustituciones de hasta el 80 % de arena (45).

2.3 Definición de Términos Básicos (18)

- Aditivos naturales: Insumos que al ser añadidos a la mezcla controlan el fisuramiento que se genera durante el proceso de secado rápido.
- Adobe: Unidad de tierra cruda combinada con paja o arena gruesa para mejorar propiedades físico-mecánicas tales como resistencia y durabilidad.
- Adobe (técnica): Procedimiento de construcción que emplea muros de albañilería de unidades de adobe asentados con mortero de barro.
- Arcilla: Material con granulometría de partículas menores a 0.002 mm. Único componente activo e imprescindible del suelo que al hidratarse permite ser manipulado adecuadamente, adquiriendo un comportamiento plástico y reuniendo el resto de las partículas inertes del suelo gracias a sus propiedades cohesivas, y que, al secarse, adopta una resistencia de servicio.
- Arena fina: Material con granulometría de partículas de roca que van desde 0.08 mm y 0.50 mm, inerte, no reactivo en presencia de agua y no aglutinante.
- Arena gruesa: Material con granulometría de partículas de roca que van desde 0.60 mm a 4.75 mm, inerte, no reactivo en presencia de agua y no aglutinante.

- Dormido: Procedimiento de hidratación de la tierra ya seleccionada y zarandeada para activar las propiedades cohesivas de la arcilla para la elaboración de ladrillos de adobe o mortero.
- Esbeltez: Relación existente entre las dimensiones del muro y su máximo espesor.
- Fisura o grieta estructural: Hendidura presente en los muros de albañilería de adobe generados a consecuencia de la acción de cargas laterales mayores a los valores de resistencia del material.
- Grieta: Resquebrajadura mayor a un 1.00 mm.
- Fisura: Resquebrajadura igual o menor de un 1.00 mm.
- Limo: Material con granulometría de partículas de roca que van desde 0.002 mm a 0.08 mm, inerte, no reactivo en presencia de agua y no aglutinante.
- Mortero: Mezcla de barro con adición de paja o arena gruesa empleada para unir los ladrillos de adobes mediante una capa cuyo grosor varía entre 1.00 y 1.50 cm.
- Prueba de campo: Ensayo ejecutado *in situ* con fundamento en conocimientos previos verificables mediante procedimientos en laboratorio.
- Prueba de laboratorio: Ensayos realizados en laboratorio con instrumental y equipamiento adecuados que permiten conocer las propiedades de los materiales, probetas y testigos experimentales.
- Secado: Proceso lento controlado de evaporación del agua presente en los ladrillos de albañilería de modo que la arcilla y el barro entren en contracción y adopten valores de resistencia adecuados con el mínimo de fisuramiento.
- Tierra: Material de construcción conformado por arcilla, limo y arena.

Capítulo III: Metodología

3.1 Método y Alcance de la Investigación

El método utilizado en el desarrollo del presente estudio será el denominado método científico, al considerar pasos, procedimientos y técnicas que validen, prueben y verifiquen las hipótesis planteadas a partir de la formulación del problema de investigación (46).

3.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación a emplear será la investigación aplicada, la cual, según Murillo (2008), se denomina "investigación práctica o empírica", y se distingue por centrarse en la búsqueda de aplicaciones o en la implementación de prácticas para la información previamente obtenida (47).

3.3 Nivel de la Investigación

El nivel de investigación será explicativo. Los estudios explicativos tratan de identificar las causas, medios en los que se producen y las relaciones entre uno o más factores que influyen en los hechos y acontecimientos (48). El estudio que se desarrolla a continuación pretende explicar el comportamiento físico-mecánico en unidades, pilas y muretes de adobe estabilizado al adicionarse escoria de cobre y cemento en diversas proporciones.

Tabla 7

Propósitos y valor de los diferentes alcances de la investigación explicativa

ALCANCE	PROPÓSITO DE LOS INVESTIGADORES	VALOR
EXPLICATIVO	Su objetivo es identificar los factores que subyacen a los sucesos y fenómenos físicos o sociales describiendo las causas de estos, las circunstancias en que ocurren y las relaciones entre dos o más variables.	Trata de explicar los hechos y acontecimientos, por qué se producen, cómo se presentan y cómo se relacionan dos o más variables.

Nota. Adaptado de "Metodología de la Investigación", por Hernández et al., 2018.

3.4 Método de investigación

Se utilizará el método científico de enfoque cuantitativo, debido a que los datos y resultados obtenidos son de carácter numérico y provienen de un proceso de recolección basado en instrumentos estandarizados que permiten realizar las mediciones en función de los indicadores, y comprobar si son válidos y confiables. Es por ello que se realizará un análisis estadístico (48).

3.5 Diseño de la Investigación

El diseño del estudio será cuasiexperimental, dado que se manipulará deliberadamente la variable independiente para evaluar su efecto en la variable dependiente. Los sujetos de estudio no se asignan indistintamente, pues se trata de muestras no aleatorias selectas: grupos intactos conformados antes del experimento (48).

Tabla 8

Tratamientos mediante la adición de escoria de cobre y cemento

TRATAMIENTOS				
TI	AT	+	Sin adiciones	GC-0
TII	AT	+	Escoria de cobre 3 % + Cemento 3 %	GE-1
TIII	AT	+	Escoria de cobre 3 % + Cemento 5 %	GE-2
TIV	AT	+	Escoria de cobre 5 % + Cemento 3 %	GE-3
TV	AT	+	Escoria de cobre 5 % + Cemento 5 %	GE-4
TVI	AT	+	Escoria de cobre 7 % + Cemento 3 %	GE-5
TVII	AT	+	Escoria de cobre 7 % + Cemento 5 %	GE-6

Nota: T = tratamiento, AT = adobe tradicional, GC = grupo de control, GE = grupo experimental.

3.6 Población, Muestra y Unidad Muestral

3.6.1 Población

294 muestras de unidades de albañilería de adobe artesanal tradicional y estabilizado. De estas 126 son unidades, 84 pilas y 84 muretes.

Tabla 9

Número de especímenes a ensayar

POBLACIÓN TOTAL	
UNIDADES	126
PILAS	84
MURETES	84
TOTAL	294

3.6.2 Muestra

Se ensayaron en total 294 muestras entre unidades de adobes, pilas y muretes de adobe artesanal con adición de escoria de cobre y cemento.

Tabla 10

Número de especímenes por tipo de tratamiento

DISEÑO FACTORIAL											
NÚMERO DE MUESTRAS POR VARIABLE (% en relación con el peso seco de la muestra)											
DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	DIMENSIÓN bxaxh (cm)	Adobe estabilizado Espinar-Cusco, 2022							TOTAL DE MUESTRAS
				Adobe tradicional artesanal Espinar- Cusco, 2022	3 % de escoria de cobre y 3 % de cemento	3 % de escoria de cobre y 5 % de cemento	5 % de escoria de cobre y 3 % de cemento	5 % de escoria de cobre y 5 % de cemento	7 % de escoria de cobre y 3 % de cemento	7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento	
				TI	TII	TIII	TIV	TV	TVI	TVII	
				GC-0	GE-1	GE-2	GE-3	GE-4	GE-5	GE-6	
PROP. FÍSICAS	VARIACIÓN DIMENSIONAL	ADOBE	25x12.5x8.5	6	6	6	6	6	6	6	42
	ABSORCIÓN	ADOBE		6	6	6	6	6	6	6	42
PROP. MECÁNICAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	ADOBE	10x10x10	6	6	6	6	6	6	6	42
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL	PILA	25x12.5x38.5	6	6	6	6	6	6	6	42
		MURETE	61.5X15X61	6	6	6	6	6	6	6	42
		PILA	25x12.5x38.5	6	6	6	6	6	6	6	42
	MURETE	61.5X15X61	6	6	6	6	6	6	6	42	
TOTAL										294	

3.6.3 *Unidad muestral*

Se emplearon especímenes rectangulares de dimensiones 25 cm x 12.5 cm x 8.5 cm que cumplan con la norma E.080 (18) para la valoración de las propiedades físicas: porcentaje de variabilidad dimensional y porcentaje de absorción.

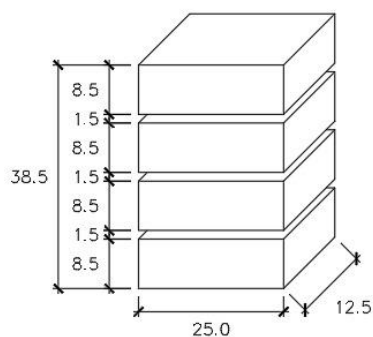
Para la valoración de las propiedades mecánicas se elaboraron unidades de diversas dimensiones. A continuación se describen las medidas empleadas:

Resistencia a la compresión axial en unidades: 10 cm x 10 cm x 10 cm.

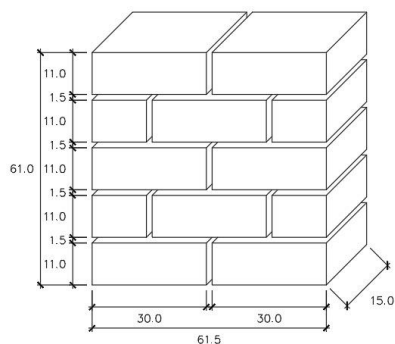
Resistencia a la compresión axial y diagonal en pilas: 25 cm x 12.5 cm x 38.5 cm utilizando 4 unidades de adobe de 25 cm x 12.5 cm x 8.5 cm y juntas de 1.5 cm de espesor; como se indica en la norma E.080 (18), que cumple, además, con la condición de esbeltez.

Figura 7

Disposición de las pilas



Resistencia a la compresión axial y diagonal en muretes: 61.5 cm x 15 cm x 61 cm utilizando 10 unidades de adobe de 30 cm x 15 cm x 11 cm dispuestas en 5 hileras con juntas de 1.5 cm de espesor. La norma E.080 (18) indica que los muretes de adobe deberán medir 0.65 m x 0.65 m x em, aproximadamente.

Figura 8*Disposición de los muretes*

El número total de unidades requeridas para el desarrollo de la investigación se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11*Número total de unidades de adobe*

INDICADOR	ENSAYO	DIMENSIÓN (bxaxh) (cm)	Nº DE UNID.	Nº DE UNID./TRAT.	TOTAL
PROP. FÍSICAS	Variabilidad dimensional	25X12.5X8.5	01	42	42
	Absorción		01		42
PROP. MECÁNICAS	Resistencia a la compresión axial (unidades)	10X10X10	01	42	42
	Resistencia a la compresión axial (pilas)	25X12.5X38.5	04		168
	Resistencia a la compresión axial (muretes)	61.5X15X61	10		420
	Resistencia a la compresión diagonal (pilas)	25X12.5X38.5	04		168
	Resistencia a la compresión diagonal (muretes)	61.5X15X61	10		420
	TOTAL				

El número total de especímenes de acuerdo con la dimensión de los ladrillos A, B y C a emplearse en el estudio se resume en la Tabla 12, que se muestra a continuación:

Tabla 12

Unidades requeridas de acuerdo con la dimensión de los ladrillos

ESPECÍMEN	DIMENSIONES			UNIDADES REQUERIDAS
	BASE (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	
A	25.00	12.50	8.50	420
B	10.00	10.00	10.00	42
C	30.00	15.00	11.00	840

3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.7.1 Técnicas de recolección de datos

Se utilizará la observación directa como método de recopilación de datos, facultando al investigador a modificar la variable y recopilar información en un entorno en gran medida controlado (49). En el presente estudio se observa el efecto de la adición de escoria de cobre al 3 %, 5 % y 7 % y cemento al 3 % y 5 % (% en relación con el peso seco de la muestra) en las propiedades físico-mecánicas del adobe artesanal tradicional en Espinar-Cusco, 2022, realizando el análisis de los parámetros e indicadores en laboratorio.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos

En la Tabla 13 se detallan los instrumentos de recolección de datos en función de los siete objetivos específicos.

Tabla 13

Instrumentos de recolección de datos

OBJETIVO	TÉCNICA	MATERIALES	PRUEBAS O ENSAYOS	INSTRUMENTOS	
Objetivo específico I		Escoria de Cobre	Prueba visual	Ficha Técnica y Especificaciones del proveedor.	
			Prueba de color	Block de notas y cámara	
			Pruebas previas	Prueba de olor de Block de notas	
			Prueba de Brillo	Block de notas y cámara	
			Pruebas de Campo	Cinta de Barro Block de notas y cámara	
		Suelo Natural	Resistencia Seca	Block de notas y cámara	
			Contenido de Humedad	Formatos de laboratorio y cámara	
Objetivo específico II	Observación Directa		Pruebas de laboratorio	Análisis Granulométrico	
				Límites de Atterberg	Formatos de laboratorio y cámara
				Clasificación de Suelos SUCS	Formatos de laboratorio y cámara
			Cemento	Prueba visual	Ficha Técnica y Especificaciones del proveedor
			Paja	Prueba visual	Block de notas y cámara
			Agua	Prueba visual	Block de notas y cámara
Objetivo específico III			Unidades de adobe	Ensayo de Variabilidad Dimensional	Formatos de laboratorio y cámara
Objetivo específico IV			Unidades de adobe	Ensayo de Absorción	Formatos de laboratorio y cámara
Objetivo específico V			Unidades, Pilas y Muretes de adobe	Ensayo de Compresión Axial	Formatos de laboratorio y cámara
Objetivo específico VI			Pilas y Muretes de Adobe	Ensayo de Compresión Diagonal	Formatos de laboratorio y cámara
Objetivo específico VII		Inversión	Prueba visual	Boletas de pagos por materiales y ensayos	

3.7.3 Equipos utilizados en la recolección de datos

Los equipos empleados para realizar los ensayos de caracterización del suelo a emplear en la elaboración de adobes en Espinar-2022 se muestran a continuación:

Figura 9

Horno de secado de muestras



Figura 10

Tamices y equipo para el ensayo de granulometría



Figura 11

Cuchara de Casagrande



La recolección de datos en laboratorio se hizo con el objetivo de determinar los resultados de la estabilización del adobe tradicional en Espinar-Cusco, 2022.

Figura 12

Prensa para medir la resistencia a la compresión



3.8 Técnicas y Programas de Análisis y Procesamiento de Datos

Actualmente, se emplean ordenadores para examinar datos cuantitativos. La matriz de datos se somete a través de *softwares* con fines de codificación. Después de "limpiar" los datos de errores, almacenarlos en un archivo, trasladarlos a una matriz y codificarlos, el investigador inicia el análisis estadístico.

3.8.1 Técnicas de análisis y procesamiento de datos (48)

El procesamiento de datos se realiza a través del análisis estadístico descriptivo y el análisis estadístico inferencial. A continuación, se describe con detalle el procedimiento de análisis estadístico que se llevó a cabo en el *software* SPSS.

El procesamiento de datos inicia citando las hipótesis del estudio que son sometidas a análisis estadístico (hipótesis específicas III, IV, V y VI) para posteriormente efectuar la “prueba de hipótesis”, la que está constituida por: H_0 (hipótesis nula o teórica) que supone que no existe ningún cambio o variación en el comportamiento de las variables dependientes de la investigación, y la H_a (hipótesis alterna) que refiere cambios significativos en las variables dependientes bajo la aplicación de los tratamientos de estabilización con escoria de cobre y cemento.

Seguidamente, se realiza el análisis estadístico descriptivo para determinar el rango, valores mínimos y máximos, media, desviación estándar y varianza en función del tratamiento empleado (grupo de control y grupos experimentales).

Es necesario establecer un nivel de significancia “p-valor” que represente la cantidad de error de prueba asumida. Ello implica establecer una “regla de decisión” en la que si $p\text{-valor} \leq 0.05$, se confirma la hipótesis alterna (H_a), y si $p\text{-valor} > 0.05$, se admite la hipótesis nula (H_0).

Al tratarse de variables cuantitativas, se busca, en primera instancia, realizar un análisis de datos paramétricos, siendo el requisito principal que la muestra presente una distribución normal

de data, ello mediante la "prueba de normalidad", particularmente la prueba de Shapiro Wilk para muestras ≤ 50 . Se procede además a plantear las hipótesis estadísticas con H_0 (hipótesis nula o teórica) que representa una distribución normal de data, y H_a (hipótesis alterna) que indica una distribución anormal. La regla de decisión para determinar la normalidad de los datos se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14

Criterios para determinar la normalidad de distribución de datos – prueba de normalidad

REGLA DE DECISIÓN	INDICADOR	INTERPRETACIÓN
p-valor ≤ 0.05	Acepta la H_a .	Distribución anormal de data.
p-valor > 0.05	Acepta la H_0 .	Distribución normal de data.

Homocedasticidad o prueba de igualdad de varianzas, a través de la aplicación de la "prueba de Levene" y la "prueba T para variables independientes"; se procede a plantear las hipótesis estadísticas con H_0 (hipótesis nula o teórica), que supone que no existen diferencias en las varianzas de ambos grupos, y H_a (hipótesis alterna), que admite que los valores de varianza presentan cambios significativos. Ello lleva a aplicar la regla de decisión que se describe en la Tabla 15.

Tabla 15

Criterios para determinar la homogeneidad de varianzas – prueba de Levene y prueba T para variables independientes

REGLA DE DECISIÓN	INDICADOR	INTERPRETACIÓN
p-valor ≤ 0.05	Acepta la H_a .	Existen diferencias significativas entre las varianzas de ambos grupos.
p-valor > 0.05	Acepta la H_0 .	No existen diferencias significativas entre las varianzas de ambos grupos.

Continuando con el esquema de análisis paramétrico, se realizará una prueba de ANOVA aplicable a tres o más muestras independientes, lo que permitirá establecer la diferencia de medias. Se procede a plantear las hipótesis estadísticas con H_0 (hipótesis nula o teórica), que refiere que no existen diferencias entre las medias de los grupos ($H_0: T_0=T_1=T_2=T_3=T_4=T_5=T_6=T_7$), y H_a (hipótesis alterna), que indica que los valores de media presentan variaciones significativas ($H_a: T_i \neq T_j$), por lo que se aplicará la regla de decisión que se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

Criterios para determinar la diferencia de medias – prueba ANOVA

REGLA DE DECISIÓN	INDICADOR	INTERPRETACIÓN
p-valor ≤ 0.05	Acepta la H_a .	Existen diferencias significativas entre las medias de los grupos.
p-valor > 0.05	Acepta la H_0 .	No existen diferencias significativas entre las medias de los grupos.

Finalmente, se emplea la prueba DUNCAN o la prueba T modificada para determinar qué tratamiento tiene mayor efectividad.

3.8.2 Programas de análisis y procesamiento de datos

Se procesarán los datos obtenidos de los ensayos y pruebas realizadas utilizando el programa Excel y sus herramientas estadísticas, además del programa SPSS verificando el nivel de interdependencia entre las variables establecidas.

3.9 Desarrollo de la Investigación

Establecido el objetivo principal del estudio, que es determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la mejora de las propiedades físico-mecánicas de las unidades

de albañilería de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022, se procede con el desarrollo de cada uno de los siete objetivos específicos:

3.9.1 Objetivo específico I: Detallar la composición, propiedades y procedimiento de obtención de la escoria de cobre

Para la determinación de la composición química y propiedades de la escoria de cobre se llevaron a cabo ensayos de análisis empleando los siguientes equipos: UV-VIS SPECTROPHOTOMETER SHIMADZU UV-1800, potenciómetro OrionVersaStar, Electrodo Triode Refillable pH Orión 9157BNMD, Mufla Thermoscientific y Conductímetro EC 300. Dichos estudios fueron realizados en el laboratorio LABICER (laboratorio N°12) de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, a solicitud de la empresa PARATODO PUNTOCOM (proveedor del insumo).

La escoria de cobre estudiada fue una muestra única generada en la empresa PARA TODO PUNTOCOM E.I.R.L. De acuerdo con la bibliografía, este material se llevó a molienda para disminuir su tamaño de partícula con el fin de ser analizado como material cementante.

La presentación comercial del material se muestra a continuación: sacos de 50 kg o big bags de 1500 kg.

Figura 13

Presentación de la escoria de cobre en sacos de 50 y 1500 kg



El transporte de la escoria de cobre se realizó de la empresa PARATODO PUNTOCOM (Huachipa-Lima) a la empresa de carga SHALOM (La Victoria-Lima), para luego embarcarse a la ciudad de Yauri-Espinar-Cusco.

Figura 14

Transporte de la escoria de cobre

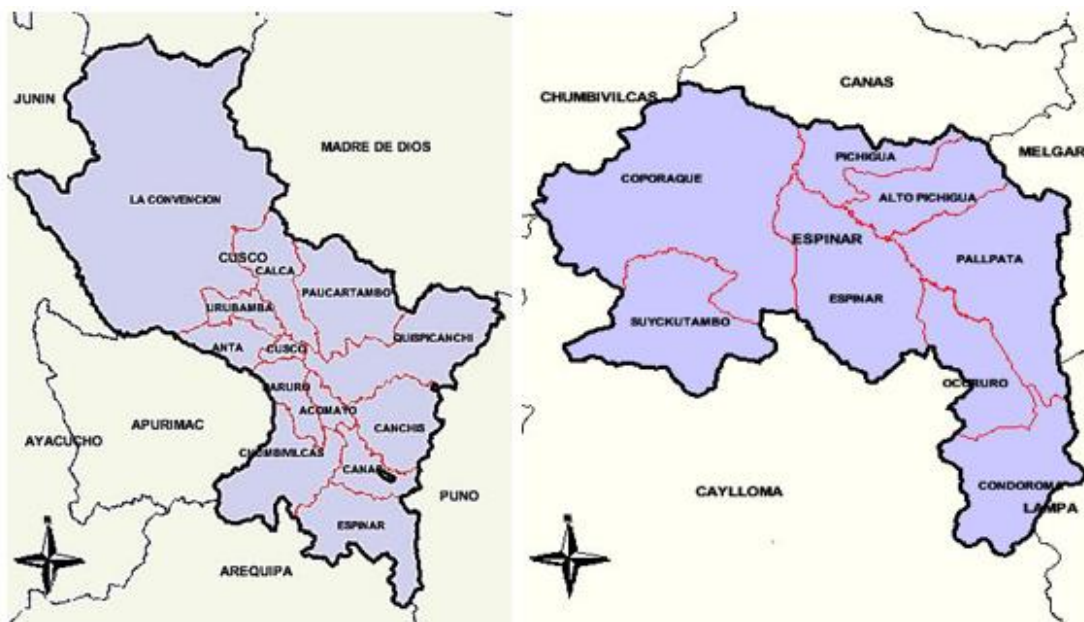


3.9.2 Objetivo específico II: Identificar las características del suelo a emplear en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en Espinar-Cusco, 2022

3.9.2.1 Descripción de la zona de trabajo. Espinar es una de las trece provincias que conforman la región Cusco. Presenta un área estimada de 5311.09 km² y cuenta con 69000 habitantes, aproximadamente. Se encuentra a 241 kilómetros de la ciudad de Cusco. La capital de Espinar es Yauri (50).

Figura 15

Mapas provincial y distrital de Espinar



Nota. Extraído de http://www.perutoptours.com/english/index07cu_cusco_mapa.html

3.9.2.2. Pruebas previas. Los ensayos antes descritos en la Tabla 3 se desarrollaron acorde a los siguientes indicadores:

- Prueba de color: Se refiere al proceso de identificación del color del suelo que se va a evaluar visualmente.
- Prueba de olor: Consiste en determinar el olor del suelo a evaluar.
- Prueba de brillo: Consiste en tomar una muestra de suelo y verificar si se trata de una porción opaca, mate o brillante.

Figura 16

Pruebas preliminares



3.9.2.3 Pruebas de campo.

3.9.2.3.1 Prueba Cinta de Barro. El ensayo se realiza con la finalidad de determinar, *in situ* y a grandes rasgos, si el suelo empleado en la investigación cuenta con la cantidad requerida de arcilla de acuerdo a lo señalado por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (3):

- Moldear un rollo de 12 mm de diámetro añadiendo agua, de ser necesario.
- Presionar para formar una cinta de 4 mm de ancho, aproximadamente.
- Medir la longitud en la que se rompe.

Figura 17

Moldeo de la cinta de barro



3.9.2.3.2 Prueba Presencia de Arcilla o Resistencia Seca. El procedimiento del ensayo se describe a continuación (18):

Moldear cuatro bolitas de 2 cm de diámetro agregando la cantidad adecuada de agua, de manera que la muestra sea manejable y no se deforme significativamente.

Dejar secar cuatro bolitas por 48 horas y verificar que no haya humedad en el medio.

Pasadas las 48 horas, presionar con firmeza cada una de las bolitas.

Figura 18

Desarrollo de la prueba Presencia de Arcilla o Resistencia Seca



Figura 19

Secado de las muestras del ensayo de Resistencia Seca



3.9.2.4 Extracción de la muestra. Se extrajo la muestra de suelo del pueblo de Yauri, distrito de Espinar, provincia de Espinar. Se emplearon bolsas plásticas para el traslado de la muestra con el fin de mantener la humedad de esta, teniendo como punto de llegada ITM Laboratorio de Suelos y Concreto para iniciar con el desarrollo de los ensayos de caracterización del suelo.

En la Tabla 17 se indican las coordenadas UTM del punto de extracción de la muestra a ensayar.

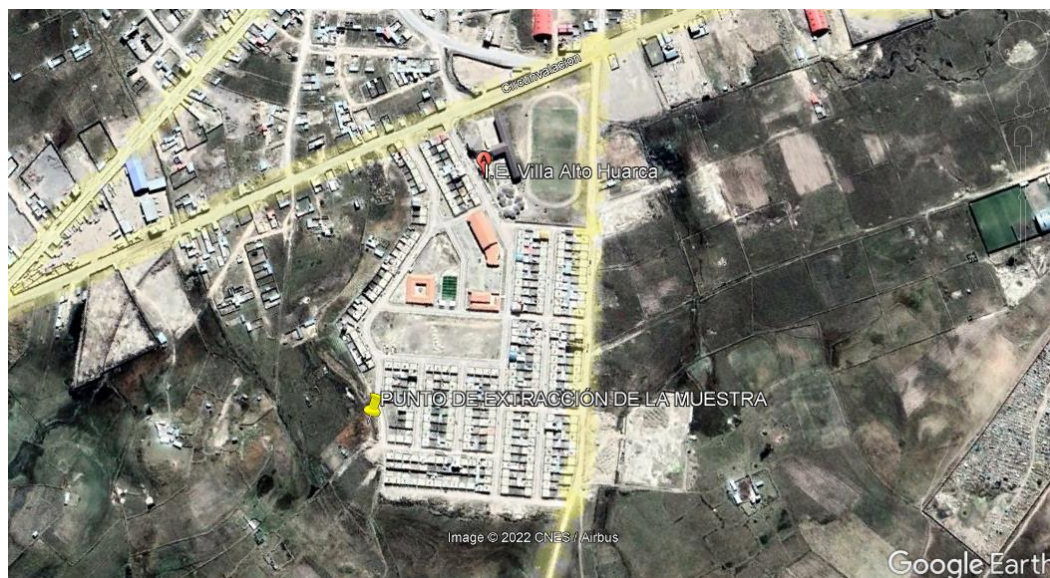
Tabla 17

Coordenadas UTM del punto de extracción de la muestra

PUNTO DE MUESTREO	E (m)	N (m)
A	239191.63 m	8361411.54 m

Figura 20

Ubicación del punto de extracción de la muestra con Google Earth



3.9.2.5 Ensayos de caracterización del suelo.

3.9.2.5.1 Contenido de humedad (W%) (NTP 339.127) (23). El valor porcentual del contenido de humedad, presente en la muestra de suelo húmedo, se obtiene del cociente entre el peso del agua y el peso del suelo húmedo.

Aparatos.

- Horno de secado: Horno de secado controlado, con la capacidad de conservar una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanzas: Con sensibilidad de 0.00 gramos (muestras menores a 200 gramos) y de 0.10 gramos (muestras mayores a 200 gramos).
- Recipientes: De material resistente a procesos de combustión, corrosión, desgaste, enfriamiento y calentamiento continuo y contacto con materiales de pH variable.
- Otros utensilios: Se hace necesario el uso de instrumentos como cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, además de guantes y otros materiales que permitan manipular envases calientes.

Procedimiento.

- Pesar el contenedor limpio y seco y, a continuación, colocar la muestra de suelo húmedo recogida del punto de extracción para pesar nuevamente.
- Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno para iniciar el proceso de secado hasta que alcance un peso constante. Dejar enfriar y pesar otra vez utilizando la balanza.

Figura 21

Calibración de la balanza en laboratorio

**Figura 22**

Peso de las muestras en la balanza calibrada

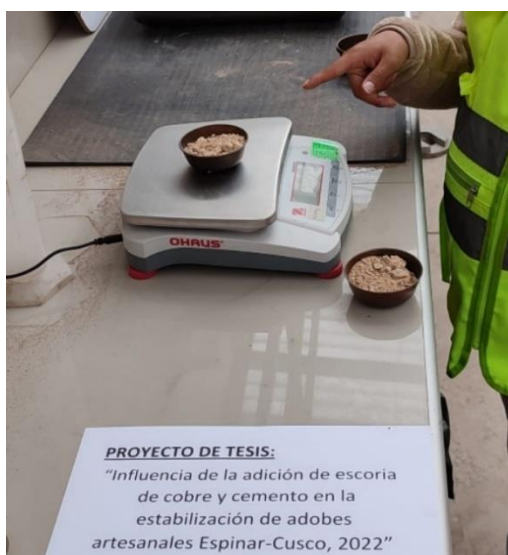


Figura 23

Colocación de las muestras en el horno 110°C



3.9.2.5.2 Proctor Estándar (NTP 339.142) (24). El ensayo señala los pasos para determinar la densidad seca máxima del suelo y la humedad óptima necesaria para alcanzarla. Se trata de un procedimiento de compactación de hasta cuatro muestras de suelo representativas con diferentes valores de humedad en un molde normalizado de 101.60 mm de diámetro aplicando 25 golpes con un pisón cuyo peso es de 2.50 kg.

Aparatos.

- Molde: Un molde que presente las siguientes dimensiones: diámetro interior de 101.60 mm, altura de 116.40 mm y volumen de 944.00 cm³.
- Pisón: Operado manual o mecánico. Se deberá dejar caer un pisón de 2.50 kg desde una altura de 304.80 mm desde la superficie de la muestra.
- Balanzas.
- Horno de secado.
- Recipientes.

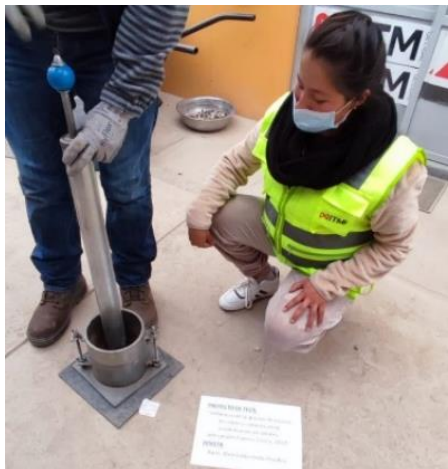
- Otros utensilios.

Procedimiento.

- Secar previamente el material a compactar (15-25 kg) y desintegrar completamente los grumos y, a continuación, pasar la muestra por un tamiz de N° 4, $\frac{3}{8}$ " o $\frac{3}{4}$ ".
- Preparar al menos cuatro muestras de 2.30 kg, aproximadamente, separando el material en porciones iguales de manera que cada una de estas represente un punto en la curva de contenido de humedad vs. densidad seca.
- Pesar el molde y el plato base y proceder a ensamblar y asegurar los mismos.
- Compactar la muestra en tres capas del mismo espesor apisonando el suelo suavemente mediante la aplicación de 25 golpes.
- Retirar el collarín y enrasar la muestra con la ayuda de una varilla.
- Pesar el molde con la muestra compactada.
- Desmoldar la muestra para obtener el contenido de humedad.
- Repetir el procedimiento e incrementar sucesivamente la cantidad de agua hasta un determinado porcentaje.

Figura 24

Compactación de capas con 25 golpes con pisón manual



3.9.2.5.3 Análisis granulométrico (NTP 339.128) (26). Consiste en calcular la distribución del tamaño de las partículas de la muestra de suelo. Existen dos procedimientos: el tamizado que se emplea para clasificar las partículas mayores de $75 \mu\text{m}$ que quedan retenidas en el tamiz N° 200, y la denominada sedimentación, para partículas inferiores a $75 \mu\text{m}$ mediante la aplicación del método de Stokes y un densímetro calibrado.

Aparatos.

- Balanzas.
- Agitador: Consiste en un aparato de agitación operado mecánicamente.
- Tamices: 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°4, N°10, N°20, N°60, N°140, N°200 y fondo.
- Estufa.
- Contenedores (taras).
- Brochas pequeñas o cepillos.

Procedimiento

- Es necesario limpiar e iniciar con el proceso de secado de la muestra representativa utilizando el horno a temperatura controlada, y registrar los pesos en ambos casos, esto para establecer el porcentaje de contenido de humedad del espécimen.
- Colocar las mallas previamente pesadas en orden descendente, y tamizar con ayuda del agitador mecánico durante 10 minutos, aproximadamente.
- Realizado el procedimiento, pesar nuevamente.
- Registrar los datos para determinar los puntos que permitan trazar la curva granulométrica.

Figura 25

Colocación de la muestra en los tamices



3.9.2.5.4 Límites de Consistencia (NTP 339.129) (27).

Límite Líquido (LL).

La prueba está orientada a definir el porcentaje de contenido de humedad en el que la ranura que separa las dos mitades de la muestra en la cuchara de Casagrande se cierra en 13 mm ($\frac{1}{2}$ "") al efectuar golpes desde una altura de 10 mm (dos golpes por segundo).

Aparatos.

- Dispositivo de Límite Líquido: La cuchara de Casagrande está constituida por una copa hecha de bronce sostenida a través de un soporte diseñado para comprobar una adecuada altura de caída.
- Contenedor.
- Espátula.
- Acanalador.
- Tamiz N.º 40.
- Taras.
- Balanza.
- Horno de 110 °C.
- Agua destilada.

Procedimiento

- Pesar el contenedor y colocar la muestra de suelo húmeda. Pesar nuevamente.
- Secar la muestra en el horno de temperatura controlada durante 24 horas.
- Pasar el material por la malla N.º40 y tomar 250 gramos de la muestra.

- Iniciar el proceso de hidratación, añadiendo de 15 a 20 ml de agua destilada con ayuda de una espátula hasta obtener una mezcla homogénea, y agregar de 1 a 3 ml de agua destilada, de ser necesario.
- Colocar un extracto de la muestra de manera uniforme en la cuchara de Casagrande, nivelar y emparejar hasta obtener una capa de 1 cm de grosor.
- Dividir el suelo en cuchara de Casagrande empleando el acanalador de modo que se forme una ranura limpia y la muestra se disponga de forma simétrica y uniforme en máximo seis pasadas.
- Girar la manivela del dispositivo contabilizando los golpes hasta que las dos mitades de pasta de suelo se hayan juntado en 13 mm. Llevar un registro del número de impactos efectuados y requeridos para cerrar la ranura.
- Regresar la pasta y repetir la operación al menos dos veces hasta que el número de impactos se encuentre en rangos de 25-35, 20-30 y 15-25 golpes. Añadir agua destilada en la cantidad necesaria y verificar que el instrumental se limpie, seque y ensamble cada vez que se realice el procedimiento.
- Determinar el contenido de humedad acorde al procedimiento establecido en la NTP 339.127 de la muestra extraída comprendida en la parte central.

Figura 26

Giro de la manivela de la cuchara de Casagrande



Límite Plástico (LP).

El ensayo va referido al porcentaje de contenido de humedad mínimo en el que aún es posible formar cilindros de 3.20 mm de diámetro sin que estos queden desintegrados.

Aparatos

- Espátula.
- Contenedor.
- Taras.
- Vidrio esmerilado.
- Balanza.
- Agua destilada.

Procedimiento

- Tomar 20 gr de suelo empleado en el ensayo determinación de Límite Líquido y agregar agua destilada en cantidad mínima necesaria para formar una bola moldeable que no se pegue en las manos.
- Partir en porciones de 1.50-2.00 gramos y formar cintas de diámetro uniforme (3.20 mm, aproximadamente) sobre la superficie de vidrio esmerilado.
- Repetir el procedimiento hasta que el suelo se desintegre o muestre señales de fisuramiento. Las muestras desmoronadas se irán disponiendo en un recipiente hasta obtener al menos seis gramos de material disgregado.
- Determinar el contenido de humedad acorde al procedimiento establecido en la NTP 339.127 (23).

Figura 27

Adición de agua destilada a la muestra



Figura 28

Moldeo de la muestra para determinar el Límite Plástico



Índice de Plasticidad.

El Índice de Plasticidad permite describir el comportamiento del suelo en estado plástico y en presencia de agua. En términos de cálculo, es la diferencia entre el valor del Límite Líquido y el valor del Límite Plástico. Existen casos muy particulares en los que no es posible determinar uno o ambos parámetros o el valor del Límite Plástico resulta mayor o igual al del Límite Líquido, por lo que el Índice de Plasticidad se toma como “no plástico” (NP).

3.9.2.5.5 Clasificación de suelos (SUCS) (NTP 339.134) (28). El sistema de clasificación de suelos SUCS fue propuesto por Casagrande y permite describir la textura y el tamaño de las partículas del suelo, para lo cual se requiere realizar ensayos previos de granulometría y establecer los valores de los Límites de Atterberg.

3.9.2.6 Elaboración del adobe tradicional y estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

3.9.2.6.1 Adquisición de materiales. El suelo fue extraído del sector de Alto Huarca y transportado en un camión volquete de capacidad 5m³.

Figura 29

Transporte del suelo en camión volquete de 5 m³



El agua empleada en la elaboración de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022, fue potable y el cemento empleado fue Yura tipo IP.

Figura 30

Adquisición de cemento Yura



Las características y propiedades se detallan en la Tabla 18, de acuerdo con la ficha técnica emitida por la empresa.

Tabla 18*Características técnicas del cemento Yura IP*

REQUISITOS	CEMENTO YURA TIPO IP		REQUISITOS DE LA NORMA	
REQUISITOS QUÍMICOS	NTP 334.090 ASTM C-595			
MgO (%)			6.00 máx	
SO ₃ (%)	1.5 a 3.0		4.00 máx.	
Pérdida por ignición (%)	1.5 a 4.0		5.00 máx.	
REQUISITOS FÍSICOS				
Peso específico (gr/cm ³)	2.75 a 2.85		-	
Expansión en autoclave (%)	0.07 a 0.03		-0.20	a 0.80
Fraguado Vicat inicial (min)	170 a 270		45 a 420	
Contenido de aire	2.5 a 8.0		12 máx.	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	kgf/cm ²	Mpa	kgf/cm ²	Mpa
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 mín.	13
7 días	225 a 255	22 a 25	204 mín.	20
28 días	306 a 340	30 a 33.3	255 mín.	25
RESISTENCIA A LOS SULFATOS	%		%	
% expansión a los 6 meses	<0.04		0.05 máx.	
% expansión a 1 año	<0.05		0.10 máx.	

Nota. Ficha Técnica 2021/V.1IP CEMENTO MULTI-PROPÓSITO Alta Durabilidad.

La paja Ichu se obtuvo del sector de Alto Huarca, fuera de la ciudad, con ayuda de una segadera.

Figura 31

Paja Ichu para la elaboración de adobes



3.9.2.6.2 Dimensión de las unidades de adobe tradicional y estabilizado. Para la elaboración de los especímenes, y con fundamento en la norma E.080 donde se recomienda que el largo de los ladrillos debe ser aproximadamente el doble del ancho de estos y la altura debe estar comprendida entre 8 y 12 cm, se prepararon unidades de adobe tanto tradicional como estabilizado para los diversos ensayos con tres dimensiones diferentes: 25 cm x 12.5 cm x 8.5 cm; 10 cm x 10 cm x 10 cm; 30 cm x 15 cm x 11 cm.

Figura 32

Dimensiones de los moldes de adobe



3.9.2.6.3 Preparación del barro para la elaboración del adobe tradicional y estabilizado en Espinar-Cusco, 2022. La preparación del barro se realizó teniendo disponibles los materiales y las cantidades ya calculadas. Es importante trabajar sobre una superficie nivelada y limpia. En el presente proyecto se optó por usar, además del suelo, piezas de madera lisas y superficies metálicas como base ante la falta de espacio suficiente.

Teniendo la cantidad necesaria de suelo natural, se procede a mezclarla con agua y paja, para obtener una mezcla que presente condiciones óptimas de trabajabilidad tanto para el adobe tradicional como para las unidades estabilizadas mediante la adición de escoria de cobre y cemento, esto revolviendo la masa de barro manualmente hasta obtener una mezcla pareja y homogénea. Debido a condiciones climáticas (helada), la mezcla no se deja dormir como se recomienda en la norma E.080 (18) y en el Manual de Construcción de edificaciones Antisísmicas de Adobe (3).

Figura 33

Disposición del suelo



En primera instancia, se inicia la preparación del barro mediante la selección y separación del suelo natural, mediante el uso de herramientas manuales, retirando los terrones, la materia orgánica y las piedras grandes.

Figura 34

Separación y limpieza del suelo



Se va agregando agua en cantidades necesarias con el objetivo de hidratar la mezcla, añadiendo la paja Ichu.

Figura 35

Hidratación de la mezcla de barro



Figura 36*Adición de paja Ichu a la mezcla de barro*

3.9.2.6.4 Dosificación de las unidades de adobe tradicional y estabilizado. Para la dosificación, se realizó el cálculo del volumen por espécimen de prueba de acuerdo con las dimensiones de los ladrillos a emplear en cada uno de los ensayos, para luego determinar su peso multiplicando dicho volumen por la densidad seca promedio del suelo determinada mediante la prueba Proctor Estándar (1.43), como se describe en la Tabla 19.

Tabla 19*Peso de los especímenes de prueba*

ESPECÍMEN	DIMENSIONES			VOLUMEN (cm ³)	PESO (gr)
	BASE (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)		
A	25.00	12.50	8.50	2656.25	3798.44
B	10.00	10.00	10.00	1000.00	1430.00
C	30.00	15.00	11.00	4950.00	7078.50

En el caso de los adobes tradicionales en Espinar-Cusco, 2022, no se realizó ninguna adición, y se utilizó únicamente suelo, agua y paja. Por otro lado, para la fabricación de los adobes estabilizados en Espinar-Cusco, 2022, se agregó escoria de cobre y cemento en los porcentajes indicados con relación al peso seco del suelo.

La densidad de los añadidos (escoria de cobre y cemento) se tomaron del informe técnico N.º 1819-22-LABICER (proveedor de la escoria de cobre) y la ficha técnica de cementos Yura, respectivamente. Estos datos se encuentran en la Tabla 20.

Tabla 20

Densidad de los añadidos

ÁÑADIDOS	DENSIDAD (kg/m ³)	FUENTE
ESCORIA DE COBRE	3363	Informe técnico N°1819-22-LABICER
CEMENTO	2800	Ficha técnica 2021/V.1 IP Cemento Multi-propósito alta durabilidad

Con la finalidad de simplificar el cálculo para realizar una correcta y adecuada dosificación, es necesario determinar la cantidad de unidades requeridas por tratamiento, como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21

Cantidad de ladrillos por tratamiento

ESPECÍMEN	DIMENSIONES			UNIDADES /TRATAMIENTO
	BASE (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	
A	25.00	12.50	8.50	60
B	10.00	10.00	10.00	6
C	30.00	15.00	11.00	120

Además de ello, es necesario calcular el peso total de suelo por tratamiento (GC-0, GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6), como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22

Cálculo del peso total de suelo por tratamiento

ESPECÍMENES	DIMENSIONES (cm)	PESO POR UNIDAD (kg)	N.º DE ESPECÍMENES	PESO TOTAL (kg)
A	25X12.5X8.5	3.80	60	227.91
B	10X10X10	1.43	6	8.58
C	30X15X11	7.08	120	849.42
TOTAL				1085.91

La dosificación empleada para cada uno de los siete tratamientos (un grupo de control + seis combinaciones de acuerdo con el diseño factorial de la investigación) se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 23

Dosificación TI: GC-0

ESPECÍMENES	PESO TOTAL DE SUELO/TRATAMIENTO (kg)	PESO DEL AGUA 20 % (kg)	PESO DE LA ESCORIA DE COBRE (kg)	PESO DEL CEMENTO (kg)
A	227.91	45.58	0.00	0.00
B	8.58	1.72	0.00	0.00
C	849.42	169.88	0.00	0.00
TOTAL	1085.91	217.18	0.00	0.00

Tabla 24*Dosificación TIII: GE-1*

ESPECÍMENES	PESO TOTAL DE SUELO/TRATAMIENTO (kg)	PESO DEL AGUA 20 % (kg)	PESO DE LA ESCORIA DE COBRE (kg)	PESO DEL CEMENTO (kg)
A	227.91	45.58	6.84	6.84
B	8.58	1.72	0.26	0.26
C	849.42	169.88	25.48	25.48
TOTAL	1085.91	217.18	32.58	32.58

Tabla 25*Dosificación TIII: GE-2*

ESPECÍMENES	PESO TOTAL DE SUELO/TRATAMIENTO (kg)	PESO DEL AGUA 20 % (kg)	PESO DE LA ESCORIA DE COBRE (kg)	PESO DEL CEMENTO (kg)
A	227.91	45.58	6.84	11.40
B	8.58	1.72	0.26	0.43
C	849.42	169.88	25.48	42.47
TOTAL	1085.91	217.18	32.58	54.30

Tabla 26*Dosificación TIV: GE-3*

ESPECÍMENES	PESO TOTAL DE SUELO/TRATAMIENTO (kg)	PESO DEL AGUA 20 % (kg)	PESO DE LA ESCORIA DE COBRE (kg)	PESO DEL CEMENTO (kg)
A	227.91	45.58	11.40	6.84
B	8.58	1.72	0.43	0.26
C	849.42	169.88	42.47	25.48
TOTAL	1085.91	217.18	54.30	32.58

Tabla 27*Dosificación TV: GE-4*

ESPECÍMENES	PESO TOTAL DE SUELO/TRATAMIENTO (kg)	PESO DEL AGUA 20 % (kg)	PESO DE LA ESCORIA DE COBRE (kg)	PESO DEL CEMENTO (kg)
A	227.91	45.58	11.40	11.40
B	8.58	1.72	0.43	0.43
C	849.42	169.88	42.47	42.47
TOTAL	1085.91	217.18	54.30	54.30

Tabla 28*Dosificación TVI: GE-5*

ESPECÍMENES	PESO TOTAL DE SUELO/TRATAMIENTO (kg)	PESO DEL AGUA 20 % (kg)	PESO DE LA ESCORIA DE COBRE (kg)	PESO DEL CEMENTO (kg)
A	227.91	45.58	15.95	6.84
B	8.58	1.72	0.60	0.26
C	849.42	169.88	59.46	25.48
TOTAL	1085.91	217.18	76.01	32.58

Tabla 29*Dosificación TVII: GE-6*

ESPECÍMENES	PESO TOTAL DE SUELO/TRATAMIENTO (kg)	PESO DEL AGUA 20 % (kg)	PESO DE LA ESCORIA DE COBRE (kg)	PESO DEL CEMENTO (kg)
A	227.91	45.58	15.95	11.40
B	8.58	1.72	0.60	0.43
C	849.42	169.88	59.46	42.47
TOTAL	1085.91	217.18	76.01	54.30

El requerimiento total de materiales para el adobe artesanal tradicional en Espinar-Cusco, 2022 y para las unidades estabilizadas se resume en la Tabla 30.

Tabla 30*Cuantificación de materiales*

TRATAMIENTO	PESO TOTAL DE SUELO (kg)	PESO TOTAL DEL AGUA 20 % (kg)	PESO TOTAL DE LA ESCORIA DE COBRE (kg)	PESO TOTAL DEL CEMENTO (kg)
I	1085.91	217.18	0.00	0.00
II	1085.91	217.18	32.58	32.58
III	1085.91	217.18	32.58	54.30
IV	1085.91	217.18	54.30	32.58
V	1085.91	217.18	54.30	54.30
VI	1085.91	217.18	76.01	32.58
VII	1085.91	217.18	76.01	54.30
TOTAL	7601.34	1520.27	325.77	260.62

Los cálculos desarrollados previamente fueron realizados considerando una densidad seca promedio de 1.43 kg/cm³ y un contenido de humedad óptimo de 23.08 % (ensayo Proctor Estándar). Finalmente, y con fines prácticos, se estima la cantidad definitiva de añadidos materiales necesarios para la estabilización de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022. En el caso de la escoria de cobre, se adquieren siete sacos de 50 kg de ECG y otros siete sacos de cemento Portland tipo IP de 42.5 kg.

Por rapidez y facilidad para la dosificación en campo, se emplearon baldes de plástico de 4 y 20 litros.

Figura 37

Dosificación del cemento

**Figura 38**

Dosificación de la escoria de cobre



Ya cuantificadas las cantidades exactas a añadir a la mezcla, se procede a revolver la escoria de cobre y cemento secos con ayuda de un badilejo para luego añadirlos al barro previamente preparado para la elaboración de Adobe Artesanal Tradicional en Espinar-Cusco, 2022.

Figura 39

Mezcla de escoria de cobre y cemento secos

**Figura 40**

Adición de los añadidos al barro



Posteriormente, se hidrata la mezcla añadiendo agua (si es necesario) y revolviendo con ayuda de palas, con la finalidad de incorporar los materiales adecuadamente.

Figura 41

Hidratación del barro con añadidos

**Figura 42**

Incorporación de los materiales



3.9.2.6.5 Transporte. Teniendo ya una mezcla homogénea, se va colocando el barro preparado en baldes de 20 litros para transportarlo hacia las superficies destinadas al moldeo y producción de unidades de Adobe Artesanal en Espinar-Cusco, 2022.

Figura 43

Colocación del barro en baldes de 20 litros

**Figura 44**

Transporte de barro para moldeo



3.9.2.6.6 Producción de unidades de adobe. Separar una porción de barro preparado y disponerla en el molde de adobe humedeciendo previamente sus caras interiores con petróleo, con el objetivo de obtener superficies lo más uniformes posibles.

Figura 45

Tratamiento de los moldes con petróleo



Posteriormente, se debe compactar con las manos y los pies para evitar la formación de espacios vacíos.

Figura 46

Moldeo de las unidades de adobe artesanal en Espinar-Cusco, 2022



Nivelar la cara superior con ayuda de un frotacho o emplear las palmas de las manos.

Figura 47

Acabados en las unidades de adobe con frotacho

**Figura 48**

Acabados en las unidades de adobe con las manos



Retirar cuidadosamente el molde y lavarlo para evitar que el material restante se adhiera a las adoberas y arrastre barro en los moldeos siguientes.

Figura 49

Lavado de las adoberas



3.9.2.6.7 Secado y almacenamiento de las unidades de adobe. Es necesario contar con una superficie plana, nivelada, libre de humedad y lo suficientemente grande como para colocar la producción de las unidades de adobe e iniciar el proceso de secado.

Figura 50

Secado de unidades de adobe



Dado el temporal en la provincia de Espinar-Cusco, fue necesario cubrir los adobes elaborados con plástico para evitar que la helada reviente las superficies y dañe el trabajo realizado.

Figura 51

Uso de plástico para proteger el adobe de la helada



Al transcurrir aproximadamente una semana desde la elaboración de los adobes, las unidades deberán colocarse de lado para acelerar el proceso y facilitar el raspado del barro excedente.

Figura 52

Raspado del barro excedente en las unidades de adobe



3.9.2.6.8 Fabricación de pilas y muretes de adobe. Es necesario iniciar la preparación del mortero para apilar las unidades fabricadas con juntas de 1.5 cm de espesor, iniciando con la producción de pilas y muretes de acuerdo con las dimensiones establecidas previamente.

Figura 53

Preparación del mortero de barro



Figura 54

Alineamiento de las unidades de adobe



Figura 55

Verificación del espesor de las juntas horizontales y verticales

**Figura 56**

Apilado de ladrillos en pilas



Figura 57

Apilado de ladrillos en muretes



3.9.3 Objetivo específico III: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022

Para la determinación de la variabilidad dimensional de las unidades de adobe tradicional y estabilizado en Espinar-Cusco, 2022, se realizó el siguiente procedimiento:

- Medir todas y cada una de las dimensiones: largo, ancho y altura de las unidades, y registrar los valores obtenidos.
- Repetir el proceso para todas las unidades de adobe (adobe tradicional en Espinar-Cusco, 2022, y adobe estabilizado mediante la adición de escoria de cobre al 3 %, 5 % y 7 % y cemento al 3 % y 5 % en Espinar, Cusco, 2022).

Figura 58

Proceso de medición largo del ladrillo 25 x 12 x 8.5 cm

**Figura 59**

Proceso de medición ancho del ladrillo 25 x 12 x 8.5 cm



Figura 60

Proceso de medición altura del ladrillo 25 x 12 x 8.5 cm



3.9.4 Objetivo específico IV: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022

Si bien este ensayo no se halla establecido en la Norma E.080 (18), su aplicación permite determinar el porcentaje de absorción promedio mediante un procedimiento de sumersión de los testigos durante 24 horas hasta que alcancen su saturación.

El equipo necesario para realizar la prueba de absorción consta de: balanza, agua potable, recipientes suficientemente grandes para colocar los ladrillos dentro, y celular. Las unidades seleccionadas fueron más homogéneas.

A continuación, se detalla el procedimiento establecido por la NTP 399.613 (51):

- Pesar los ladrillos.
- Sumergir totalmente cada testigo en agua potable durante 24 horas.
- Retirar las muestras y secar el agua excedente con un trapo.
- Pesar nuevamente.

Figura 61

Sumersión de los ladrillos en agua potable

**Figura 62**

Ladrillos desintegrados 24 horas después de la sumersión



Figura 63

Ladrillos aptos para realizar los cálculos de porcentaje de absorción



3.9.5 Objetivo específico V: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022

La Norma E.080 (18) señala que se deberán ensayar seis unidades de adobes por cada tratamiento (grupo de control y grupos experimentales), considerando los cuatro mejores resultados, con la finalidad de obtener el máximo valor promedio posible. Por otro lado, la NTP 399.613 (51) indica que se debe someter a prueba a cinco testigos como mínimo. Para la presente investigación, se evaluaron las cuatro mejores muestras de las seis elaboradas por cada tipo de tratamiento de la misma edad.

Para este ensayo en particular, se fabricaron cubos de adobe de 10 cm de lado. En el caso de las pilas, estas tuvieron dimensiones de 25 cm x 12.5 cm x 38 cm y los muretes 61.5 cm x 15 cm x 61 cm.

A continuación, se detalla el procedimiento establecido en la norma:

- Tomar las cuatro mejores muestras de las seis fabricadas por cada tipo de tratamiento (grupo de control GC-0 y grupos experimentales GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).
- Disponer cada espécimen sobre el apoyo de la máquina para que el cabezal baje aplicando un esfuerzo constante hasta que se produzca el fallo.

Figura 64

Ensayo de resistencia a la compresión axial en unidades



Figura 65

Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas



Figura 66

Ensayo de resistencia a la compresión axial en muretes



3.9.6 Objetivo específico VI: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022

A continuación, se detalla el procedimiento desarrollado para evaluar la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de Adobe Artesanal en Espinar-Cusco, 2022:

- Las muestras (pilas y muretes) deben situarse adecuadamente en la prensa. Las esquinas deberán ir apoyadas sobre soportes metálicos.
- Suministrar la carga sobre el apoyo que se encuentre en la esquina superior de del murete a velocidad constante hasta que se produzca la falla.
- Repetir el procedimiento por cada tratamiento (adobe tradicional utilizado en Espinar-Cusco, 2022, y adobe estabilizado mediante la adición de escoria de cobre al 3 %, 5 % y 7 % y cemento al 3 % y 5 %).

Figura 67

Ensayo de compresión diagonal en pilas y muretes



3.9.7 Objetivo específico VII: Analizar el costo-beneficio de la adición de escoria de cobre y cemento en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en comparación de adobes estabilizados en Espinar-Cusco, 2022

Para la determinación del costo-beneficio de la adición de escoria de cobre y cemento en el adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022, en comparación con la elaboración de adobes artesanales tradicionales utilizados en Espinar, Cusco, 2022, se procedió con la recopilación de boletas y comprobantes para adquirir los insumos, el transporte y la mano de obra.

Capítulo IV: Resultados y discusión

4.1 Resultados

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación se describen en función a los objetivos específicos establecidos en el Capítulo I, como se muestra a continuación:

4.1.1 Objetivo específico I: Detallar la composición, propiedades y procedimiento de obtención de la escoria de cobre

4.1.1.1 Composición. De acuerdo con el Informe Técnico N.º 1819-22-LABICER de fecha 05/02/2022, proporcionado por la empresa proveedora PARATODO PUNTO COM, los resultados del análisis de la muestra de escoria de cobre gruesa (ECG) con granulometría de 5 mm se indican en la Tabla 31.

Tabla 31

Composición química de la escoria de cobre

COMPUESTO	RESULTADOS
SiO ₂	35.00 %
Al ₂ O ₃	7.00 %
Fe ₂ O ₃	40.00 %
CaO	7.00 %
K ₂ O	0.10 %
Mgo	0.05 %
TiO	0.10 %
Na ₂ O	0.20 %
Sílice libre	menor al 1 %

Nota. Extraído de <http://paratodopunto.com/>

4.1.1.2 Propiedades. Las propiedades físicas y químicas se citan en la Tabla 32 y Tabla 33, sobre la base del Informe Técnico N.º 1819-22-LABICER proporcionado por la empresa proveedora PARATODO PUNTOCOM.

Tabla 32

Propiedades físicas de la escoria de cobre

INDICADORES	RESULTADOS
Granulometría	mallas N.º 4 (5 mm)
Dureza, Mohs	mayor a 6
Gravedad específica, g/ml	3.36
Apariencia y olor	Partículas negras, angulares e inodoras.
Peso, ton/m ³	1.45
Densidad a granel, Kg/m ³	2,000/2,300

Nota. Informe Técnico N.º 1819-22-LABICER

Tabla 33

Propiedades químicas de la escoria de cobre

INDICADORES	RESULTADOS
Cloruros (ppm)	25.00
Sulfatos (ppm)	102.67
pH	8.20
Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$	72.32
Solubilidad en Agua	0.02
Punto de Fusión, °C	mayor a 950 °C
Humedad, %	0.02

Nota. Informe Técnico N.º 1819-22-LABICER

4.1.1.3 Procedimiento de obtención. La escoria de cobre empleada en la investigación se obtuvo de la empresa PARA TODO PUNTOCOM E.I.R.L. De acuerdo con la bibliografía disponible, el material fue sometido a molienda para disminuir su tamaño de partícula con el objetivo de ser analizado como material cementante.

De acuerdo con la clasificación por tamaño de partícula, es posible identificar: ECG (escoria de cobre gruesa) con un tamaño de partícula entre 0,075 a 7,75 mm y ECF (escoria de cobre fina) con un tamaño de partícula inferior a 0,075 mm. El material empleado en la estabilización de adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022, posee una granulometría característica de 5 mm (malla N.º4), por lo que puede categorizarse como escoria de cobre gruesa (ECG).

Figura 68

Granulometría de la escoria de cobre



4.1.2 Objetivo específico II: Identificar las características del suelo a emplear en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en Espinar-Cusco, 2022

Se efectuaron tres clases de ensayos para realizar la caracterización del suelo: para iniciar y acorde a conocimientos empíricos, pruebas de color y de campo (color, olfato y brillo, cinta de barro y presencia de arcilla o resistencia seca). Posteriormente, se realizaron pruebas de

laboratorio: contenido de humedad, proctor estándar, granulometría por tamizado, límites de Atterberg y clasificación de suelos SUCS, tal como se muestra en las siguientes tablas:

4.1.2.1 Pruebas previas.

Tabla 34

Resultados de las pruebas previas de la muestra del suelo

TIPO	INDICADORES PRINCIPALES	RESULTADOS
Color	-Negro: orgánico	Gris claro (desaprobado)
	-Claro y brillante: inorgánico	
	-Gris claro: limoso, poco cohesivo	
Olfato	Olor rancio: orgánico	Sin olor rancio (aprobado)
Brillo	-Opaco: arenoso	Mate (aprobado)
	-Mate: limoso con poca arcilla	
	-Brillante: arcilloso	

4.1.2.2 Pruebas de campo.

4.1.2.2.1 Prueba Cinta de Barro.

Tabla 35

Resultados de la prueba Cinta de Barro

LONGITUD	INDICADOR	RESULTADO
$X \leq 5$	arenoso	X
$5 < X < 15$	arcilloso	
$15 \geq X$	muy arcilloso	

Figura 69*Longitud de la cinta de barro*

4.1.2.2.2 Prueba Presencia de Arcilla o Resistencia Seca.

Tabla 36*Resultados de la prueba Presencia de Arcilla o Resistencia Seca*

MUESTRA	INDICADORES	RESULTADOS
Esfera N.º 01	No se rompe: sí sirve, el suelo tiene arcilla	NO CUMPLE
Esfera N.º 02		CUMPLE
Esfera N.º 03	Se rompe: no sirve, al suelo le falta arcilla	CUMPLE
Esfera N.º 04		NO CUMPLE

4.1.2.3 Ensayos de caracterización del suelo.

4.1.2.3.1 Contenido de humedad (W %) (NTP 339.127) (23). En la Tabla 37 se exponen los resultados del ensayo para determinar el contenido de humedad de la muestra de suelo natural (ver Anexo 1 B).

Tabla 37*Resultados del ensayo de Contenido de Humedad*

CONTENIDO DE HUMEDAD RESULTADOS	
W (%)	11.78 %

4.1.2.3.2 Proctor Estándar (NTP 339.142) (24). En la Tabla 38 se exponen los resultados del ensayo para determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la muestra de suelo natural (ver Anexo 1 C).

Tabla 38*Resultados del ensayo Proctor Estándar*

INDICADORES	RESULTADOS
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.44
Óptimo Contenido De Humedad (%)	23.08

4.1.2.3.3 Análisis granulométrico (NTP 339.128) (26). En la Tabla 39 se exponen los resultados del ensayo de granulometría por tamizado de la muestra de suelo (ver Anexo 1 D).

Tabla 39*Resultados del ensayo de Granulometría por tamizado*

TAMICES	% QUE PASA
N.º 200	61.49 %
N.º 40	87.63 %
N.º 10	100.00 %

4.1.2.3.4 Límites de Consistencia (NTP 339.129) (27). En la Tabla 40 se exponen los resultados del ensayo de Límites de Consistencia de la muestra de suelo (ver Anexo 1 E).

Tabla 40

Resultados del ensayo de Límites de Consistencia

LÍMITES DE ATTERBERG RESULTADOS
Límite Líquido
Límite Plástico
Índice de Plasticidad

4.1.2.3.5 Clasificación de suelos (SUCS) (NTP 339.134) (28). En la Tabla 41 se exponen los resultados del ensayo de clasificación de suelos SUCS de la muestra de suelo estudiada (ver Anexo 1 E).

Tabla 41

Resultados del ensayo de clasificación de suelos SUCS

NOMENCLATURA	DENOMINACIÓN	CALIDAD
ML	Limo Arenoso	Aceptable a mala

4.1.3 Objetivo específico III: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022

Los ensayos realizados tienen como objetivo definir el porcentaje de variación dimensional promedio que presentan los ladrillos de adobe artesanal en Espinar-Cusco, 2022.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al grupo de control (GC-0), es decir, unidades de adobe artesanal tradicional sin adiciones y a los grupos

experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 Y GE-6) con porcentajes de adición de escoria de cobre en 3 %, 5 % y 7 % y cemento en 3 % y 5 % con relación al peso seco del suelo de forma alternada, siguiendo el esquema de un diseño factorial de investigación.

Tabla 42

Porcentaje de variación dimensional - TI: GC-0

MUESTRA	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm³)
1	24.09	12.03	8.11	2350.30
2	24.12	12.16	8.05	2361.06
3	24.03	12.09	8.13	2361.95
4	24.25	12.12	8.20	2410.06
DIMENSIÓN PROMEDIO	24.12	12.10	8.12	2370.84
VARIACIÓN DIMENSIONAL (%)	3.51	3.20	4.44	10.74

Tabla 43

Porcentaje de variación dimensional - TII: GE-1

MUESTRA	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm³)
1	24.29	12.13	8.17	2407.19
2	24.31	12.15	8.14	2404.28
3	24.17	12.16	8.04	2363.01
4	24.25	12.10	8.20	2406.09
DIMENSIÓN PROMEDIO	24.26	12.14	8.14	2395.14
VARIACIÓN DIMENSIONAL (%)	2.98	2.92	4.26	9.83

Tabla 44*Porcentaje de variación dimensional - TIII: GE-2*

MUESTRA	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm³)
1	24.28	12.27	8.22	2448.87
2	24.35	12.26	8.37	2498.70
3	24.32	12.29	8.30	2480.81
4	24.21	12.33	8.24	2459.72
DIMENSIÓN PROMEDIO	24.29	12.29	8.28	2472.02
VARIACIÓN DIMENSIONAL (%)	2.84	1.70	2.56	6.94

Tabla 45*Porcentaje de variación dimensional - TIV: GE-3*

MUESTRA	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm³)
1	24.49	12.28	8.26	2484.09
2	24.56	12.35	8.29	2514.49
3	24.62	12.31	8.34	2527.62
4	24.44	12.27	8.30	2488.99
DIMENSIÓN PROMEDIO	24.53	12.30	8.30	2503.80
VARIACIÓN DIMENSIONAL (%)	1.89	1.58	2.38	5.74

Tabla 46*Porcentaje de variación dimensional - TV: GE-4*

MUESTRA	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm³)
1	24.73	12.30	8.31	2527.73
2	24.87	12.42	8.38	2588.46
3	24.79	12.36	8.34	2555.41
4	24.80	12.39	8.37	2571.87
DIMENSIÓN PROMEDIO	24.80	12.37	8.35	2560.87
VARIACIÓN DIMENSIONAL (%)	0.81	1.06	1.76	3.59

Tabla 47*Porcentaje de variación dimensional - TVI: GE-5*

MUESTRA	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm³)
1	24.90	12.44	8.47	2623.63
2	24.95	12.41	8.42	2607.08
3	24.91	12.45	8.44	2617.49
4	24.96	12.47	8.46	2633.19
DIMENSIÓN PROMEDIO	24.93	12.44	8.45	2620.35
VARIACIÓN DIMENSIONAL (%)	0.28	0.46	0.62	1.35

Tabla 48*Porcentaje de variación dimensional - TVII: GE-6*

MUESTRA	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm³)
1	25.01	12.48	8.51	2656.18
2	24.99	12.50	8.50	2654.56
3	24.97	12.49	8.48	2644.70
4	24.97	12.48	8.48	2642.59
DIMENSIÓN PROMEDIO	24.99	12.49	8.49	2649.51
VARIACIÓN DIMENSIONAL (%)	0.06	0.10	0.09	0.25

La Tabla 49 permite observar que el diseño patrón (grupo de control GC-0) presenta porcentajes promedio en cuanto a longitud de 3.51 %, ancho de 3.20 %, altura de 4.44 % y volumen de 10.74 %. En el caso de los grupos experimentales, para GE-1, los resultados en relación a longitud son de 2.98 %, ancho de 2.92 %, altura de 4.26 % y volumen de 9.83 %; para GE-2 los resultados en relación a longitud, ancho, altura y volumen presentaron valores de 2.84 %, 1.70 %, 2.56 % y 6.94 %, respectivamente; para GE-3, 1.89 %, 1.58 %, 2.38 % y 5.74 %, respectivamente; para GE-4, 0.81 %, 1.06 %, 1.76 y 3.59 %, respectivamente; para GE-5, 0.28%, 0.46 %, 0.62 % y 1.35 %, respectivamente; y para GE-6, 0.06 %, 0.10 %, 0.09 % y 0.25 %, respectivamente.

Tabla 49

Resumen de los porcentajes de variación dimensional de acuerdo al tratamiento

TRATAMIENTO		DIMENSIONES			
		LONGITUD (%)	ANCHO (%)	ALTURA (%)	VOLUMEN (%)
TI	GC-0	3.51	3.20	4.44	10.74
TII	GE-1	2.98	2.92	4.26	9.83
TIII	GE-2	2.84	1.70	2.56	6.94
TIV	GE-3	1.89	1.58	2.38	5.74
TV	GE-4	0.81	1.06	1.76	3.59
TVI	GE-5	0.28	0.46	0.62	1.35
TVII	GE-6	0.06	0.10	0.09	0.25

4.1.4 Objetivo específico IV: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022

Los ensayos realizados tienen como objetivo definir el porcentaje de absorción promedio que presentan los ladrillos de adobe artesanal en Espinar-Cusco, 2022. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al grupo de control (GC-0) y a los grupos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 50*Porcentaje de absorción - TI: GC-0*

MUESTRA	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
1	3715.24	-	-
2	3752.09	-	-
3	3707.83	-	-
4	3721.16	-	-
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			INDETERMINADO

Tabla 51*Porcentaje de absorción - TII: GE-1*

MUESTRA	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
1	3715.30	4789.95	28.92
2	3720.08	-	-
3	3700.17	-	-
4	3738.06	4917.01	31.54
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			30.23

Tabla 52*Porcentaje de absorción - TIII: GE-2*

MUESTRA	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
1	3706.32	4530.65	22.24
2	3729.11	4592.58	23.15
3	3695.04	4671.24	26.42
4	3714.66	4463.27	20.15
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			22.99

Tabla 53*Porcentaje de absorción - TIV: GE-3*

MUESTRA	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
1	3705.95	4203.57	13.43
2	3716.48	4239.58	14.08
3	3733.94	4410.44	18.12
4	3729.65	4482.09	20.17
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			16.45

Tabla 54*Porcentaje de absorción - TV: GE-4*

MUESTRA	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
1	3716.98	4073.16	9.58
2	3734.54	4132.68	10.66
3	3758.15	4205.65	11.91
4	3750.42	4226.61	12.70
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			11.21

Tabla 55*Porcentaje de absorción - TVI: GE-5*

MUESTRA	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
1	3736.21	4004.16	7.17
2	3758.10	4075.44	8.44
3	3769.74	4059.82	7.69
4	3742.35	4063.06	8.57
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			7.97

Tabla 56*Porcentaje de absorción - TVII: GE-6*

MUESTRA	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
1	3752.38	3950.00	5.27
2	3739.45	3990.20	6.71
3	3798.26	4063.00	6.97
4	3765.07	3965.48	5.32
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			6.07

En la Tabla 57 se resumen los resultados del porcentaje de absorción promedio en función de los tratamientos (GC-0, GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 57*Resumen de los porcentajes de absorción de acuerdo con el tratamiento*

TRATAMIENTO	PORCENTAJES DE ABSORCIÓN PROMEDIO (%)
TI GC-0	INDETERMINADO
TII GE-1	30.23
TIII GE-2	22.99
TIV GE-3	16.45
TV GE-4	11.21
TVI GE-5	7.97
TVII GE-6	6.07

4.1.5 Objetivo específico V: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022

4.1.5.1 Influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022. Los ensayos realizados tienen como objetivo definir la resistencia a la compresión axial promedio en unidades de ladrillos de adobe artesanal en Espinar-Cusco, 2022. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al grupo de control (GC-0) y a los grupos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 Y GE-6) con porcentajes de adición de escoria de cobre en 3 %, 5 % y 7 %, y cemento en 3 % y 5 % con relación al peso seco del suelo de forma alternada, siguiendo el esquema de un diseño factorial de investigación.

Tabla 58

Esfuerzo de compresión axial en unidades - TI: GC-0

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	746.83	8.72	3.49
2	637.49	7.54	3.02
3	596.67	6.99	2.80
4	759.37	9.15	3.66
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		8.10	3.24

Tabla 59*Esfuerzo de compresión axial en unidades - TII: GE-1*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	832.67	9.14	3.66
2	724.57	8.57	3.43
3	705.00	7.92	3.17
4	801.45	9.50	3.80
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		8.78	3.51

Tabla 60*Esfuerzo de compresión axial en unidades - TIII: GE-2*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	861.23	9.82	3.93
2	1021.89	11.48	4.59
3	915.51	10.05	4.02
4	863.37	9.73	3.89
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		10.27	4.11

Tabla 61*Esfuerzo de compresión axial en unidades - TIV: GE-3*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	1098.84	11.85	4.74
2	1003.95	11.16	4.46
3	1066.83	11.71	4.68
4	1144.98	12.45	4.98
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		11.79	4.72

Tabla 62*Esfuerzo de compresión axial en unidades - TV: GE-4*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	1192.56	12.61	5.04
2	1429.56	15.18	6.07
3	1236.73	12.93	5.17
4	1322.41	13.70	5.48
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		13.61	5.44

Tabla 63*Esfuerzo de compresión axial en unidades - TVI: GE-5*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm ²)
1	1589.00	16.63	6.65
2	1384.65	14.90	5.96
3	1333.86	13.96	5.58
4	1685.05	17.28	6.91
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		15.69	6.28

Tabla 64*Esfuerzo de compresión axial en unidades - TVII: GE-6*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm ²)
1	1739.47	17.82	7.13
2	1856.88	19.10	7.64
3	1971.71	20.18	8.07
4	2137.16	21.74	8.70
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		19.71	7.88

En la Tabla 65 se resumen los resultados de las pruebas realizadas para medir la resistencia a la compresión axial en unidades (esfuerzo de compresión último promedio: f'_o , y esfuerzo de compresión admisible promedio: f_o) para cada uno de los tratamientos (GC-0, GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 65

Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión axial en unidades de acuerdo con el tratamiento

TRATAMIENTO		ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE PROMEDIO	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0
		f'ó (kg/cm ²)	fo (kg/cm ²)	
TI	GC-0	8.10	3.24	0.00%
TII	GE-1	8.78	3.51	8.43%
TIII	GE-2	10.27	4.11	26.79%
TIV	GE-3	11.79	4.72	45.59%
TV	GE-4	13.61	5.44	67.96%
TVI	GE-5	15.69	6.28	93.73%
TVII	GE-6	19.71	7.88	143.33%

4.1.5.2 Influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en pilas de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022. Los ensayos realizados tienen como objetivo definir la resistencia a la compresión axial promedio en pilas de ladrillos de adobe artesanal en Espinar-Cusco, 2022. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al grupo de control (GC-0) y a los grupos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6) con porcentajes de adición de escoria de cobre en 3 %, 5 % y 7 %, y cemento en 3 % y 5 % con relación al peso seco del suelo de forma alternada, siguiendo el esquema de un diseño factorial de investigación.

Tabla 66*Esfuerzo de compresión axial en pilas - TI: GC-0*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	3551.46	11.85	4.74
2	3947.81	13.51	5.40
3	4439.94	14.94	5.98
4	3030.77	10.24	4.10
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		12.64	5.05

Tabla 67*Esfuerzo de compresión axial en pilas - TII: GE-1*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	4922.04	16.74	6.70
2	4300.72	14.35	5.74
3	4100.10	13.91	5.56
4	4442.73	14.87	5.95
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		14.97	5.99

Tabla 68*Esfuerzo de compresión axial en pilas - TIII: GE-2*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	3768.08	12.51	5.00
2	4842.71	16.07	6.43
3	4427.05	14.65	5.86
4	4990.28	16.84	6.74
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		15.02	6.01

Tabla 69*Esfuerzo de compresión axial en pilas - TIV: GE-3*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	5240.99	17.23	6.89
2	4733.34	15.67	6.27
3	5446.81	18.06	7.22
4	4542.73	15.13	6.05
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		16.52	6.61

Tabla 70*Esfuerzo de compresión axial en pilas - TV: GE-4*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	4851.65	16.08	6.43
2	5708.95	18.70	7.48
3	6229.09	20.47	8.19
4	5547.77	17.99	7.20
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		18.31	7.32

Tabla 71*Esfuerzo de compresión axial en pilas - TVI: GE-5*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	5521.87	17.92	7.17
2	5765.82	19.11	7.64
3	6538.61	21.47	8.59
4	6030.57	19.85	7.94
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		19.59	7.84

Tabla 72

Esfuerzo de compresión axial en pilas - TVII: GE-6

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm ²)
1	6768.54	21.86	8.74
2	7537.31	24.51	9.80
3	7149.68	22.98	9.19
4	6961.90	22.74	9.10
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		23.02	9.21

En la Tabla 73 se resumen los resultados de las pruebas realizadas para medir la resistencia a la compresión axial en pilas (esfuerzo de compresión último promedio: f'_m y esfuerzo de compresión admisible promedio: f_m , para cada uno de los tratamientos (GC-0, GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 73

Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión axial en pilas de acuerdo con el tratamiento

TRATAMIENTO		ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO f'_m (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE PROMEDIO f_m (kg/cm ²)	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0
TI	GC-0	12.64	5.05	0.00 %
TII	GE-1	14.97	5.99	18.46 %
TIII	GE-2	15.02	6.01	18.86 %
TIV	GE-3	16.52	6.61	30.77 %
TV	GE-4	18.31	7.32	44.91 %
TVI	GE-5	19.59	7.84	55.03 %
TVII	GE-6	23.02	9.21	82.21 %

4.1.5.3 Influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022. Los ensayos realizados tienen como objetivo definir la resistencia a la compresión axial promedio en muretes de ladrillos de adobe artesanal en Espinar-Cusco, 2022. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al grupo de control (GC-0) y a los grupos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6) con porcentajes de adición de escoria de cobre en 3 %, 5 % y 7 %, y cemento en 3 % y 5 % con relación al peso seco del suelo de forma alternada, siguiendo el esquema de un diseño factorial de investigación.

Tabla 74

Esfuerzo de compresión axial en muretes - TI: GC-0

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	15856.89	18.26	7.30
2	16746.41	19.41	7.76
3	14929.60	17.64	7.06
4	13599.47	15.67	6.27
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		17.75	7.10

Tabla 75

Esfuerzo de compresión axial en muretes - TII: GE-1

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	19303.63	22.16	8.86
2	16930.44	19.37	7.75
3	19029.83	22.03	8.81
4	17964.60	20.48	8.19
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		21.01	8.40

Tabla 76*Esfuerzo de compresión axial en muretes - TIII: GE-2*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	21758.19	25.01	10.00
2	19633.49	22.19	8.88
3	19838.61	22.48	8.99
4	20962.89	23.75	9.50
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		23.36	9.34

Tabla 77*Esfuerzo de compresión axial en muretes - TIV: GE-3*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	23998.73	26.80	10.72
2	21608.35	24.17	9.67
3	21183.52	24.33	9.73
4	20629.32	22.95	9.18
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		24.56	9.83

Tabla 78*Esfuerzo de compresión axial en muretes - TV: GE-4*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	24702.26	27.95	11.18
2	22866.93	25.42	10.17
3	26474.86	29.63	11.85
4	23333.75	26.17	10.47
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		27.29	10.92

Tabla 79*Esfuerzo de compresión axial en muretes - TVI: GE-5*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	25872.09	28.42	11.37
2	23910.27	26.74	10.70
3	25327.81	28.06	11.22
4	27359.48	30.07	12.03
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		28.32	11.33

Tabla 80*Esfuerzo de compresión axial en muretes - TVII: GE-6*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm²)
1	29297.86	32.08	12.83
2	27744.02	30.45	12.18
3	29347.85	31.94	12.78
4	29714.07	32.15	12.86
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		31.66	12.66

En la Tabla 81 se resumen los resultados de las pruebas realizadas para medir la resistencia a la compresión axial en muretes (esfuerzo de compresión último promedio: f'_m , y esfuerzo de compresión admisible promedio: f_m) para cada uno de los tratamientos (GC-0, GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 81

Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión axial en muretes de acuerdo con el tratamiento

TRATAMIENTO		ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE PROMEDIO	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0
		f'm (kg/cm ²)	fm (kg/cm ²)	
TI	GC-0	17.75	7.10	0.00%
TII	GE-1	21.01	8.40	18.40%
TIII	GE-2	23.36	9.34	31.63%
TIV	GE-3	24.56	9.83	38.42%
TV	GE-4	27.29	10.92	53.80%
TVI	GE-5	28.32	11.33	59.61%
TVII	GE-6	31.66	12.66	78.39%

4.1.6 Objetivo específico VI: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022

4.1.6.1 Influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022. Los ensayos realizados tienen como objetivo definir la resistencia a la compresión diagonal promedio en pilas de ladrillos de adobe artesanal en Espinar-Cusco, 2022. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al grupo de control (GC-0) y a los grupos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6) con porcentajes de adición de escoria de cobre en 3 %, 5 % y 7 %, y cemento en 3 % y 5 % con relación al peso seco del suelo de forma alternada, siguiendo el esquema de un diseño factorial de investigación.

Tabla 82*Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TI: GC-0*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm²)
1	344.27	0.60	0.24
2	732.95	1.25	0.50
3	502.03	0.88	0.35
4	264.29	0.45	0.18
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		0.80	0.32

Tabla 83*Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TII: GE-1*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm²)
1	783.43	1.34	0.54
2	472.30	0.82	0.33
3	558.27	0.93	0.37
4	694.27	1.17	0.47
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		1.07	0.43

Tabla 84*Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TIII: GE-2*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm ²)
1	668.90	1.13	0.45
2	854.60	1.47	0.59
3	538.24	0.90	0.36
4	722.60	1.24	0.50
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		1.19	0.47

Tabla 85*Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TIV: GE-3*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm ²)
1	760.44	1.27	0.51
2	646.94	1.06	0.42
3	722.48	1.19	0.48
4	570.70	0.95	0.38
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		1.12	0.45

Tabla 86*Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TV: GE-4*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm ²)
1	694.23	1.15	0.46
2	657.68	1.09	0.44
3	935.97	1.52	0.61
4	785.09	1.30	0.52
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		1.27	0.51

Tabla 87*Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TVI: GE-5*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm ²)
1	873.55	1.45	0.58
2	817.67	1.33	0.53
3	1067.06	1.75	0.70
4	644.60	1.07	0.43
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		1.40	0.56

Tabla 88*Esfuerzo de compresión diagonal en pilas - TVII: GE-6*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm ²)
1	851.79	1.37	0.55
2	1187.55	1.92	0.77
3	1132.32	1.83	0.73
4	707.54	1.15	0.46
ESFUERZO DE COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)		1.57	0.63

En la Tabla 89 se resumen los resultados de las pruebas realizadas para medir la resistencia a la compresión diagonal en pilas (esfuerzo de compresión último promedio: f'_t , y esfuerzo de compresión admisible al corte promedio: V_m) para cada uno de los tratamientos (GC-0, GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 89

Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal en pilas de acuerdo con el tratamiento

TRATAMIENTO		ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE PROMEDIO	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0
		f't (kg/cm ²)	Vm (kg/cm ²)	
TI	GC-0	0.80	0.32	0.00 %
TII	GE-1	1.07	0.43	33.96 %
TIII	GE-2	1.19	0.47	49.06 %
TIV	GE-3	1.12	0.45	40.57 %
TV	GE-4	1.27	0.51	59.12 %
TVI	GE-5	1.40	0.56	76.10 %
TVII	GE-6	1.57	0.63	97.17 %

4.1.6.2 Influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

Los ensayos realizados tienen como objetivo definir la resistencia a la compresión diagonal promedio en muretes de ladrillos de adobe artesanal en Espinar-Cusco, 2022. Se exponen a continuación los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al grupo de control (GC-0) y a los grupos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6) con porcentajes de adición de escoria de cobre en 3 %, 5 % y 7 %, y cemento en 3 % y 5 % en relación al peso seco del suelo de forma alternada, siguiendo el esquema de un diseño factorial de investigación.

Tabla 90*Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TI: GC-0*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm²)
1	4322.21	2.56	1.02
2	5252.31	3.05	1.22
3	4004.14	2.37	0.95
4	4232.90	2.45	0.98
RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm²)		2.61	1.04

Tabla 91*Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TII: GE-1*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm²)
1	6634.54	3.82	1.53
2	6482.10	3.75	1.50
3	5483.15	3.21	1.28
4	6144.66	3.56	1.42
RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm²)		3.59	1.43

Tabla 92*Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TIII: GE-2*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm²)
1	6833.67	3.97	1.59
2	7886.36	4.52	1.81
3	7384.27	4.22	1.69
4	7621.11	4.39	1.76
RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm²)		4.28	1.71

Tabla 93*Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TIV: GE-3*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm²)
1	8142.00	4.61	1.84
2	8420.48	4.78	1.91
3	9359.50	5.24	2.10
4	10454.52	5.93	2.37
RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm²)		5.14	2.06

Tabla 94*Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TV: GE-4*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm²)
1	11008.41	6.17	2.47
2	9548.08	5.32	2.13
3	11069.24	6.14	2.46
4	11349.20	6.35	2.54
RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm²)		6.00	2.40

Tabla 95*Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TVI: GE-5*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm²)
1	10926.12	6.09	2.44
2	12254.66	6.92	2.77
3	11620.48	6.37	2.55
4	11929.39	6.70	2.68
RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm²)		6.52	2.61

Tabla 96*Esfuerzo de compresión diagonal en muretes - TVII: GE-6*

MUESTRA	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE (kg/cm ²)
1	14384.92	7.85	3.14
2	15682.22	8.64	3.46
3	14902.22	8.10	3.24
4	13017.48	7.18	2.87
RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm²)		7.94	3.18

En la Tabla 97 se resumen los resultados de las pruebas realizadas para medir la resistencia a la compresión diagonal en muretes (esfuerzo de compresión último promedio: f'_t , y esfuerzo de compresión admisible al corte promedio: V_m) para cada uno de los tratamientos (GC-0, GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 97

Resumen de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal en muretes de acuerdo con el tratamiento

TRATAMIENTO		ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO f'_t (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ADMISIBLE AL CORTE PROMEDIO V_m (kg/cm ²)	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0
TI	GC-0	2.61	1.04	0.00 %
TII	GE-1	3.59	1.43	37.49 %
TIII	GE-2	4.28	1.71	63.95 %
TIV	GE-3	5.14	2.06	97.12 %
TV	GE-4	6.00	2.40	129.91 %
TVI	GE-5	6.52	2.61	150.05 %
TVII	GE-6	7.94	3.18	204.60 %

4.1.7 Objetivo específico VII: Analizar el costo-beneficio de la adición de escoria de cobre y cemento en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en comparación con adobes estabilizados en Espinar-Cusco, 2022

Con el objetivo de comparar el costo de fabricación de las unidades de adobe tradicional y adobe estabilizado en Espinar-Cusco, 2022, es necesario determinar, a su vez, el costo de materiales, mano de obra y herramientas requeridas de acuerdo con los tratamientos de adición de escoria de cobre y cemento.

El costo estimado por kg de escoria de cobre se calculó sobre la base del costo del insumo (S/.18.00 el saco de 50 kg), cuyo valor total es de S/.180.00. A ello se deberá adicionar el costo de la movilidad, que es de S/.135.00, lo que suma un total de S/.315.00. Es importante considerar el costo del envío desde Lima a la provincia de Espinar, Cusco (S/.804.00) y el costo del transporte en la ciudad de Espinar (S/.35.00).

Tabla 98

Costo estimado de la escoria de cobre por kg

COSTO DE LA ESCORIA DE COBRE	
Insumo + movilidad	S/.315.00
Envío (Lima-Espinar)	S/.804.00
Transporte en la ciudad de Espinar	S/.35.00
Costo Total	S/1154.00
Costo estimado por kg	S/. 2.31

Las bolsas de cemento Portland tipo IP (42.50kg) tuvieron un costo promedio de S/.24.70. El costo por kg es de S/.0.58, S/.0.02 por litro de agua, S/.1.50 el kg de paja y S/.15.58 es el jornal de los peones; además del 3 % de mano de obra para herramientas manuales.

En la Tabla 99, que se presenta a continuación, se precisa el costo de los materiales empleados en la fabricación de los adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022.

Tabla 99

Costo de los materiales para la fabricación de adobes

INSUMO	UNIDAD	COSTO
Tierra seleccionada	m ³	S/.5.00
Agua	lt	S/.0.02
Paja	kg	S/.1.50
Escoria de cobre	kg	S/.2.31
Cemento	kg	S/.0.58

Es necesario determinar la cantidad del material empleado por tratamiento en ladrillos de dimensiones 25 x 12.5 x 8.5 cm (tipo A) con volumen de 0.00265625 m³, como se muestra en la Tabla 100.

Tabla 100

Dosificación de materiales para ladrillos tipo A

PESO	TRATAMIENTO						
	TI: GC- 0	TII: GE- 1	TIII: GE- 2	TIV: GE- 3	TV: GE- 4	TVI: GE- 5	TVII: GE- 6
Suelo (kg)	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80
Agua 20 % (lt)	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Escoria de cobre (Kg)	0.00	0.11	0.11	0.19	0.19	0.27	0.27
Cemento (kg)	0.00	0.11	0.19	0.11	0.19	0.11	0.19

4.2 Prueba de Hipótesis

4.2.1 Tratamiento de data

Utilizando el programa SPSS y Microsoft Office Excel, y con la finalidad de realizar el análisis estadístico descriptivo e inferencial de los resultados obtenidos en la investigación sobre la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en las propiedades físico-mecánicas del adobe artesanal en Espinar-Cusco, 2022, se presenta, a continuación, la verificación de las hipótesis específicas III, IV, V y VI.

4.2.1.1 Hipótesis específica III: La adición de escoria de cobre y cemento reduce la variabilidad dimensional en las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

4.2.1.1.1 Variabilidad dimensional respecto a la longitud.

Planteamiento de la prueba de hipótesis.

Hipótesis nula (H₀): La adición de escoria de cobre y cemento **no reduce** la variabilidad dimensional respecto a la longitud en las unidades de adobe artesanal estabilizado utilizado en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (H_a): La adición de escoria de cobre y cemento **reduce** la variabilidad dimensional respecto a la longitud en las unidades de adobe artesanal estabilizado utilizado en Espinar-Cusco, 2022.

Análisis descriptivo de los ensayos de variabilidad dimensional respecto a la longitud.

Como se puede observar en la Tabla 108, los valores promedio de los porcentajes de variación dimensional respecto a la longitud para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 3.51 %, 2.98 %, 2.84 %, 1.89 %, 0.81 %, 0.28 % y 0.06 %, respectivamente.

Tabla 108*Análisis descriptivo de los resultados de variabilidad dimensional - longitud*

TRATAMIENTOS	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TRATAMIENTO I: GC-0	4	0,88 %	3,00 %	3,8 8%	3,5100 %	0,37148 %	,138
TRATAMIENTO II: GE-1	4	0,56 %	2,76 %	3,32 %	2,9800 %	0,24766 %	,061
TRATAMIENTO III: GE-2	4	0,56 %	2,60 %	3,16 %	2,8400 %	0,24221 %	,059
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	0,72 %	1,52 %	2,24 %	1,8900 %	0,31559 %	,100
TRATAMIENTO V: GE-4	4	0,56 %	0,52 %	1,08 %	0,8100 %	0,22949 %	,053
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	0,24 %	0,16 %	0,40 %	0,2800 %	0,11776 %	,014
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	0,16 %	-0,04 %	0,12 %	0,0600 %	0,07659 %	,006

Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk.

De acuerdo con la Tabla 109, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.671, 0.538, 0.792, 0.908, 0.843, 0.348 y 0.272, respectivamente. Estos valores superan 0.05, admitiendo así la hipótesis nula (Ho) y confirmando que los datos presentan una distribución normal. De esta manera, se justifica la utilización de la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

Tabla 109

Resultados de la prueba de normalidad - variabilidad dimensional (longitud)

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO I: GC-0	,261	4	.	,943	4	,671
TRATAMIENTO II: GE-1	,218	4	.	,920	4	,538
TRATAMIENTO III: GE-2	,190	4	.	,962	4	,792
TRATAMIENTO IV: GE-3	,183	4	.	,981	4	,908
TRATAMIENTO V: GE-4	,233	4	.	,970	4	,843
TRATAMIENTO VI: GE-5	,252	4	.	,882	4	,348
TRATAMIENTO VII: GE-6	,283	4	.	,863	4	,272

Prueba de homogeneidad: prueba de Levene.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 110) en relación con el supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$ ($0.364 > 0.05$), y se afirma la hipótesis nula (H_0) referida a varianzas iguales.

Tabla 110

Resultados de la prueba de homogeneidad - variabilidad dimensional (longitud)

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,161	6	21	,364

Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student.

Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el

tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 111

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - variabilidad dimensional (longitud)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,324	,590	2,374	6	,055	0,53000 %	0,22323 %	-0,01623%	1,07623 %
		2,374	5,227	,061	0,53000 %	0,22323 %	-0,03643%	1,09643 %

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.324$, $p>0.05$ ($0.590>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0) con $p>0.05$ ($p=0.055$).

Tabla 112

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - variabilidad dimensional (longitud)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,337	,583	3,022	6	,023	0,67000 %	0,22174 %	0,12743%	1,21257 %
		3,022	5,160	,028	0,67000 %	0,22174 %	0,10530%	1,23470 %

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.337$, $p>0.05$ ($0.583>0.05$), para admitir la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a) con $p\leq 0.05$ ($p=0.023$).

Tabla 113

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - variabilidad dimensional (longitud)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,001	,971	6,647	6	,001	1,62000 %	0,24372 %	1,02364%	2,21636 %
		6,647	5,847	,001	1,62000 %	0,24372 %	1,01984%	2,22016 %

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.001$, $p>0.05$ ($0.971>0.05$), para admitir la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a) con $p\leq 0.05$ ($p=0.001$).

Tabla 114

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - variabilidad dimensional (longitud)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,596	,469	12,367	6	,000	2,70000 %	0,21833 %	2,16577%	3,23423 %
		12,367	4,999	,000	2,70000 %	0,21833 %	2,13873%	3,26127 %

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.596$, $p>0.05$ ($0.469>0.05$), para admitir la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a) con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 115

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - variabilidad dimensional (longitud)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
1,854	,222	16,577	6	,000	3,23000 %	0,19485 %	2,75322%	3,70678%
		16,577	3,597	,000	3,23000 %	0,19485 %	2,66424%	3,79576%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=1.854$, $p>0.05$ ($0.222>0.05$), para admitir la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (Ha) con $p \leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 116

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - variabilidad dimensional (longitud)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
2,905	,139	18,192	6	,000	3,45000 %	0,18965 %	2,98595%	3,91405%
		18,192	3,255	,000	3,45000 %	0,18965 %	2,87230%	4,02770%

La prueba de Levene con parámetros de $F=2.905$, $p>0.05$, siendo $0.139>0.05$, permite admitir la hipótesis nula (Ho) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (Ha) con $p \leq 0.05$ ($p=0.000$).

Prueba ANOVA

De acuerdo con la Tabla 117, el $p\text{-valor} \leq 0.05$ ($0.000 \leq 0.05$), lo cual niega la hipótesis nula (Ho) y, por lo tanto, confirma la hipótesis alterna (Ha), concluyendo así que los tratamientos son diferentes; en consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional, respecto a la longitud, se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 117*Resultados de la prueba ANOVA - variabilidad dimensional (longitud)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	46,867	6	7,811	127,158	,000
Intra-grupos	1,290	21	,061		
Total	48,157	27			

Prueba DUNCAN o T modificado.

La Tabla 118 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo para reducir el porcentaje de variación dimensional respecto a la longitud. Se puede observar también que los tratamientos TII y TIII presentan valores muy similares, lo que indica que no existen variaciones significativas con relación a los añadidos propios de estos casos.

Tabla 118*Resultados de la prueba DUNCAN - variabilidad dimensional (longitud)*

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	0,0600 %				
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	0,2800 %				
TRATAMIENTO V: GE-4	4		0,8100 %			
TRATAMIENTO IV: GE-3	4			1,8900 %		
TRATAMIENTO III: GE-2	4				2,8400 %	
TRATAMIENTO II: GE-1	4				2,9800 %	
TRATAMIENTO I: GC-0	4					3,5100 %
Sig.		,223	1,000	1,000	,433	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

4.2.1.1.2 Variabilidad dimensional respecto al ancho.

Planteamiento de la prueba de hipótesis.

Hipótesis nula (H₀): La adición de escoria de cobre y cemento **no reduce** la variabilidad dimensional respecto al ancho en las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (H_a): La adición de escoria de cobre y cemento **reduce** la variabilidad dimensional respecto al ancho en las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Análisis descriptivo de los ensayos de variabilidad dimensional respecto al ancho.

Como se puede observar en la Tabla 119, los valores promedio de los porcentajes de variación dimensional respecto al ancho para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 3.20 %, 2.92 %, 1.70 %, 1.58 %, 1.06 % y 0.46 % y 0.10%, respectivamente.

Tabla 119

Análisis descriptivo de los resultados de variabilidad dimensional - ancho

TRATAMIENTOS	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TRATAMIENTO I: GC-0	4	1,04 %	2,72 %	3,76 %	3,2000 %	0,43818 %	,192
TRATAMIENTO II: GE-1	4	0,48 %	2,72 %	3,20 %	2,9200 %	0,21166 %	,045
TRATAMIENTO III: GE-2	4	0,56 %	1,36 %	1,92 %	1,7000 %	0,24766 %	,061
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	0,64 %	1,20 %	1,84 %	1,5800 %	0,28752 %	,083
TRATAMIENTO V: GE-4	4	0,96 %	0,64 %	1,60 %	1,0600 %	0,40988 %	,168
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	0,48 %	0,24 %	0,72 %	0,4600 %	0,20000 %	,040
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	0,16 %	0,00 %	0,16 %	0,1000 %	0,07659 %	,006

Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk.

De acuerdo con la Tabla 120, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.951, 0.689, 0.538, 0.584, 0.850, 0.911 y 0.272, respectivamente. Estos valores superan 0.05, lo que permite admitir la hipótesis nula (Ho), y confirma que los datos presentan una distribución normal. Se optará por la utilización de la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

Tabla 120

Resultados de la prueba de normalidad - variabilidad dimensional (ancho)

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO I: GC-0	,178	4	.	,989	4	,951
TRATAMIENTO II: GE-1	,215	4	.	,946	4	,689
TRATAMIENTO III: GE-2	,218	4	.	,920	4	,538
TRATAMIENTO IV: GE-3	,234	4	.	,928	4	,584
TRATAMIENTO V: GE-4	,192	4	.	,971	4	,850
TRATAMIENTO VI: GE-5	,210	4	.	,982	4	,911
TRATAMIENTO VII: GE-6	,283	4	.	,863	4	,272

Prueba de homogeneidad: prueba de Levene.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 121) con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$ ($0.257 > 0.05$), afirmando la hipótesis nula (Ho) referida a varianzas iguales.

Tabla 121

Resultados de la prueba de homogeneidad - variabilidad dimensional (ancho)

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,410	6	21	,257

Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student.

Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 122

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - variabilidad dimensional (ancho)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
1,548	,260	1,151	6	,294	0,28000 %	0,24331 %	-0,31536%	0,87536 %
		1,151	4,328	,309	0,28000 %	0,24331 %	-0,37583%	0,93583 %

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=1.548$, $p>0.05$ ($0.260>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0), con $p>0.05$ ($p=0.294$).

Tabla 123

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - variabilidad dimensional (ancho)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
1,065	,342	5,960	6	,001	1,50000 %	0,25166 %	0,88421%	2,11579 %
		5,960	4,739	,002	1,50000 %	0,25166 %	0,84223%	2,15777 %

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=1.065$, $p>0.05$ ($0.342>0.05$), lo cual permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a) con $p\leq 0.05$ ($p=0.001$).

Tabla 124

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - variabilidad dimensional (ancho)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,543	,489	6,182	6	,001	1,62000 %	0,26204 %	0,97880%	2,26120 %
		6,182	5,179	,001	1,62000 %	0,26204 %	0,95335%	2,28665 %

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.543$, $p>0.05$ ($0.489>0.05$), lo cual permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a) con $p \leq 0.05$ ($p=0.001$).

Tabla 125

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - variabilidad dimensional (ancho)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,015	,905	7,133	6	,000	2,14000%	0,30000%	1,40593%	2,87407%
		7,133	5,973	,000	2,14000%	0,30000%	1,40513%	2,87487%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.015$; $p>0.05$ ($0.905>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a) con $p \leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 126

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - variabilidad dimensional (ancho)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
1,869	,221	11,377	6	,000	2,74000%	0,24083%	2,15071%	3,32929%
		11,377	4,198	,000	2,74000%	0,24083%	2,08360%	3,39640%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=1.869$, $p>0.05$ ($0.221>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a) con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 127

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - variabilidad dimensional (ancho)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
4,783	,071	13,938	6	,000	3,10000%	0,22241%	2,55578%	3,64422%
		13,938	3,183	,001	3,10000%	0,22241%	2,41468%	3,78532%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=4.783$, $p>0.05$ ($0.071>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a) con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Prueba ANOVA

De acuerdo con la Tabla 128, el $p\text{-valor}\leq 0.05$ ($0.000\leq 0.05$), lo cual niega la hipótesis nula (H_0) y, por lo tanto, confirma la hipótesis alterna (H_a), concluyendo así que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional respecto al ancho se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 128

Resultados de la prueba ANOVA - variabilidad dimensional (ancho)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	32,597	6	5,433	63,952	,000
Intra-grupos	1,784	21	,085		
Total	34,381	27			

Prueba DUNCAN o T modificado.

La Tabla 129 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento. Es el más efectivo para reducir el porcentaje de variación dimensional respecto al ancho. Se puede observar también que los tratamientos TI y TII presentan valores muy similares, al igual que TIII y TIV, lo que indica que no existen variaciones significativas en relación a los añadidos propios de estos casos.

Tabla 129

Resultados de la prueba DUNCAN - variabilidad dimensional (ancho)

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	0,1000%			
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	0,4600%			
TRATAMIENTO V: GE-4	4		1,0600%		
TRATAMIENTO IV: GE-3	4			1,5800%	
TRATAMIENTO III: GE-2	4			1,7000%	
TRATAMIENTO II: GE-1	4				2,9200%
TRATAMIENTO I: GC-0	4				3,2000%
Sig.		,095	1,000	,567	,189

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

4.2.1.1.3 Variabilidad dimensional respecto a la altura

Planteamiento de la prueba de hipótesis.

Hipótesis nula (H0): La adición de escoria de cobre y cemento **no reduce** la variabilidad dimensional respecto a la altura en las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (Ha): La adición de escoria de cobre y cemento **reduce** la variabilidad dimensional respecto a la altura en las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Análisis descriptivo de los ensayos de variabilidad dimensional respecto a la altura.

Como se puede observar en la Tabla 130, los valores promedio de los porcentajes de variación dimensional respecto a la altura para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 4.44 %, 4.26 %, 2.56 %, 2.38 %, 1.76 %, 0.62 % y 0.09%, respectivamente.

Tabla 130

Análisis descriptivo de los resultados de variabilidad dimensional - altura

TRATAMIENTOS	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TRATAMIENTO I: GC-0	4	1,76%	3,53%	5,29%	4,4412%	0,72761%	,529
TRATAMIENTO II: GE-1	4	1,88%	3,53%	5,41%	4,2647%	0,81720%	,668
TRATAMIENTO III: GE-2	4	1,76%	1,53%	3,29%	2,5588%	0,79430%	,631
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	0,94%	1,88%	2,82%	2,3824%	0,38871%	,151
TRATAMIENTO V: GE-4	4	0,82%	1,41%	2,24%	1,7647%	0,37203%	,138
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	0,59%	0,35%	0,94%	0,6176%	0,26087%	,068
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	0,35%	-0,12%	0,24%	0,0941%	0,17291%	,030

Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk.

De acuerdo con la Tabla 131, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.941, 0.498, 0.624, 0.900, 0.653, 0.798 y 0.262, respectivamente. Estos valores superan 0.05, y se admite así la hipótesis nula (Ho), confirmando que los datos presentan una distribución normal. Se optará por la utilización de la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

Tabla 131

Resultados de la prueba de normalidad - variabilidad dimensional (altura)

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO I: GC-0	,202	4	.	,987	4	,941
TRATAMIENTO II: GE-1	,264	4	.	,913	4	,498
TRATAMIENTO III: GE-2	,235	4	.	,935	4	,624
TRATAMIENTO IV: GE-3	,220	4	.	,980	4	,900
TRATAMIENTO V: GE-4	,236	4	.	,940	4	,653
TRATAMIENTO VI: GE-5	,214	4	.	,963	4	,798
TRATAMIENTO VII: GE-6	,293	4	.	,860	4	,262

Prueba de homogeneidad: prueba de Levene.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 132) con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$ ($0.206 > 0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (Ho) referida a varianzas iguales.

Tabla 132

Resultados de la prueba de homogeneidad - variabilidad dimensional (altura)

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,566	6	21	,206

Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student.

Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 133

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - variabilidad dimensional (altura)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,051	,829	,323	6	,758	0,17647%	0,54709%	-1,16221%	1,51515%
		,323	5,921	,758	0,17647%	0,54709%	-1,16656%	1,51950%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.051$, $p>0.05$ ($0.829>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0), con $p>0.05$ ($p=0.758$).

Tabla 134

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - variabilidad dimensional (altura)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,174	,691	3,495	6	,013	1,88235%	0,53859%	0,56447%	3,20024%
		3,495	5,954	,013	1,88235%	0,53859%	0,56202%	3,20269%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.174$, $p>0.05$ ($0.691>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.013$).

Tabla 135

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - variabilidad dimensional (altura)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,873	,386	4,992	6	,002	2,05882%	0,41246%	1,04956%	3,06809%
		4,992	4,583	,005	2,05882%	0,41246%	0,96890%	3,14875%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.873$, $p>0.05$ ($0.386>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p \leq 0.05$ ($p = 0.002$).

Tabla 136

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - variabilidad dimensional (altura)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,774	,413	6,550	6	,001	2,67647%	0,40860%	1,67666%	3,67628%
		6,550	4,468	,002	2,67647%	0,40860%	1,58740%	3,76555%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F = 0.774$, $p > 0.05$ ($0.413 > 0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p \leq 0.05$ ($p = 0.001$).

Tabla 137

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - variabilidad dimensional (altura)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
1,667	,244	9,893	6	,000	3,82353%	0,38648%	2,87785%	4,76921%
		9,893	3,759	,001	3,82353%	0,38648%	2,72277%	4,92429%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=1.667$, $p>0.05$ ($0.244>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 138

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - variabilidad dimensional (altura)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
2,583	,159	11,625	6	,000	4,34706%	0,37393%	3,43207%	5,26204%
		11,625	3,338	,001	4,34706%	0,37393%	3,22234%	5,47178%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=2.583$, $p>0.05$ ($0.159>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Prueba ANOVA

De acuerdo con la Tabla 139, el $p\text{-valor}\leq 0.05$ ($0.000\leq 0.05$), lo que permite negar la hipótesis nula (H_0) y, por lo tanto, confirma la hipótesis alterna (H_a), concluyendo así que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional respecto a la altura se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 139*Resultados de la prueba ANOVA - variabilidad dimensional (altura)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	66,005	6	11,001	34,756	,000
Intra-grupos	6,647	21	,317		
Total	72,651	27			

Prueba DUNCAN o T modificado.

La Tabla 140 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento es el más efectivo para reducir el porcentaje de variación dimensional respecto a la altura. Se puede observar también que los tratamientos TI Y TII presentan valores muy similares, al igual que TIII y TIV, lo que indica que no existen variaciones significativas con relación a los añadidos propios de estos casos.

Tabla 140*Resultados de la prueba DUNCAN - variabilidad dimensional (altura)*

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	0,0941%		
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	0,6176%		
TRATAMIENTO V: GE-4	4		1,7647%	
TRATAMIENTO IV: GE-3	4		2,3824%	
TRATAMIENTO III: GE-2	4		2,5588%	
TRATAMIENTO II: GE-1	4			4,2647%
TRATAMIENTO I: GC-0	4			4,4412%
Sig.		,202	,071	,662

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

4.2.1.1.4 Variabilidad dimensional respecto al volumen.

Planteamiento de la prueba de hipótesis.

Hipótesis nula (H₀): La adición de escoria de cobre y cemento **no reduce** la variabilidad dimensional respecto al volumen en las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (H_a): La adición de escoria de cobre y cemento **reduce** la variabilidad dimensional respecto al volumen en las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Análisis descriptivo de los ensayos de variabilidad dimensional respecto al volumen.

Como se puede observar en la Tabla 141, los valores promedio de los porcentajes de variación dimensional respecto al volumen para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 10.74 %, 9.83 %, 6.94 %, 5.74 %, 3.59 %, 1.35 % y 0.25 %, respectivamente.

Tabla 141

Análisis descriptivo de los resultados de variabilidad dimensional - volumen

TRATAMIENTOS	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TRATAMIENTO I: GC-0	4	2,25%	9,27%	11,52%	10,7448%	1,00431%	1,009
TRATAMIENTO II: GE-1	4	1,66%	9,38%	11,04%	9,8299%	0,80764%	,652
TRATAMIENTO III: GE-2	4	1,88%	5,93%	7,81%	6,9356%	0,83528%	,698
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	1,64%	4,84%	6,48%	5,7393%	0,78051%	,609
TRATAMIENTO V: GE-4	4	2,29%	2,55%	4,84%	3,5909%	0,97455%	,950
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	0,98%	0,87%	1,85%	1,3516%	0,41227%	,170
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	0,51%	0,00%	0,51%	0,2538%	0,25820%	,067

Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk.

De acuerdo con la Tabla 142, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.095, 0.007, 0.814, 0.456, 0.925, 0.998 y 0.243, respectivamente. Estos valores superan 0.05, admitiendo así la hipótesis nula (Ho) y confirmando que los datos presentan una distribución normal. Se optará por utilizar la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

El único caso que difiere es el del TII: GE-1, con $p \leq 0.05$ ($0.007 \leq 0.05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula, confirmando que este valor no presenta una distribución normal en contraste con todos los demás datos.

Tabla 142

Resultados de la prueba de normalidad - variabilidad dimensional (volumen)

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO I: GC-0	,381	4	.	,796	4	,095
TRATAMIENTO II: GE-1	,415	4	.	,681	4	,007
TRATAMIENTO III: GE-2	,210	4	.	,966	4	,814
TRATAMIENTO IV: GE-3	,262	4	.	,905	4	,456
TRATAMIENTO V: GE-4	,167	4	.	,984	4	,925
TRATAMIENTO VI: GE-5	,147	4	.	,999	4	,998
TRATAMIENTO VII: GE-6	,269	4	.	,855	4	,243

Prueba de homogeneidad: prueba de Levene.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 143) con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$ ($0.272 > 0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) referida a varianzas iguales.

Tabla 143

Resultados de la prueba de homogeneidad - variabilidad dimensional (volumen)

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,372	6	21	,272

Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student.

Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 144

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - variabilidad dimensional (volumen)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,160	,703	1,420	6	,205	0,91484%	0,64438%	-0,66190%	2,49159%
		1,420	5,736	,208	0,91484%	0,64438%	-0,67967%	2,50935%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.160$, $p>0.05$ ($0.703>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0) con $p>0.05$ ($p=0.205$).

Tabla 145

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - variabilidad dimensional (volumen)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,052	,827	5,832	6	,001	3,80920%	0,65313%	2,21104%	5,40736%
		5,832	5,807	,001	3,80920%	0,65313%	2,19809%	5,42031%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.052$, $p>0.05$ ($0.827>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.001$).

Tabla 146

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - variabilidad dimensional (volumen)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,096	,768	7,871	6	,000	5,00541%	0,63597%	3,44925%	6,56158%
		7,871	5,655	,000	5,00541%	0,63597%	3,42596%	6,58486%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.096$, $p>0.05$ ($0.768>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 147

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - variabilidad dimensional (volumen)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,001	,975	10,224	6	,000	7,15385%	0,69971%	5,44172%	8,86598%
		10,224	5,995	,000	7,15385%	0,69971%	5,44134%	8,86635%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.001$, $p>0.05$ ($0.975>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p \leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 148

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - variabilidad dimensional (volumen)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
2,297	,180	17,304	6	,000	9,39315%	0,54282%	8,06492%	10,72137%
		17,304	3,983	,000	9,39315%	0,54282%	7,88353%	10,90277%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=2.297$, $p > 0.05$ ($0.180 > 0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p \leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 149

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - variabilidad dimensional (volumen)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilatera)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
3,776	,100	20,234	6	,000	10,49094%	0,51848%	9,22226%	11,75962%
		20,234	3,395	,000	10,49094%	0,51848%	8,94432%	12,03756%

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=3.776$, $p>0.05$ ($0.100>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Prueba ANOVA

De acuerdo con la Tabla 150, el $p\text{-valor}\leq 0.05$ ($0.000\leq 0.05$), lo que niega la hipótesis nula (H_0) y, por lo tanto, confirma la hipótesis alterna (H_a), concluyendo así que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional respecto al volumen se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 150

Resultados de la prueba ANOVA - variabilidad dimensional (volumen)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	386,998	6	64,500	108,685	,000
Intra-grupos	12,463	21	,593		
Total	399,461	27			

Prueba DUNCAN o T modificado.

La Tabla 151 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento es el más efectivo para reducir el porcentaje de variación dimensional respecto al volumen. Se puede observar también que los tratamientos TI y TII presentan valores muy similares, lo que indica que no existen variaciones significativas en relación con las adiciones propias de estos casos.

Tabla 151

Resultados de la prueba DUNCAN - variabilidad dimensional (volumen)

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	0,2538%				
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	1,3516%				
TRATAMIENTO V: GE-4	4		3,5909%			
TRATAMIENTO IV: GE-3	4			5,7393%		
TRATAMIENTO III: GE-2	4				6,9356%	
TRATAMIENTO II: GE-1	4					9,8299%
TRATAMIENTO I: GC-0	4					10,7448%
Sig.		,057	1,000	1,000	1,000	,108

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

4.2.1.2 Hipótesis específica IV: La adición de escoria de cobre y cemento reduce el porcentaje de absorción en las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

4.2.1.2.1 Planteamiento de la prueba de hipótesis. Hipótesis nula (H0): La adición de escoria de cobre y cemento **no reduce** el porcentaje de absorción en las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (Ha): La adición de escoria de cobre y cemento **reduce** el porcentaje de absorción en las unidades de adobe artesanal estabilizado en Espinar-Cusco, 2022.

4.2.1.2.2 Análisis descriptivo de los ensayos de absorción.

Como se puede observar en la Tabla 152, los valores promedio de los porcentajes de absorción para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: - %, 30.23 %, 22.99 %, 16.45 %, 11.21 %, 7.97 % y 6.07 %, respectivamente.

Tabla 152

Análisis descriptivo de los resultados del porcentaje de absorción

TRATAMIENTOS	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
TRATAMIENTO I: GC-0	-	-	-	-	-
TRATAMIENTO II: GE-1	2	28,92%	31,54%	30,2320%	1,84845%
TRATAMIENTO III: GE-2	4	20,15%	26,42%	22,9920%	2,60747%
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	13,43%	20,17%	16,4487%	3,23666%
TRATAMIENTO V: GE-4	4	9,58%	12,70%	11,2120%	1,37206%
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	7,17%	8,57%	7,9701%	0,65763%
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	5,27%	6,97%	6,0662%	0,89771%

4.2.1.2.3 Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk. De acuerdo con la Tabla 153, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: indeterminado, -, 0.870, 0.416, 0.878, 0.472 y 0.125, respectivamente. Estos valores superan 0.05, lo que permite admitir la hipótesis nula (Ho), y confirma que los datos presentan una distribución normal. Se optará por la utilización de la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

Tabla 153*Resultados de la prueba de normalidad - porcentaje de absorción*

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO II: GE-1	,260	2	.			
TRATAMIENTO III: GE-2	,225	4	.	,975	4	,870
TRATAMIENTO IV: GE-3	,268	4	.	,897	4	,416
TRATAMIENTO V: GE-4	,194	4	.	,976	4	,878
TRATAMIENTO VI: GE-5	,264	4	.	,908	4	,472
TRATAMIENTO VII: GE-6	,296	4	.	,812	4	,125

4.2.1.2.4 Prueba de homogeneidad: prueba de Levene. A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 154) con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p \leq 0.05$ ($0.022 \leq 0.05$), por lo que es permitido rechazar la hipótesis nula que indica que las varianzas son iguales.

Tabla 154*Resultados de la prueba de homogeneidad - porcentaje de absorción*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,608	5	16	,022

4.2.1.2.5 Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student. Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

De acuerdo con el tratamiento y análisis de datos realizados en el programa SPSS, no es posible determinar la diferencia entre varianzas (prueba de Levene) y medias (prueba T student), debido a que al menos uno de los grupos está vacío (GC-0); no fue factible registrar los datos del ensayo en este caso en particular, dado que todas las muestras se desintegraron en su totalidad.

4.2.1.2.6 Prueba ANOVA. De acuerdo con la Tabla 155, el $p\text{-valor} \leq 0.05$ ($0.000 \leq 0.05$), lo que permite negar la hipótesis nula (H_0) y, por lo tanto, confirmar la hipótesis alterna (H_a), concluyendo así que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional respecto al volumen se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 155

Resultados de la prueba ANOVA - porcentaje de absorción

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1296,953	5	259,391	64,241	,000
Intra-grupos	64,604	16	4,038		
Total	1361,557	21			

4.2.1.2.7 Prueba DUNCAN o T modificado. La Tabla 156 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento es el más efectivo para reducir el porcentaje de absorción, semejante al TVI. En general, todos los demás tratamientos presentan valores muy diferentes, considerando además que, para TI, no fue posible determinar el porcentaje de absorción promedio al desintegrarse todas las muestras, y para TII, dos de las muestras quedaron destruidas, por lo que $N=2$.

Tabla 156

Resultados de la prueba DUNCAN - porcentaje de absorción

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	6,0662%				
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	7,9701%	7,9701%			
TRATAMIENTO V: GE-4	4		11,2120%			
TRATAMIENTO IV: GE-3	4			16,4487%		
TRATAMIENTO III: GE-2	4				22,9920%	
TRATAMIENTO II: GE-1	2					30,2320%
Sig.		,233	,051	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,429.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

4.2.1.3 Hipótesis específica V: La adición de escoria de cobre y cemento mejora significativamente la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado utilizado en Espinar-Cusco, 2022.

4.2.1.3.1 Resistencia a la compresión axial en unidades.

Planteamiento de la prueba de hipótesis.

Hipótesis nula (H0): La adición de escoria de cobre y cemento **no mejora** significativamente la resistencia a la compresión axial en unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (Ha): La adición de escoria de cobre y cemento **mejora** significativamente la resistencia a la compresión axial en unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Análisis descriptivo de los ensayos de resistencia a la compresión axial en unidades.

Como se puede observar en la Tabla 157, los valores promedio del esfuerzo de compresión axial último en unidades para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 8.10 kg/cm², 8.78 kg/cm², 10.27 kg/cm², 11.79 kg/cm², 13.61 kg/cm², 15.69 kg/cm² y 19.71 kg/cm², respectivamente.

Tabla 157

Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión axial último en unidades

TRATAMIENTOS	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TRATAMIENTO I: GC-0	4	2,16	6,99	9,15	8,1000	1,00542	1,011
TRATAMIENTO II: GE-1	4	1,58	7,92	9,50	8,7825	,69081	,477
TRATAMIENTO III: GE-2	4	1,75	9,73	11,48	10,2700	,81784	,669
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	1,29	11,16	12,45	11,7925	,52993	,281
TRATAMIENTO V: GE-4	4	2,57	12,61	15,18	13,6050	1,14532	1,312
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	3,32	13,96	17,28	15,6925	1,53065	2,343
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	3,92	17,82	21,74	19,7100	1,66193	2,762

Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk.

De acuerdo con la Tabla 158, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.603, 0.864, 0.056, 0.917, 0.492, 0.650 y 0.988, respectivamente. Estos valores superan 0.05, lo que permite admitir la hipótesis nula (H₀), confirmando que los datos presentan una

distribución normal. Se utilizará la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

Tabla 158

Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión axial último en unidades

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO I: GC-0	,231	4	.	,932	4	,603
TRATAMIENTO II: GE-1	,198	4	.	,974	4	,864
TRATAMIENTO III: GE-2	,356	4	.	,767	4	,056
TRATAMIENTO IV: GE-3	,207	4	.	,983	4	,917
TRATAMIENTO V: GE-4	,222	4	.	,912	4	,492
TRATAMIENTO VI: GE-5	,230	4	.	,939	4	,650
TRATAMIENTO VII: GE-6	,143	4	.	,997	4	,988

Prueba de homogeneidad: prueba de Levene.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 159) con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$ ($0.123 > 0.05$), por lo que es permitido aceptar la hipótesis nula que indica que las varianzas son iguales.

Tabla 159

Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión axial último en unidades

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,929	6	21	,123

Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student.

Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 160

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión axial último en unidades

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
2,043	,203	1,119	6	,306	-,68250	,60994	-2,17496	,80996
		1,119	5,316	,311	-,68250	,60994	-2,22274	,85774

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=2.043$; $p>0.05$ ($0.203>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0), con $p>0.050$ ($p=0.306$).

Tabla 161

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión axial último en unidades

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,807	,403	-	6	,015	-2,17000	,64802	-3,75565	-,58435
		3,349	5,761	,016	-2,17000	,64802	-3,77173	-,56827

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.807$; $p>0.05$ ($0.403>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.015$).

Tabla 162

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión axial último en unidades

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
4,759	,072	-	6	,001	-3,69250	,56826	-5,08299	-2,30201
		6,498	4,547	,002	-3,69250	,56826	-5,19810	-2,18690

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=4.759$; $p>0.05$ ($0.072>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.001$).

Tabla 163

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión axial último en unidades

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,000	1,000	- 7,224	6	,000	-5,50500	,76201	-7,36957	-3,64043
		- 7,224	5,901	,000	-5,50500	,76201	-7,37718	-3,63282

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.000$; $p>0.05$ ($1.000>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 164

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión axial último en unidades

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
2,446	,169	-	6	,000	-7,59250	,91566	-9,83305	-5,35195
		8,292	5,182	,000	-7,59250	,91566	-9,92158	-5,26342

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=2.446$; $p>0.05$ ($0.169>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 165

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión axial último en unidades

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,907	,378	-	6	,000	-11,61000	,97119	-13,98642	-9,23358
		11,954	4,937	,000	-11,61000	,97119	-14,11622	-9,10378

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.907$; $p>0.05$ ($0.378>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Prueba ANOVA

De acuerdo con la Tabla 166, el $p\text{-valor}\leq 0.05$ ($0.000\leq 0.05$), lo cual niega la hipótesis nula (H_0) y, por lo tanto, confirma la hipótesis alterna (H_a), concluyendo así que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional respecto al volumen se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 166

Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión axial último en unidades

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	408,085	6	68,014	53,769	,000
Intra-grupos	26,563	21	1,265		
Total	434,648	27			

Prueba DUNCAN o T modificado.

La Tabla 167 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo para incrementar los valores del esfuerzo de compresión axial último en unidades. Se puede observar también que los tratamientos TI y TII presentan valores muy similares, al igual que TIII y TIV, lo que indica que no existen variaciones significativas con relación a los añadidos propios de estos casos.

Tabla 167

Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión axial último en unidades

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
TRATAMIENTO I: GC-0	4	8,1000					
TRATAMIENTO II: GE-1	4	8,7825	8,7825				
TRATAMIENTO III: GE-2	4		10,2700	10,2700			
TRATAMIENTO IV: GE-3	4			11,7925			
TRATAMIENTO V: GE-4	4				13,6050		
TRATAMIENTO VI: GE-5	4					15,6925	
TRATAMIENTO VII: GE-6	4						19,7100
Sig.		,400	,075	,069	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

4.2.1.3.2 Resistencia a la compresión axial en pilas.

Planteamiento de la prueba de hipótesis.

Hipótesis nula (H₀): La adición de escoria de cobre y cemento **no mejora** significativamente la resistencia a la compresión axial en pilas de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (H_a): La adición de escoria de cobre y cemento **mejora** significativamente la resistencia a la compresión axial en pilas de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Análisis descriptivo de los ensayos de resistencia a la compresión axial en pilas.

Como se puede observar en la Tabla 168, los valores promedio del esfuerzo de compresión axial último en pilas para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-

4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 12.64 kg/cm², 14.97 kg/cm², 15.02 kg/cm², 16.52 kg/cm², 18.31 kg/cm², 19.59 kg/cm² y 23.02 kg/cm², respectivamente.

Tabla 168

Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión axial último en pilas

TRATAMIENTOS	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TRATAMIENTO I: GC-0	4	4,70	10,24	14,94	12,6350	2,03559	4,144
TRATAMIENTO II: GE-1	4	2,83	13,91	16,74	14,9675	1,24511	1,550
TRATAMIENTO III: GE-2	4	4,33	12,51	16,84	15,0175	1,90192	3,617
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	2,93	15,13	18,06	16,5225	1,35773	1,843
TRATAMIENTO V: GE-4	4	4,39	16,08	20,47	18,3100	1,81595	3,298
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	3,55	17,92	21,47	19,5875	1,48563	2,207
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	2,65	21,86	24,51	23,0225	1,10237	1,215

Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk.

De acuerdo con la Tabla 169, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.952, 0.371, 0.721, 0.620, 0.975, 0.968 y 0.717, respectivamente. Estos valores superan 0.05, lo que permite afirmar la hipótesis nula (H₀), confirmando que los datos presentan una distribución normal. Se optará por la utilización de la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

Tabla 169

Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión axial último en pilas

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO I: GC-0	,166	4	.	,989	4	,952
TRATAMIENTO II: GE-1	,281	4	.	,887	4	,371
TRATAMIENTO III: GE-2	,210	4	.	,951	4	,721
TRATAMIENTO IV: GE-3	,235	4	.	,934	4	,620
TRATAMIENTO V: GE-4	,180	4	.	,994	4	,975
TRATAMIENTO VI: GE-5	,180	4	.	,992	4	,968
TRATAMIENTO VII: GE-6	,265	4	.	,950	4	,717

Prueba de homogeneidad: prueba de Levene.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 170) con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$ ($0.770 > 0.05$), por lo que es permitido aceptar la hipótesis nula que indica que las varianzas son iguales.

Tabla 170

Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión axial último en pilas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,542	6	21	,770

Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student.

Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el

tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 171

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión axial último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias					
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
1,553	,259	- 1,955	6	,098	-2,33250	1,19310	-5,25190	,58690
		- 1,955	4,969	,108	-2,33250	1,19310	-5,40518	,74018

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=1.553$; $p>0.05$ ($0.259>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0), con $p>0.05$ ($p=0.098$).

Tabla 172

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión axial último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias					
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,057	,819	- 1,710	6	,138	-2,38250	1,39292	-5,79086	1,02586
		- 1,710	5,973	,138	-2,38250	1,39292	-5,79466	1,02966

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.057$; $p>0.05$ ($0.819>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0), con $p>0.05$ ($p=0.138$).

Tabla 173

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión axial último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,934	,371	- 3,178	6	,019	-3,88750	1,22342	-6,88111	-,89389
		- 3,178	5,228	,023	-3,88750	1,22342	-6,99156	-,78344

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.934$; $p>0.05$ ($0.371>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.019$).

Tabla 174

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión axial último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,209	,664	- 4,161	6	,006	-5,67500	1,36394	-9,01243	-2,33757
		- 4,161	5,923	,006	-5,67500	1,36394	-9,02292	-2,32708

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.209$; $p>0.05$ ($0.664>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.006$).

Tabla 175

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión axial último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,741	,422	\bar{x} 5,518	6	,001	-6,95250	1,26003	-10,03569	-3,86931
		\bar{x} 5,518	5,490	,002	-6,95250	1,26003	-10,10653	-3,79847

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.741$; $p>0.05$ ($0.422>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.001$).

Tabla 176

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión axial último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
2,291	,181	\bar{x} 8,974	6	,000	-10,38750	1,15746	-13,21970	-7,55530
		\bar{x} 8,974	4,620	,000	-10,38750	1,15746	-13,43792	-7,33708

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=2.291$; $p>0.05$ ($0.181>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Prueba ANOVA

De acuerdo con la Tabla 177, el $p\text{-valor}\leq 0.05$ ($0.000\leq 0.05$), lo cual niega la hipótesis nula (H_0) y, por lo tanto, confirma la hipótesis alterna (H_a), concluyendo así que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional respecto al volumen se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 177

Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión axial último en pilas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	287,452	6	47,909	18,762	,000
Intra-grupos	53,624	21	2,554		
Total	341,076	27			

Prueba DUNCAN o T modificado.

La Tabla 178 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo para incrementar los valores del esfuerzo de compresión axial último en pilas. Se puede observar también que los tratamientos TII, TIII y TIV presentan valores muy similares, al igual que TV y TVI, lo que indica que no existen variaciones significativas en relación con añadidos propios de estos casos.

Tabla 178

Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión axial último en pilas

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
TRATAMIENTO I: GC-0	4	12,6350				
TRATAMIENTO II: GE-1	4	14,9675	14,9675			
TRATAMIENTO III: GE-2	4	15,0175	15,0175			
TRATAMIENTO IV: GE-3	4		16,5225	16,5225		
TRATAMIENTO V: GE-4	4			18,3100	18,3100	
TRATAMIENTO VI: GE-5	4				19,5875	
TRATAMIENTO VII: GE-6	4					23,0225
Sig.		,058	,207	,129	,271	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

4.2.1.3.3 Resistencia a la compresión axial en muretes.

Planteamiento de la prueba de hipótesis.

Hipótesis nula (H0): La adición de escoria de cobre y cemento **no mejora** significativamente la resistencia a la compresión axial en muretes de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (Ha): La adición de escoria de cobre y cemento **mejora** significativamente la resistencia a la compresión axial en muretes de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Análisis descriptivo de los ensayos de resistencia a la compresión axial en muretes.

Como se puede observar en la Tabla 179, los valores promedio del esfuerzo de compresión axial último en muretes para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 17.75 kg/cm², 21.01 kg/cm², 23.36 kg/cm², 24.56 kg/cm², 27.29 kg/cm², 28.32 kg/cm² y 31.66 kg/cm², respectivamente.

Tabla 179

Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión axial último en muretes

TRATAMIENTOS	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TRATAMIENTO I: GC-0	4	3,74	15,67	19,41	17,7450	1,56568	2,451
TRATAMIENTO II: GE-1	4	2,79	19,37	22,16	21,0100	1,33334	1,778
TRATAMIENTO III: GE-2	4	2,82	22,19	25,01	23,3575	1,29330	1,673
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	3,85	22,95	26,80	24,5625	1,61397	2,605
TRATAMIENTO V: GE-4	4	4,21	25,42	29,63	27,2925	1,88525	3,554
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	3,33	26,74	30,07	28,3225	1,37070	1,879
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	1,70	30,45	32,15	31,6550	,80806	,653

Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk.

De acuerdo con la Tabla 180, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.853, 0.370, 0.541, 0.504, 0.742, 0.893 y 0.022, respectivamente. Estos valores superan 0.05, lo que permite afirmar la hipótesis nula (H₀), confirmando que los datos presentan una distribución normal. Se optará por la utilización de la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

El único caso que difiere es el del TVII: GE-6, con $p \leq 0.05$ ($0.022 \leq 0.05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se confirma que este valor no presenta una distribución normal en contraste con todos los demás datos.

Tabla 180

Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión axial último en muretes

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO I: GC-0	,223	4	.	,972	4	,853
TRATAMIENTO II: GE-1	,278	4	.	,887	4	,370
TRATAMIENTO III: GE-2	,251	4	.	,921	4	,541
TRATAMIENTO IV: GE-3	,307	4	.	,914	4	,504
TRATAMIENTO V: GE-4	,224	4	.	,954	4	,742
TRATAMIENTO VI: GE-5	,222	4	.	,979	4	,893
TRATAMIENTO VII: GE-6	,388	4	.	,725	4	,022

Prueba de homogeneidad: prueba de Levene.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 181) con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$ ($0.782 > 0.05$), por lo que es permitido aceptar la hipótesis nula que indica que las varianzas son iguales.

Tabla 181

Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión axial último en muretes

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,527	6	21	,782

Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student.

Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 182

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión axial último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,000	,993	-	6	,019	-3,26500	1,02825	-5,78103	-,74897
		3,175	5,852	,020	-3,26500	1,02825	-5,79658	-,73342

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.000$; $p>0.05$ ($0.993>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.019$).

Tabla 183

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión axial último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,016	,904	-	6	,001	-5,61250	1,01538	-8,09705	-3,12795
		5,527	5,793	,002	-5,61250	1,01538	-8,11868	-3,10632

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.016$; $p>0.05$ ($0.904>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.001$).

Tabla 184

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión axial último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,002	,967	-	6	,001	-6,81750	1,12431	-9,56858	-4,06642
		6,064	5,994	,001	-6,81750	1,12431	-9,56919	-4,06581

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.002$; $p>0.05$ ($0.967>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p \leq 0.05$ ($p=0.001$).

Tabla 185

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión axial último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,464	,521	-	6	,000	-9,54750	1,22531	-12,54572	-6,54928
		7,792	5,804	,000	-9,54750	1,22531	-12,57040	-6,52460

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.464$; $p > 0.05$ ($0.521 > 0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p \leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 186

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión axial último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,070	,801	-	6	,000	-10,57750	1,04046	-13,12340	-8,03160
		10,166	5,897	,000	-10,57750	1,04046	-13,13423	-8,02077

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.070$; $p>0.05$ ($0.801>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 187

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión axial último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,917	,375	-	6	,000	-13,91000	,88096	-16,06562	-11,75438
		15,790	4,492	,000	-13,91000	,88096	-16,25375	-11,56625

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.917$; $p>0.05$ ($0.375>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Prueba ANOVA.

De acuerdo con la Tabla 188, el $p\text{-valor}\leq 0.05$ ($0.000\leq 0.05$), lo cual niega la hipótesis nula (H_0) y, por lo tanto, confirma la hipótesis alterna (H_a), concluyendo así que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional respecto al volumen se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 188

Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión axial último en muretes

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	527,476	6	87,913	42,171	,000
Intra-grupos	43,778	21	2,085		
Total	571,254	27			

Prueba DUNCAN o T modificado.

La Tabla 189 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo para incrementar los valores del esfuerzo de compresión axial último en muretes. Se puede observar también que los tratamientos TIII y TIV presentan valores muy similares, al igual que TV y TVI, lo que indica que no existen variaciones significativas con relación a los añadidos propios de estos casos.

Tabla 189

Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión axial último en muretes

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
TRATAMIENTO I: GC-0	4	17,7450				
TRATAMIENTO II: GE-1	4		21,0100			
TRATAMIENTO III: GE-2	4			23,3575		
TRATAMIENTO IV: GE-3	4			24,5625		
TRATAMIENTO V: GE-4	4				27,2925	
TRATAMIENTO VI: GE-5	4				28,3225	
TRATAMIENTO VII: GE-6	4					31,6550
Sig.		1,000	1,000	,251	,325	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

4.2.1.4 Hipótesis específica VI: La adición de escoria de cobre y cemento mejora significativamente la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

4.2.1.4.1 Resistencia a la compresión diagonal en pilas.

Planteamiento de la prueba de hipótesis.

Hipótesis nula (H₀): La adición de escoria de cobre y cemento **no mejora** significativamente la resistencia a la compresión diagonal en pilas de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (H_a): La adición de escoria de cobre y cemento **mejora** significativamente la resistencia a la compresión diagonal en pilas de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Análisis descriptivo de los ensayos de resistencia a la compresión diagonal en pilas.

Como se puede observar en la Tabla 190, los valores promedio del esfuerzo de compresión diagonal último en pilas para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.80 kg/cm², 1.07 kg/cm², 1.19 kg/cm², 1.12 kg/cm², 1.27 kg/cm², 1.40 kg/cm² y 1.57 kg/cm², respectivamente.

Tabla 190

Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

TRATAMIENTOS	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TRATAMIENTO I: GC-0	4	,80	,45	1,25	,7950	,35180	,124
TRATAMIENTO II: GE-1	4	,52	,82	1,34	1,0650	,23445	,055
TRATAMIENTO III: GE-2	4	,57	,90	1,47	1,1850	,23700	,056
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	,32	,95	1,27	1,1175	,14127	,020
TRATAMIENTO V: GE-4	4	,43	1,09	1,52	1,2650	,19157	,037
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	,68	1,07	1,75	1,4000	,28213	,080
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	,77	1,15	1,92	1,5675	,36809	,135

Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk.

De acuerdo con la Tabla 191, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.766, 0.761, 0.993, 0.869, 0.611, 0.979, 0.444, respectivamente. Estos valores superan 0.05, y se admite así la hipótesis nula (Ho), confirmando que los datos presentan una distribución normal. Se optará por la utilización de la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

Tabla 191

Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO I: GC-0	,210	4	.	,958	4	,766
TRATAMIENTO II: GE-1	,218	4	.	,957	4	,761
TRATAMIENTO III: GE-2	,158	4	.	,998	4	,993
TRATAMIENTO IV: GE-3	,196	4	.	,974	4	,869
TRATAMIENTO V: GE-4	,226	4	.	,933	4	,611
TRATAMIENTO VI: GE-5	,180	4	.	,994	4	,979
TRATAMIENTO VII: GE-6	,262	4	.	,903	4	,444

Prueba de homogeneidad: prueba de Levene.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 192) con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$ ($0.286 > 0.05$), por lo que es permitido aceptar la hipótesis nula que indica que las varianzas son iguales.

Tabla 192

Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,333	6	21	,286

Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student.

Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 193

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,766	,415	-1,277	6	,249	-,27000	,21138	-,78724	,24724
		-1,277	5,226	,255	-,27000	,21138	-,80640	,26640

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.766$; $p>0.05$ ($0.415>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0), con $p>0.05$ ($p=0.249$).

Tabla 194

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,905	,378	-	6	,116	-,39000	,21209	-,90897	,12897
		1,839	5,258	,122	-,39000	,21209	-,92726	,14726

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.905$; $p>0.05$ ($0.378>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0), con $p>0.05$ ($p=0.116$).

Tabla 195

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
3,347	,117	-	6	,140	-,32250	,18956	-,78633	,14133
		1,701	3,943	,165	-,32250	,18956	-,85180	,20680

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=3.347$; $p>0.05$ ($0.117>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0), con $p>0.05$ ($p=0.140$).

Tabla 196

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
1,774	,231	$\bar{-}$ 2,347	6	,057	-,47000	,20029	-,96010	,02010
		$\bar{-}$ 2,347	4,635	,070	-,47000	,20029	-,99729	,05729

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=1.774$; $p>0.05$ ($0.231>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis nula (H_0), con $p>0.05$ ($p=0.057$).

Tabla 197

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,371	,565	-	6	,036	-,60500	,22548	-1,15673	-,05327
		2,683	5,730	,038	-,60500	,22548	-1,16310	-,04690

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.371$; $p>0.05$ ($0.565>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.036$).

Tabla 198

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,156	,706	-	6	,023	-,77250	,25459	-1,39545	-,14955
		3,034	5,988	,023	-,77250	,25459	-1,39576	-,14924

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.156$; $p>0.05$ ($0.706>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.023$).

Prueba ANOVA

De acuerdo con la Tabla 199, el $p\text{-valor}\leq 0.05$ ($0.017\leq 0.05$), lo cual niega la hipótesis nula (H_0) y, por lo tanto, confirma la hipótesis alterna (H_a), concluyendo así que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional respecto al volumen se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 199

Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1,474	6	,246	3,395	,017
Intra-grupos	1,520	21	,072		
Total	2,994	27			

Prueba DUNCAN o T modificado

La Tabla 200 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo para incrementar los valores del esfuerzo de compresión diagonal último en pilas. Se puede observar también que los tratamientos TII, TIII y TIV presentan valores muy similares, lo que indica que no existen variaciones significativas con relación a las adiciones propias de estos casos.

Tabla 200

Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión diagonal último en pilas

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TRATAMIENTO I: GC-0	4	,7950		
TRATAMIENTO II: GE-1	4	1,0650	1,0650	
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	1,1175	1,1175	
TRATAMIENTO III: GE-2	4	1,1850	1,1850	1,1850
TRATAMIENTO V: GE-4	4		1,2650	1,2650
TRATAMIENTO VI: GE-5	4		1,4000	1,4000
TRATAMIENTO VII: GE-6	4			1,5675
Sig.		,072	,128	,078

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

4.2.1.4.2 Resistencia a la compresión diagonal en muretes.

Planteamiento de la prueba de hipótesis.

Hipótesis nula (H0): La adición de escoria de cobre y cemento **no mejora** significativamente la resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Hipótesis alterna (Ha): La adición de escoria de cobre y cemento **mejora** significativamente la resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.

Análisis descriptivo de los ensayos de resistencia a la compresión diagonal en muretes.

Como se puede observar en la Tabla 201, los valores promedio del esfuerzo de compresión diagonal último en muretes para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 2.61 kg/cm², 3.59 kg/cm², 4.28 kg/cm², 5.14 kg/cm², 6.00 kg/cm², 6.52 kg/cm² y 7.94 kg/cm², respectivamente.

Tabla 201

Análisis descriptivo de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

TRATAMIENTOS	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
TRATAMIENTO I: GC-0	4	,68	2,37	3,05	2,6075	,30511	,093
TRATAMIENTO II: GE-1	4	,61	3,21	3,82	3,5850	,27307	,075
TRATAMIENTO III: GE-2	4	,55	3,97	4,52	4,2750	,23756	,056
TRATAMIENTO IV: GE-3	4	1,32	4,61	5,93	5,1400	,59008	,348
TRATAMIENTO V: GE-4	4	1,03	5,32	6,35	5,9950	,45946	,211
TRATAMIENTO VI: GE-5	4	,83	6,09	6,92	6,5200	,36506	,133
TRATAMIENTO VII: GE-6	4	1,46	7,18	8,64	7,9425	,60588	,367

Prueba de normalidad: prueba de Shapiro Wilk.

De acuerdo con la Tabla 202, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) fueron: 0.209, 0.475, 0.872, 0.573, 0.107, 0.891 y 0.965, respectivamente. Estos valores superan 0.05, y se admite así la hipótesis nula (Ho), confirmando que los datos presentan una distribución normal. Se optará por utilizar la estadística paramétrica, específicamente las pruebas de Levene, T student y ANOVA para muestras independientes.

Tabla 202

Resultados de la prueba de normalidad - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTO I: GC-0	,312	4	.	,844	4	,209
TRATAMIENTO II: GE-1	,227	4	.	,909	4	,475
TRATAMIENTO III: GE-2	,186	4	.	,975	4	,872
TRATAMIENTO IV: GE-3	,229	4	.	,926	4	,573
TRATAMIENTO V: GE-4	,374	4	.	,802	4	,107
TRATAMIENTO VI: GE-5	,189	4	.	,978	4	,891
TRATAMIENTO VII: GE-6	,189	4	.	,992	4	,965

Prueba de homogeneidad: prueba de Levene.

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de Levene (Tabla 203) con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$ ($0.497 > 0.05$), por lo que es permitido aceptar la hipótesis nula que indica que las varianzas son iguales.

Tabla 203

Resultados de la prueba de homogeneidad - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,925	6	21	,497

Prueba de homogeneidad de varianzas y medias: prueba T student.

Luego de comprobar la normalización y homogeneidad general de los datos, se efectuará una prueba de T de student para verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6).

Tabla 204

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-1 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,037	,854	-4,775	6	,003	-,97750	,20473	-1,47846	-,47654
		-4,775	5,928	,003	-,97750	,20473	-1,47994	-,47506

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.037$, $p>0.05$ ($0.854>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.003$).

Tabla 205

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-2 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,166	,698	-	6	,000	-1,66750	,19334	-2,14059	-1,19441
		8,625	5,660	,000	-1,66750	,19334	-2,14757	-1,18743

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.166$, $p>0.05$ ($0.698>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 206

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-3 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
1,788	,230	-	6	,000	-2,53250	,33215	-3,34524	-1,71976
		7,625	4,497	,001	-2,53250	,33215	-3,41585	-1,64915

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=1.788$, $p>0.05$ ($0.230>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 207

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-4 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,621	,461	-	6	,000	-3,38750	,27577	-4,06228	-2,71272
		12,284	5,215	,000	-3,38750	,27577	-4,08768	-2,68732

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.621$, $p>0.05$ ($0.461>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 208

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-5 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,386	,557	-	6	,000	-3,91250	,23789	-4,49459	-3,33041
		16,447	5,817	,000	-3,91250	,23789	-4,49906	-3,32594

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.386$, $p>0.05$ ($0.557>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.000$).

Tabla 209

Resultados de la prueba T student GC-0 vs. GE-6 - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,156	,706	-	6	,023	-,77250	,25459	-1,39545	-,14955
		3,034	5,988	,023	-,77250	,25459	-1,39576	-,14924

La prueba de Levene indica que la muestra presenta un $F=0.156$, $p>0.05$ ($0.706>0.05$), lo que permite afirmar la hipótesis nula (H_0) que refiere varianzas iguales.

La prueba T student para muestras independientes permite confirmar la hipótesis alternativa (H_a), con $p\leq 0.05$ ($p=0.023$).

Prueba ANOVA.

De acuerdo con la Tabla 210, el $p\text{-valor}\leq 0.05$ ($0.000\leq 0.05$), lo cual niega la hipótesis nula (H_0) y, por lo tanto, confirma la hipótesis alterna (H_a), concluyendo así que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional respecto al volumen se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 210

Resultados de la prueba ANOVA - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	80,273	6	13,379	72,952	,000
Intra-grupos	3,851	21	,183		
Total	84,124	27			

Prueba DUNCAN o T modificado

La Tabla 211 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo para incrementar los valores del esfuerzo de compresión diagonal último en muretes. Se puede observar también que los tratamientos TV y TVI presentan valores muy similares, lo que indica que no existen variaciones significativas con relación a las adiciones propias de estos casos.

Tabla 211

Resultados de la prueba DUNCAN - esfuerzo de compresión diagonal último en muretes

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
TRATAMIENTO I: GC-0	4	2,6075					
TRATAMIENTO II: GE-1	4		3,5850				
TRATAMIENTO III: GE-2	4			4,2750			
TRATAMIENTO IV: GE-3	4				5,1400		
TRATAMIENTO V: GE-4	4					5,9950	
TRATAMIENTO VI: GE-5	4					6,5200	
TRATAMIENTO VII: GE-6	4						7,9425
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	,098	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

4.2.2 Análisis de la información

4.2.2.1 Objetivo Específico III: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022. En la Tabla 212 se expone el análisis de los resultados promedio obtenidos de los ensayos de variabilidad dimensional en función de los tratamientos propuestos por la autora.

Tabla 212

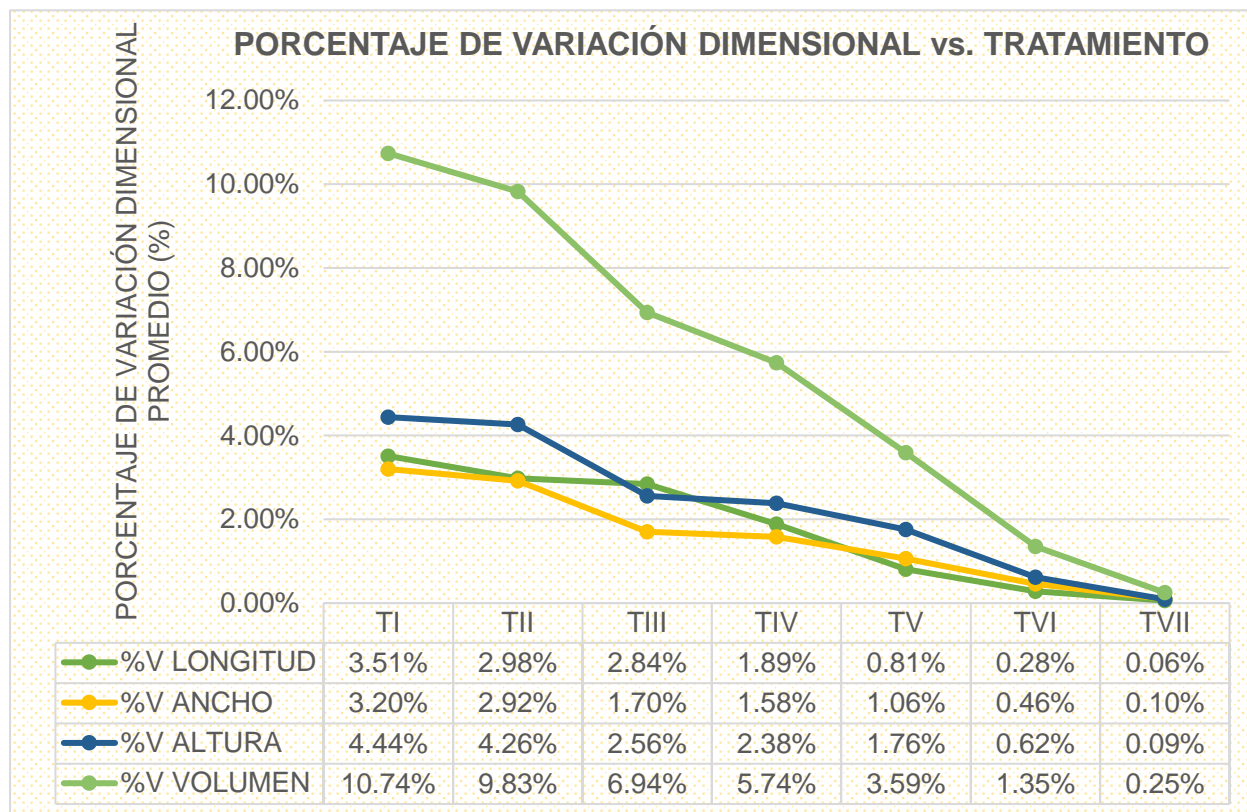
Análisis de los resultados de los porcentajes de variabilidad dimensional y su variación respecto a GC-0

TRATAMIENTO		LONGITUD (%)	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0	ANCHO (%)	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0	ALTURA (%)	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0	VOLUMEN (%)	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0
TI	GC-0	3.51	0.00%	3.20	0.00%	4.44	0.00%	10.74	0.00%
TII	GE-1	2.98	15.10%	2.92	8.75%	4.26	3.97%	9.83	8.51%
TIII	GE-2	2.84	19.09%	1.70	46.88%	2.56	42.38%	6.94	35.45%
TIV	GE-3	1.89	46.15%	1.58	50.62%	2.38	46.36%	5.74	46.58%
TV	GE-4	0.81	76.92%	1.06	66.88%	1.76	60.26%	3.59	66.58%
TVI	GE-5	0.28	92.02%	0.46	85.62%	0.62	86.09%	1.35	87.42%
TVII	GE-6	0.06	98.29%	0.10	96.88%	0.09	97.88%	0.25	97.64%

Como se puede observar en la Figura 70, los porcentajes de variación dimensional promedio con relación a la longitud van disminuyendo de 3.51 % a 0.06 % conforme aumenta el porcentaje de adición de los añadidos de acuerdo con el tratamiento. Escenario similar a los porcentajes promedio respecto al ancho, altura y volumen, casos en los que existe una disminución de 3.20 % a 0.10 %, 4.44 % a 0.09 % y 10.74 % a 0.25 %, respectivamente.

Figura 70

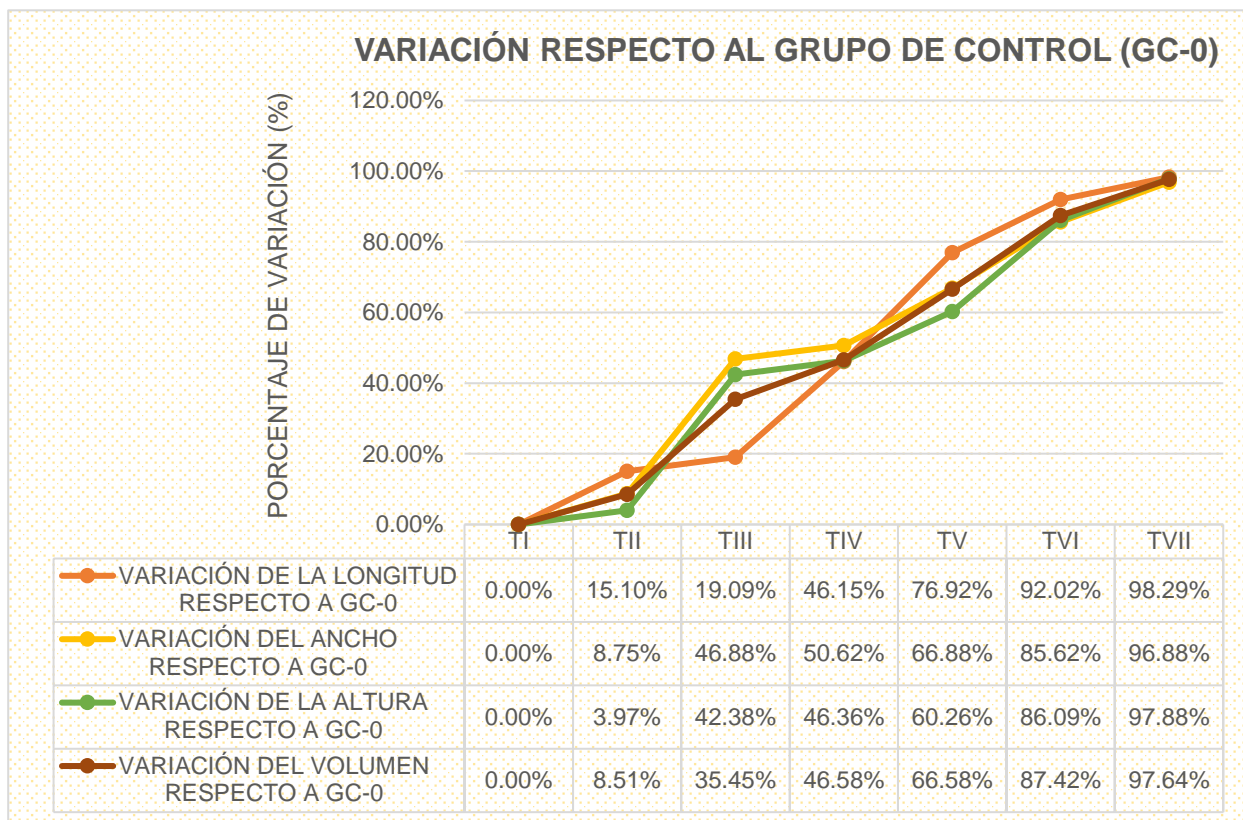
Porcentaje de variación dimensional vs. tratamiento para longitud, ancho, altura y volumen



Como se muestra en la Figura 71, la fluctuación de los porcentajes promedio de variabilidad dimensional que corresponden a los tratamientos TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) respecto al grupo de control (GC-0) con relación a la longitud fueron: 15.10 %, 19.09 %, 46.15 %, 76.92 %, 92.02 % y 98.29 %, respectivamente. Por otro lado, la variación de la data respecto al grupo patrón (GC-0) con relación al ancho fueron: 8.75 %, 46.88 %, 50.62 %, 66.88 %, 85.62 % y 96.88 %, respectivamente. La fluctuación de los porcentajes de variabilidad dimensional en cuanto a la altura y volumen fueron: 3.97 % y 8.51 %, 42.38 % y 35.45 %, 46.36 % y 46.58 %, 60.26 % y 66.58 %, 86.09 % y 87.42 %, y 97.88 % y 97.64 %, respectivamente.

Figura 71

Variación de GC-0 vs. GE - variabilidad dimensional



La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media, interpretándose como el riesgo de que el comportamiento de los tratamientos planteados sea distinto del comportamiento esperado. Una varianza elevada indica que los datos están más dispersos.

Tabla 213*Dispersión (varianza) de data - variabilidad dimensional*

DIMENSIÓN	TRATAMIENTO						
	TI	TII	TIII	TIV	TV	TVI	TVII
	GC-0	GE-1	GE-2	GE-3	GE-4	GE-5	GE-6
LONGITUD	,138	,061	,059	,100	,053	,014	,006
ANCHO	,192	,045	,061	,083	,168	,040	,006
ALTURA	,529	,668	,631	,151	,138	,068	,030
VOLUMEN	1,009	,652	,698	,609	,950	,170	,067

De acuerdo con la Tabla 214, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) superan 0.05, lo que confirma que los datos presentan una distribución normal, justificando la utilización de la estadística paramétrica.

Tabla 214*Normalidad de data - variabilidad dimensional*

DIMENSIÓN	TRATAMIENTO						
	TI	TII	TIII	TIV	TV	TVI	TVII
	GC-0	GE-1	GE-2	GE-3	GE-4	GE-5	GE-6
LONGITUD	,671	,538	,792	,908	,843	,348	,272
ANCHO	,951	,689	,538	,584	,850	,911	,272
ALTURA	,941	,498	,624	,900	,653	,798	,262
VOLUMEN	,095	,007	,814	,456	,925	,998	,243

Los resultados de la prueba de Levene (Tabla 215), con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$, confirman la hipótesis nula (H_0) que muestran varianzas iguales.

Tabla 215*Homogeneidad de data - variabilidad dimensional*

SIG	DIMENSIÓN			
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	VOLUMEN
p-valor	0.364	0.257	0.206	,272

La prueba de T student para muestras independientes fue empleada para comprobar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6). Como se puede verificar en la Tabla 216, los valores de p para determinar la homogeneidad de varianzas son todos mayores que 0.05. En contraste a ello, los indicadores de la prueba T student, para definir la homogeneidad de medias, demuestran que el caso GC-0 vs. GE-1 acepta la hipótesis nula (Ho) que refiere medias iguales; escenario opuesto a GC-0 vs. GE-2, GC-0 vs. GE-3, GC-0 vs. GE-4, GC-0 vs. GE-5 y GC-0 vs. GE-6, donde p-valor ≤ 0.05 , lo cual señala diferencias significativas entre el porcentaje de variabilidad dimensional promedio y los tratamientos planteados en la investigación.

Tabla 216*Homogeneidad de varianzas y medias GC-0 vs. GE - variabilidad dimensional*

MUESTRAS INDEPENDIENTE S	DIMENSION							
	LONGITUD		ANCHO		ALTURA		VOLUMEN	
	Leven e	T studen t	Leven e	T studen t	Leven e	T studen t	Leven e	T studen t
GC-0 vs. GE-1	,590	,055	,260	,294	,829	,758	,703	,205
GC-0 vs. GE-2	,583	,023	,342	,001	,691	,013	,827	,001
GC-0 vs. GE-3	,971	,001	,489	,001	,386	,002	,768	,000
GC-0 vs. GE-4	,469	,000	,905	,000	,413	,001	,975	,000
GC-0 vs. GE-5	,222	,000	,221	,000	,244	,000	,180	,000
GC-0 vs. GE-6	,139	,000	,071	,000	,159	,000	,100	,000

De acuerdo a la Tabla 217, el $p\text{-valor} \leq 0.05$ en todos los casos (longitud, ancho, altura y volumen), lo que confirma la hipótesis alterna (H_a), por lo que se concluye que los tratamientos son diferentes y, en consecuencia, los porcentajes promedio de variación dimensional se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 217

ANOVA - variabilidad dimensional

SIG	DIMENSIÓN			
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	VOLUMEN
p-valor	0.000	0.000	0.000	0.000

Los resultados de la Tabla 118, Tabla 129, Tabla 140 y Tabla 151 de valores DUNCAN permiten afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5% de cemento, es el más efectivo para reducir el porcentaje de variabilidad dimensional (longitud, ancho, altura y volumen).

4.2.2.2 Objetivo Específico IV: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022. En la Tabla 218 y la Figura 72 se expone el análisis de los resultados obtenidos de los ensayos de absorción en función de los tratamientos propuestos por la autora. Los porcentajes de absorción promedio van disminuyendo de 30.23 % a 6.07 % conforme aumenta el porcentaje de adición de los añadidos de acuerdo con el tratamiento.

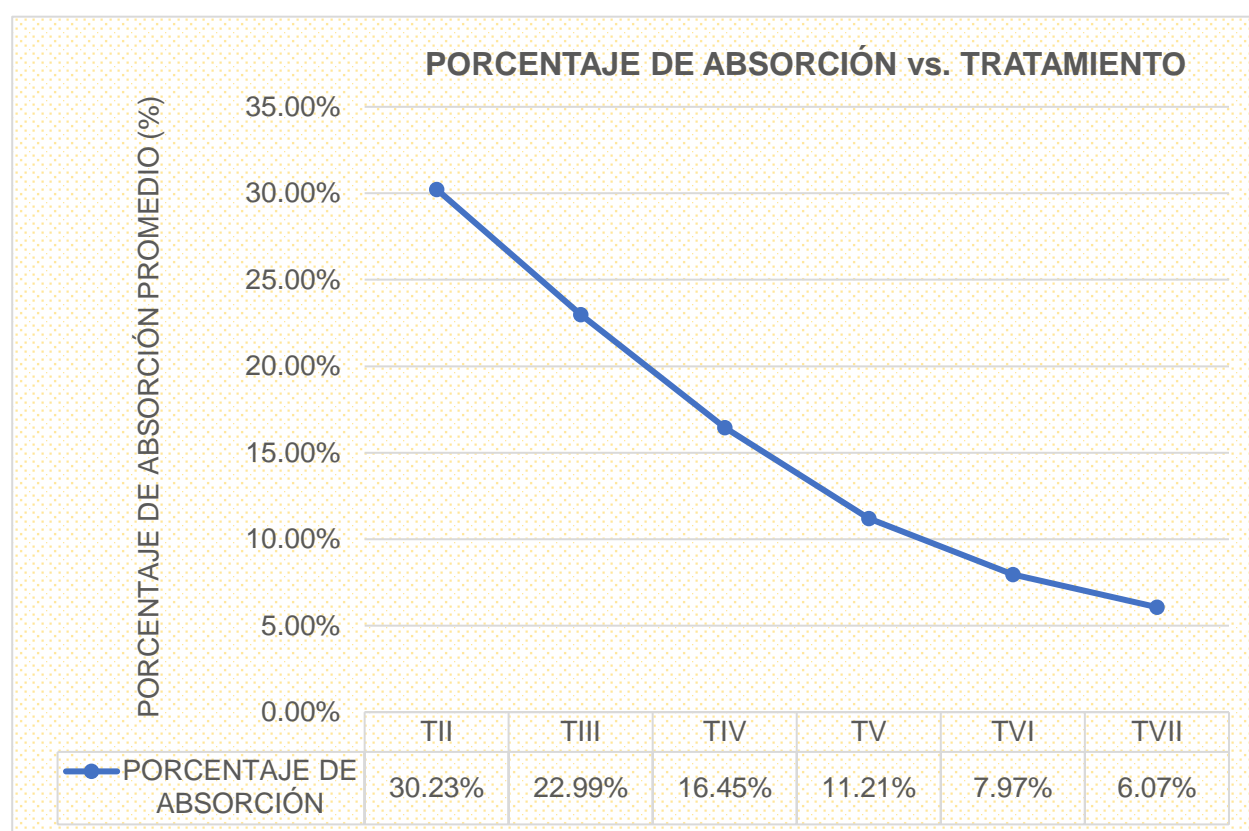
Tabla 218

Análisis de los resultados de los porcentajes de absorción

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	TI	TII	TIII	TIV	TV	TVI	TVII
% de absorción promedio	-	30.23%	22.99%	16.45%	11.21%	7.97%	6.07%

Figura 72

Porcentaje de absorción vs. tratamiento



De acuerdo a la Tabla 153, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) superan 0.05, (no indica, -, 0.870, 0.416, 0.878, 0.472 y 0.125, respectivamente), lo cual

confirma que los datos presentan una distribución normal, justificando la utilización de la estadística paramétrica.

Los resultados de la prueba de Levene (Tabla 154), con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p \leq 0.05$ ($0.022 \leq 0.05$), permiten confirmar la hipótesis alterna (H_a) que refiere varianzas diferentes.

Con relación a los resultados de la prueba T student para muestras independientes con la finalidad de valorar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6), no fue factible determinar dichos parámetros debido a que al menos uno de los grupos estaba vacío (GC-0).

De acuerdo con la Tabla 155, el p -valor ≤ 0.05 ($0.000 \leq 0.05$). Se concluye que los tratamientos son diferentes y, en consecuencia, los porcentajes promedio de absorción se ven afectados por las dosificaciones.

La Tabla 156 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo para reducir el porcentaje de absorción.

4.2.2.3 Objetivo Específico V: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022. En la Tabla 219 se expone el análisis de los resultados promedio obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes en función de los tratamientos propuestos por la autora.

Tabla 219

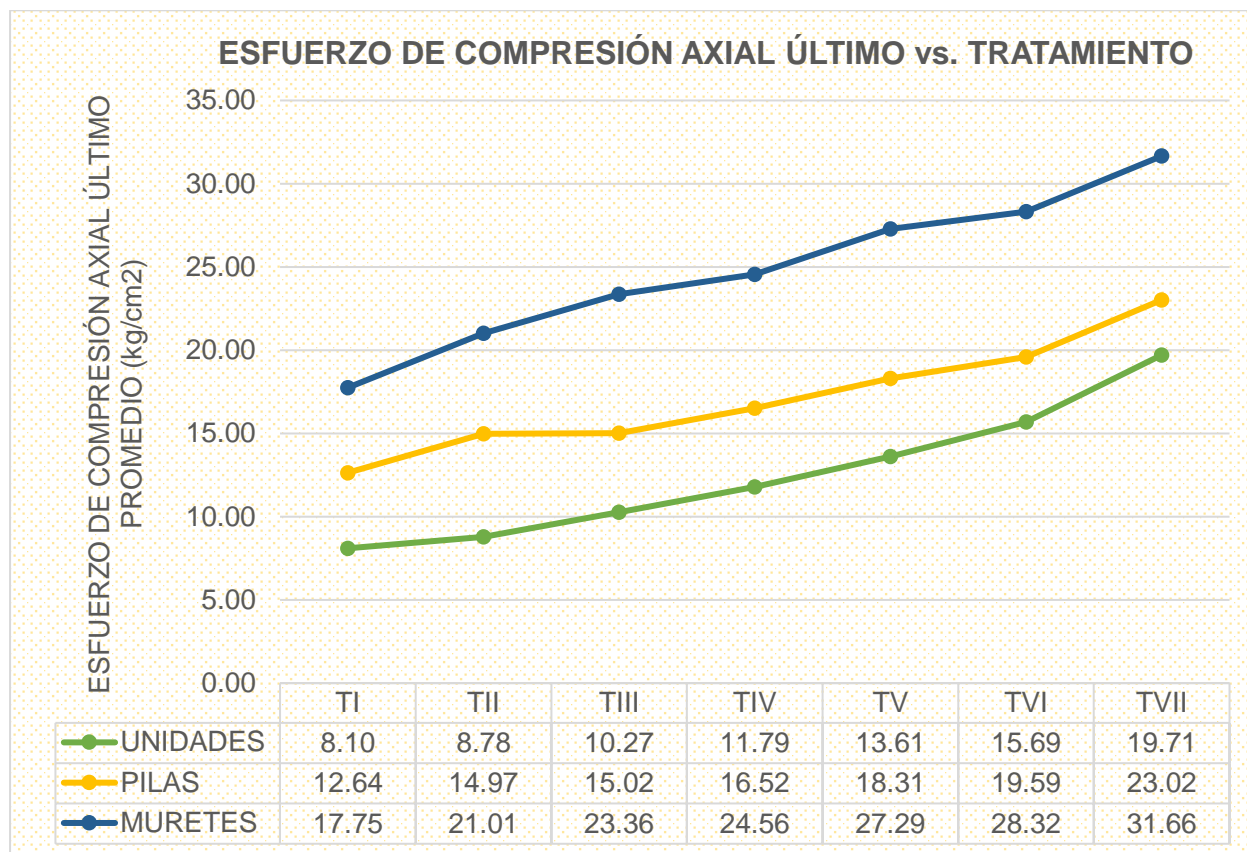
Análisis de los resultados del esfuerzo de compresión axial último en unidades, pilas y muretes; y su variación respecto a GC-0

TRATAMIENTO		UNIDADES		PILAS		MURETES	
		ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0
		f'_{o} (kg/cm ²)		f'_{m} (kg/cm ²)		f'_{m} (kg/cm ²)	
TI	GC-0	8.10	0.00%	12.64	0.00%	17.75	0.00%
TII	GE-1	8.78	8.43%	14.97	18.46%	21.01	18.40%
TIII	GE-2	10.27	26.79%	15.02	18.86%	23.36	31.63%
TIV	GE-3	11.79	45.59%	16.52	30.77%	24.56	38.42%
TV	GE-4	13.61	67.96%	18.31	44.91%	27.29	53.80%
TVI	GE-5	15.69	93.73%	19.59	55.03%	28.32	59.61%
TVII	GE-6	19.71	143.33%	23.02	82.21%	31.66	78.39%

Como se puede observar en la Figura 73, los valores del esfuerzo de compresión axial último promedio para unidades presentan una tendencia al crecimiento, aumentando de 8.10 kg/cm² a 19.71 kg/cm². Escenario similar sucede con relación a pilas y muretes, casos en los que se presenta un incremento de 12.64 kg/cm² a 23.02 kg/cm² y de 17.75 kg/cm² a 31.66 kg/cm², respectivamente.

Figura 73

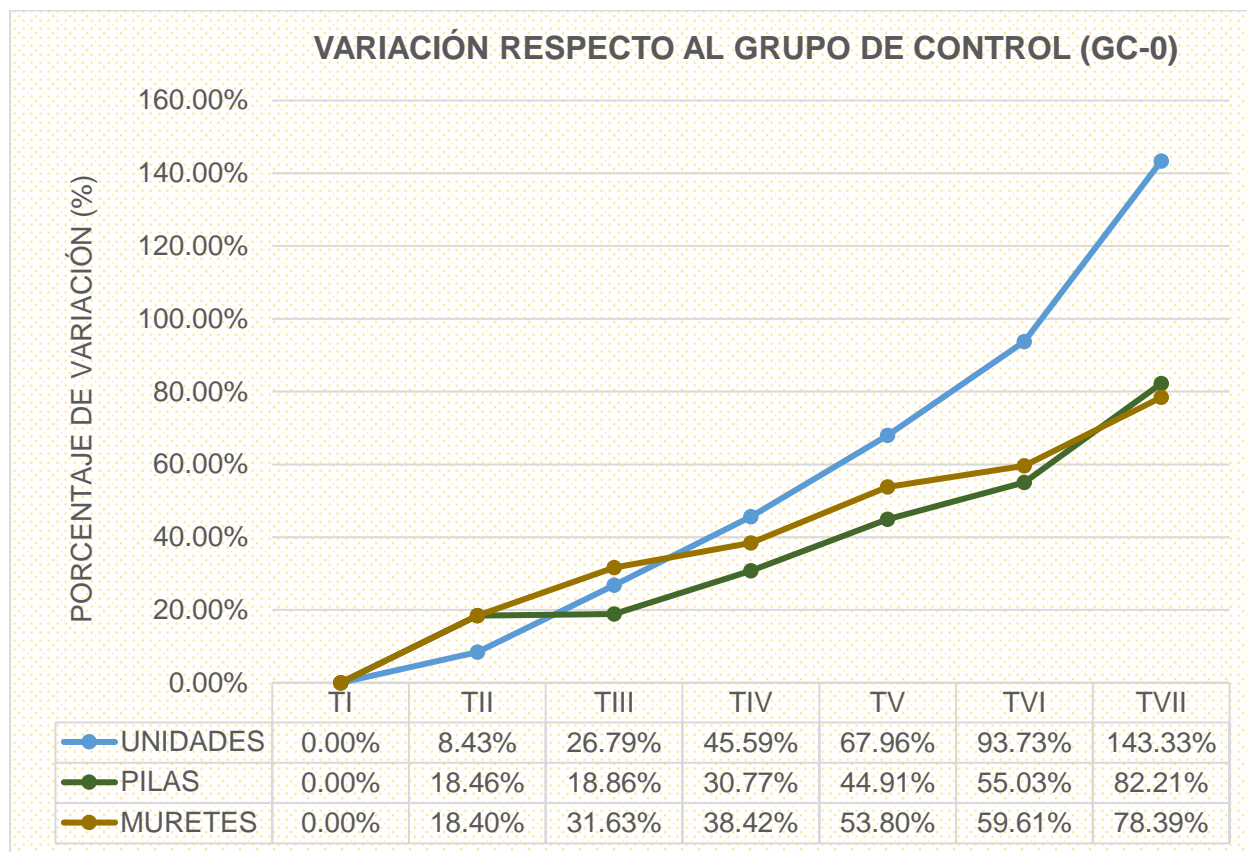
Esfuerzo de compresión axial último vs. tratamiento para unidades, pilas y muretes



Como se muestra en la Figura 74, la fluctuación de los valores promedio del esfuerzo de compresión axial que corresponden a los tratamientos TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) respecto al grupo de control (GC-0) en relación a unidades fueron: 8.43 %, 26.79 %, 45.59 %, 67.96 %, 93.73 % y 143.33 %, respectivamente. La variación de la data respecto al grupo patrón (GC-0) en cuanto pilas y muretes fueron: 18.46 % y 18.40 %, 18.86 % y 31.63 %, 30.77 % y 38.42 %, 44.91 % y 53.80 %, 55.03 % y 59.61 %, y 82.21 % y 78.39 %, respectivamente.

Figura 74

Variación de GC-0 vs. GE - esfuerzo de compresión axial último



La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media, interpretándose como el riesgo de que el comportamiento de los tratamientos planteados sea distinto del comportamiento esperado. Una varianza elevada indica que los datos están más dispersos.

Tabla 220

Dispersión (varianza) de data - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes

ESPECÍMENES	TRATAMIENTO						
	TI GC-0	TII GE-1	TIII GE-2	TIV GE-3	TV GE-4	TVI GE-5	TVII GE-6
UNIDADES	1,011	,477	,669	,281	1,312	2,343	2,762
PILAS	4,144	1,550	3,617	1,843	3,298	2,207	1,215
MURETES	2,451	1,778	1,673	2,605	3,554	1,879	,653

De acuerdo con la Tabla 221, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) superaron 0.05, excepto TVII (GE-6) - muretes, lo cual confirma que los datos presentan una distribución normal. En consecuencia, se justifica la utilización de la estadística paramétrica.

Tabla 221

Normalidad de data - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes

ESPECÍMENES	TRATAMIENTO						
	TI GC-0	TII GE-1	TIII GE-2	TIV GE-3	TV GE-4	TVI GE-5	TVII GE-6
UNIDADES	,603	,864	,056	,917	,492	,650	,988
PILAS	,952	,371	,721	,620	,975	,968	,717
MURETES	,853	,370	,541	,504	,742	,893	,022

Los resultados de la prueba de Levene (Tabla 222), en relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$, permiten admitir la hipótesis nula (H_0) relacionada a varianzas iguales.

Tabla 222

Homogeneidad de data - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes

SIG	ESPECÍMENES		
	UNIDADES	PILAS	MURETES
p-valor	0.123	0.770	0.782

La prueba de T student para muestras independientes permite verificar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6). Como se puede verificar en la Tabla 223, los valores de p para determinar la homogeneidad de varianzas son todos mayores que 0.05. En contraste a ello, los indicadores de la prueba T student, para definir la homogeneidad de medias, demuestran que los casos GC-0 vs. GE-1 (unidades y pilas) y GC-0 vs. GE-2 (pilas) admiten la hipótesis nula (H_0) que refiere medias iguales; escenario opuesto se produce en los casos GC-0 vs. GE-1 (muretes), GC-0 vs. GE-2 (unidades y muretes), GC-0 vs. GE-3, GC-0 vs. GE-4, GC-0 vs. GE-5 y GC-0 vs. GE-6 (unidades, pilas y muretes), donde p-valor ≤ 0.05 , lo cual señala diferencias significativas entre el esfuerzo de compresión último promedio y los tratamientos planteados en la investigación.

Tabla 223

Homogeneidad de varianzas y medias GC-0 vs. GE - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes

MUESTRAS INDEPENDIENTES			ESPECÍMENES					
			UNIDADES		PILAS		MURETES	
			Levene	T student	Levene	T student	Levene	T student
GC-0	vs.	GE-1	,203	,306	,259	,098	,993	,019
GC-0	vs.	GE-2	,403	,015	,819	,138	,904	,001
GC-0	vs.	GE-3	,072	,001	,371	,019	,967	,001
GC-0	vs.	GE-4	1,000	,000	,664	,006	,521	,000
GC-0	vs.	GE-5	,169	,000	,422	,001	,801	,000
GC-0	vs.	GE-6	,378	,000	,181	,000	,375	,000

De acuerdo a la Tabla 224, el $p\text{-valor} \leq 0.05$ en todos los casos (unidades, pilas y muretes). Se confirma la hipótesis alterna (H_a), y se concluye que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los valores promedio del esfuerzo de compresión axial último se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 224

ANOVA - resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes

SIG	ESPECÍMENES		
	UNIDADES	PILAS	MURETES
p-valor	0.000	0.000	0.000

La Tabla 167, Tabla 178 y Tabla 189 de valores DUNCAN permiten afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo al incrementar los valores del esfuerzo de compresión axial último en unidades, pilas y muretes.

4.2.2.4 Objetivo Específico VI: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022. En la Tabla 225 se expone el análisis de los resultados promedio obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión diagonal pilas y muretes en función de los tratamientos propuestos por la autora.

Tabla 225

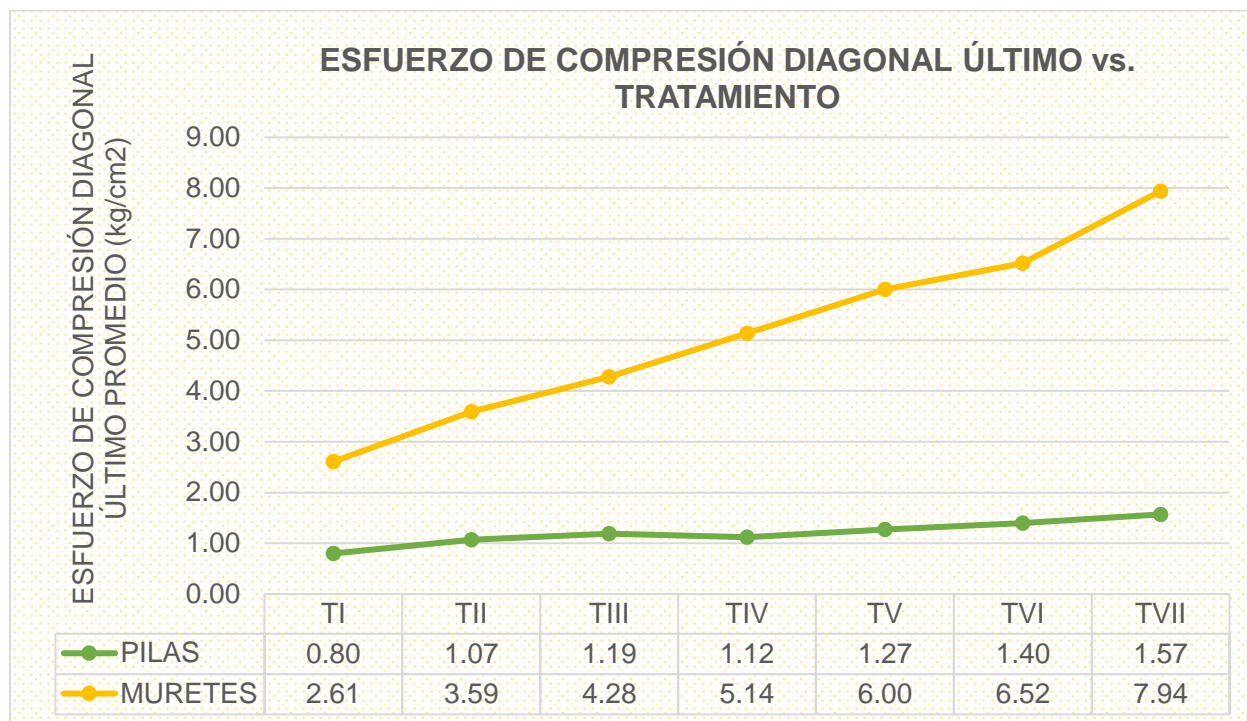
Análisis de los resultados del esfuerzo de compresión diagonal último en pilas y muretes; y su variación respecto a GC-0

TRATAMIENTO		PILAS		MURETES	
		ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO PROMEDIO	VARIACIÓN RESPECTO A GC-0
		$f't$ (kg/cm ²)		$f't$ (kg/cm ²)	
TI	GC-0	0.80	0.00%	2.61	0.00%
TII	GE-1	1.07	33.96%	3.59	37.49%
TIII	GE-2	1.19	49.06%	4.28	63.95%
TIV	GE-3	1.12	40.57%	5.14	97.12%
TV	GE-4	1.27	59.12%	6.00	129.91%
TVI	GE-5	1.40	76.10%	6.52	150.05%
TVII	GE-6	1.57	97.17%	7.94	204.60%

Como se puede observar en la Figura 75, los valores del esfuerzo de compresión diagonal último promedio para pilas presentan una tendencia al crecimiento, aumentando de 0.80 kg/cm² a 1.57 kg/cm². Escenario similar sucede en relación a muretes, casos en los que se presenta un incremento de 2.61 kg/cm² a 7.94 kg/cm².

Figura 75

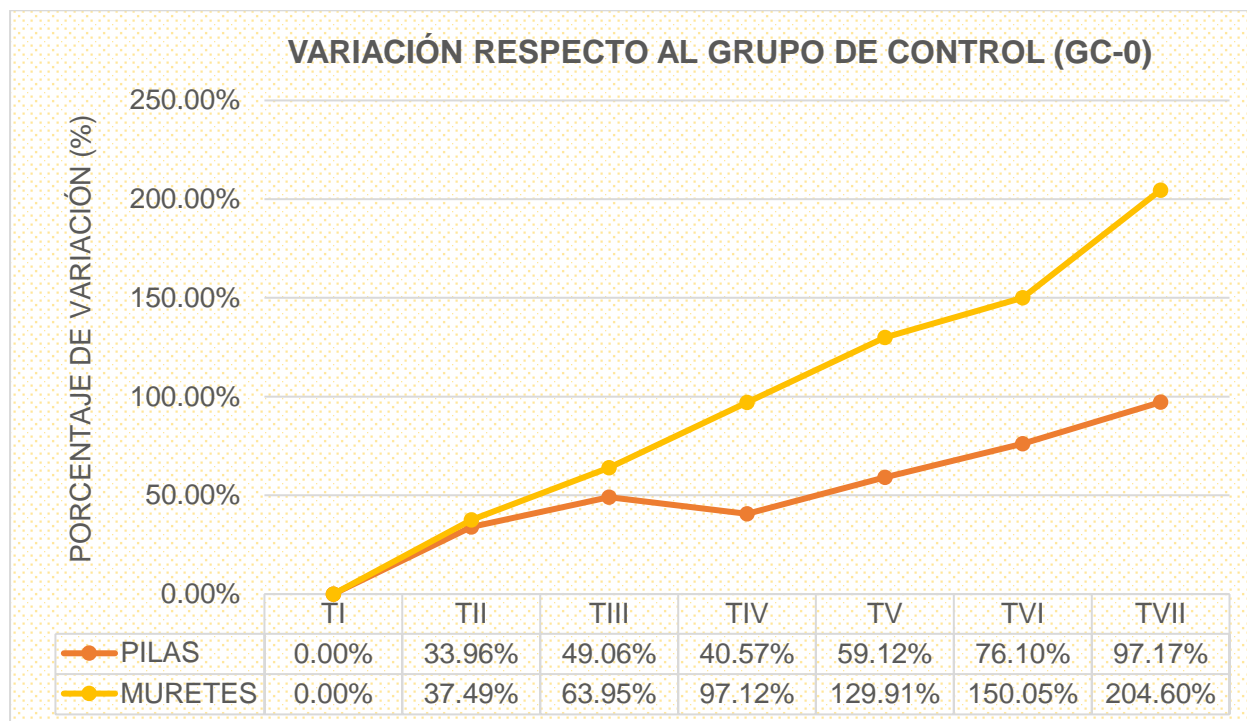
Esfuerzo de compresión diagonal último vs. tratamiento para pilas y muretes



Como se muestra en la Figura 76, la fluctuación de los valores promedio del esfuerzo de compresión diagonal que corresponden a los tratamientos TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) respecto al grupo de control (GC-0) en relación a pilas y muretes fueron: 33.96 % y 37.49 %, 49.06 % y 63.95 %, 40.57 % y 97.12 %, 59.12 % y 129.91%, 76.10 % y 150.05 %, y 97.17 % y 204.60 %, respectivamente.

Figura 76

Variación de GC-0 vs. GE - esfuerzo de compresión diagonal último



La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media, interpretándose como el riesgo de que el comportamiento de los tratamientos planteados sea distinto del comportamiento esperado. Una varianza elevada indica que los datos están más dispersos.

Tabla 226

Dispersión (varianza) de data - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes

ESPECÍMENES	TRATAMIENTO						
	TI GC-0	TII GE-1	TIII GE-2	TIV GE-3	TV GE-4	TVI GE-5	TVII GE-6
PILAS	,124	,055	,056	,020	,037	,080	,135
MURETES	,093	,075	,056	,348	,211	,133	,367

De acuerdo con la Tabla 227, los valores de sig (p-valor) en la prueba de Shapiro – Wilk para TI (GC-0), TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6) superan 0.05, lo cual permite confirmar que los datos presentan una distribución normal, y se justifica, así, la utilización de la estadística paramétrica.

Tabla 227

Normalidad de data - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes

ESPECIMENES	TRATAMIENTO						
	TI GC-0	TII GE-1	TIII GE-2	TIV GE-3	TV GE-4	TVI GE-5	TVII GE-6
PILAS	,766	,761	,993	,869	,611	,979	,444
MURETES	,209	,475	,872	,573	,107	,891	,965

Los resultados de la prueba de Levene (Tabla 228), con relación al supuesto de homogeneidad de varianzas con $p > 0.05$, confirma la hipótesis nula (H_0) referida a varianzas iguales.

Tabla 228

Homogeneidad de data - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes

SIG	ESPECÍMENES	
	PILAS	MURETES
p-valor	0.286	0.497

La prueba de T student para muestras independientes permite evaluar la homogeneidad de varianzas y medias entre el tratamiento patrón (GC-0) y los demás tratamientos experimentales (GE-1, GE-2, GE-3, GE-4, GE-5 y GE-6). Como se puede verificar en Tabla 229, los valores de p para determinar la homogeneidad de varianzas son todos mayores que 0.05. En contraste con ello, los indicadores de la prueba T student para definir la homogeneidad de medias

demuestran que los casos GC-0 vs. GE-1, GC-0 vs. GE-2, GC-0 vs. GE-3, GC-0 vs. GE-4 admiten la hipótesis nula (H_0) que refiere medias iguales (pilas); escenario opuesto a los casos GC-0 vs. GE-5 y GC-0 vs. GE-6 (pilas), GC-0 vs. GE-1, GC-0 vs. GE-2, GC-0 vs. GE-3, GC-0 vs. GE-4, GC-0 vs. GE-5 y GC-0 vs. GE-6 (muretes), donde $p\text{-valor} \leq 0.05$, lo cual señala diferencias significativas entre el esfuerzo de compresión diagonal último promedio y los tratamientos planteados en la investigación.

Tabla 229

Homogeneidad de varianzas y medias GC-0 vs. GE - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes

MUESTRAS INDEPENDIENTES			ESPECÍMENES			
			PILAS		MURETES	
			Levene	T student	Levene	T student
GC-0	vs.	GE-1	,415	,249	,854	,003
GC-0	vs.	GE-2	,378	,116	,698	,000
GC-0	vs.	GE-3	,117	,140	,230	,000
GC-0	vs.	GE-4	,231	,057	,461	,000
GC-0	vs.	GE-5	,565	,036	,557	,000
GC-0	vs.	GE-6	,706	,023	,706	,023

De acuerdo a la Tabla 230, el $p\text{-valor} \leq 0.05$ en todos los casos (pilas y muretes), lo cual permite confirmar la hipótesis alterna (H_a), y se concluye que los tratamientos son diferentes. En consecuencia, los valores promedio del esfuerzo de compresión diagonal último se ven afectados por las dosificaciones.

Tabla 230

ANOVA - resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes

SIG	ESPECÍMENES	
	PILAS	MURETES
p-valor	0.017	0.000

La Tabla 200 y Tabla 211 de valores DUNCAN permiten afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo al incrementar los valores del esfuerzo de compresión diagonal último en pilas y muretes.

4.3 Discusión de resultados

Tabla 231

Resumen de antecedentes a tratar en la discusión de resultados

	TESIS PREGRADO		INVESTIGADOR (ANTECEDENTES)				
	UNDA, A. (2022)	ROJAS, M. (2023)	COTRINA, R. (2022)	CELESTIN O, B. (2021)	VARGAS, E. (2021)	MILLA, D. (2018)	GARCIA, A. (2018)
TÍTULO	Influencia de la escoria de cobre y cemento en la estabilización de adobes artesanales utilizado en Espinar - Cusco, 2022	Caracterización física y mecánica de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento.	Influencia de la viruta metálica en las propiedades del adobe tradicional, en la Provincia de Huaral, Lima 2022	Efecto de la adición del relave minero y cal en las propiedades del superadobe – Huaraz - 2021	Influencia del cemento portland tipo IP en las propiedades del adobe comprimido artesanalmente en San Jerónimo - Cusco en el año 2021	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	“Resistencia a la compresión de una unidad de albañilería de adobe, sustituyendo el 3%, 6%, 9% y 12% de tierra por cal y cemento portland tipo I. Distrito de Huaraz - Huaraz 2018”
DOSIFICACIÓN	Sin adiciones						
	3% escoria de cobre + 3% cemento	5% cemento	2% viruta metálica	20% relave + 7% cal	4% cemento	10% relave	1% cal y 2% cemento (3% cal y cemento)
	5% escoria de cobre + 3% cemento	8% cemento					2% cal y 4% cemento (6% cal y cemento)
	5% escoria de cobre + 3% cemento	12% cemento	4% viruta metálica	30% relave + 7% cal	10% cemento	20% relave	3% cal y 6% (9% cal y cemento)
	5% escoria de cobre + 5% cemento	15% cemento					
	7% escoria de cobre + 3% cemento	18% cemento	6% viruta metálica	40% relave + 7% cal	16% cemento	30% relave	4% cal y 8% cemento (12% cal y cemento)
	7% escoria de cobre + 5% cemento						

4.3.1 Comparación de resultados con antecedentes y normativa

4.3.1.1 Hipótesis específica III. Los resultados de los ensayos realizados por Milla (2018), para determinar el porcentaje de variabilidad promedio para largo, ancho y altura por tratamiento, fueron: 2.60 %, 4.62 % y 10.00 % (sin adiciones); 1.74 %, 4.62 % y 2.50 % (10 % relave); 2.60 %, 3.08 % y 2.50 % (20 % relave); y 1.74 %, 3.08 % y 5.00 % (30 % relave) (16).

Los resultados de García (2018), para determinar el porcentaje de variabilidad dimensional por tratamiento para el largo, fueron: 0.33 % (0 % cal y cemento); 0.15 % (3 % cal y cemento, 0.15 % (6 % cal y cemento); 0.10 % (9 % cal y cemento); y 0.03 % (12 % cal y cemento). Respecto al ancho y altura, los valores fueron: 0.23 % y 0.56 % (0 % cal y cemento); 0.10 % y 0.50 % (3 % cal y cemento); 0.20 % y 0.25 % (6 % cal y cemento); 0.13 % y 0.25 % (9 % cal y cemento); y 0.07 % y 0.06 % (12 % cal y cemento), respectivamente (17).

En la presente investigación se pudo comprobar que los porcentajes de variación dimensional promedio tienen tendencia a disminuir favorablemente conforme se incrementa el porcentaje de adición de los añadidos.

A continuación, se muestran los resultados de los porcentajes promedio de variabilidad dimensional por dimensión (largo, ancho y altura) para la presente investigación y los estudios citados en los antecedentes nacionales.

Tabla 232

Comparación de resultados con los antecedentes - porcentaje de variabilidad dimensional (largo)

	TESIS PREGRADO		INVESTIGADOR (ANTECEDENTES)			
	UNDA, A. (2022)	% VD (L)	MILLA, D. (2018)	% VD (L)	GARCÍA, A. (2018)	% VD (L)
	Sin adiciones	3.51%	Sin adiciones	2.60%	Sin adiciones	0.33%
DOSIFICACIÓN	3% escoria de cobre + 3% cemento	2.98%	10% relave	1.74%	1% cal y 2% cemento (3% cal y cemento)	0.15%
	5% escoria de cobre + 3% cemento	2.84%			2% cal y 4% cemento (6% cal y cemento)	0.15%
	5% escoria de cobre + 3% cemento	1.89%	20% relave	2.60%	3% cal y 6% (9% cal y cemento)	0.15%
	5% escoria de cobre + 5% cemento	0.81%				
	7% escoria de cobre + 3% cemento	0.28%	30% relave	1.74%	4% cal y 8% cemento (12% cal y cemento)	0.10%
	7% escoria de cobre + 5% cemento	0.06%				

Tabla 233

Comparación de resultados con los antecedentes - porcentaje de variabilidad dimensional (ancho)

	TESIS PREGRADO		INVESTIGADOR (ANTECEDENTES)			
	UNDA, A. (2022)	% VD (A)	MILLA, D. (2018)	% VD (A)	GARCÍA, A. (2018)	% VD (A)
DOSIFICACIÓN	Sin adiciones	3.20	Sin adiciones	4.62%	Sin adiciones	0.23%
	3% escoria de cobre + 3% cemento	2.92	10% relave	4.62%	1% cal y 2% cemento (3% cal y cemento)	0.15%
	5% escoria de cobre + 3% cemento	1.70			2% cal y 4% cemento (6% cal y cemento)	0.10%
	5% escoria de cobre + 3% cemento	1.58	20% relave	3.08%	3% cal y 6% (9% cal y cemento)	0.20%
	5% escoria de cobre + 5% cemento	1.06				
	7% escoria de cobre + 3% cemento	0.46	30% relave	3.08%	4% cal y 8% cemento (12% cal y cemento)	0.13%
	7% escoria de cobre + 5% cemento	0.10				

Tabla 234

Comparación de resultados con los antecedentes - porcentaje de variabilidad dimensional

(altura)

	TESIS PREGRADO		INVESTIGADOR (ANTECEDENTES)			
	UNDA, A. (2022)	% VD (H)	MILLA, D. (2018)	% VD (H)	GARCÍA, A. (2018)	% VD (H)
	Sin adiciones	4.44	Sin adiciones	10.00%	Sin adiciones	0.56%
DOSIFICACIÓN	3% escoria de cobre + 3% cemento	4.26			1% cal y 2% cemento (3% cal y cemento)	0.15%
	5% escoria de cobre + 3% cemento	2.56	10% relave	2.50%	2% cal y 4% cemento (6% cal y cemento)	0.50%
	5% escoria de cobre + 3% cemento	2.38			3% cal y 6% (9% cal y cemento)	0.25%
	5% escoria de cobre + 5% cemento	1.76	20% relave	2.50%		
	7% escoria de cobre + 3% cemento	0.62			4% cal y 8% cemento (12% cal y cemento)	0.25%
	7% escoria de cobre + 5% cemento	0.09	30% relave	5.00%		

De acuerdo con los parámetros establecidos en la NTP 331.017 (35), y haciendo una comparación entre las máximas variaciones permisibles (mm) y la data numérica obtenida mediante los ensayos, se pudo verificar que la variación en cuanto a longitud que deriva de la aplicación del TI (sin adiciones) es superior a 8.00 mm, al igual que los resultados para altura (mm) propios de los TI y TII, que son superiores a 3.00 mm y exceden los límites fijados.

La Tabla 235 muestra el análisis realizado en función de la NTP 331.017 (35) para efectuar la discusión de resultados de los porcentajes de variabilidad dimensional del estudio.

Tabla 235

Discusión de resultados de variabilidad dimensional

DIMENSIÓN NOMINAL (mm)		250		125		85	
TRATAMIENTO		LONGITUD (%)	mm	ANCHO (%)	mm	ALTURA (%)	mm
TI	GC-0	3.51%	8.78	3.20%	4.00	4.44%	3.77
TII	GE-1	2.98%	7.45	2.92%	3.65	4.26%	3.62
TIII	GE-2	2.84%	7.10	1.70%	2.13	2.56%	2.18
TIV	GE-3	1.89%	4.73	1.58%	1.98	2.38%	2.02
TV	GE-4	0.81%	2.03	1.06%	1.33	1.76%	1.50
TVI	GE-5	0.28%	0.70	0.46%	0.58	0.62%	0.53
TVII	GE-6	0.06%	0.15	0.10%	0.13	0.09%	0.08

4.3.1.2 Hipótesis específica IV. Los resultados de las pruebas efectuadas por Rojas (2023) respecto al porcentaje promedio de absorción para los tratamientos sin adiciones (grupo de control) y adiciones de cemento al 5 %, 8 %, 12 %, 15% y 18 % (grupos experimentales) fueron: -3.32 %, 9.10 %, 8.19%, 10.76 %, 11.59 % y 12.63 %, respectivamente (12).

Por otro lado, los valores obtenidos por Cotrina (2022) fueron: 18.65 % (grupo de control – sin adiciones), 18.55 % (2 % viruta metálica), 18.54 % (4 % viruta metálica) y 18.38 % (6 % viruta metálica) (13).

Los estudios realizados por Celestino (2021) muestran los siguientes valores respecto del porcentaje de absorción promedio: indeterminado (grupo patrón – sin adiciones), 15.23 % (20 % R+7 % C), 15.81 % (30 % R+7 % C) y 16.26 % (40 % R+7 % C) (14).

Finalmente, en la presente investigación y en referencia a la NTP 339.613 (51), fue posible verificar que no todos los tratamientos planteados en el estudio superaron el ensayo, ello considerando que todos los especímenes del TI (sin adiciones) quedaron completamente destruidos, y respecto del TII (3 % de escoria de cobre y 3 % de cemento), dos de las cuatro muestras se desintegraron; por lo que, para dichos tratamientos, los porcentajes de absorción promedio se catalogaron como: indeterminado y 30.23 %, respectivamente, resultados que

exceden los valores máximos permisibles establecidos en la norma. Por otro lado, y para los tratamientos sucesivos, TIII (3 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TIV (5 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TV (5 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TVI (7 % de escoria de cobre + 3 % de cemento) y TVII (7 % de escoria de cobre + 5% de cemento), los porcentajes de absorción promedio obtenidos fueron: 22.99 %, 16.45 %, 11.21 %, 7.97 % y 6.07 %, respectivamente. De dichos valores, el porcentaje de absorción promedio para TIII supera el 22% máximo que indica la norma, y los restantes se hallan dentro de los límites establecidos.

Los resultados de las pruebas para determinar el porcentaje de absorción en la presente investigación, y en estudios previos, permiten afirmar que, en todos los casos, este se reduce considerablemente conforme aumenta el porcentaje de añadidos de estabilización, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 236

Comparación de resultados - porcentaje de absorción

	TESIS PREGRADO		INVESTIGADOR (ANTECEDENTES)					
	UNDA, A. (2022)	% ABS	ROJAS, M. (2023)	% ABS	COTRINA, R. (2022)	% ABS	CELESTINO, B. (2021)	% ABS
DOSIFICACIÓN	Sin adiciones	INDETERMINAD O	Sin adiciones	-3.32%	Sin adiciones	18.65%	Sin adiciones	INDETERMINAD O
	3% escoria de cobre + 3% cemento	30.23%			2% viruta metálica	18.55%	20% relave+7 % cal	15.23%
	5% escoria de cobre + 3% cemento	22.99%	5% cemento	9.10%				
	5% escoria de cobre + 3% cemento	16.45%	8% cemento	8.19%				
	5% escoria de cobre + 5% cemento	11.21%	12% cemento	10.76%	4% viruta metálica	18.54%	30% relave+7 % cal	15.81%
	7% escoria de cobre + 3% cemento	7.97%	15% cemento	11.59%				
	7% escoria de cobre + 5% cemento	6.07%	18% cemento	12.63%	6% viruta metálica	18.38%	40% relave+7 % cal	16.26%

4.3.1.3 Hipótesis específica V.

4.3.1.3.1 Resistencia a la compresión axial en unidades. Los valores promedio de resistencia a la compresión en unidades obtenidas por Rojas (2023) respecto al grupo de control (sin adiciones) y grupos experimentales (5 %, 8 % y 12 %, 15 % y 18 %) fueron: 6.74 kg/cm², 29.61 kg/cm², 33.39 kg/cm², 40.96 kg/cm², 52.90 kg/cm² y 60.45 kg/cm², respectivamente (12).

Por otro lado, los resultados promedio de resistencia a la compresión en unidades derivados del estudio de Cotrina (2022), respecto al grupo de control (sin adiciones) y grupos experimentales (2 %, 4 % y 6 %), fueron: 10.9 kg/cm², 13.1 kg/cm², 14.2 kg/cm² y 15.8 kg/cm², respectivamente (13).

La investigación de Celestino (2021) muestra los siguientes valores de resistencia a la compresión axial en unidades por tratamiento: 12.44 kg/cm² (grupo patrón – sin adiciones), 13.55 kg/cm² (20 % R+7 % C), 14.83 kg/cm² (30 % R+7 % C) y 15.89 kg/cm² (40 % R+7 % C) (14).

En la investigación realizada por Vargas (2021) los resultados promedio de los ensayos de resistencia a la compresión axial en unidades fueron: 9.26 kg/cm² (grupo patrón – sin adiciones), 12.62 kg/cm² (4 % cemento), 14.70 kg/cm² (10 % cemento) y 21.00 kg/cm² (16 % cemento) con variaciones de 36 %, 43 % y hasta 80 % respecto al grupo patrón (15).

En cuanto al estudio de Milla (2018), los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión última promedio a la edad de 28 días por tratamiento fueron: 15.52 kg/cm² (grupo de control – sin adiciones), 21.87 kg/cm² (10 % relave), 24.61 kg/cm² (20 % relave) y 29.33 kg/cm² (30 % relave) con variaciones de 29.04 %, 36.94 % y hasta 47.08 % respecto al grupo patrón (16).

Con relación a los resultados de resistencia a la compresión obtenidos en la investigación realizada por García (2018), puede observarse una tendencia al crecimiento: 33.63 kg/cm², 46.93 kg/cm², 56.01 kg/cm², 63.00 kg/cm² y 73.47 kg/cm² para grupo de control al 0 %, y los grupos experimentales: 3 %, 6 %, 9 % y 12 %, respectivamente (17).

Finalmente, en la presente investigación y en referencia a la norma E.080 (18) para unidades, los tratamientos que superan la resistencia mínima establecida por la norma (10.2 kg/cm²) van del TIII en adelante, siendo los valores de esfuerzo de compresión último y esfuerzo de compresión admisible para cada uno de los tratamientos: TI (GC-0: sin adiciones), TII (GE-1: 3 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TIII (GE-2: 3 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TIV (GE-3: 5 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TV (GE-4: 5 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TVI (GE-5: 7 % de escoria de cobre + 3 % de cemento) y TVII (GE-6: 7 % de escoria de cobre + 5 % de cemento): 8.10 kg/cm² y 3.24 kg/cm², 8.78 kg/cm² y 3.51 kg/cm², 10.27 kg/cm² y 4.11 kg/cm², 11.79 kg/cm² y 4.72 kg/cm², 13.61 kg/cm² y 5.44 kg/cm², 15.69 kg/cm² y 6.28 kg/cm², y 19.71 kg/cm² y 7.88 kg/cm², respectivamente. Las variaciones respecto al grupo de control (TI): 8.43 %, 26.79 %, 45.59 %, 67.96 %, 93.73 % y 143.33 %, respectivamente (Tabla 65).

Los resultados de las pruebas para determinar los valores de resistencia a la compresión axial en unidades en la presente investigación, y en estudios previos, se muestran en la Tabla 237.

Tabla 237

Comparación de resultados - resistencia a la compresión axial en unidades

	TESIS PREGRADO				INVESTIGADOR (ANTECEDENTES)									
	UNDA, A. (2022)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN UNIDADES (kg/cm ²)	ROJAS, M. (2023)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN UNIDADES (kg/cm ²)	COTRINA, R. (2022)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN UNIDADES (kg/cm ²)	CELESTINO, B. (2021)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN UNIDADES (kg/cm ²)	VARGAS, E. (2021)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN UNIDADES (kg/cm ²)	MILLA, D. (2018)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN UNIDADES (kg/cm ²)	GARCIA, A. (2018)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN UNIDADES (kg/cm ²)
DOSIFICACIÓN	Sin adiciones	8.1			Sin adiciones	10.9	Sin adiciones	12.44	Sin adiciones	9.26	Sin adiciones	15.52	Sin adiciones	33.63
	3% escoria de cobre + 3% cemento	8.78	Sin adiciones	6.74									1% cal y 2% cemento (3% cal y cemento)	46.93
	5% escoria de cobre + 3% cemento	10.27	5% cemento	29.61	2% viruta metálica	13.1	20% relave+7% cal	13.55	4% cemento	12.62	10% relave	21.87	2% cal y 4% cemento (6% cal y cemento)	56.01
	5% escoria de cobre + 3% cemento	11.79	8% cemento	33.39										
	5% escoria de cobre + 5% cemento	13.61	12% cemento	40.96	4% viruta metálica	14.2	30% relave+7% cal	14.83	10% cemento	14.70	20% relave	24.61	3% cal y 6% (9% cal y cemento)	63.00
	7% escoria de cobre + 3% cemento	15.69	15% cemento	52.90										
	7% escoria de cobre + 5% cemento	19.71	18% cemento	60.45	6% viruta metálica	15.8	40% relave+7% cal	15.89	16% cemento	21.00	30% relave	29.33	4% cal y 8% cemento (12% cal y cemento)	73.47

4.3.1.3.2 Resistencia a la compresión axial en pilas. Rojas (2023) pudo verificar los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión en pilas a los que fueron sometidas las muestras: 11.69 kg/cm² (grupo de control), 27.97 kg/cm² (5 % cemento), 31.02 kg/cm² (8 % cemento), 32.49 kg/cm² (12 % cemento), 36.15 kg/cm² (15% cemento) y 41.95 kg/cm² (18 % cemento) (12).

En la presente investigación y en referencia a la norma E.080 (18), todos los tratamientos superan la resistencia mínima establecida por la norma E.080 (6.12 kg/cm²), siendo las resistencias últimas promedio y esfuerzos admisibles promedio para los tratamientos TI (GC-0: sin adiciones), TII (GE-1: 3 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TIII (GE-2: 3 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TIV (GE-3: 5 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TV (GE-4: 5 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TVI (GE-5: 7 % de escoria de cobre + 3 % de cemento) y TVII (GE-6: 7 % de escoria de cobre + 5 % de cemento): 12.64 kg/cm² y 5.05 kg/cm², 14.97 kg/cm² y 5.99 kg/cm², 15.02 kg/cm² y 6.01 kg/cm², 16.52 kg/cm² y 6.61 kg/cm², 18.31 kg/cm² y 7.32 kg/cm², 19.59 kg/cm² y 7.84 kg/cm², y 23.02 kg/cm² y 9.21 kg/cm², respectivamente. En cuanto a la variación respecto al grupo de control GC-0 (TI), las variaciones fueron de: 18.46 %, 18.86 %, 30.77 %, 44.91 %, 55.03 % y 82.21 %, respectivamente (Tabla 73).

Los resultados de las pruebas para determinar los valores de resistencia a la compresión axial en pilas en la presente investigación, y en estudios previos, permiten afirmar que, en todos los casos, estos aumentan considerablemente conforme aumenta el porcentaje de añadidos de estabilización, como se muestra en la Tabla 238.

Tabla 238

Comparación de resultados - resistencia a la compresión axial en pilas

	TESIS PREGRADO		INVESTIGADOR (ANTECEDENTES)	
	UNDA, A. (2022)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS (kg/cm ²)	ROJAS, M. (2023)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS (kg/cm ²)
DOSIFICACIÓN	Sin adiciones	5.05		
	3% escoria de cobre + 3% cemento	5.99	Sin adiciones	11.69
	5% escoria de cobre + 3% cemento	6.01	5% cemento	27.97
	5% escoria de cobre + 3% cemento	6.61	8% cemento	31.02
	5% escoria de cobre + 5% cemento	7.32	12% cemento	32.49
	7% escoria de cobre + 3% cemento	7.84	15% cemento	36.15
	7% escoria de cobre + 5% cemento	9.21	18% cemento	41.95

4.3.1.3.3 Resistencia a la compresión axial en muretes. No se disponen de antecedentes en relación con los indicadores de resistencia a la compresión axial en muretes, y la norma tampoco indica un parámetro mínimo; sin embargo, al igual que en el caso de las unidades y pilas, puede observarse un crecimiento en el esfuerzo último promedio conforme se incrementa el porcentaje de adición de los añadidos.

En la presente investigación, las resistencias últimas promedio y esfuerzos admisibles promedio para los tratamientos TI (GC-0: sin adiciones), TII (GE-1: 3 % de escoria de cobre + 3% de cemento), TIII (GE-2: 3 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TIV (GE-3: 5 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TV (GE-4: 5 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TVI

(GE-5: 7 % de escoria de cobre + 3 % de cemento) y TVII (GE-6: 7 % de escoria de cobre + 5 % de cemento): fueron: 17.75 kg/cm² y 7.10 kg/cm², 21.01 kg/cm² y 8.40 kg/cm², 23.36 kg/cm² y 9.34 kg/cm², 24.56 kg/cm² y 9.83 kg/cm², 27.29 kg/cm² y 10.92 kg/cm², 28.32 kg/cm² y 11.33 kg/cm², y 31.66 kg/cm² y 12.66 kg/cm², respectivamente. En cuanto a la variación respecto al grupo de control GC-0 (TI), las variaciones fueron de: 18.40 %, 31.63 %, 38.42 %, 53.80 %, 59.61 % y 78.39 %, respectivamente (Tabla 81).

4.3.1.4 Hipótesis específica VI.

4.3.1.4.1 Resistencia a la compresión diagonal en pilas. No se disponen de antecedentes con relación a los indicadores de resistencia a la compresión diagonal en pilas, y la norma tampoco indica un parámetro mínimo; sin embargo, puede observarse un crecimiento en el esfuerzo último promedio conforme se incrementa el porcentaje de adición de los añadidos.

En la presente investigación, las resistencias últimas promedio y esfuerzos admisibles promedio para los tratamientos TI (GC-0: sin adiciones), TII (GE-1: 3 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TIII (GE-2: 3 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TIV (GE-3: 5 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TV (GE-4: 5 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TVI (GE-5: 7 % de escoria de cobre + 3 % de cemento) y TVII (GE-6: 7 % de escoria de cobre + 5 % de cemento) fueron: 0.80 kg/cm² y 0.32 kg/cm², 1.07 kg/cm² y 0.43 kg/cm², 1.19 kg/cm² y 0.47 kg/cm², 1.12 kg/cm² y 0.45 kg/cm², 1.27 kg/cm² y 0.51 kg/cm², 1.40 kg/cm² y 0.56 kg/cm², y 1.57 kg/cm² y 0.63 kg/cm², respectivamente. En cuanto a la variación respecto al grupo de control GC-0 (TI), las variaciones fueron de: 33.96 %, 49.06 %, 40.57 %, 59.12 %, 76.10 % y 97.17 %, respectivamente (Tabla 89).

4.3.1.4.2 Resistencia a la compresión diagonal en muretes. Rojas (2023) pudo verificar los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión diagonal en muretes a los que fueron sometidas las muestras: 2.34 kg/cm² (grupo patrón – sin adiciones), 3.56 kg/cm² (5 % cemento), 4.40 kg/cm² (8 % cemento), 5.63 kg/cm² (12 % cemento), 6.23 kg/cm² (15 % cemento) y 6.91 kg/cm² (18 % cemento) (12).

En la presente investigación y en referencia a la norma E.080 (18), todos los tratamientos superan la resistencia mínima establecida por la norma (0.25 kg/cm²), siendo los valores de esfuerzo de compresión último y esfuerzo de compresión admisible para cada uno de los tratamientos: TI (sin adiciones), TII (3 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TIII (3 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TIV (5 % de escoria de cobre + 3 % de cemento), TV (5 % de escoria de cobre + 5 % de cemento), TVI (7 % de escoria de cobre + 3 % de cemento) y TVII (7 % de escoria de cobre + 5 % de cemento): 2.61 kg/cm² y 1.04 kg/cm², 3.59 kg/cm² y 1.43 kg/cm², 4.28 kg/cm² y 1.71 kg/cm², 5.14 kg/cm² y 2.06 kg/cm², 6.00 kg/cm² y 2.40 kg/cm², 6.52 kg/cm² y 2.61 kg/cm²; y 7.94 kg /cm² y 3.18 kg/cm², respectivamente. Las variaciones respecto al grupo de control (TI): 37.49 %, 63.95 %, 97.12 %, 129.91 %, 150.05 % y 204.60 %, respectivamente Tabla 97.

Los resultados de las pruebas para determinar los valores de resistencia a la compresión diagonal en muretes en la presente investigación, y en estudios previos, permiten afirmar que, en todos los casos, estos aumentan considerablemente conforme aumenta el porcentaje de añadidos de estabilización, como se muestra en la Tabla 239.

Tabla 239

Comparación de resultados - resistencia a la compresión diagonal en muretes

	TESIS PREGRADO		INVESTIGADOR (ANTECEDENTES)	
	UNDA, A. (2022)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES (kg/cm ²)	ROJAS, M. (2023)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES (kg/cm ²)
DOSIFICACIÓN	Sin adiciones	1.04		
	3% escoria de cobre + 3% cemento	1.43	Sin adiciones	2.34
	5% escoria de cobre + 3% cemento	1.71	5% cemento	3.56
	5% escoria de cobre + 3% cemento	2.06	8% cemento	4.40
	5% escoria de cobre + 5% cemento	2.4	12% cemento	5.63
	7% escoria de cobre + 3% cemento	2.61	15% cemento	6.23
	7% escoria de cobre + 5% cemento	3.18	18% cemento	6.91

4.3.2 Contratación de hipótesis

A continuación, se procede a corroborar cada una de las hipótesis planteadas en la presente investigación, tal como se muestra en la Tabla 240.

Tabla 240

Validación de hipótesis

HIPÓTESIS	RESULTADOS OBTENIDOS
Hipótesis general	
1 La adición de escoria de cobre y cemento influye favorablemente en la mejora de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de adobes artesanales utilizados en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento influye favorablemente en el comportamiento físico-mecánico de las unidades de albañilería de adobe estabilizado en comparación al adobe artesanal que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.
Hipótesis específicas	
1 Las propiedades y composición de la escoria de cobre y su accesibilidad en cuanto a su obtención, la convierten en un añadido apto para la estabilización de adobe artesanal.	La escoria de cobre como añadido presenta características y propiedades que lo convierten en un material puzolánico cementante, cuyo aporte es considerable en cuanto a los parámetros e indicadores establecidos en la presente investigación. Sin embargo, existen factores externos a considerar tales como los costos de transporte y la dificultad de obtención.
2 El suelo natural a emplearse presenta características que lo hacen “deficiente” en cuanto a su composición y propiedades.	El suelo utilizado en la investigación se categorizo mediante los ensayos de caracterización del suelo como “ML” (limo arenoso) de calidad aceptable a mala.
3 La adición de escoria de cobre y cemento reduce la variabilidad dimensional en las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento genera una disminución favorable en los porcentajes de variación dimensional promedio (longitud, ancho, altura y volumen).
4 La adición de escoria de cobre y cemento reduce el porcentaje de absorción en las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento genera una disminución favorable en los porcentajes de absorción promedio conforme se incrementan los porcentajes de adición de los añadidos.
5 La adición de escoria de cobre y cemento mejora significativamente la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento genera un crecimiento favorable en los valores de esfuerzo de compresión axial último promedio en unidades, pilas y muretes conforme se incrementan los porcentajes de adición de los añadidos.
6 La adición de escoria de cobre y cemento mejora significativamente la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento genera un crecimiento favorable en los valores de esfuerzo de compresión diagonal último promedio en pilas y muretes conforme se incrementan los porcentajes de adición de los añadidos.

7 La adición de escoria de cobre y cemento no afecta sustancialmente el costo de la elaboración de adobes artesanales que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.	La adición de escoria de cobre y cemento representa una variación de hasta un 73 % del costo unitario de las unidades estabilizadas en comparación con las tradicionales.
---	---

Conclusiones

La presente investigación busca evaluar el efecto de la adición de escoria de cobre y cemento en las propiedades físico-mecánicas del adobe artesanal que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022. La campaña experimental inició con la caracterización fisicoquímica de la escoria de cobre, seguido de la determinación de los parámetros que definen la naturaleza del suelo (contenido de humedad, densidad seca y contenido de humedad óptimo, análisis granulométrico, límites de Atterberg y clasificación de suelos SUCS). Posteriormente, se inicia con la elaboración de los adobes artesanales en Espinar-Cusco, 2022, considerando siete combinaciones acorde al diseño factorial propuesto previamente, de los que se definen: un grupo de control (Tratamiento I: GC-0) y seis grupos experimentales: 3 % de escoria de cobre y 3% de cemento (Tratamiento II: GE-1); 3 % de escoria de cobre y 5 % de cemento (Tratamiento III: GE-2); 5 % de escoria de cobre y 3 % de cemento (Tratamiento IV: GE-3); 5 % de escoria de cobre y 5 % de cemento (Tratamiento V: GE-4); 7 % de escoria de cobre y 3 % de cemento (Tratamiento VI: GE-5); y 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento (Tratamiento VII: GE-6). Tras ello, se realizaron los ensayos para determinar los porcentajes de variación dimensional y absorción, además de la resistencia a la compresión axial (unidades, pilas y muretes) y diagonal (pilas y muretes). Finalmente, se realizó un análisis del costo-beneficio de la adición de los añadidos antes mencionados en contraste con las unidades tradicionales. Las conclusiones obtenidas se detallan a continuación:

Tabla 241

Conclusiones de acuerdo con los objetivos específicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONCLUSIONES
<p>Objetivo específico I: Detallar la composición, las propiedades y el procedimiento de obtención de la escoria de cobre.</p>	<p>Composición</p> <p>En base al Informe Técnico N°1819-22-LABICER, la escoria de cobre gruesa (con granulometría de 5 mm) está compuesta por: proporcionado por: SiO₂ (35.00%), Al₂O₃ (7.00%), Fe₂O₃ (40.00%), CaO (7.00%), K₂O (0.10%), MgO (0.05%), TiO (0.10%), Na₂O (0.20%) y sílice libre (menos del 1%).</p>
	<p>Propiedades</p> <p>Con relación a las propiedades físicas del añadido, presenta una granulometría de 5 mm (partículas negras, angulares e inodoras), dureza mayor a 6 Mohs, gravedad específica de 3.36 g/ml, peso (tn/m³) de 1.45 y densidad a granel de 2000/2300 kg/m³. Sus propiedades químicas muestran presencia de cloruros (25 ppm) y sulfatos (102.67 ppm), además de parámetros tales como: pH, conductividad (μS/cm), solubilidad en agua, punto de fusión (°C) y humedad (%) con valores de 8.20, 72.32, 0.02, mayor a 950 y 0.02, respectivamente.</p>
	<p>Procedimiento de obtención</p> <p>La escoria de cobre empleada en la investigación se obtuvo de la empresa PARA TODO PUNTOCOM E.I.R.L. El material fue sometido a molienda para disminuir su tamaño de partícula.</p>
<p>Objetivo específico II: Identificar las características del suelo a emplear en la elaboración de adobes artesanales tradicionales que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.</p>	<p>Pruebas previas</p> <p>Los resultados derivados de las pruebas previas demuestran que el suelo empleado en la investigación presenta una coloración gris claro, mate y sin olor, por lo que se concluye que el material presenta las características de un suelo limoso.</p>
	<p>Pruebas de campo</p> <p>De la prueba cinta de barro, se concluye que el suelo es arenoso; y de la prueba presencia de arcilla, se concluye que la muestra presenta poca presencia de arcilla, por tanto, se trata de un suelo poco cohesivo.</p>
	<p>Ensayos de caracterización del suelo</p> <p>De los ensayos de contenido de humedad, Proctor Estándar, Análisis Granulométrico, Límites de Consistencia y Clasificación del Suelo SUCS, se concluye que el suelo a utilizar en la investigación es ML (limo arenoso) de calidad aceptable a mala.</p>
<p>Objetivo específico III: Determinar la influencia de la adición de escoria</p>	<p>La variación dimensional en las unidades de adobe se genera por dos factores, fundamentalmente: el primero, como consecuencia</p>

de cobre y cemento en la variabilidad dimensional de las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.

de la utilización de moldes de madera, los cuales tienden a hincharse con el agua, además de presentar superficies irregulares, poco pulidas y que requieren un tratamiento previo con petróleo, por lo que se producen variaciones al momento del desmoldado. El segundo factor está relacionado con las características propias del suelo, la presencia y comportamiento de arcillas, las que tienden a expandirse en presencia de agua y contraerse durante el proceso de secado.

El porcentaje de variación dimensional promedio más significativo se produjo con relación al volumen, seguido de la altura, longitud y, finalmente, el ancho. La utilización de escoria de cobre y cemento como añadidos genera que el porcentaje de variación dimensional promedio se reduzca de 3.51 % a 0.06 % en cuanto a la longitud, de 3.20 % a 0.10 % respecto al ancho, de 4.44 % a 0.09 % con relación a la altura, y de 10.74 % a 0.25 % en volumen.

La Tabla 118, Tabla 129, Tabla 140 y Tabla 151 de valores DUNCAN permiten afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo para reducir el porcentaje de variabilidad dimensional (longitud, ancho, altura y volumen).

De acuerdo con los parámetros establecidos en la NTP 331.017 y haciendo una comparación entre las máximas variaciones permisibles (mm) y la data numérica obtenida mediante los ensayos, se pudo verificar que la variación en cuanto a longitud que deriva de la aplicación del TI (sin adiciones) es superior a 8.00 mm, al igual que los resultados para altura (mm) propios de los TI y TII, superiores a 3.00 mm, lo cual excede los límites fijados.

Los resultados de los estudios realizados por Milla (2018) y García (2018) confirman que el porcentaje de adición de los añadidos (30 % relave y 12 % cal y cemento, respectivamente) incide favorablemente en la reducción del porcentaje de absorción de las unidades de adobe estabilizadas.

Objetivo específico IV: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en el porcentaje de absorción de las unidades de adobe artesanal estabilizado que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.

Las muestras del Tratamiento I (GC-0) se desintegraron en su totalidad durante el periodo de sumersión en agua (24 horas), escenario similar al Tratamiento II (GE-1) en el que las muestras 2 y 3 quedaron destruidas y perdieron cohesión entre sí. En los tratamientos sucesivos (del III al VII) se muestra una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de absorción promedio y el porcentaje de adición de los añadidos, dado que el incremento de adición de la escoria de cobre y cemento produce una disminución favorable en el porcentaje de absorción promedio en las unidades de adobe artesanal que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.

La Tabla 156 de valores DUNCAN permite afirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7 % de escoria de cobre y 5 % de cemento, es el más efectivo para reducir el porcentaje de absorción.

	<p>En referencia a la NTP 339.613, fue posible verificar que no todos los tratamientos planteados en el estudio superaron el ensayo, ello considerando que todos los especímenes del TI quedaron completamente destruidos, y del TII, dos de las cuatro muestras se desintegraron, por lo que, para dichos tratamientos, los porcentajes de absorción promedio se catalogaron como: indeterminado y 30.23 %, respectivamente, resultados que exceden los valores máximos permisibles establecidos en la norma. Por otro lado, y para los tratamientos sucesivos, TIII, TIV, TV, TVI y TVII, los porcentajes de absorción promedio obtenidos fueron: 22.99 %, 16.45 %, 11.21 %, 7.97 % y 6.07 %, respectivamente. De dichos valores, el porcentaje de absorción promedio para TIII supera el 22 % máximo que indica la norma, y los restantes se hallan dentro de los límites establecidos.</p>
	<p>Los estudios realizados por Rojas (2023) y Cotrina (2022) confirman que el porcentaje de adición de los añadidos (cemento y viruta metálica, respectivamente) incide favorablemente en la reducción del porcentaje de absorción de las unidades de adobe estabilizadas.</p>
<p>Objetivo específico V: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión axial en unidades, pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022.,</p>	<p>Como puede comprobarse en la Tabla 219, los valores del esfuerzo de compresión axial último promedio para unidades presentan una tendencia al crecimiento, aumentando de 8.10 kg/cm² a 19.71 kg/cm². Escenario similar se produce respecto a pilas y muretes, casos en los que se presenta un incremento de 12.64 kg/cm² a 23.02 kg/cm² y de 17.75 kg/cm² a 31.66 kg/cm², respectivamente.</p>
	<p>Como se muestra en la Figura 74, la fluctuación de los valores promedio del esfuerzo de compresión axial que corresponden a los tratamientos TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6), respecto al grupo de control (GC-0) en relación con unidades, fueron: 8.43 %, 26.79 %, 45.59 %, 67.96%, 93.73 % y 143.33 %, respectivamente. La variación de la data, respecto al grupo patrón (GC-0) en cuanto a pilas y muretes, fue: 18.46 % y 18.40 %, 18.86 % y 31.63 %, 30.77 % y 38.42 %, 44.91% y 53.80 %, 55.03 % y 59.61 %, y 82.21 % y 78.39 %, respectivamente.</p>
	<p>La Tabla 167, Tabla 178 y Tabla 189 de valores DUNCAN permiten confirmar que el tratamiento TVII, que contiene adiciones de 7% de escoria de cobre y 5% de cemento, es el más efectivo incrementar los valores del esfuerzo de compresión axial último en unidades, pilas y muretes.</p>
	<p>En referencia a la norma E.080, los tratamientos que superan la resistencia mínima establecida para unidades (10.2 kg/cm²) van del TIII en adelante, siendo los valores de esfuerzo de compresión último para cada uno de los tratamientos: TI, TII, TIII, TIV, TV, TVI y TVII: 8.10 kg/cm², 8.78 kg/cm², 10.27 kg/cm², 11.79 kg/cm², 13.61 kg/cm², 15.69 kg/cm² y 19.71 kg /cm², respectivamente.</p>
	<p>Los estudios realizados por Rojas (2023), Cotrina (2022), Celestino (2021), Vargas (2021), Milla (2018) y García (2018),</p>

	<p>confirman que el porcentaje de adición de los añadidos incide favorablemente en el incremento de los valores de resistencia a la compresión axial en las unidades de adobe estabilizadas.</p>
	<p>En referencia a la norma E.080, los tratamientos que superan la resistencia mínima establecida para pilas (6.12 kg/cm²), siendo las resistencias últimas promedio para los tratamientos TI, TII, TIII, TIV, TV, TVI y TVII: 12.64 kg/cm², 14.97 kg/cm², 15.02 kg/cm², 16.52 kg/cm², 18.31 kg/cm², 19.59 kg/cm² y 23.02 kg/cm², respectivamente.</p>
	<p>Los estudios realizados por Rojas (2023) confirman que el porcentaje de adición de los añadidos incide favorablemente en el incremento de los valores de resistencia a la compresión axial en las pilas de adobe estabilizadas.</p>
	<p>No se disponen de antecedentes con relación a los indicadores de resistencia a la compresión axial en muretes, y la norma tampoco indica un parámetro mínimo; sin embargo, al igual que en el caso de las unidades y pilas, puede observarse un crecimiento en el esfuerzo último promedio conforme se incrementa el porcentaje de adición de los añadidos.</p>
	<p>Como puede observarse en la Tabla 225, los valores del esfuerzo de compresión diagonal último promedio para pilas presentan una tendencia al crecimiento, aumentando de 0.80 kg/cm² a 1.57 kg/cm². Escenario similar se produce con relación a muretes, casos en los que se presenta un incremento de 2.61 kg/cm² a 7.94 kg/cm².</p>
<p>Objetivo específico VI: Determinar la influencia de la adición de escoria de cobre y cemento en la resistencia a la compresión diagonal en pilas y muretes de adobe artesanal estabilizado que se utiliza en Espinar-Cusco, 2022.</p>	<p>Como se muestra en la Figura 76, la fluctuación de los valores promedio del esfuerzo de compresión diagonal que corresponden a los tratamientos TII (GE-1), TIII (GE-2), TIV (GE-3), TV (GE-4), TVI (GE-5) y TVII (GE-6), respecto al grupo de control (GC-0) en relación a pilas y muretes, fueron: 33.96 % y 37.49 %, 49.06 % y 63.95 %, 40.57 % y 97.12 %, 59.12 % y 129.91 %, 76.10 % y 150.05 %; y 97.17 % y 204.60 %, respectivamente.</p>
	<p>No se disponen de antecedentes con relación a los indicadores de resistencia a la compresión diagonal en pilas, y la norma tampoco indica un parámetro mínimo; sin embargo, puede observarse un crecimiento en el esfuerzo último promedio conforme se incrementa el porcentaje de adición de los añadidos.</p>
	<p>En referencia a la norma E.080 relativa a la resistencia mínima establecida para muretes (0.25 kg/cm²), los valores de esfuerzo de compresión último para cada uno de los tratamientos: TI, TII, TIII, TIV, TV, TVI y TVII: 2.61 kg/cm², 3.59 kg/cm², 4.28 kg/cm², 5.14 kg/cm², 6.00 kg/cm², 6.52 kg/cm² y 7.94 kg/cm², y las variaciones respecto al grupo de control (TI): 37.49 %, 63.95 %, 97.12 %, 129.91 %, 150.05 % y 204.60 %, respectivamente.</p>
	<p>Los estudios realizados por Rojas (2023) confirman que el porcentaje de adición de los añadidos incide favorablemente en el incremento de los valores de resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobe estabilizados.</p>
<p>Objetivo específico VII: Analizar el costo-beneficio de la adición de</p>	<p>Para comparar el costo de fabricación de las unidades de adobe tradicional y adobe estabilizado fue necesario determinar a su vez</p>

escoria de cobre y cemento en la elaboración de adobes artesanales tradicionales en comparación de adobes estabilizados que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022

el costo de materiales, mano de obra y herramientas requeridas en función a los tratamientos. El costo estimado por kg de escoria de cobre se calculó sobre la base del costo del insumo (S/.18.00 el saco de 50 kg), cuyo valor total es S/.180.00. Se añade el costo de la movilidad de S/.135.00, lo cual suma S/.315.00. Es importante considerar el costo del envío desde Lima a la provincia de Espinar, Cusco (S/.804.00), y el costo del transporte en la ciudad de Espinar (S/.35.00). El costo total del añadido para el proyecto fue de S/1154.00 y el costo de escoria de cobre por kg fue de S/. 2.31. Respecto al costo de las bolsas de cemento Portland tipo IP (42.50kg), estas tuvieron un valor promedio de S/.24.70, siendo el costo por kg de S/.0.58, S/.0.02 por lt de agua, S/.1.50 el kg de paja y S/.15.58 por el jornal de los peones; además del 3% de mano de obra para herramientas manuales.

Se determinó la cantidad de material (dosificación) empleado por tratamiento en ladrillos de dimensiones 25 x 12.5 x 8.5 cm (tipo A), multiplicando dicho valor por la densidad seca promedio del suelo, como se muestra en la Tabla 100.

El análisis de precios unitarios por tratamiento, con apoyo del programa S10, permitió establecer el costo para GC-0 (TI), GE-1 (TII), GE-2 (TIII), GE-3 (TIV), GE-4 (TV), GE-5 (TVI) y GE-6 (TVII): S/.1.00, S/.1.31, S/.1.36, S/.1.28, S/.1.55, S/.1.68 y S/.1.73, respectivamente.

Como puede verificarse en la Tabla 101, Tabla 102, Tabla 103, Tabla 104, Tabla 105, Tabla 106 y Tabla 107, que refieren a los análisis de precios unitarios para la elaboración de unidades de adobes correspondientes a los tratamientos GC-0 (TI), GE-1 (TII), GE-2 (TIII), GE-3 (TIV), GE-4 (TV), GE-5 (TVI) y GE-6 (TVII), respectivamente, los costos relacionados a mano de obra y equipos se mantienen constantes (S/. 0.78 Y S/. 0.02); sin embargo, el costo de materiales por tratamiento fue de: S/. 0.20, S/. 0.51, S/. 0.56, S/. 0.70, S/. 0.75, S/. 0.88 y S/. 0.93, respectivamente, con variaciones respecto al grupo de control TI: GC-0 de 31 %, 36 %, 50 %, 55 %, 68 % y hasta 73 %.

En un primer momento, se consideró la escoria de cobre como estabilizante, dado que la provincia de Espinar es una región cuya actividad minera explota cobre; sin embargo, no es posible obtener la escoria de cobre en dicha locación, pues la mina Antapaccay envía todo el material a Lima.

Como puede observarse en la Tabla 98, en la que se detalla el costo por kg de escoria de cobre, el costo del transporte desde Lima a Espinar implica un incremento significativo en el valor del insumo. El costo de la escoria de cobre fue de S/.180.00 en total, y el transporte de S/.974.00. Si bien el uso de escoria de cobre como añadido en la estabilización de adobes en Espinar, Cusco 2022 representa una mejora sustancial en las propiedades físico mecánicas del adobe, el costo del transporte del insumo representa una inflación excesiva en el costo del añadido.

Recomendaciones

Se sugiere continuar con las indagaciones respecto al uso de añadidos, tales como la escoria de cobre cuyas propiedades la convierten en un material apto para mejorar las propiedades físico-mecánicas en unidades de albañilería y mezclas de tierra-cemento. La presente investigación es, en ese sentido, un precedente que proporciona el fundamento necesario para futuras averiguaciones.

Se recomienda realizar ensayos para determinar el alabeo al momento del desmolde de las unidades de adobe, pruebas para definir la resistencia de muros a tracción por flexión y el módulo de elasticidad de los muros de tierra, además de pruebas que permitan determinar su comportamiento en el tiempo.

Respecto a los aspectos propios de la investigación, se sugiere emplear moldes metálicos en lugar de moldes de madera para reducir aún más el porcentaje de variabilidad dimensional de las unidades de adobe estabilizado que se utilizan en Espinar-Cusco, 2022; por otro lado, deben considerarse las condiciones climáticas del lugar, para evitar que fenómenos, tales como las heladas o lluvias, dañen los ladrillos.

Se propone utilizar el tratamiento óptimo de la presente investigación en la elaboración de unidades de albañilería, estabilizaciones y estructuras tierra-cemento, según la necesidad y las características del proyecto.

Bibliografía

1. De la Peña, D. (1997). *Adobe, características y Sus principales usos en la construcción*. (Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de la Construcción. México D.F., México). <https://docplayer.es/9661994-Adobe-caracteristicas-y-sus-principales-usos-en-la-construccion-que-para-obtener-el-titulode-ingeniero-constructor-presenta-diego-de-la-pena-estrada.html>.
2. Gama, J., Cruz, T., Pi-Puig, T., Alcalá, R., Cabadas, H., Jasso, C., Díaz, J., Sánchez, S., López, F., & Vilanova, r. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2).
3. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2010). Manual de Construcción de edificaciones Antisísmicas de Adobe. HCG SAC. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manuales_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf](https://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manuales_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf)
4. Gutiérrez, L., & Manco, M. (2006). *Características sísmicas de las Construcciones de Tierra en el Perú: Contribución a la Enciclopedia Mundial de las Construcciones de Vivienda*. (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú).
5. Gomez, S. (2009). *Diseño, Experimentación y evaluación del sistema constructivo Sam (sistema de bloques fibrorreforzados con fibra del desecho del fruto del coco, para la construcción de vivienda*. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
6. Ministerio de Ambiente (MINAM). (2016). Datos Generales Espinar. <https://cusco.pro/espinar-cusco.html>.
7. Campoverde, F., Nieto, X., & Takeuchi, C. (2023). Análisis de ladrillos ecológicos fabricados con suelo limo-arenoso, cemento, viruta de papel, en base a resistencia, costo y deformación. *Project, Design and Management*, 37-56.
8. Cabrera, S., Aranda, Y., Suárez, E., & Rotondaro, R. (2020): Bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizados con cal y cemento. Evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión. *Revista habitat sustentable*, 10(2).
9. Ureña, M., & Romero, A. (2020). *Uso de cemento y savia de tuna como alternativas de revestimiento en muros de adobe para mejoramiento de sus propiedades hidrófugas*. (Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador). <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30645>
10. Guio, M. (2019). *Comportamiento mecánico de Bloques Comprimidos de suelo cemento al 6% con fibras sintéticas de PET*. Facultad de Estudios a distancia Faedis, Universidad Militar Nueva Granada.
11. Bailón, E., Espinosa, R., & Acevedo, J. (2018). Bloque de suelo estabilizado en pequeño formato y tecnología de colocación en obra de vivienda de interés social. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 105-127.

12. Rojas, M. (2023). *Caracterización física y mecánica de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento*. (Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán. Pimentel, Perú).
13. Cotrina, R. (2022). *Influencia de la viruta metálica en las propiedades del adobe tradicional, en la Provincia de Huaral, Lima 2022*. (Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo. Lima, Perú).
14. Celestino, B. (2021). *Efecto de la adición del relave minero y cal en las propiedades del superadobe – Huaraz - 2021*. (Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo. Lima, Perú).
15. Vargas, E. (2021). *Influencia del cemento portland tipo IP en las propiedades del adobe comprimido artesanalmente en San Jerónimo - Cusco en el año 2021*. (Tesis de licenciatura, Universidad Continental. Huancayo, Perú).
16. Milla, D. (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 licenciatura, Universidad San Pedro. Huaraz, Perú).
17. Garcia, A. (2018). *Resistencia a la compresión de una unidad de albañilería de adobe, sustituyendo el 3%, 6%, 9% y 12% de tierra por cal y cemento portland tipo I. Distrito de Huaraz - Huaraz 2018*. (Tesis de licenciatura, Universidad San Pedro. Huaraz, Perú).
18. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS). (2017). Norma E 080. Diseño y construcción con tierra reforzada. Anexp- Resolución Ministerial N. ° 121-2017- Vivienda. Normas Legales, Diario Oficial El Peruano.
19. Guerrero, M, (2019). *Alternativas de estabilización del adobe para disminuir su contracción volumétrica y agrietamiento*. (Tesis de licenciatura, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia).
20. Bénites, V. (2017). *Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea andina)*. (Tesis de licenciatura, Universidad de Piura. Piura, Perú).
21. Garzón, L., & Martins, C. (2007). Investigar, formar, capacitar y transferir. Los grandes desafíos de la arquitectura y construcción con tierra. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural*, 20(2), 324-335.
22. Tejada, U. (2001) *Buena tierra apuntes para el diseño y construcción con adobe*.
23. INDECOPI. (199). *NTP 339.127: Método de ensayo para determinar el Contenido de Humedad*. Lima : INDECOPI.
24. INDECOPI. (1999). *NTP 339.142: Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio utilizando una energía estándar, 600 kN-m/m³*.
25. Rosetti, R., & Begliardo, H. (2005). *Generalidades sobre la compactación de suelos*. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica F.R. Rafaela.

26. INDECOPI. (1999). *NTP 339.128: Métodos de Ensayo para el Análisis Granulométrico*. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias.
27. INDECOPI. (2014). *NTP 339.129: Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad*. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias.
28. INDECOPI. (1999). *NTP 339.134: Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)*.
29. May, T. (2014). ¿Mientras más piedras, mejor? Materiales gruesos, relieve y nutrientes en suelos de la vertiente norte de la Cordillera Cnetral Dominicana. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), 19-30.
30. Meza, V. (2012). Suelos parcialmente saturados, de la investigación a la cátedra universitaria. *Boletín de Ciencias de la Tierra*.
31. Morales, R., Torres, R., Rengifo, L., & Irala, C. (1993). *Manual para la Construcción de Viviendas de Adobe*. CISMID-FIC-UNI.
32. Sánchez, K. (2011). *Propuesta de aditivos naturales y microfibras de papel para reparar fisuras en muros de monumentos históricos de tierra*. (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú).
33. Nieto, L., & Tello, E. (2019). *Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú*. (Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú).
34. Torres, A. (2012). *Comportamiento Sísmico Del Adobe Confinado. Variable: refuerzo horizontal*. (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú).
35. INDECOPI. (2003). *NTP 331.017: Unidades de albañilería. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos*. (revisada el 2015).
36. Lulichac, F. (2015). *Determinación de las propiedades Físico - Mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca*. (Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú).
37. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).(s.f.). *E.070 Albañilería*.
38. INDECOPI. (2005). *NTP334.009: Cemento Portland. Requisitos*.
39. Merrit, F., Loftin, M., & Ricetts, J. (1999). *Manual del Ingeniero Civil*. (4ª ed.). Mc. Graw Hill.
40. Orizola, S. (2006). *Uso de escoria de cobre en cementos*. (Tesis de licenciatura, Universidad de Chile. Santiago, Chile).
41. Roper H., Kam F. & Auld, G. (1983). *Characterization of a Copper Slag Used in Mine Fill Operations*.

42. Douglas, E., Malhotra, V., Emery, J. (1985). Pozzolanic Properties of Canadian Non-Ferrous Slags. *Journal*, 7(1).
43. Douglas, E., & Mainwaring, P. (1985). Hydration and Pozzolanic Activity of Non-Ferrous Slags. *American Ceramic Bulletin*, 65.
44. Comité Europeo de Normalización. (1992). *Cemento. Composición, Especificaciones y Criterios de Conformidad. Cementos Comunes*.
45. Hwang, C., & Laiw, J. (1989). *Properties of Concrete Using Copper Slag as Substitute for Fine Aggregate*.
46. Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica* (6ª ed.). Editorial Episteme.
47. Murillo, W. (s.f.) La investigación científica. <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/investcientifica.shtm>.
48. Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (4ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
49. Tamayo, C., & Silva, I. (s.f.). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.
50. Ministerio de Ambiente. (MINAM). (s.f.). Datos generales. [Citado el: 13 de junio de 2022.] <https://www.minam.gob.pe/espinar/datos-generales/>
51. INDECOPI. (2005). *NTP 399.613: Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*.
52. Delgado, J., & Niño, Y. (2019). *Diseño de una vivienda de interés social con adobe de suelo, cemento y goma de tuna en Vinchamarca - Morosanta - Ancash*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Santa. Ancash, Perú).

ANEXOS

Anexo 1: Certificados de laboratorio

Anexo 1 A

Portada del informe – Laboratorio ITM



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYOS DE LABORATORIO



PROYECTO DE TESIS : * INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR – CUSCO, 2022

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO : CUSCO
 PROVINCIA : ESPINAR
 DISTRITO : ESPINAR
 LOCALIDAD : ESPINAR


 Roberto Magallanes Quijpe
 INGENIERO GEOTECNIA
 CIP 84648

SOLICITANTE : BACH. INGENIERÍA CIVIL ALICE GILDA UNDA ZEVALLOS

FECHA : JULIO DEL 2022

 ITM GLOBAL INGENIERÍA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilfredo Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 1 B

Ensayo de contenido de humedad



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



Contenido de humedad de suelos y rocas Norma ASTM D 2216	
Solicitado : BACH. INGENIERIA CIVIL Proyecto : * INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR - CUSCO, 2022 Ubicación : Espinar, Espinar, Cusco Muestra : A-1 Fecha : JUNIO DEL 2022	
MUESTRA	1
PESO DEL ENVASE+SUELO HÚMEDO	152.10
PESO DEL ENVASE+SUELO SECO	138.28
PESO DEL ENVASE	21.08
PESO DEL SUELO HÚMEDO	131.04
PESO DEL SUELO SECO	117.28
PESO DEL AGUA	13.81
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.78%


ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilder J. Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO


 Ing. Robert Maguaito Quiroga
 JEFE DE CALIFICACION
 CIP: 84668

Anexo 1 C

Ensayo Proctor Estándar



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



Próctor Estándar NTP 339.142					
Identificado : BACH. INGENIERIA CIVIL Proyecto : * INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBERES ARTESANALES, ESPINAR - CUSCO, 2022 Ubicación : Espinar, Espinar, Cusco Muestra : A-1, A-2, A-3 Y A-4 Fecha : JUNIO DEL 2022					
MUESTRA		A-1	A-2	A-3	A-4
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	943.78	943.78	943.78	943.78
PESO DEL MOLDE	gr	4220.00	4220.00	4220.00	4220.00
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA+MOLDE	gr	6840.00	6898.00	6907.00	6931.00
PESO DEL ENVASE+SUELO HÚMEDO	gr	188.81	264.16	288.75	189.23
PESO DEL ENVASE+SUELO SECO	gr	145.88	214.88	226.30	141.59
N° DE ENVASE		P-08	P-10	P-11	P-12
PESO DEL ENVASE	gr	45.00	45.00	45.00	45.00
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	1.72	1.78	1.79	1.81
PESO DEL AGUA	gr/cm3	21.13	39.22	44.45	27.84
PESO DEL SUELO SECO	gr	100.88	188.88	180.30	96.69
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.21	0.23	0.25	0.29
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.42	1.44	1.43	1.41
MÁXIMA DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.44			
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	%	23.08			

[Firma]
 Ing. Juan Sebastián Quiroz
 Exp. en Geotecnia
 CIP: 84561

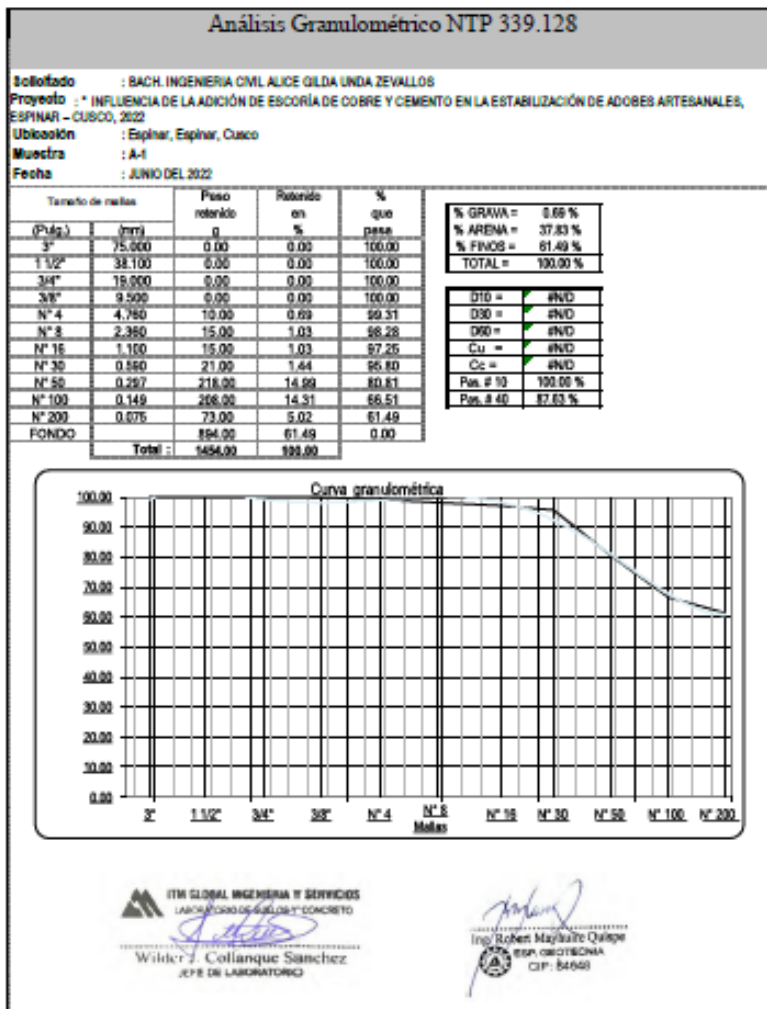
ING. GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
 Wilsy Collaques Sanchez
 CIP: 84561

Anexo 1 D

Análisis Granulométrico



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



Anexo 1 E

Límites de Consistencia y Clasificación del Suelo



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACIÓN DEL SUELO			
Solicitado: F SACH INGENIERÍA CIVIL JUCE QUIDA UNDA ZEVALLOS			
Proyecto: F TESIS "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES"			
Ubicación: F Espinar, Espinar, Cusco			
Muestra: F CALICATA C-1 E-2			
Fecha: F OCTUBRE DEL 2021			
Ubicación:	C-1	Potencia:	0.80m
Estado:	E-2		
% GRASA =	0.89 %	LÍMITE LÍQUIDO	0.00 %
% ARENA =	37.83 %	LÍMITE PLÁSTICO	0.00 %
% FINOS =	61.49 %	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0.00 %
TOTAL =	100.00 %		
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)			
Retenido malla #200	38.51 %		
Pasante malla #200	61.49 %		
Porcentaje del retenido en la malla # 200			
Porcentaje de grava	1.79%		
Porcentaje de arena	98.21%		
Límite arenoso	ML		
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)			
Carta de Plasticidad de Casagrande			
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGUN AASHTO			
Porcentaje que pasa malla #200	61.49 %		
Porcentaje que pasa malla #40	87.83 %		
Porcentaje que pasa malla #10	100.00 %		
Índice de grupo:	(0)		
Tipo de material:	Material Limo-Arcilloso		
Grupo:	A-4		
Subgrupo:	A-4		
Tipología:	Suelos limosos		
Calidad:	Aceptable a mala		
Limo arenoso	ML (SUCS)		
Suelos limosos	A-4 (0) (AASHTO)		


ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
Wileker J. Collanque Sanchez
JEFE DE LABORATORIO

Ing. Rober Mayballe Quiroga
ESP. GEOTECNIA
CIP. 61668

Anexo 1 F

Ensayo de resistencia a la compresión axial en unidades



IDENTIFICACIÓN		MUESTRA	FECHA DE ROTURA	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESIÓN ÚLTIMO (kPa)
GC-0	1	1	08/07/2022	9.16	9.35	85.65	746.83	8.72	855.14
	2	2	08/07/2022	9.18	9.21	84.55	637.49	7.54	739.42
	3	3	08/07/2022	9.11	9.37	85.36	596.67	6.99	685.48
	4	4	08/07/2022	9.08	9.14	82.99	759.37	9.15	897.30
GE-1	5	1	08/07/2022	9.47	9.62	91.10	832.67	9.14	896.32
	6	2	08/07/2022	9.18	9.21	84.55	724.57	8.57	840.43
	7	3	08/07/2022	9.50	9.37	89.02	705.00	7.92	776.68
GE-2	8	4	08/07/2022	9.21	9.16	84.36	801.45	9.50	931.63
	9	1	08/07/2022	9.32	9.41	87.70	861.23	9.82	963.01
	10	2	08/07/2022	9.50	9.37	89.02	1021.89	11.48	1125.80
	11	3	08/07/2022	9.65	9.44	91.10	915.51	10.05	985.56
GE-3	12	4	08/07/2022	9.48	9.36	88.73	863.37	9.73	954.18
	13	1	08/07/2022	9.54	9.72	92.73	1098.84	11.85	1162.08
	14	2	08/07/2022	9.41	9.56	89.96	1003.95	11.16	1094.42
	15	3	08/07/2022	9.60	9.49	91.10	1066.83	11.71	1148.35
GE-4	16	4	08/07/2022	9.63	9.55	91.97	1144.98	12.45	1220.92
	17	1	08/07/2022	9.67	9.78	94.57	1192.56	12.61	1236.61
	18	2	08/07/2022	9.82	9.59	94.17	1429.56	15.18	1488.64
	19	3	08/07/2022	9.80	9.76	95.65	1236.73	12.93	1267.99
GE-5	20	4	08/07/2022	9.76	9.89	96.53	1322.41	13.70	1343.50
	21	1	08/07/2022	9.80	9.75	95.55	1589.00	16.63	1630.84
	22	2	08/07/2022	9.63	9.65	92.93	1384.65	14.90	1461.18
	23	3	08/07/2022	9.73	9.82	95.55	1333.86	13.96	1369.00
GE-6	24	4	08/07/2022	9.91	9.84	97.51	1685.05	17.28	1694.58
	25	1	08/07/2022	9.91	9.85	97.61	1739.47	17.82	1747.54
	26	2	08/07/2022	9.83	9.89	97.22	1856.88	19.10	1873.06
	27	3	08/07/2022	9.97	9.80	97.71	1971.71	20.18	1978.97
	28	4	08/07/2022	9.87	9.96	98.31	2137.16	21.74	2131.95

ITM GLOBAL INGENIERÍA Y SERVICIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

Wilber J. Collasque Sanchez
JEFE DE LABORATORIO


Ing. Robert Mayraque Quipe
ESP. GEOTECNIA
CIP. 16548

Anexo 1 G

Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas

				LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO					
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN PILAS									
E-080									
Solicitado		: BACH. INGENIERÍA CIVIL ALICE GILDA UNDA ZEVALLOS							
Proyecto		: TESIS "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR - CUSCO, 2022"							
Ubicación		: ESPINAR, ESPINAR, CUSCO							
GC-0	29	1	09/07/2022	24.15	12.41	299.70	3551.46	11.85	1162.08
	30	2	09/07/2022	24.23	12.06	292.21	3947.81	13.51	1324.87
	31	3	09/07/2022	24.50	12.13	297.19	4439.94	14.94	1485.11
	32	4	09/07/2022	24.38	12.14	295.97	3030.77	10.24	1004.20
GE-1	33	1	09/07/2022	24.32	12.09	294.03	4922.04	16.74	1641.62
	34	2	09/07/2022	24.15	12.41	299.70	4300.72	14.35	1407.25
	35	3	09/07/2022	24.28	12.14	294.76	4100.10	13.91	1364.10
	36	4	09/07/2022	24.57	12.16	298.77	4442.73	14.87	1458.24
GE-2	37	1	09/07/2022	24.33	12.38	301.21	3768.08	12.51	1226.81
	38	2	09/07/2022	24.58	12.26	301.35	4842.71	16.07	1575.92
	39	3	09/07/2022	24.37	12.40	302.19	4427.05	14.65	1436.67
	40	4	09/07/2022	24.25	12.22	296.34	4990.28	16.84	1651.43
GE-3	41	1	09/07/2022	24.59	12.37	304.18	5240.99	17.23	1689.68
	42	2	09/07/2022	24.36	12.40	302.06	4733.34	15.67	1536.69
	43	3	09/07/2022	24.62	12.25	301.60	5446.81	18.06	1771.07
	44	4	09/07/2022	24.55	12.23	300.25	4542.73	15.13	1483.74
GE-4	45	1	09/07/2022	24.55	12.29	301.72	4851.65	16.08	1576.90
	46	2	09/07/2022	24.74	12.34	305.29	5708.95	18.70	1833.83
	47	3	09/07/2022	24.62	12.36	304.30	6229.09	20.47	2007.41
	48	4	09/07/2022	24.71	12.48	308.38	5547.77	17.99	1764.21
GE-5	49	1	09/07/2022	24.85	12.40	308.14	5521.87	17.92	1757.34
	50	2	09/07/2022	24.63	12.25	301.72	5765.82	19.11	1874.04
	51	3	09/07/2022	24.78	12.29	304.55	6538.61	21.47	2105.48
	52	4	09/07/2022	24.56	12.37	303.81	6030.57	19.85	1946.61
GE-6	53	1	09/07/2022	24.91	12.43	309.63	6768.54	21.86	2143.72
	54	2	09/07/2022	24.82	12.39	307.52	7537.31	24.51	2403.60
	55	3	09/07/2022	24.97	12.46	311.13	7149.68	22.98	2253.56
	56	4	09/07/2022	24.85	12.32	306.15	6961.90	22.74	2230.02



ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO


 Wilker J. Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO


 Roberto Mijangos Quipe
 INGENIERO EN GEOTECNIA
 CIP: 88548

Anexo 1 H

Ensayo de resistencia a la compresión axial en muretes

		ITM		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO					
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN MURETES E-080									
Solicitado		: BACH. INGENIERÍA CIVIL ALICE GILDA UNDA ZEVALLOS							
Proyecto		: TESIS "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR - CUSCO, 2022"							
Ubicación		: ESPINAR, ESPINAR, CUSCO							
GC-0	57	1	11/07/2022	60.94	14.25	868.40	15856.89	18.26	1790.69
	58	2	11/07/2022	61.32	14.07	862.77	16746.41	19.41	1903.46
	59	3	11/07/2022	60.54	13.98	846.35	14929.60	17.64	1729.88
	60	4	11/07/2022	61.29	14.16	867.87	13599.47	15.67	1536.69
GE-1	61	1	11/07/2022	61.13	14.25	871.10	19303.63	22.16	2173.14
	62	2	11/07/2022	61.08	14.31	874.05	16930.44	19.37	1899.54
	63	3	11/07/2022	61.22	14.11	863.81	19029.83	22.03	2160.39
	64	4	11/07/2022	61.17	14.34	877.18	17964.60	20.48	2008.39
GE-2	65	1	11/07/2022	61.18	14.22	869.98	21758.19	25.01	2452.63
	66	2	11/07/2022	61.02	14.50	884.79	19633.49	22.19	2176.08
	67	3	11/07/2022	61.37	14.38	882.50	19838.61	22.48	2204.52
	68	4	11/07/2022	61.21	14.42	882.65	20962.89	23.75	2329.07
GE-3	69	1	11/07/2022	61.25	14.62	895.48	23996.73	26.80	2628.17
	70	2	11/07/2022	61.36	14.57	894.02	21608.35	24.17	2370.26
	71	3	11/07/2022	61.10	14.25	870.68	21183.52	24.33	2385.95
	72	4	11/07/2022	61.19	14.69	898.88	20629.32	22.95	2250.61
GE-4	73	1	11/07/2022	61.29	14.42	883.80	24702.26	27.95	2740.94
	74	2	11/07/2022	61.32	14.67	899.56	22866.93	25.42	2492.84
	75	3	11/07/2022	61.41	14.55	893.52	26474.86	29.63	2905.70
	76	4	11/07/2022	61.07	14.60	891.62	23333.75	26.17	2566.39
GE-5	77	1	11/07/2022	61.51	14.80	910.35	25872.09	28.42	2787.04
	78	2	11/07/2022	61.54	14.53	894.18	23910.27	26.74	2622.28
	79	3	11/07/2022	61.32	14.72	902.63	25327.81	28.06	2751.73
	80	4	11/07/2022	61.27	14.85	909.86	27359.48	30.07	2948.84
GE-6	81	1	11/07/2022	61.50	14.85	913.28	29297.86	32.08	3145.96
	82	2	11/07/2022	61.48	14.82	911.13	27744.02	30.45	2986.11
	83	3	11/07/2022	61.42	14.96	918.84	29347.85	31.94	3132.23
	84	4	11/07/2022	61.37	15.06	924.23	29714.07	32.15	3152.82

ITM GLOBAL INGENIERÍA Y SERVICIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

Wilker J. Collanque Sánchez
JEFE DE LABORATORIO


Ing. Ruben Mayballe Quispe
ING. GEOTECNIA
CIP: 84648

Anexo 1 I

Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en pilas

ITM		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO							
ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA EN PILAS									
E-080									
Solicitado : BACH. INGENIERÍA CIVIL ALICE GILDA UNDA ZEVALLOS									
Proyecto : TESIS "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR - CUSCO, 2022"									
Ubicación : ESPINAR, ESPINAR, CUSCO									
GC-0	85	1	12/07/2022	24.19	11.86	573.79	344.27	0.60	58.84
	86	2	12/07/2022	24.29	12.07	586.36	732.95	1.25	122.58
	87	3	12/07/2022	23.95	11.91	570.49	502.03	0.88	86.30
	88	4	12/07/2022	24.07	12.20	587.31	264.29	0.45	44.13
GE-1	89	1	12/07/2022	24.34	12.01	584.65	783.43	1.34	131.41
	90	2	12/07/2022	24.16	11.92	575.97	472.30	0.82	80.41
	91	3	12/07/2022	24.05	12.48	600.29	558.27	0.93	91.20
	92	4	12/07/2022	24.22	12.25	593.39	694.27	1.17	114.74
GE-2	93	1	12/07/2022	24.28	12.19	591.95	668.90	1.13	110.81
	94	2	12/07/2022	24.53	11.85	581.36	854.60	1.47	144.16
	95	3	12/07/2022	24.39	12.26	598.04	538.24	0.90	88.26
	96	4	12/07/2022	24.14	12.07	582.74	722.60	1.24	121.60
GE-3	97	1	12/07/2022	24.36	12.29	598.77	760.44	1.27	124.54
	98	2	12/07/2022	24.59	12.41	610.32	646.94	1.06	103.95
	99	3	12/07/2022	24.60	12.34	607.13	722.48	1.19	116.70
	100	4	12/07/2022	24.42	12.30	600.73	570.70	0.95	93.16
GE-4	101	1	12/07/2022	24.52	12.31	603.68	694.23	1.15	112.78
	102	2	12/07/2022	24.81	12.16	603.38	657.68	1.09	106.89
	103	3	12/07/2022	24.69	12.47	615.77	935.97	1.52	149.06
	104	4	12/07/2022	24.45	12.35	603.92	785.09	1.30	127.49
GE-5	105	1	12/07/2022	24.65	12.22	602.45	873.55	1.45	142.20
	106	2	12/07/2022	24.87	12.36	614.79	817.67	1.33	130.43
	107	3	12/07/2022	24.39	12.50	609.75	1067.06	1.75	171.62
	108	4	12/07/2022	24.71	12.19	602.43	644.60	1.07	104.93
GE-6	109	1	12/07/2022	24.85	12.51	621.75	851.79	1.37	134.35
	110	2	12/07/2022	24.90	12.42	618.52	1187.55	1.92	188.29
	111	3	12/07/2022	24.97	12.39	618.76	1132.32	1.83	179.46
	112	4	12/07/2022	24.61	12.50	615.25	707.54	1.15	112.78

ITM GLOBAL INGENIERÍA Y SERVICIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

Wilker Collanque Sanchez
JEFE DE LABORATORIO


Ing. Robert Mayhuite Quispe
ESP. GEOTECNIA
CIP: 81568

Calle Manuel Trinidad 11-7, Antapampa, Espinar-Cusco

E-mail: itm_global@yahoo.com.pe Cel: 958053814

Anexo 1 J

Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes

ITM		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO							
ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA EN MURETES									
E-080									
Solicitado		: BACH. INGENIERÍA CIVIL ALICE GILDA UNDA ZEVALLOS							
Proyecto		: TESIS "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE Y CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBES ARTESANALES, ESPINAR - CUSCO, 2022"							
Ubicación		: ESPINAR, ESPINAR, CUSCO							
GC-0	113	1	13/07/2022	60.82	13.88	1688.36	4322.21	2.56	251.05
	114	2	13/07/2022	61.24	14.06	1722.07	5252.31	3.05	299.10
	115	3	13/07/2022	60.73	13.91	1689.51	4004.14	2.37	232.42
	116	4	13/07/2022	61.05	14.15	1727.72	4232.90	2.45	240.26
GE-1	117	1	13/07/2022	60.94	14.25	1736.79	6634.54	3.82	374.61
	118	2	13/07/2022	61.34	14.09	1728.56	6482.10	3.75	367.75
	119	3	13/07/2022	61.18	13.96	1708.15	5483.15	3.21	314.79
	120	4	13/07/2022	61.12	14.12	1726.03	6144.66	3.56	349.11
GE-2	121	1	13/07/2022	61.04	14.10	1721.33	6833.67	3.97	389.32
	122	2	13/07/2022	61.22	14.25	1744.77	7886.36	4.52	443.26
	123	3	13/07/2022	61.14	14.31	1749.83	7384.27	4.22	413.84
	124	4	13/07/2022	61.30	14.16	1736.02	7621.11	4.39	430.51
GE-3	125	1	13/07/2022	61.24	14.42	1766.16	8142.00	4.61	452.08
	126	2	13/07/2022	61.38	14.35	1761.61	8420.48	4.78	468.76
	127	3	13/07/2022	61.17	14.60	1786.16	9359.50	5.24	513.87
	128	4	13/07/2022	61.30	14.38	1762.99	10454.52	5.93	581.53
I	129	1	13/07/2022	61.27	14.56	1784.18	11008.41	6.17	605.07
	130	2	13/07/2022	61.38	14.62	1794.75	9548.08	5.32	521.71
	131	3	13/07/2022	61.32	14.70	1802.81	11069.24	6.14	602.13
	132	4	13/07/2022	61.25	14.59	1787.28	11349.20	6.35	622.72
GE-5	133	1	13/07/2022	61.40	14.61	1794.11	10926.12	6.09	597.22
	134	2	13/07/2022	61.15	14.48	1770.90	12254.66	6.92	678.62
	135	3	13/07/2022	61.34	14.87	1824.25	11620.48	6.37	624.68
	136	4	13/07/2022	61.27	14.53	1780.51	11929.39	6.70	657.04
GE-6	137	1	13/07/2022	61.41	14.92	1832.47	14384.92	7.85	769.82
	138	2	13/07/2022	61.32	14.80	1815.07	15682.22	8.64	847.29
	139	3	13/07/2022	61.49	14.96	1839.78	14902.22	8.10	794.33
	140	4	13/07/2022	61.50	14.74	1813.02	13017.48	7.18	704.11

ITM GLOBAL INGENIERÍA Y SERVICIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
Wilder J. Collanque Sanchez
Wilder J. Collanque Sanchez
JEFE DE LABORATORIO

Robert Mayhuite Quispe
Ing. Robert Mayhuite Quispe
ESP. GEOTECNIA
CIP: 81668

Calle Manuel Trinidad 11-7, Antapampa, Espinar-Cusco

E-mail: itm_global@yahoo.com.pe Cel: 958053814

10

Anexo 2. Análisis Químico: Escoria de Cobre.

Anexo 2 A

Informe Técnico N° 1819-22-LABICER



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 1819 – 22 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : PARATODO PUNTOCOM
 - 1.2 R.U.C. : 206095095060
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 29 / 01 / 2022
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 03 / 02 / 2022
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 05 / 02 / 2022
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS QUÍMICOS EN ESCORIA DE COBRE
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ESCORIA DE COBRE
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 20.4°C; Humedad relativa: 69%
7. EQUIPOS UTILIZADOS :
 - UV-VIS SPECTROPHOTOMETER SHIMADZU UV-1800
 - POTENCIOMETRO OrionVersaStar
 - Electrodo Tríode Refillable pH Oríon 9157BNMD
 - MUFLA. THERMOSCIENTIFIC
 - CONDUCTÍMETRO. EC 300
8. RESULTADOS


ANÁLISIS	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA
Gravedad específica, g/mL	3.363	ASTM C128
pH	8.20	NTP 339.176
Cloruros (ppm)	25.00	NTP 339.177
Sulfatos (ppm)	102.67	NTP 339.178
Dureza, Mohs	Mayor a 6	SSPC-AB1 (Ver 4.1.2)
Conductividad, µS/cm	72.32	ASTM D4940
Solubilidad en agua (20 °C), %	0.02	Método interno
Punto de fusión, °C	Mayor a 950 °C	Método interno
Humedad, %	0.02	ASTM D2216

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO
Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.


Bach. Jesús Blancas C.
Analista
LABICER –UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.




Otilia Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de Laboratorio
CQP 202

Anexo 3: Comprobantes de pago

Anexo 3 A

Boleta por la compra de la escoria de cobre

Cantidad	Unidad Medida	Código	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	PTABR001	ESCORIA DE COBRE MALLA 4 5MM SACO X 52 KILOS APROX	180.00	0.00	180.00	0.00
1.00	UNIDAD		SERVICIO DE MOVILIDAD POR EL TRASLADO DE CARGA (ESCORIA DE COBRE)	135.00	0.00	135.00	0.00
Otros Cargos :							S/ 0.00
Otros Tributos :							S/0.00
ICBPER :							S/0.00
Importe Total :							S/315.00

SON: TRESCIENTOS QUINCE Y 00/100 SOLES

Op. Gravada :	S/ 0.00
Op. Exonerada :	S/ 315.00
Op. Inafecta :	S/ 0.00
ISC :	S/ 0.00
IGV :	S/ 0.00
ICBPER :	S/ 0.00
Otros Cargos :	S/ 0.00
Otros Tributos :	S/ 0.00
Monto de Redondeo :	S/ 0.00
Importe Total :	S/ 315.00

(*) Sin impuestos.
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.

Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.

Anexo 3 B*Boleta de pago por el flete de envío de la escoria de cobre*

SHALOM EMPRESARIAL S.A.C.
 JR. ANTONIO RAYMONDI NRO. 113
 LA VICTORIA - LIMA - LIMA
RUC 20512528458
 CENTRAL TELEFÓNICA 01-5007878 CENTRAL
 DE WHATSAPP 989302916 www.shalom.com.pe
BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA
B274-015805

ADQUIRIENTE

DNI: 60019069

ALICE GILDA UNDA ZEVALLOS

FECHA EMISIÓN: 21/06/2022**FECHA DE VENC:** 21/06/2022**MONEDA:** SOLES**IGV:** 18.00 %

[CANT.] DESCRIPCIÓN	P/U	TOTAL
[1] ZZ Serie: 204 Nro guía: 8063457 Servicio de transporte 1 BULTO	804.000	804.00

GRAVADA	S/	681.36
IGV	S/	122.64
TOTAL	S/	804.00

IMPORTE EN LETRAS: OCHOCIENTOS CUATRO
 CON 00/100 SOLES

FORMA DE PAGO: BILLETERA ELECTRÓNICA

Representación impresa de la BOLETA DE VENTA
 ELECTRÓNICA, visita

www.nubefact.com/20512528458

Autorizado mediante Resolución de Intendencia
 No. **034-005-0005315**



Emitido desde www.nubefact.com