



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**INFORME N° 08-2025-UNACH/UI/MAST**

**A** : **Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi**  
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

**ASUNTO** : Constancia de Originalidad de Turnitin de EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA Y EYDER BURGA DIAZ.

**FECHA** : Colpa Matara, 19 de febrero del 2025.

**REFERENCIA:** i) Envío de tesis en digital en su versión final  
ii) CARTA N°7 -2025-JRC / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.  
iii) Carta N° 007 – 2025 – ECS– DO – UNACH / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.  
iv) CARTA N° 018- 2025- UNACH/CRCR / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA Y EYDER BURGA DIAZ**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 19 de febrero del 2025.

C.O. N° 08-2025-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA Y EYDER BURGA DIAZ**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 7% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.




Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

  
Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

# EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA EYDER BUR...

## PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), ...

-  Informe final de tesis
-  UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2025
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3160291698

Fecha de entrega

19 feb 2025, 4:02 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

19 feb 2025, 4:12 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFORME\_DE\_TESIS\_Alexander\_Campos\_Tapia\_07.02.25\_2\_.docx

Tamaño de archivo

26.4 MB

133 Páginas

28,631 Palabras

159,054 Caracteres




# 7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 6% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe	1%
2	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
3	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
4	Internet	hdl.handle.net	<1%
5	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	<1%
6	Internet	www.coursehero.com	<1%
7	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
8	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
9	Internet	docplayer.es	<1%
10	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
11	Internet	repository.unimilitar.edu.co	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte	<1%
14	Internet	1library.co	<1%
15	Internet	repositorio.utea.edu.pe	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad TecMilenio	<1%
17	Internet	www.slideshare.net	<1%
18	Internet	es.slideshare.net	<1%
19	Internet	documentop.com	<1%
20	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
21	Internet	qdoc.tips	<1%
22	Internet	repositorio.ucp.edu.pe	<1%
23	Trabajos del estudiante	Universidad del Valle de Guatemala	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica San Antonio de Murcia	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	<1%

26	Internet	www.scipedia.com	<1%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Boliviana	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes	<1%
29	Trabajos del estudiante	Dumfries and Galloway College	<1%
30	Trabajos del estudiante	ECCI	<1%
31	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
32	Internet	advertiseonsocialmedia.com.au	<1%
33	Internet	archive.org	<1%
34	Internet	repositorio.upsjb.edu.pe	<1%
35	Trabajos del estudiante	Universidad Europea de Madrid	<1%
36	Internet	tesis.ucsm.edu.pe	<1%
37	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
38	Internet	idoc.tips	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universidad Autonoma de Chile	<1%

40	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	<1%
41	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Trujillo	<1%
42	Internet	alumacer.com	<1%
43	Internet	muse.union.edu	<1%
44	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
45	Trabajos del estudiante	uni	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma	<1%
47	Internet	cybertesis.uni.edu.pe	<1%
48	Internet	dom.sika.com	<1%
49	Publicación	J. M. Saval, A. Maciá, S. Ivorra. "Construcción de esculturas de hormigón con elem...	<1%
50	Trabajos del estudiante	Universidad Internacional SEK	<1%
51	Internet	bibdigital.epn.edu.ec	<1%
52	Internet	exco.webs.upv.es	<1%
53	Internet	repositorio.unal.edu.co	<1%

54	Internet	repositorio.unas.edu.pe	<1%
55	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
56	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
57	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
58	Internet	repository.usta.edu.co	<1%
59	Internet	riunet.upv.es	<1%
60	Internet	tvd.wiki	<1%
61	Internet	upcommons.upc.edu	<1%
62	Internet	www.colombiaespasion.com	<1%
63	Internet	www.grafiati.com	<1%
64	Internet	www.laflecha.net	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

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



PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO,  
ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD),

CHOTA, 2023

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

**Presentado por:**

EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA

EYDER BURGA DIAZ

**Asesor:** Dr. Ing. ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ

**Chota – Perú**

**2025**



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

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Campos Tapia Edinson Alexander

Apellidos y nombres: Burga Diaz Eyder

Código del alumno: 2015051007

Código del alumno: 2016051003

Correo electrónico: [edin\\_1\\_2\\_3@hotmail.com](mailto:edin_1_2_3@hotmail.com)

Correo electrónico: [olameyon@gmail.com](mailto:olameyon@gmail.com)

Teléfono: 927105379

Teléfono: 925803202

DNI: 72542122

DNI: 43159153

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023

### 5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

### 6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

### 7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez

Teléfono:

Correo electrónico: [enchavez@unach.edu.pe](mailto:enchavez@unach.edu.pe)

D.N.I: 26698185

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

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

FIRMA: Edinson Alexander Campos Tapia  
DNI: 72542122

FIRMA: Eyder Burga Diaz  
DNI: 43159153

**PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON  
CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA  
DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023**

**POR:**

**EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA**

**EYDER BURGA DIAZ**

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

**de**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**

  
-----  
**Dr. Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi**

**PRESIDENTE**

  
-----  
**Dr. Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez**

**SECRETARIO**

  
-----  
**Dra Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales**

**VOCAL**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 5:00 pm del día 26 de mayo de 2025, reunidos en los ambientes del 2do piso del local central de la UNACH- sala de Incuba, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los Bachilleres: **Edinson Alexander Campos Tapia y Eyder Burga Díaz**, denominada: **“PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023”**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

Aprobado con Mención Honrosa.

CON EL CALIFICATIVO (\*)

15 (Quince)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 26 de mayo de 2025.

Mg. Jefferson Ruiz Cachi  
**PRÉSIDENTE**

Dr. Edwar Cieza Sánchez.  
**SECRETARIO**

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales  
**VOCAL**

Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez  
**ASESOR**

(\*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: ( 20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD


FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL




## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: "PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023"; presentado por los Bachilleres: Edinson Alexander Campos Tapia y Eyder Burga Díaz, sustentada el día 26 de mayo de 2025, según Resolución de Coordinación N°121-2025-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 28 de mayo de 2025.




-----  
Mg. Jefferson Ruiz Cachi  
**PRESIDENTE**



-----  
Dr. Edwar Cieza Sánchez.  
**SECRETARIO**



-----  
Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales  
**VOCAL**



-----  
Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a nuestros queridos familiares y amigos, cuyo amor, apoyo y comprensión han sido el pilar fundamental en nuestro camino hacia la culminación de esta investigación. Su constante aliento y presencia han sido una fuente de motivación y fortaleza en cada paso del proceso. Agradecemos profundamente su incondicional respaldo y por estar siempre a nuestro lado, brindándonos el apoyo necesario para alcanzar nuestras metas académicas. Este logro es también suyo, y les dedicamos con cariño este trabajo como expresión de gratitud por todo su amor y apoyo incondicional.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a la Dios por proporcionarnos la fuerza y la dirección necesarias durante la ejecución de este trabajo académico.

Extendemos nuestro más sincero reconocimiento al Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez, nuestro asesor, cuya orientación, apoyo y compromiso fueron esenciales en todas las etapas de este proyecto. Valoramos enormemente su experiencia, sugerencias y estímulo, los cuales fueron fundamentales para el logro de nuestros objetivos.

A las recicladoras de la ciudad de Chota, cuya colaboración y disposición nos permitieron obtener los envases de polietileno de alta densidad (PEAD) necesarios para llevar a cabo nuestra investigación. Su compromiso con el medio ambiente y su contribución a este trabajo son altamente valorados.

A nuestros queridos familiares y amigos, les agradecemos sinceramente por su apoyo constante, comprensión y aliento a lo largo de este proceso. Su amor y respaldo fueron fundamentales para mantenernos motivados y perseverar incluso en los momentos más difíciles.

Finalmente, expresamos nuestra gratitud a todas las personas que, de una forma u otra, contribuyeron al desarrollo de esta tesis. Su colaboración y ayuda fueron imprescindibles para el éxito de este proyecto académico.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>SIGLAS Y ABREVIATURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3. Justificación .....</b>	<b>19</b>
1.3.1. Justificación científica .....	20
1.3.2. Justificación técnica.....	21
1.3.3. Justificación social.....	22
1.3.4. Justificación ambiental .....	22
<b>1.4. Delimitación de la investigación.....</b>	<b>22</b>
<b>1.5. Limitaciones.....</b>	<b>23</b>
<b>1.6. Objetivos .....</b>	<b>24</b>
1.6.1. Objetivo general.....	24
1.6.2. Objetivos específicos .....	24
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. Antecedentes .....</b>	<b>25</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	25
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	29
2.1.3. Antecedentes regionales .....	31
<b>2.2. Bases teórico – científicas .....</b>	<b>33</b>
2.2.1. Teoría de materiales compuestos .....	33
2.2.2. Ley de las proporciones definidas de Proust .....	35
2.2.3. Teoría de homogenización de materiales compuestos.....	36
2.2.4. Teoría de la sostenibilidad y su relación con la producción de paneles PEAD..	37
<b>2.3. Marco conceptual.....</b>	<b>39</b>

2.3.1. Polietileno de alta densidad (PEAD) .....	39
2.3.2. Agregado fino .....	44
2.3.3. Propiedades físicas en agregados.....	46
2.3.4. Cemento Portland Tipo I .....	48
2.3.5. Concreto y mortero .....	49
2.3.6. Paneles de concreto.....	56
2.3.7. Paneles de revestimiento.....	58
2.3.8. Paneles texturizados 3D.....	60
2.3.9. Propiedades geométricas, físicas y mecánicas de los paneles .....	63
2.3.10. Requerimientos técnicos de los paneles .....	66
<b>2.4. Hipótesis.....</b>	<b>68</b>
<b>2.5. Operacionalización de variables .....</b>	<b>68</b>
2.5.1. Variable independiente: Cemento, arena fina y polietileno de alta densidad (PEAD).....	68
2.5.2. Variable dependiente: Paneles de textura 3D .....	69
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>71</b>
<b>3.1. Tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2. Diseño de investigación .....</b>	<b>73</b>
<b>3.3. Métodos de investigación.....</b>	<b>73</b>
<b>3.4. Población, muestra y muestreo .....</b>	<b>75</b>
3.4.1. Población .....	75
3.4.2. Muestreo .....	75
3.4.3. Muestra .....	76
<b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>77</b>
3.5.1. Técnicas de recolección de los datos .....	77
3.5.2. Instrumentos para la recolección de los datos .....	78
<b>3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....</b>	<b>80</b>
3.6.1. Proceso de obtención de los datos .....	80
3.6.2. Procesamiento de datos.....	95
3.6.3. Análisis de datos .....	96
<b>3.7. Aspectos éticos .....</b>	<b>96</b>

<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>98</b>
<b>4.1. Descripción de resultados.....</b>	<b>98</b>
4.1.1. Propiedades físicas de los áridos finos .....	98
4.1.2. Propiedades geométricas de los paneles de textura 3D .....	102
4.1.3. Propiedades físicas de los paneles de textura 3D .....	105
4.1.4. Propiedades mecánicas de los paneles de textura 3D .....	109
4.1.5. Análisis técnico económico de los paneles de textura 3D para su uso como revestimiento en paredes exteriores de edificaciones.....	114
<b>4.2. Contratación de hipótesis.....</b>	<b>120</b>
<b>4.3. Discusión de resultados.....</b>	<b>124</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>132</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>132</b>
<b>5.2. Recomendaciones y/o sugerencias .....</b>	<b>133</b>
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS .....</b>	<b>135</b>
<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS .....</b>	<b>147</b>
Anexo A. Matriz de consistencia.....	147
Anexo B. Panel fotográfico .....	148
Anexo C: Costo de producción de paneles PEAD .....	152
Anexo D. Resultado de ensayos de laboratorio.....	158
Anexo E. Constancia de veracidad de resultados de ensayos.....	179
Anexo F. Permiso para la extracción de Arena de la cantera de Conchán .....	181
Anexo G.. Autorización para desarrollar los ensayos en los laboratorios de la empresa GSE. ....	183

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> PEAT: Propiedades Físicas .....	40
<b>Tabla 2</b> PEAT: Propiedades Químicas .....	40
<b>Tabla 3</b> PEAT: Propiedades Mecánicas .....	40
<b>Tabla 4</b> PEAT: Propiedades Térmicas .....	40
<b>Tabla 5</b> Gradación del Agregado Fino .....	45
<b>Tabla 6</b> Sustancias Deletéreas en el Árido Fino .....	45
<b>Tabla 7</b> Compuestos del Cemento .....	48
<b>Tabla 8</b> Proporciones de Mortero .....	54
<b>Tabla 9</b> Proporción entre los Materiales de una Mezcla de Concreto .....	55
<b>Tabla 10</b> Propiedades de Placas Estructurales.....	66
<b>Tabla 11</b> Requisitos Técnicos para Revestimientos Cerámicos .....	67
<b>Tabla 12</b> Matriz de Operacionalización de Variables .....	70
<b>Tabla 13</b> Criterios de Tipología de Investigación .....	72
<b>Tabla 14</b> Muestreo de los Ensayos DOE Factorial.....	76
<b>Tabla 15</b> Número de Especímenes para Ensayos Geométricos, Físicos y Mecánicos de Paneles Textura 3D .....	76
<b>Tabla 16</b> Fuentes, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de los Datos.....	79
<b>Tabla 17</b> Tipos de Diseño de Mezclas.....	84
<b>Tabla 18</b> Dosificación de Mezcla de Cemento: Arena: PEAD para 1 m <sup>3</sup> de Concreto .....	86
<b>Tabla 19</b> Dosificación de Mezcla de Cemento: Arena: PEAD para 1 m <sup>3</sup> de Mezcla .....	87
<b>Tabla 20</b> En Proporción 1:55, Dosificación en Volumen de Mezcla de Cemento: Arena: PEAD para 1 m <sup>3</sup> de Mezcla .....	88
<b>Tabla 21</b> En Proporción 1:55, Dosificación en Peso de Mezcla de Cemento: Arena: PEAD para 1 m <sup>3</sup> de Mezcla .....	88
<b>Tabla 22</b> Verificación del Cumplimiento de la Dosificación de Mezcla .....	88
<b>Tabla 23</b> Propiedades Físicas de los Agregados Finos.....	98
<b>Tabla 24</b> Granulometría de los Áridos .....	101
<b>Tabla 25</b> Variación Dimensional de los Paneles de Textura 3D .....	103
<b>Tabla 26</b> Porcentaje de Absorción de los Paneles de Textura 3D .....	106
<b>Tabla 27</b> Densidad de los Paneles .....	108
<b>Tabla 28</b> Resistencia a la Rotura de los Paneles.....	110
<b>Tabla 29</b> Módulo de Rotura a Flexión de los Paneles .....	112
<b>Tabla 30</b> Relación entre el Porcentaje de Áridos y la Capacidad Mecánica de los Paneles....	113
<b>Tabla 31</b> Comparación de las Propiedades de los Paneles de Textura 3D .....	115

<b>Tabla 32</b>	Comparación Económica de 1 m <sup>2</sup> de Paneles de Textura 3D.....	117
<b>Tabla 33</b>	Ventajas y Limitaciones de los Paneles de Textura 3D y los Paneles Comerciales para su Uso como Revestimientos en Paredes Exteriores.....	119
<b>Tabla 34</b>	Análisis de Varianza (ANOVA) de Absorción .....	120
<b>Tabla 35</b>	Análisis de Varianza (ANOVA) de Módulo de Resistencia a Flexión .....	121
<b>Tabla 36</b>	Estadística Descriptiva de la Absorción (%) de Paneles .....	121
<b>Tabla 37</b>	Prueba T-Student de la Absorción (%) de Paneles.....	121
<b>Tabla 38</b>	Estadística Descriptiva del Módulo de Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) de Paneles .....	122
<b>Tabla 39</b>	Prueba T-Student del Módulo de Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) de Paneles .....	122
<b>Tabla 40</b>	Correlación de Pearson.....	122
<b>Tabla 41</b>	Costo Unitario del PEAD.....	153
<b>Tabla 42</b>	Dosificaciones de Materiales para la Producción de Paneles.....	153
<b>Tabla 43</b>	Costo Unitario de 1 m <sup>3</sup> de Concreto Cemento – Arena.....	154
<b>Tabla 44</b>	Costo Unitario de 1 m <sup>3</sup> de Concreto Cemento – Arena – PEAD .....	155
<b>Tabla 45</b>	Costo Unitario de 1 m <sup>3</sup> de Concreto Cemento – PEAD .....	155
<b>Tabla 46</b>	Comparación Económica de los Paneles sin y con PEAD.....	156
<b>Tabla 47</b>	Comparación Económica de 1 m <sup>2</sup> de Paneles.....	157

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Teoría de la Tensión de los Materiales Compuestos .....	34
<b>Figura 2</b> Diagrama del Desarrollo Sostenible .....	37
<b>Figura 3</b> Tipos de Poliestireno.....	39
<b>Figura 4</b> Flujo de Reciclado de Polietileno de Alta Densidad .....	43
<b>Figura 5</b> Clasificación del Agregado Fino .....	44
<b>Figura 6</b> Curva de Gradación Límite para (a) Agregado Fino y (b) Grueso .....	45
<b>Figura 7</b> Componentes del Concreto .....	49
<b>Figura 8</b> Componentes del Mortero.....	50
<b>Figura 9</b> Propiedades del Concreto y Morteros.....	51
<b>Figura 10</b> Paneles de Concreto .....	56
<b>Figura 11</b> Tipos de Paneles.....	57
<b>Figura 12</b> Paneles de Revestimiento y sus Usos .....	58
<b>Figura 13</b> Tipos de Paneles de Revestimiento.....	59
<b>Figura 14</b> Modelos de Paneles de Textura 3D Comerciales.....	61
<b>Figura 15</b> Paneles de Revestimiento.....	67
<b>Figura 16</b> Proceso Cuantitativo para la Presente Investigación .....	71
<b>Figura 17</b> Diseño de investigación: Experimental.....	74
<b>Figura 18</b> Dimensiones de los Paneles de Textura 3D .....	75
<b>Figura 19</b> Ubicación de la Cantera Conchán.....	80
<b>Figura 20</b> Procesamiento para la Obtención de PEAD triturado.....	81
<b>Figura 21</b> Realización del Ensayo de Peso Específico y Absorción en la Arena.....	83
<b>Figura 22</b> Molde de Silicona RTV Para Fachaletas .....	89
<b>Figura 23</b> Desmoldado de los Paneles de Textura 3D.....	91
<b>Figura 24</b> Paneles 3D Curados Durante 28 Días .....	91

<b>Figura 25</b> Determinación de la Variación Dimensional .....	92
<b>Figura 26</b> Diagrama del Ensayo a Flexión en Revestimientos.....	94
<b>Figura 27</b> Realización del Ensayo a Flexión en los Paneles .....	94
<b>Figura 28</b> Humedad y Absorción de los Áridos .....	99
<b>Figura 29</b> Peso Específico de los Áridos.....	99
<b>Figura 30</b> Peso Unitario de los Áridos .....	100
<b>Figura 31</b> Curva Granulométrica de los Áridos .....	101
<b>Figura 32</b> Variación Dimensional en Longitud de los Paneles de Textura 3D .....	103
<b>Figura 33</b> Variación Dimensional en Ancho de los Paneles de Textura 3D .....	104
<b>Figura 34</b> Variación Dimensional en Espesor de los Paneles de Textura 3D .....	104
<b>Figura 35</b> Absorción de los Paneles de Textura 3D .....	106
<b>Figura 36</b> Densidad de los Paneles de Textura 3D.....	108
<b>Figura 37</b> Resistencia a la Rotura de los Paneles .....	110
<b>Figura 38</b> Módulo de Rotura a Flexión de los Paneles.....	112
<b>Figura 39</b> Relación entre el Porcentaje de Áridos y la Capacidad Mecánica de los Paneles .....	113
<b>Figura 40</b> Comparación Económica de 1 m <sup>2</sup> de los Paneles de Revestimiento.....	117
<b>Figura 41</b> Comparación Técnica Económica de los Paneles de Revestimiento .....	118
<b>Figura 42</b> Gráfica de Residuos para Absorción de los Paneles.....	123
<b>Figura 43</b> Gráfica de Residuos para Módulo de Resistencia a Flexión.....	123
<b>Figura 44</b> Comparación Económica de 1 m <sup>2</sup> de los Paneles de Revestimiento.....	157

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS**

3D: Presentación visual de algo en tres dimensiones.

A/C: Relación agua/cemento

ACI: American Concrete Institute

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

EPS: Poliestireno expandido

HDPE o PEAD: Polietileno de alta densidad

INACAL: Instituto Nacional de Calidad

LDPE: Polietileno de baja densidad

MPCH: Municipalidad Provincial de Chota

NTP: Norma Técnica Peruana

PET: Tereftalato de polietileno

PP: Polipropileno

TMN: Tamaño máximo nominal

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue desarrollar paneles de textura 3D con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) que cumplieran con requisitos geométricos, físicos y mecánicos para su uso como revestimiento en paredes exteriores de edificaciones en Chota. Para ello, se elaboraron 60 paneles de textura 3D y se sometieron a ensayos de absorción, densidad, variación dimensional y resistencia a flexión. Los resultados revelaron que la arena fina y el PEAD no cumplían con los requisitos granulométricos para un agregado fino, aunque juntos adquirirían la gradación adecuada. Todos los paneles cumplieron con los requisitos de variación dimensional establecidos en la NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020), con variaciones mínimas en largo, ancho y espesor. En cuanto a la absorción de agua, los paneles elaborados con la mezcla III (cemento y PEAD) presentaron la menor absorción (4.48%), mientras que los de la mezcla I (cemento y arena) mostraron la mayor absorción (7.95%). Sin embargo, todos cumplieron con la norma, con absorciones menores al 10%. Los paneles de la mezcla II (cemento, arena y PEAD) exhibieron la mayor resistencia a la rotura (78.74 kg/cm<sup>2</sup>), pero, los paneles elaborados solo con PEAD mostraron resistencias mucho menores (28.32 kg/cm<sup>2</sup>), lo que limitaría su uso en paredes exteriores. En conclusión, la mezcla II se presenta como la opción más viable técnica y económicamente, ya que logra un equilibrio entre las propiedades mecánicas y los costos (21.85 soles por m<sup>2</sup>), cumpliendo casi en su totalidad con los requisitos normativos, pero necesitando mejorar su capacidad mecánica.

Palabras clave: paneles, PEAD, módulo de rotura a flexión, absorción.

## ABSTRACT

The objective of this research was to develop 3D texture panels with cement, fine sand and/or high-density polyethylene (HDPE) that meet geometric, physical and mechanical requirements for use as exterior wall cladding in buildings in Chota. For this purpose, 60 3D textured panels were produced and tested for absorption, density, dimensional variation and flexural strength. The results revealed that the fine sand and HDPE did not meet the particle size requirements for a fine aggregate, although together they acquired the appropriate gradation. All panels met the dimensional variation requirements established in NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020), with minimal variations in length, width and thickness. Regarding water absorption, the panels made with mix III (cement and HDPE) showed the lowest absorption (4.48%), while those with mix I (cement and sand) showed the highest absorption (7.95%). However, all of them met the standard, with absorptions of less than 10%. The panels of mix II (cement, sand and HDPE) showed the highest breaking strength (78.74 kg/cm<sup>2</sup>), but the panels made only with HDPE showed much lower strengths (28.32 kg/cm<sup>2</sup>), which would limit their use in exterior walls. In conclusion, mix II is presented as the most technically and economically viable option, since it achieves a balance between mechanical properties and costs (21.85 soles per m<sup>2</sup>), complying almost entirely with the regulatory requirements, but needing to improve its mechanical capacity.

Keywords: panels, HDPE, flexural modulus of rupture, absorption.

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

### **1.1. Planteamiento del problema**

La evolución de la industria de la construcción ha marcado un cambio de tendencia significativo (Xu et al., 2018). En la actualidad, se busca activamente lograr la sostenibilidad constructiva, un proceso orientado hacia el uso de nuevas tecnologías para la creación de materiales ecológicos (Antico et al., 2020). Los propietarios de edificaciones no solo priorizan la resistencia estructural de sus construcciones, sino que también buscan un ambiente agradable (Sravani et al., 2020). Por ello, la industria ha innovado en el desarrollo de diferentes tipos de revestimientos de paredes, que anteriormente se fabricaban principalmente con materiales como yeso o cemento. Sin embargo, la investigación actual se centra en la exploración de materiales más livianos y respetuosos con el medio ambiente para la elaboración de estos revestimientos (Sarkar et al., 2024).

Los paneles fabricados con concreto ligero representan una alternativa más eficaz que los paneles convencionales en diversas aplicaciones, como tabiques internos, rellenos externos y falsos techos de edificios. Estos paneles ofrecen mejores propiedades de aislamiento térmico y absorción acústica, gracias a su microestructura interna de vacío de aire (Faliano et al., 2019). Para la producción de concreto ligero, se sustituyen los agregados por residuos sólidos de menor peso. Como señalan Harmaji & Zuraida (2019), la utilización de residuos plásticos como sustitutos de los agregados en el concreto constituye un enfoque efectivo para reducir los costos de material y abordar los desafíos relacionados con la disposición final de los residuos sólidos.

En Perú, los paneles más comúnmente empleados son los de yeso. Sin embargo, estas opciones presentan diversas desventajas, como su baja resistencia a los agentes atmosféricos y su elevado peso, entre otros aspectos (Afá & Loyola, 2016). Como alternativa, algunas industrias están explorando el uso de otros materiales. En el país, también se recurre a los paneles de madera, aunque su utilización plantea problemas ambientales, dado que implica la tala de árboles para su fabricación. Estos factores justifican la búsqueda de nuevos materiales que permitan la elaboración de paneles con propiedades físico-mecánicas mejoradas.

“En el Perú, cada año se acumulan alrededor de 3,600 toneladas de plástico, y su impacto más significativo se observa en los ecosistemas marinos” (López & Ore, 2018). Contrariamente a lo que se podría suponer, el plástico más utilizado no es el tereftalato de polietileno (PET), sino el polietileno de alta densidad (PEAD), que se emplea en la fabricación de una amplia gama de productos, como tuberías para distribuir agua potable, envases de alimentos, detergentes, artículos para el hogar, juguetes, empaques para partes automotrices y moldes, entre otros (Hernandez, 2015). Sin embargo, una vez que el polietileno es descartado, permanece en el medio ambiente debido a su naturaleza no biodegradable (De Silva & Prasanthan, 2019). Esta tendencia negativa para el medio ambiente podría revertirse mediante la reutilización del PEAD en la fabricación de paneles.

Se han realizado intentos de incorporar PET en concretos o morteros, pero han encontrado limitaciones debido a la dificultad de lograr una adecuada adherencia a la pasta de cemento. Por otro lado, el PEAD presenta una mejor capacidad de incorporación, y su inclusión en mayor medida conduce a la obtención de un material más flexible, capaz de soportar cargas y deformaciones

sin sufrir daños significativos, como fracturas o agrietamientos (Hernandez, 2015). Sin embargo, el diseño óptimo de este material depende de las características específicas de la arena local, por lo que el análisis de sus propiedades físico-mecánicas debe realizarse a nivel local.

La demanda de viviendas está experimentando un rápido crecimiento en todas las regiones del Perú, con especial énfasis en Cajamarca, donde el aumento de la población ha generado una mayor necesidad de materiales de construcción (Tinoco, 2018). Estos materiales deben ser producidos teniendo en cuenta una serie de consideraciones, que incluyen aspectos técnicos, económicos y ambientales, como las propiedades físico-mecánicas del producto, el costo de producción y la sostenibilidad con el entorno.

Según datos de la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018) del año 2018, aproximadamente el 85% de las edificaciones en la ciudad se construyen utilizando materiales nobles. Aunque para los acabados finales de las viviendas se emplean diversos materiales de construcción, los paneles cerámicos, son uno de los materiales más utilizados tanto para revestimientos exteriores como interiores (Faliano et al., 2019). Los paneles industriales son adquiridos e instalados en gran medida en las viviendas de la ciudad de Chota (Herrera, 2024).

La elaboración de paneles artesanales surge como una alternativa técnica y ambiental ante los paneles industriales (Panel Wall, 2019). Sin embargo, los materiales convencionales utilizan para su fabricación cemento y arena, por lo que, aumentan la demanda de áridos naturales, lo que reduce su disponibilidad. En la provincia de Chota, la única fuente de agregado fino para uso constructivo es la cantera Conchán, ubicada en el distrito homónimo. Por lo tanto, es crucial explorar nuevos materiales que puedan sustituir a este árido natural, garantizando

beneficios significativos como la reducción de peso, el aumento de la resistencia a la absorción y el mantenimiento de la resistencia a la flexión promedio. En resumen, se busca mejorar las propiedades físico-mecánicas de los paneles utilizando materiales reciclados como agregado fino.

Los paneles de textura 3D elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) representan una innovadora solución arquitectónica que ha ganado popularidad en los últimos años (Joyram, 2019). Estos paneles ofrecen una apariencia tridimensional y texturizada que añade un efecto visual único a cualquier espacio (Pralea et al., 2019).

Por tanto, la combinación de cemento y arena fina en la elaboración de los paneles confiere una resistencia excepcional y una durabilidad sobresaliente, convirtiéndolos en una opción ideal tanto para espacios interiores como exteriores sujetos a un alto tráfico. Por otro lado, la inclusión de polietileno de alta densidad (PEAD) proporciona flexibilidad y mejora la capacidad de deformación de los paneles, lo que posibilita la creación de diseños más intrincados y detallados. Los paneles de textura 3D ofrecen una versatilidad impresionante en términos de diseño y personalización, ya que pueden adaptarse a una amplia variedad de estilos arquitectónicos y requisitos específicos del proyecto. Además de su atractivo estético, estos paneles también presentan ventajas funcionales significativas. Por un lado, su instalación rápida y sencilla permite ahorrar tiempo y recursos en comparación con los revestimientos tradicionales. Por otro lado, su superficie texturizada ofrece propiedades antideslizantes, lo que mejora la seguridad en áreas con alto tráfico o expuestas a la humedad (Pralea et al., 2019).

Así mismo, al sustituir la arena por partículas de plástico provenientes de botellas trituradas (PEAD) de tamaño similar, el concreto adquiere una resistencia

casi equivalente a la del convencional (Joyram, 2019). Por lo que, este enfoque podría resultar en un ahorro considerable de hasta 820 millones de toneladas de arena al año, suponiendo que se reemplace el 10 por ciento de este agregado en el concreto (Arcus Global, 2019). La utilización de paneles compuestos de plástico PEAD representa una innovación en el ámbito de la tecnología de materiales (Harmaji & Zuraida, 2019), y es por ello que se desarrolló la investigación “Paneles de textura 3D elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD), Chota”.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Es posible elaborar paneles de textura 3D utilizando cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) que presente propiedades geométricas, físicas y mecánicas adecuadas para su aplicación en revestimientos de paredes exteriores en edificaciones de Chota?

## **1.3. Justificación**

La importancia del estudio data de la búsqueda de nuevos materiales para su aplicación en la ciudad de Chota. Muchas veces se consideraba que los grandes descubrimientos en mecánica de materiales solo podían ser objeto de países desarrollados, pero nuestro país también puede generar conocimientos loables, a partir de descubrimientos mundiales. Punitha et al. (2021), Abeysinghe et al. (2021) y Hernandez (2015) realizaron estudios experimentales, donde demostraron que la adición de PEAD en el concreto mejoraba sus características de resistencia a la deformación. Por tanto, se puede utilizar este concreto con PEAD para otros usos constructivos que requieran una mayor resistencia a la flexión, como la producción de paneles. Frente a tal descubrimiento, se propuso la aplicación de este nuevo concreto para la elaboración de paneles, ya que el

parámetro de mayor relevancia en estos materiales es la resistencia a la flexión. Además, los paneles actuales de madera representan un problema ambiental por la tala de árboles, los paneles de cerámica requieren pasar por procesos de cocción emitiendo CO<sub>2</sub> al ambiente, y los paneles de yeso tienden a tener deterioro prematuro por la acción de los agentes exteriores como la lluvia o el viento. Pero para plantear los nuevos paneles de cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD), se ha propuesto un diseño innovador que llame la atención de los potenciales usuarios, siendo esta la textura 3D, para su uso como revestimiento de paredes exteriores de viviendas Chotanas.

### ***1.3.1. Justificación científica***

En el ámbito internacional, existen diversas investigaciones sobre la elaboración de paneles de textura 3D que buscan la optimización de materiales con la adición de diversos materiales de residuos. Asimismo, en el ámbito nacional, se ubicaron investigaciones sobre la elaboración de paneles con diversos materiales constituyentes, siendo los más resaltantes el plástico, el cemento y el yeso. Sin embargo, en el ámbito local y regional, no existían investigaciones que pretendieran elaborar paneles de concreto reemplazando los áridos naturales por un material de reciclaje. No obstante, esto lejos de representar un factor desalentador, representó una oportunidad para generar nuevos conocimientos sobre materiales de construcción e impulsar la investigación en un tema que tenía pocos referentes científicos. Por tanto, el desarrollo de la presente investigación representa una importante contribución a la comunidad científica e incluso puede ser un referente metodológico para la industrialización de este nuevo material de ser positivos los resultados. Pero, en cuanto al aporte científico, se derivó de la información sobre

cómo el uso de un material reciclado (PEAD granular) en un producto (paneles de revestimiento) podría incidir en las características mecánicas del mismo.

### **1.3.2. *Justificación técnica***

La elección de este tema se basó en la necesidad de explorar nuevas posibilidades en el ámbito de la construcción y el diseño arquitectónico. Los paneles de textura 3D elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) representan una innovación en la industria de la construcción, ofreciendo una alternativa atractiva y funcional para revestimientos y acabados. La combinación de estos materiales proporciona propiedades únicas que podrían mejorar la eficiencia energética, la durabilidad y la estética de las edificaciones, lo que justifica la necesidad de investigar su viabilidad y aplicaciones potenciales.

El estudio se considera original en el sentido de que busca explorar la aplicación de una combinación específica de materiales para la fabricación de paneles de textura 3D en un contexto particular, como lo es la ciudad de Chota. Aunque existen investigaciones previas sobre paneles de textura y materiales de construcción, la singularidad de esta investigación radica en la combinación específica de cemento, arena fina y PEAD, así como en su aplicación en un entorno geográfico y cultural específico.

La investigación aborda el desafío de mejorar los acabados arquitectónicos y la eficiencia de los materiales utilizados en la construcción, ofreciendo una solución innovadora y viable en forma de paneles de textura 3D. Estos paneles pueden resolver problemas relacionados con la estética, la durabilidad y el rendimiento térmico de los edificios, lo que contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas y el entorno construido.

La investigación resulta altamente conveniente, ya que proporciona información valiosa sobre la viabilidad técnica de los paneles de textura 3D elaborados con los materiales mencionados. Además, al identificar nuevas posibilidades de aplicación en el ámbito de la construcción, la investigación puede impulsar la innovación y el desarrollo económico local

### ***1.3.3. Justificación social***

En el aspecto social, la investigación obtuvo resultados novedosos e innovadores que pueden ser aplicados por constructores, maestros de obra, ingenieros civiles y población en general para la construcción de sus edificaciones. Asimismo, el estudio representa una fuente de conocimientos para el desarrollo de nuevos materiales constructivos ecológicos en nuestro país.

### ***1.3.4. Justificación ambiental***

Finalmente, en el aspecto ambiental, la investigación genera impactos positivos en el entorno natural, debido a que se reciclaría un material no biodegradable, como es el PEAD, material al que se le dará un nuevo uso constructivo, al utilizarlo para la producción de paneles 3D.

## **1.4. Delimitación de la investigación**

**Espacial:** Se llevó a cabo exclusivamente en la ciudad de Chota, ubicada en la región Cajamarca, Perú. Todos los procesos experimentales, pruebas y análisis se realizaron en instalaciones del laboratorio GSE dentro de esta área geográfica.

**Temporal:** Se realizó desde mediados del año 2023 hasta febrero del año 2024. Este período abarcó todas las etapas de la investigación, incluyendo la planificación, ejecución de experimentos, recolección de datos, análisis y elaboración de conclusiones.

**Alcance de la investigación:** Se centró en la evaluación de paneles de textura 3D elaborados con tres tipos de mezcla: cemento: arena, cemento: polietileno de alta densidad (PEAD), y la combinación de los tres componentes: cemento: arena: PEAD. Se buscó determinar las propiedades de absorción y flexión de cada tipo de panel para identificar la mezcla más adecuada en términos de resistencia.

**Procedimental:** La investigación determinó las propiedades físicas de la arena de la cantera Conchán para verificar que esta cumpliera con los requisitos de la norma técnica peruana (NTP) 400.037 (INACAL, 2021). Asimismo, también se determinaron las propiedades físicas del polietileno de alta densidad (PEAD) triturado con el fin de conseguir que este tuviera características similares a las de la arena fina granular para que su remplazo o combinación fuera posible. Con los resultados de las propiedades físicas de los componentes, se diseñaron tres mezclas de materiales para un  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>: la mezcla I con cemento-arena, la mezcla II con cemento-PEAD, y la mezcla III con cemento-arena-PEAD. A partir de los diseños planteados, se determinó las propiedades físico-mecánicas de los paneles 3D, para definir el tipo de mezcla que permitiera la elaboración de paneles de textura 3D con mayores beneficios técnicos, para su uso como revestimiento en paredes exteriores de las edificaciones de Chota.

### **1.5. Limitaciones**

No existe un método de diseño de mezclas que, permita combinar dos tipos de agregados finos, sino que, se basan en el cálculo de un agregado fino y un agregado grueso, no obstante, a pesar de ello, se ha utilizado el método ACI 211.1 (2022), para el diseño de mezclas  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, con los dos agregados (natural y reciclado), mientras que para las otras combinaciones se ha remplazado en ese

mismo diseño de mezclas la totalidad del agregado fino natural (arena) o la totalidad del agregado fino reciclado (PEAD), según el tipo de mezcla planteada.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Desarrollar paneles de textura 3D, elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) que cumplan los requisitos geométricos (variación dimensional), físicos (absorción) y mecánicos (resistencia a flexión) para su uso como revestimiento en paredes de exteriores de edificaciones de Chota.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Analizar las propiedades físicas de los materiales, arena fina de la cantera Conchán y/o polietileno de alta densidad (PEAD), a utilizar en la elaboración de paneles texturizados 3D.
- Determinar la variación dimensional de los paneles de textura 3D, elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD), Chota.
- Determinar el nivel de absorción de los paneles de textura 3D, elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD), Chota.
- Analizar la capacidad mecánica de los paneles de textura 3D, elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD), Chota.
- Precisar el tipo de mezcla que permita la elaboración de paneles de textura 3D con mejores propiedades físico-mecánicas, para su uso como revestimiento en paredes exteriores de las edificaciones de Chota.

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Satrawidana & Sukarta (2024) evaluaron los paneles prefabricados de concreto con residuos plásticos y cenizas como sustituto parcial de la arena y cemento. Utilizaron la proporción de arena a cemento 3:1 en peso y proporción de agua a cemento de 1.85. Posteriormente la arena y cemento fueron sustituidos paulatinamente por plástico PEAD triturado y cenizas domésticas. La mezcla lo colocaron en un molde de fibra de vidrio con dimensiones de largo, ancho y espesor de 30 x 30 x 3 cm. Realizaron pruebas de densidad, absorción de agua, resistencia a la compresión y morfología de la superficie. Determinaron que, al reemplazar el 20% de la arena y el 10% del cemento con plástico y ceniza produce paneles de pared de concreto livianos con una densidad, absorción de agua y resistencia a la compresión de 1512.2 kg/m<sup>3</sup>, 7.95% y 3.78 MPa, respectivamente. Estos paneles de concreto son aceptables según la norma ASTM C129-06.

Wanjare (2024) estudió el efecto del plástico reciclado en la resistencia del concreto. Utilizó PEAD, PET, LDPE y una mezcla de estos plásticos (Mix), como aditivos en el concreto, con una proporción inicial de 1:2:3 cemento: arena agregado grueso, modificado con 0%, 10% y 25% de cada tipo de plástico. Obtuvo 3,300 psi para el concreto base, mientras que, para el concreto con 10 y 25% PEAD obtuvo 3,326 y 2,607 psi, con PET obtuvo 2,871 y 2,474 psi, con LDPE obtuvo 2,706 y 1,056 psi y con la mezcla 2,876 y 2,202 psi, respectivamente. Concluyó que la incorporación de plásticos reciclados produce efectos variables sobre las propiedades del hormigón. Por ejemplo, caracterizado por su alta

resistencia y tenacidad, el PEAD exhibe la reducción menos pronunciada tanto en la resistencia a la compresión como a la flexión.

Álvarez et al. (2024) caracterizaron los compuesto de yeso con PEAD al 0, 2, 4, 6, 8 y 10%. Determinando que obtenían resistencias a flexión de 5.06, 4.47, 4.22, 3.96, 3.88, 3.34 MPa. Por lo que, concluyeron que, la incorporación de estos residuos plásticos mejora la resistencia al agua del material, además de producir una mayor resistencia al impacto, pero medida que aumenta el porcentaje de PEAD, la resistencia disminuye. Sin embargo, en todos cumple con la norma EN 13279-2, por lo que su uso en el diseño de paneles prefabricados par falsos techos es viable.

Tamil et al. (2023) determinaron las propiedades del concreto con áridos ligeros utilizando gránulos de PEAD, la muestra consistió en 5 lotes de concreto ligero de grado M30 al 1% y 5% de polietileno. Los resultados determinaron que la adición de gránulos PEAD afecta significativamente las propiedades del concreto ligero. Observó una disminución en la densidad ca mayor proporción de gránulos de PEAD, lo que resultó en una reducción de la resistencia a la compresión pero una mejora en la ductilidad y la tenacidad del material.

Aocharoen & Chotickai (2023) tuvieron como objetivo evaluar cómo la inclusión de agregados PET y PEAD afectan las propiedades del concreto, para lo cual realizaron pruebas de compresión y de durabilidad en el concreto con diferentes proporciones de agregados PET y PEAD, sustituyendo parcialmente los agregados convencionales. Los resultados determinaron una reducción en la resistencia con el aumento de los agregados reciclados; sin embargo el concreto con PET y PEAD mostró una mejor resistencia a la abrasión y menor absorción de agua en comparación con el concreto convencional. En conclusión, es viable

emplear materiales reciclados en la producción de concreto, siempre que se consideren las necesidades específicas de cada aplicación.

Vanitha et al. (2023) plantearon como objetivo investigar la viabilidad de utilizar materiales de desecho no biodegradables en la producción de concreto. Para lo cual su muestra consistió en diferentes formulaciones de concreto con plásticos reciclados. Encontraron como resultado que la inclusión de estos materiales afectó las propiedades del concreto, mostrando variaciones a compresión y absorción. Además, el concreto modificado exhibió una mejor resistencia a la abrasión. En conclusión, la utilización de materiales de desecho no biodegradables en el concreto es factible y podría ofrecer beneficios ambientales significativos al reducir la cantidad de desechos enviados a vertedero.

Calero (2023) se planteó como objetivo analizar las diferencias mecánicas y costos de bloques de concreto con PET. La población estuvo compuesta por todos los constructores de la Cámara de Construcción de Guayaquil, 130 personas, de los cuales tomó como muestra a 97 personas. Los resultados determinaron que, los bloques convencionales exhiben una resistencia superior, mientras que aquellos con más del 15% de agregado PET experimentan un incremento en el precio y una reducción en su resistencia, además la densidad de un bloque con plástico dosificado es más baja que la de un bloque tradicional, ya que el plástico tiene una densidad inferior a otros agregados. En conclusión, los dos bloques objetos de estudio traen consigo sus ventajas y desventajas, en este caso los bloques con máximo 15% plástico PET son una opción viable en la construcción, puesto que es un material de suficiente resistencia y baja densidad para su aplicación en una obra civil de acuerdo a su uso por los constructores.

López & Pascuales (2022) realizaron una comparación entre las propiedades de los bloques de concreto tradicionales y aquellos con la implementación del plástico PET. La muestra consistió en revisar investigaciones científicas ya realizadas (20 investigaciones) en las que se utilizó el plástico PET. Los resultados determinaron que, la incorporación de PET reciclado mejoró la resistencia a compresión y el aislamiento termoacústico de los ladrillos de concreto; sin embargo, se identificaron preocupaciones sobre la durabilidad a largo plazo, por lo que, se necesitan ajustes en las proporciones de la mezcla. En conclusión, la utilización de PET en la fabricación de bloques de concreto es prometedora, ofreciendo beneficios ambientales y técnicos, pero se requiere más investigaciones para optimizar la mezcla y abordar problemas de durabilidad.

Harmaji & Zuraida (2019) tuvieron por objetivo elaborar un prototipo de panel compuesto de plástico que sea respetuoso con el medio ambiente con dimensiones de 100 x 30 x 10 mm de espesor. Los materiales que utilizaron para elaborar los especímenes de ensayo fueron PET de botellas de agua usadas en variaciones de 0 a 20% y residuos de cemento. Los especímenes fueron sometidos a ensayos físicos y mecánicos, obteniendo mejores resultados mecánicos para las muestras con 5% de PET adquiriendo una resistencia a la flexión de 4.47 MPa.

Falliano et al. (2019) tuvieron como objetivo investigar la resistencia de paneles ligeros reforzados con fibra (FRIL) preparados con una densidad de 800 kg/m<sup>3</sup> y con un espesor de 12 mm, los especímenes fueron curados por proceso acelerado, para luego ser sometidos a pruebas de flexión de tres puntos controlados por desplazamientos. Concluyendo que los FRIL cumplen con los requisitos de la UNE EN 12467 en términos de módulo de ruptura (MOR) y entra en la clase 1 (MOR > 4 MPa).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Arboleda (2023) planteó como objetivo evaluar el efecto del PEAD en bloques de concreto tipo P. Realizó ensayos de compresión y absorción en bloques con PEAD reciclado en porcentajes de 5, 10, 20 y 30%. El estudio que aplicó fue tecnológico-experimental. Los resultados determinaron que: El valor de succión del concreto patrón fue de 36.40 gr/200cm<sup>2</sup> y el concreto con 20% de PET reciclado alcanzó un valor de 26.46 gr/200 cm<sup>2</sup>; en la absorción el valor del concreto patrón fue de 8.81% y el concreto con 20% de PET obtuvo un 6.70%; en cuanto a la resistencia obtuvo 80.64 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto base obtuvo 70.85 kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, el concreto con 20% de PED es el porcentaje óptimo, dado a que aumentó 13.82% su resistencia, cumpliendo con la norma E.070.

Mejía (2023) analizó el uso de fibras PET en la resistencia del concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>. Para ello utilizó como muestra 72 especímenes de concreto, de las cuales 12 fueron concreto testigo y 60 muestras con adición de PET de 2 kg, 4 kg, 6kg, 7 kg y 8 kg. Los resultados verificaron la reducción de la resistencia a medida que aumentaba la sustitución de fibras recicladas. Sin embargo, se encontró que ciertos niveles de sustitución aún cumplían con los requisitos de resistencia especificados. Además, se evaluó la durabilidad del concreto y se encontró que los especímenes con fibras recicladas mostraban un desempeño aceptable en términos de resistencia a la degradación. En conclusión, La sustitución de fibras recicladas en el concreto es viable para infraestructura de riego.

Asto & Diaz (2023) analizaron el efecto del EPS en el concreto. Para ello utilizaron como muestra 24 probetas cilíndricas, con 0, 15, 25 y 35% EPS en sustitución de la grava. Arribaron a los siguientes resultados: 229.59, 207.93, 207.93, 201.31 y 190.94 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión respectivamente en

las muestras al 0%, 15%, 25% y 35%. A flexión obtuvieron 41.96, 36.61, 33.42 y 28.51 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente y los valores para la resistencia a tracción fueron 24.19, 23.02, 22.65 y 22.06 kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, la resistencia a compresión de los concretos modificados no superan el f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> y a medida que se incrementa el porcentaje de EPS disminuye su capacidad mecánica.

Matrinez (2022) comparó el concreto f'c 250kg/cm<sup>2</sup> con EPS con el concreto estándar. En el proceso experimental, se desarrollaron mezclas de concreto estándar y concreto modificado con inclusiones de 10 y 20%EPS. Registró: 297.67 kg/cm<sup>2</sup> para el diseño estándar, 268.33 kg/cm<sup>2</sup> para el 10% de modificación (una reducción del 8.63% respecto al estándar) y 206.67 kg/cm<sup>2</sup> para el 20% de modificación (una reducción del 29.63% respecto al estándar). En cuanto a flexión, observó valores de 35.46 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto estándar, y 31.83 y 31.50 kg/cm<sup>2</sup> para las modificaciones del 10 y 20% respectivamente. La consistencia varió, con un slump de 3 ¼" para el concreto estándar y de 4" y 7" para las modificaciones del 10% y 20% respectivamente. En conclusión, el EPS no mejora el concreto, pero con agregados de calidad, puede ser una opción viable.

Juarez & Quispe (2021) estudiaron la resistencia del concreto al reemplazar losas de entrepiso con EPS en la ciudad de Cusco. Seleccionaron viviendas de 5 pisos en el Centro Histórico de Cusco como población de estudio, tomando una de ellas como muestra. Determinaron los siguientes resultados: una resistencia de 279.14, 177.14 y 143.92 kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar el concreto con perlas de poliestireno en proporciones del 5%, 10% y 15% respectivamente. En términos de costos, fue de S/. 350.00 el m<sup>3</sup>, mientras que el material sustituto tuvo un costo de S/. 130.00 el m<sup>3</sup>. La sustitución de EPS resultó en una disminución del costo del concreto. Se concluyó que la mejor proporción es del 5% EPS.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Herrera (2024) tuvo como objetivo fabricar baldosas no esmaltadas para pisos con suelo de Bambamarca de acuerdo a la NTP-ISO 13006:2020. Como muestra utilizó 280 revestimientos cerámicos. Determinó los siguientes resultados: los revestimientos cerámicos producidos de forma artesanal cumplen con las especificaciones geométricas requeridas; además, satisfacen los requisitos de resistencia a la rotura para los grupos AIII y AIIb-2, a excepción de S75C25 y S9010. Sin embargo, no cumple con los estándares de resistencia a la flexión. La mezcla que presenta la resistencia mayor es S10C90 (63.66 kg/cm<sup>2</sup>). En conclusión, las baldosas S60C40 cumplen con la absorción del grupo AIIb-2 y presentan 19.60 kg/cm<sup>2</sup> a flexión. Sin embargo, esta dosificación no puede ser utilizada para la producción de revestimientos cerámicos hasta que su capacidad mecánica sea mejorada.

Marín (2023) en su investigación tuvo como objetivo determinar las propiedades del ladrillo de concreto con PP reciclado en Cajamarca. La muestra que consideró fueron 100 ladrillos con 0, 2, 4 y 6% PP. Los resultados que determinó fueron: 102.17, 110.77, 105.47 y 103.69 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, de resistencia. En conclusión, la inclusión de polipropileno en los ladrillos vibrados en cantidades bajas aumenta la resistencia en un 8.42% cuando se agrega un 2% de polipropileno y en un 1.49% cuando se añade un 6% de polipropileno.

Benavidez (2023) determinó el impacto del EPS en las propiedades de paneles de tabiquería prefabricada, empleando concreto con una resistencia de 175 kg/cm<sup>2</sup>. Se crearon 36 probetas con distintas proporciones de poliestireno (0%, 15%, 20% y 25%). Los resultados mostraron que la resistencia disminuye al aumentar el contenido de poliestireno, alcanzando 139.05, 78.29, 67.43 y 53.33%

del valor de diseño. Según la norma E.070, los paneles con 0% y 15% de EPS se consideran ladrillos tipo IV, los de 20% tipo III, y los de 25% tipo II y bloque portante. La proporción más efectiva es el 25% de EPS. Además, construyó 12 paneles con 25% EPS, mostrando una resistencia diagonal de 13.13 kg/cm<sup>2</sup>, superando los estándares para ladrillos artesanales e industriales. En conclusión, los paneles con EPS son viables para su uso en construcción.

Benavidez (2022) analizó las particularidades del ladrillo de concreto con PET reciclado. Empleó como muestra 63 ladrillos con 3%, 6% y 9% PET. Los resultados que determinó fueron: Cuando añadió PET a esta mezcla, su resistencia a la compresión disminuyó ligeramente, pero aún cumplió con la resistencia requerida para el diseño. Por lo tanto, ambos diseños fueron viables para la producción de concreto. Sin embargo, desde una perspectiva técnica, económica y ambiental, la proporción 9% de PET es más recomendable. En conclusión, los ladrillos elaborados con una mezcla de cal y PET muestran una resistencia a la compresión más elevada en unidades (188.75 kg/cm<sup>2</sup>) en contraste con los ladrillos convencionales regulados por la normativa E.070:2006.

Vasquez (2021) realizó una revisión bibliográfica acerca de la influencia del plástico reciclado en el concreto en Cajamarca. Como muestra seleccionó 35 estudios relacionados con sus variables. Los resultados que determinó fueron: un rendimiento satisfactorio al emplear plásticos como el PET, PVC, PP y HDPE para sustituir la arena, lo que produjo un impacto positivo en la resistencia y, además, condujo a una disminución en el asentamiento. Con los resultados el autor concluyó que, reemplazar menos del 10% del árido base con plásticos aumenta la resistencia del concreto en 25%.

## **2.2. Bases teórico – científicas**

### **2.2.1. Teoría de materiales compuestos**

Todos los materiales son mezclas de dos o más componentes que logran un rendimiento óptimo. La teoría de los materiales compuestos se explica por la hipótesis de la homogeneización. Siendo un método matemático de dos escalas (o multiescala) que permite la representación del comportamiento de los materiales compuestos a partir de fenómenos que ocurren a nivel de componente. En otras palabras, la teoría establece que las cualidades de las materias primas afectan las propiedades de los compuestos (Zalamea, 2001).

Un material combinado consiste en la unión de dos o más componentes, logrando que las propiedades del producto final superen a las de los componentes por separado. Los materiales compuestos están hechos de diferentes elementos o sustancias, y su combinación permite que el material resultante posea las características de ambos componentes originales (Miravete, 2003).

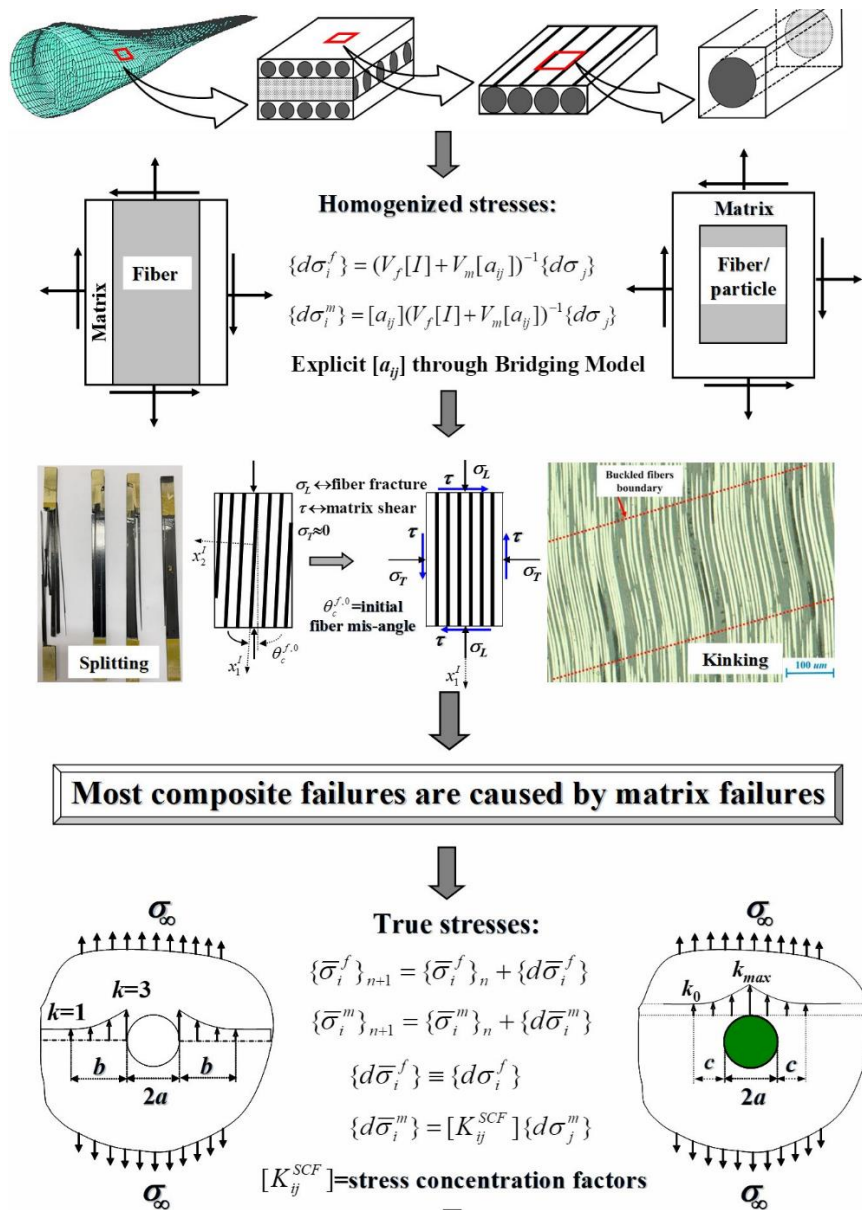
A nivel macroscópico, son productos que se ensamblan sinérgicamente a partir de dos o más componentes. Sus propiedades dependen de las propiedades de sus constituyentes (geometría, distribución y fracción volumétrica). Las partículas y las fibras se usan comúnmente, pero la composición da como resultado, compuestos de muy bajo rendimiento porque los elementos de refuerzo aumentan la resistencia y solo proporcionan una conicidad. Esto se debe a la incapacidad de la junta para transferir efectivamente las fuerzas de la matriz al refuerzo. Por lo tanto, los componentes apilados unos encima de otros con láminas de fibras largas son óptimos para fabricar compuestos (Pérez & Sánchez, 2014).

Como la mayoría de los materiales usados con fines estructurales, los compuestos muestran una conducta elástico inicial que se vuelve no lineal después

de alcanzar un determinado estado de tensión. Muchas de las fórmulas de modelado de juntas existentes especifican cómo calcular las constantes elásticas de los materiales y brindan reglas para verificar si se ha excedido el límite elástico de un material. El modelo basado en estas fórmulas corresponde a cálculos lineales hasta la falla de la unión (Xavier & Rastellini, 2014).

**Figura 1**

*Teoría de la Tensión de los Materiales Compuestos*



Nota: (Huang, 2023).

### 2.2.2. *Ley de las proporciones definidas de Proust*

La Ley de las proporciones definidas de Proust es fundamental en química, ya que establece que los elementos se combinan para formar compuestos en una proporción de masa fija y definida. En el contexto de la producción de concreto, esta ley asegura la uniformidad en la composición de las mezclas, lo que es crucial para la calidad y las propiedades del concreto resultante (Davis, 2014).

La relación de masa constante entre los elementos en la formación de compuestos, como lo describe la Ley de las Proporciones Definidas de Proust, es esencial en la producción de concreto. Esta ley garantiza la consistencia en la composición de las mezclas de concreto, lo que influye directamente en su resistencia y durabilidad (Tapia, 2023).

La Ley de las Proporciones Definidas de Proust se aplica en la producción de concreto de la siguiente manera: (Barragán, 2013)

- El concreto es un material compuesto formado por cemento, agregados (arena y grava) y agua. Según la Ley de Proust, estos elementos se combinan en proporciones fijas para formar el compuesto final.
- La dosificación adecuada de los componentes del concreto , siguiendo métodos como el Método del ACI, es crucial para garantizar que se cumplan las proporciones definidas necesarias para obtener las propiedades deseadas.
- Variaciones en la proporción de los componentes , incluso pequeñas, pueden afectar significativamente la resistencia, trabajabilidad y durabilidad del concreto endurecido.
- La Ley de Proust asegura la consistencia en la composición de las mezclas de concreto , lo que influye directamente en la calidad y uniformidad del producto final.

### **2.2.3. Teoría de homogeneización de materiales compuestos**

La teoría de homogeneización de materiales compuestos es fundamental en la ingeniería de materiales. Esta teoría se basa en la idea de tratar un material compuesto como un único material a nivel macroscópico, a pesar de estar compuesto por diferentes materiales a nivel microscópico. Dos teorías comunes para abordar este concepto son la teoría de homogeneización y la teoría de mezclas serie-paralelo (Car et al., 2000).

La teoría de homogeneización se centra en obtener el comportamiento efectivo de un material compuesto a partir de las propiedades de sus componentes individuales a nivel microscópico. Aunque es capaz de abordar materiales compuestos más complejos, su principal limitación radica en su alto costo computacional, lo que la restringe a casos lineales (Quinteros, 2014).

Por otro lado, la teoría de mezclas serie-paralelo se basa en una homogeneización fenomenológica del compuesto, considerando el comportamiento constitutivo de sus materiales componentes. Esta teoría se fundamenta en la idea de que todos los componentes del compuesto experimentan la misma deformación y contribuyen a la tensión final proporcionalmente a su participación volumétrica en el compuesto (Hernández et al., 2015a).

A nivel macroscópico, esta teoría busca comprender el comportamiento general de los paneles, considerando cómo la adición de PEAD afecta las propiedades estructurales y mecánicas del concreto. Se desarrollan ecuaciones y modelos matemáticos para predecir el comportamiento del panel en su conjunto, teniendo en cuenta la influencia de la presencia del PEAD en la mezcla de concreto. Esto permite diseñar paneles que cumplan con los estándares de resistencia y durabilidad necesarios para su aplicación en obras civiles.

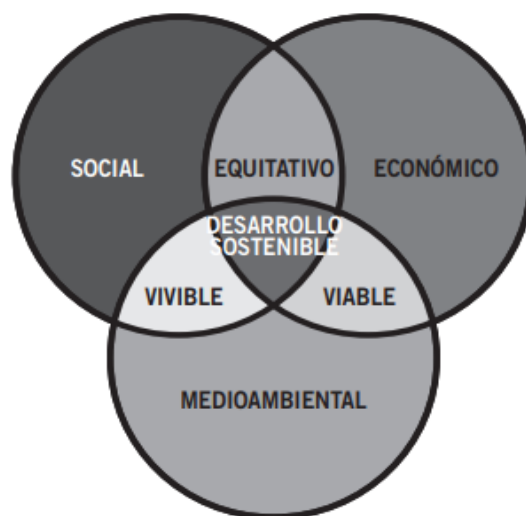
## 2.2.4. Teoría de la sostenibilidad y su relación con la producción de paneles PEAD

### 2.2.4.1. Teoría de la sostenibilidad

El término “desarrollo sostenible” surgió oficialmente en 1987 en el Informe Brundtland, definiéndose como la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras (García, 2003).

Hoy en día, existen diversas interpretaciones de este concepto, todas coincidiendo en la necesidad de acciones económicamente viables, ambientalmente racionales y socialmente equitativas (Artaraz, 2002); pero a pesar de reconocer la importancia de integrar estas tres dimensiones, se requieren cambios significativos en las políticas y programas actuales.

**Figura 2** Diagrama del Desarrollo Sostenible



Nota: (López et al., 2018).

Los objetivos básicos que implican a la sociedad en su conjunto son, por tanto, el respeto del equilibrio ecológico, una comprensión fundamental de la interrelación e interacción entre los seres humanos y el medio ambiente, y la elección correcta del reciclaje en el contexto de una economía circular, equilibrando las necesidades de la economía, medio ambiente y bienestar social (Giral, 1995).

#### **2.2.4.2. Producción de paneles de concreto y sostenibilidad**

La industria del concreto está realizando esfuerzos significativos para reducir el impacto ambiental de sus productos. A través de un amplio programa de educación, la industria del concreto ha estado informando a los diseñadores de edificios sobre cómo especificar el concreto de una manera que favorezca la construcción sostenible. Las áreas clave incluyen: La utilización de la masa térmica del concreto para mejorar la eficiencia energética de los edificios y la implementación de mejoras técnicas para reducir el impacto ambiental del concreto (Sosa & Zubillaga, 2020)

En este marco, la producción de paneles de concreto con PEAD como sustituto de la arena puede contribuir a la conservación del medio ambiente al reducir la demanda de arena natural, un recurso no renovable, y disminuir la extracción de recursos naturales, lo que ayuda a preservar los ecosistemas asociados. Así mismo, la utilización de PEAD en lugar de parte de la arena puede hacer que la producción de paneles de concreto sea más rentable al reducir los costos asociados con la adquisición de materiales. Esto puede llevar a una mayor rentabilidad y accesibilidad en las actividades relacionadas con la construcción. Socialmente, si la producción de paneles de concreto con PEAD podría tener un impacto positivo en la accesibilidad a la vivienda y la infraestructura para un segmento más amplio de la población, lo que promueve la equidad social. Además, el enfoque en la sostenibilidad se refuerza al utilizar un material reciclado como el PEAD en la producción de paneles de concreto. Esto promueve la eficiencia en el uso de recursos y la reutilización de materiales, alineándose con los principios de la sostenibilidad al minimizar el desperdicio y fomentar prácticas más responsables en la industria de la construcción.

## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. Polietileno de alta densidad (PEAD)

El polietileno, uno de los plásticos más comunes, es un polímero termoplástico artificial producido mediante la polimerización del etileno. Se caracteriza por tener una estructura parcialmente cristalina y parcialmente amorfa, lo que le otorga un aspecto blanquecino y translúcido. Los distintos tipos de polietileno disponibles en el mercado resultan de variaciones en las condiciones de operación durante el proceso de polimerización. Esto da lugar a variantes como el PEAD o HDPE, LDPE, PETE, PP, PS, entre otros (Calcina & Delgado, 2019).

El PEAD, también conocido como Polietileno de Alta Densidad, es un tipo específico de polímero termoplástico que se distingue por su elevada densidad molecular (mayor a 0.941 g/cm<sup>3</sup>) y su estructura cristalina más compacta en comparación con otras variedades de polietileno. Debido a su resistencia a la tracción, rigidez y durabilidad, el PEAD se emplea en la fabricación de envases de detergente, tuberías para agua y gas, recipientes para alimentos, juguetes, muebles de jardín y otros productos. Su versatilidad y la posibilidad de ser reciclado lo convierten en un material muy popular en la industria (Merino, 2014).

**Figura 3** Tipos de Poliestireno

 PETE	 HDPE	 PVC	 LDPE	 PP	 PS	 OTHER
Polyethylene Terephthalate	High Density Polyethylene	Polyvinyl Chloride	Low Density Polyethylene	Polypropylene	Polystyrene	Other
						

Nota: (3devo, 2020).

### 2.3.1.1. Características del PEAT

El PEAT tiende a ser transparente solamente en secciones delgadas, siendo comúnmente blanco y translúcido en apariencia. Destaca por sus notables propiedades de tenacidad y flexibilidad a temperatura ambiente (Mere, 2014).

**Tabla 1** PEAT: *Propiedades Físicas*

Propiedades	Unidades	Valor
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0.941 – 0.965
Elongación o punto de ruptura	%	1000
Absorción de agua	mg a 96 h	<0.5
Resistencia a la tensión o al cede	N/mm <sup>2</sup>	18 – 35
Contracción	%	1.5 – 3
Resistencia dieléctrica	KV/cm	>600

Nota: (Leiro & Blanco, 1990).

**Tabla 2** PEAT: *Propiedades Químicas*

Reactivo	Resistencia
Ácidos concentrados y diluidos	Buena
Álcalis	Buena
Alcoholes	Buena
Halógenos	Mala
Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable – Buena

Nota: (Mentzer, 2005).

**Tabla 3** PEAT: *Propiedades Mecánicas*

Propiedades	Unidades	Valor
Coeficiente de fricción		0.29
Módulo de tracción	GPa	0.5-1.2
Resistencia a la tracción	MPa	15-40
Relación de Poisson		0.46

Nota: (Mentzer, 2005).

**Tabla 4** PEAT: *Propiedades Térmicas*

Propiedades	Unidades	Valor
Conductividad térmica	a 23 °C (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	0.45-0.52
Dilatación térmica	x10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	100-200
Temperatura de deflexión en caliente – 0.45 Mpa	°C	75

Nota: (Merino, 2014).

### 2.3.1.2. Usos

El PEAD tiene diversos usos debido a sus propiedades mecánicas y térmicas (Barboza & Rimapa, 2017).

- Envases y embalajes: Se utiliza en la fabricación de botellas, recipientes y envases para una variedad de productos (Barboza & Rimapa, 2017).
- Envases de productos farmacéuticos y cosméticos: Es un material seguro y no tóxico que se usa para envases para productos farmacéuticos, cosméticos y de cuidado personal debido a su capacidad para proteger los productos de la luz, la humedad y la contaminación (Barboza & Rimapa, 2017).
- Industria automotriz y de construcción: El PEAD se utiliza en aplicaciones automotrices y de construcción para fabricar componentes como tanques de combustible, parachoques, revestimientos interiores, tuberías de sistemas de ventilación y estructuras de techos (Barboza & Rimapa, 2017).
- Producción de tuberías para conducir agua a presión, tanto para redes de agua potable como para usos generales. Debido a su alta resistencia química y a la abrasión, el PEAD se utiliza ampliamente en la fabricación de tuberías para sistemas de agua potable, drenaje, riego, gas natural y productos químicos (Gastezzi, 2015).
- Fabricación de elementos estructurales para construcción de viviendas, como una posible solución al déficit de accesibilidad a vivienda para personas de bajos recursos y en caso de emergencia (Sierra, 2016).
- Conformación de nuevos materiales al mezclar PEAD reciclado con otros componentes, con el fin de reducir el impacto ambiental de la disposición inadecuada de estos residuos, pero se deben estudiar las propiedades mecánicas, térmicas y morfológicas de estas mezclas (Munar, 2019).

### 2.3.1.3.Sostenibilidad y reciclaje del PEAD

La producción de PEAD implica la utilización de recursos naturales, principalmente petróleo y gas natural, y la emisión de gases de efecto invernadero. Además, cuando los productos de PEAD (envases para alimentos, botellas de leche, contenedores de detergentes, tuberías, y en muchos otros productos) llegan al final de su vida útil, a menudo terminan en vertederos o, peor aún, en el medio ambiente, donde pueden tardar cientos de años en degradarse (Walls et al., 2023). A pesar de estos desafíos, el PEAD tiene características que lo hacen relativamente más sostenible en comparación con otros materiales plásticos. Es un material altamente reciclable, lo que significa que puede ser reutilizado para fabricar nuevos productos, reduciendo la necesidad de producir plástico virgen (Ibrahim et al., 2023).

El reciclaje del PEAD implica varios pasos, comenzando con la recolección y clasificación de los residuos plásticos. Una vez recolectado, el PEAD se limpia para eliminar impurezas y contaminantes. Luego, se funde y se re granula para ser utilizado en la fabricación de nuevos productos. Este proceso de reciclaje puede llevarse a cabo a nivel industrial, donde se reciclan grandes volúmenes de PEAD, así como a nivel doméstico, a través de programas de reciclaje municipales que recogen residuos plásticos de los hogares. En el reciclado de PEAD generalmente se sigue los siguientes pasos: (Calcina & Delgado, 2019)

**Recepción de residuos:** Se recolectan los residuos PEAD de diversas fuentes, como botellas de leche, envases de detergente, etc.

**Clasificación:** Los residuos se clasifican según su tipo y calidad. Se eliminan los contaminantes y materiales no deseados.

**Trituración:** Los residuos de PEAD se trituran en pequeños fragmentos.

**Lavado:** Los fragmentos triturados se lavan para eliminar cualquier suciedad, residuo de etiquetas u otros contaminantes superficiales.

**Secado:** Después del lavado, los fragmentos se secan para eliminar la humedad residual.

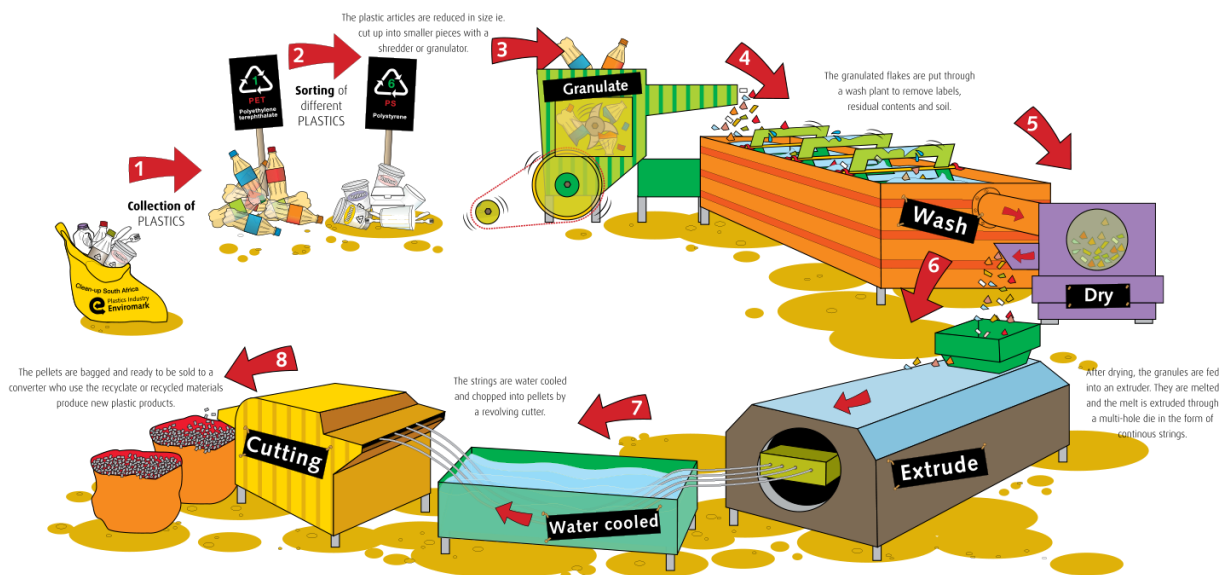
**Extrusión:** Los fragmentos secos se funden y se pasan a través de un proceso de extrusión para formar gránulos o pellets de PEAD reciclado.

**Granulación:** Los gránulos obtenidos se enfrían y se cortan en forma de pellets de tamaño uniforme.

**Empaque y distribución:** Los pellets de PEAD reciclado se empaquetan y se distribuyen para su uso en la fabricación de nuevos productos, como tuberías, envases, productos de plástico, etc.

**Figura 4**

*Flujograma del Reciclado de Polietileno de Alta Densidad*



Nota: La imagen representa el proceso de reciclaje de plástico, desde la recolección de desechos hasta la fabricación de productos reciclados. Comienza con la recolección de desechos plásticos de diversas fuentes, los cuales son clasificados por tipo. Luego, los plásticos son triturados, lavados y secados antes de ser fundidos y moldeados en forma de gránulos. Adaptado de (Calcina & Delgado, 2019).

### 2.3.2. Agregado fino

El agregado fino se define como el material granular que pasa a través de un tamiz de 3/8" (9.5 mm) y queda retenido en una malla N° 200 (75 µm). Este rango de tamaños de partícula asegura que el agregado fino tenga la granulometría adecuada para su uso en mezclas de concreto y mortero (Qicha, 2016).

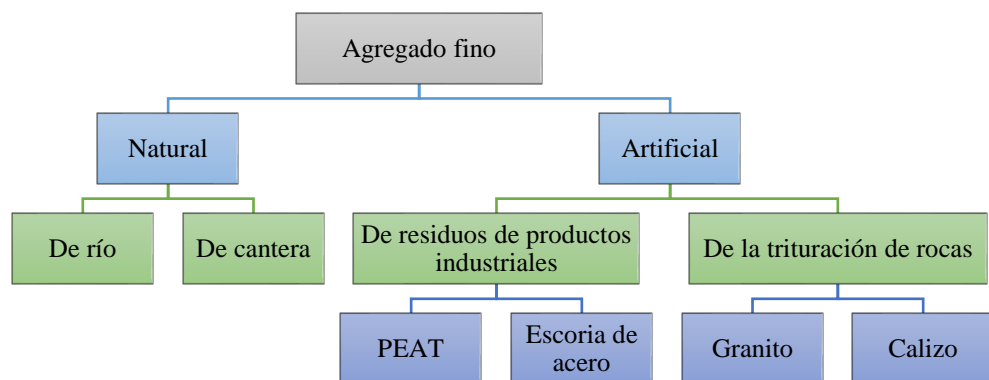
El tipo más común de agregado fino es la arena, que se origina principalmente de la desintegración de rocas. Esta desintegración puede ocurrir de manera natural a través de procesos geológicos, como la erosión y la intemperie, o puede ser resultado de procesos artificiales, como la trituración de rocas grandes en plantas de procesamiento de áridos (Huamán, 2018).

#### 2.3.2.1. Clasificación del agregado fino

Agregado fino natural: Material granular compuesto principalmente de partículas de arena que se obtienen directamente de depósitos naturales. Arena de río o de cantera (Muñoz-Perez et al., 2022).

Agregado fino artificial: Material granular producido mediante procesos industriales que implican la trituración y molienda de rocas y minerales específicos. Escoria de acero, residuo de caucho de neumático, etc. (Corcuera & Vela, 2018)

**Figura 5** Clasificación del Agregado Fino



Nota: Adaptado de (Sánchez, 2022).

### 2.3.2.2.Requisitos técnicos

Los requisitos técnicos que debe cumplir el agregado fino se detallan en la NTP 400.037 (INACAL, 2021), donde también se especifica que de no cumplir estos, igual puede ser usado siempre y cuando proporcione adecuada resistencia.

- Granulometría dentro de los límites establecidos por la norma.
- Contenido de impurezas orgánicas dentro de los límites permitidos.
- Índice de finura entre 2.3 y 3.1
- Módulo de finura entre 1.6 y 2.5

**Tabla 5** Gradación del Agregado Fino

<b>Tamiz (mm)</b>	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
<b>Malla (N°)</b>	3/8"	4	8	16	30	50	100
<b>% pasante</b>	100	95 a 100	80 a 100	50 a 85	25 a 60	05 a 30	0 a 10

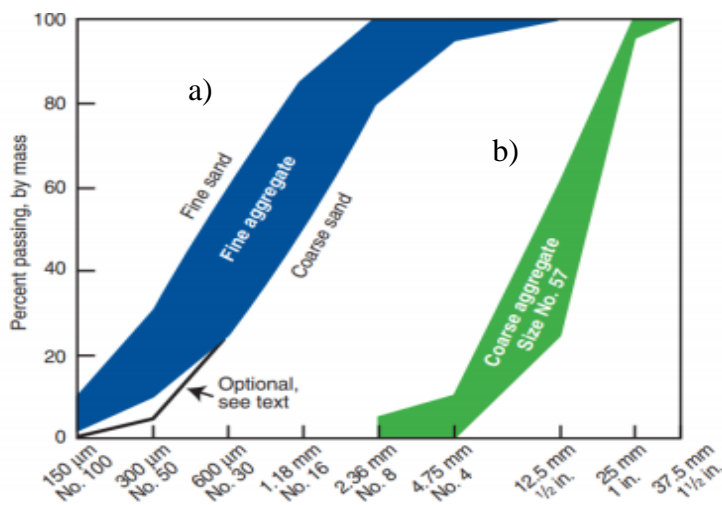
Nota: NTP 400.037 (INACAL, 2021).

**Tabla 6** Sustancias Deletéreas en el Árido Fino

<b>Prueba</b>	<b>% máximo</b>
Trozos de arcilla	3.0
Material más fino que tamiz 75 $\mu\text{m}$ (N° 200)	
Concreto sometido a abrasión	3.0 <sup>A</sup>
Otros concretos	5.0 <sup>A</sup>

Nota: NTP 400.037 (INACAL, 2021).

**Figura 6** Curva de Gradación Límite para (a) Agregado Fino y (b) Grueso



Nota: (Huamán, 2018).

### 2.3.3. *Propiedades físicas en agregados*

**Humedad natural.** El porcentaje total de humedad en una muestra de agregado se calcula cómo el contenido de agua dentro del árido de acuerdo a la NTP 339.185 (INACAL, 2021).

$$H(\%) = \frac{100 \times (Masa Humeda - Masa seca)}{Masa seca} \quad (1)$$

Donde, la humedad (H) se determina al dividir la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco del agregado por el peso seco del mismo.

**Granulometría.** La granulometría se refiere al análisis de la distribución de tamaños de partículas de un suelo de acuerdo a la NTP 400.012 (INACAL, 2021). Para expresar la curva granulométrica, generalmente se representa el porcentaje acumulado retenido en cada tamiz en función del diámetro de las aberturas de los tamices. Este gráfico se realiza en una escala logarítmica para abarcar un amplio rango de tamaños de partículas. La fórmula básica para calcular la granulometría de los agregados es:

$$\%Pasante = \frac{Masa acumulada pasante en tamiz}{Masa total de la muestra} \times 100 \quad (2)$$

**Módulo de finura.** Medida que cuantifica la finura del agregado fino, proporcionando información sobre la proporción de tamaños de partículas. Se usa para evaluar la granulometría y la textura del agregado, lo que influye en las propiedades y el comportamiento del concreto y mortero (INACAL, 2021).

$$MF = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\%Retenido en tamiz i}{100} \right) \times tamaño nominal del tamiz i \quad (3)$$

Donde, MF módulo de finura, n es el número total de tamices utilizados en el ensayo, % retenido en el tamiz i es el porcentaje acumulado de masa retenida en el tamiz i, Tamaño Nominal del tamiz i es el tamaño nominal del tamiz i, en micrómetros.

**Peso específico.** Identificado como densidad relativa, relación entre el peso de un volumen determinado de agregado y el peso del mismo volumen de aguase determina de acuerdo a la NTP 400.022 (INACAL, 2021) para el árido fino.

$$pe.m = \frac{D}{B+A-C} \quad (4)$$

$$pe,m(s.s.s) = \frac{A}{B+A-C} \quad (5)$$

$$Pe.a = \frac{D}{B+D-C} \quad (6)$$

Donde, pe.m peso específico de masa, D peso seco, A peso saturado superficialmente seco (SSS), B peso del frasco más el agua, y C peso del frasco más el agua más la muestra SSS, Pe.m (S.S.S.) peso saturado superficialmente seco, Pe.a peso nominal o aparente.

**Absorción.** Según la NTP 400.022 (INACAL, 2021) el porcentaje de absorción es la habilidad del agregado para retener agua dentro de sus poros y espacios vacíos.

$$Abs = \frac{S-Wms}{Wms} \times 100 \quad (7)$$

Donde, Abs absorción, S peso del agregado SSS, Wms peso en el aire del agregado después de secarse en un horno a 105 °C.

**Peso unitario.** Densidad de un material, como el agregado fino, en dos estados diferentes: suelto y compactado de acuerdo a la NTP 400.017 (INACAL, 2020).

$$PUSS = \frac{Pms}{Vr} \quad (8)$$

$$PUCS = \frac{Pmc}{Vr} \quad (9)$$

Donde, PUSS peso unitario suelto, PUCS peso unitario compactado, pms peso suelto, Pmc peso compactado, Vr volumen del depósito (Vr).

### 2.3.4. *Cemento Portland Tipo I*

Es un producto comercial conocido como cemento, que, al mezclarse con agua, inicia una serie de reacciones químicas llamadas hidratación. Durante este proceso, el material reacciona lentamente, una característica que se conoce como fraguado, y comienza a solidificarse y endurecerse progresivamente. Esta transformación permite que el cemento pase de un estado plástico y manejable a una masa rígida y resistente. Este endurecimiento gradual es crucial para permitir el tiempo necesario para trabajar con el material fresco, dándole forma y ajustándolo según las necesidades del proyecto antes de que se convierta en una estructura sólida y duradera (Gomá, 1979).

Esencialmente, el cemento es un polvo fino de Clinker, obtenido tras someter a altas temperaturas una mezcla precisa de cal, alúmina, hierro y sílice. Este proceso de cocción, que se lleva a cabo a temperaturas extremadamente elevadas, permite la formación de un material resistente y versátil utilizado en la construcción (Abanto, 2014).

Las características fundamentales exigidas a un cemento están estrechamente ligadas a los siguientes aspectos: granulometría, reacción de hidratación, proceso de fraguado y consolidación, resistencia mecánica, contracción y fisuración, expansión, resistencia química, liberación de calor durante la hidratación, y tonalidad del cemento (Neville, 2014).

**Tabla 7** *Compuestos del Cemento*

Tipo	Clave	Composición % peso	
		Clinker + regulador	Adiciones inertes
Compuestos	---	$\geq 65\%$	$\leq 35\%$
Naturales	L	100%	---
	R	100%	---

Nota: (Rezola, 1976).

### 2.3.5. Concreto y mortero

#### 2.3.5.1. Concreto

El concreto es la combinación de cemento, agregados, aire y agua, mezclados en proporciones específicas para alcanzar determinadas características predefinidas, principalmente su resistencia (Abanto, 2014).

La composición del concreto incluye cemento Portland y agua (pasta), agregados gruesos y finos (conglomerados) y aditivos. Cada componente con un papel crucial en las propiedades del concreto, como resistencia y trabajabilidad.

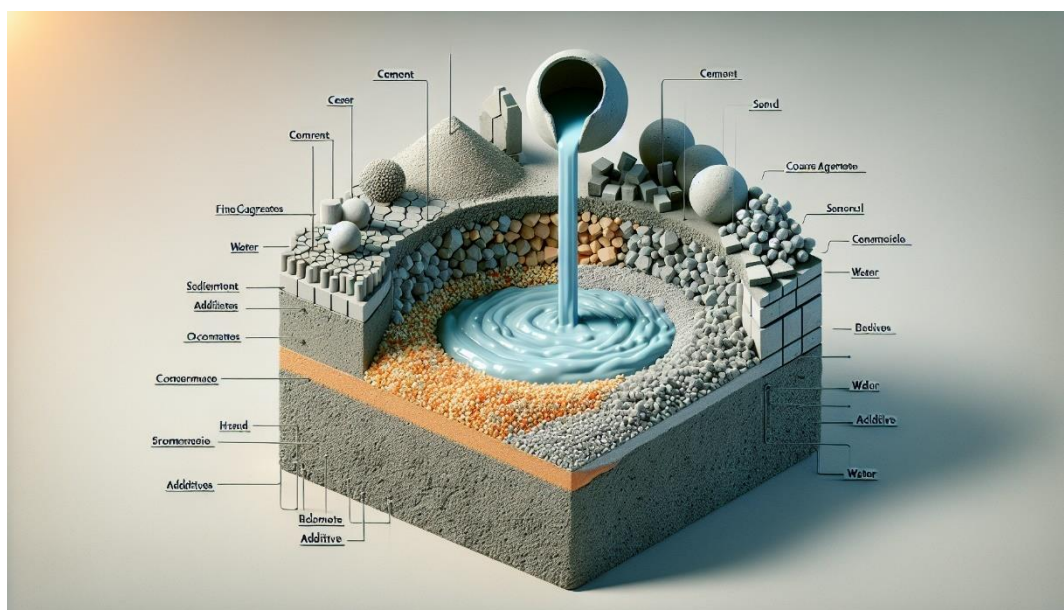
$$\text{Concreto} = \text{cemento Portland} + \text{agregados} + \text{aire} + \text{agua} \quad (10)$$

$$\text{Cemento} + \text{agua} = \text{Pasta} \quad (11)$$

$$\text{Agregado fino} + \text{agregado grueso} = \text{Agregados} \quad (12)$$

El concreto se utiliza ampliamente en la construcción de edificaciones, puentes, carreteras y otras estructuras debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad. Su aplicación abarca desde cimientos hasta elementos arquitectónicos (Puerto, 2019).

**Figura 7** Componentes del Concreto



Nota: Adaptado de (Puerto, 2019).

### 2.3.5.2.Mortero

Compuesto por una combinación de aglomerantes y agregado fino, a los que se les añade la cantidad máxima de agua que permita obtener una mezcla que sea fácil de trabajar, tenga buena adherencia y evite la segregación del agregado. Para la preparación del mortero se sigue la NTP 399.610 (INACAL, 2018).

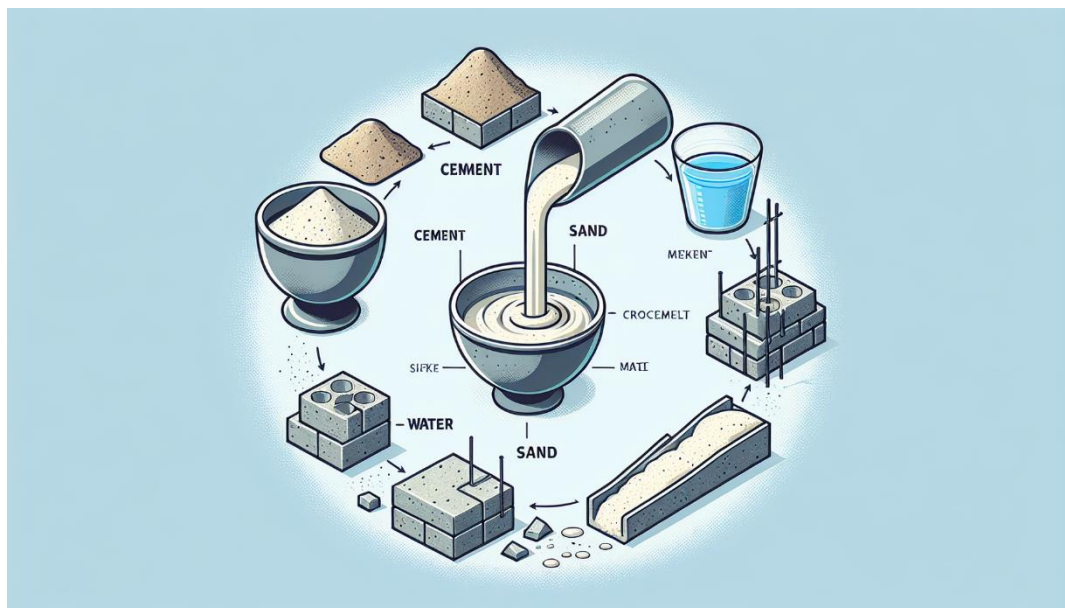
Los componentes del mortero son cemento, agua y un árido. La proporción adecuada de estos materiales garantiza la resistencia y adherencia del mortero en las aplicaciones de construcción (Oviedo-Sánchez & Mejía-de-Gutiérrez, 2019).

$$\text{Mortero} = \text{cemento Portland} + \text{arena} \quad (13)$$

El mortero se utiliza en la construcción para unir elementos de albañilería, como ladrillos, bloques y piedras. Su capacidad de adherencia y resistencia lo convierten en un material esencial para la construcción de muros, revestimientos y reparaciones (Oviedo-Sánchez & Mejía-de-Gutiérrez, 2019).

#### Figura 8

*Componentes del Mortero*



Nota: Adaptado de (Oviedo-Sánchez & Mejía-de-Gutiérrez, 2019).

### 2.3.5.3. Propiedades y características

Tanto el concreto como el mortero presentan propiedades y características únicas que los hacen adecuados para diversas aplicaciones en la construcción. Desde la trabajabilidad hasta la resistencia, estas propiedades determinan su desempeño y durabilidad en el tiempo (Oviedo-Sánchez & Mejía-de-Gutiérrez, 2019).

#### a) Propiedades de la mezcla fresca: Trabajabilidad, Segregación, Exudación

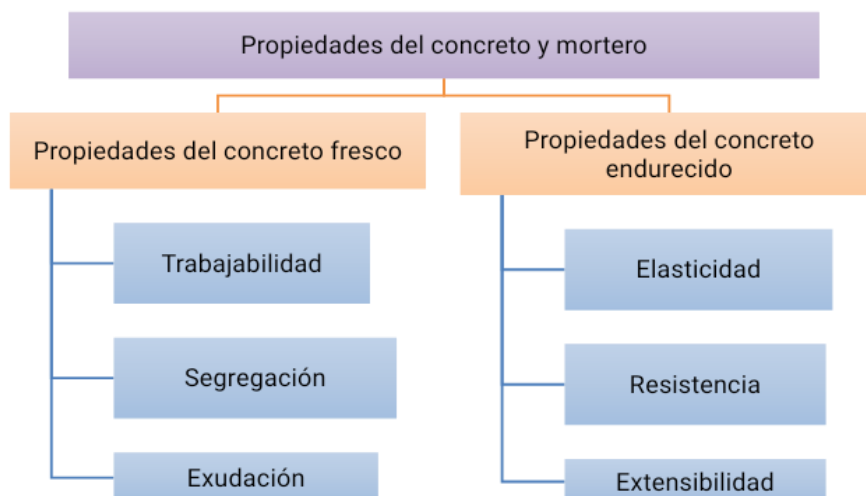
La trabajabilidad del concreto y mortero se refiere a su facilidad para ser manipulado y colocado. La segregación y exudación son fenómenos no deseados que afectan la homogeneidad y la calidad de la mezcla, siendo crucial controlarlos durante el proceso de colocación (Puerto, 2019).

#### b) Propiedades al endurecer: Elasticidad, Resistencia, Extensibilidad

La elasticidad, resistencia y extensibilidad son propiedades mecánicas clave del concreto y mortero que determinan su capacidad para soportar cargas, deformarse sin romperse y resistir tensiones. Estas propiedades son fundamentales en el diseño y la selección de mezclas adecuadas (Puerto, 2019).

**Figura 9**

*Propiedades del Concreto y Morteros*



Nota: (Quisque , 2018)

#### 2.3.5.4. Diseño de mezclas

El diseño de mezclas de concreto y mortero implica la selección y combinación adecuada de materiales para lograr las propiedades deseadas en la mezcla final. Factores como resistencia, durabilidad y trabajabilidad son considerados en el proceso de diseño para garantizar un rendimiento óptimo en aplicaciones específicas (Oviedo-Sánchez & Mejía-de-Gutiérrez, 2019).

##### a) Diseño de mezclas de concreto

El “Diseño de mezclas ACI-211 (2022)” es un método detallado utilizado en la ingeniería civil para diseñar concreto que cumpla con requisitos específicos. Según Cordero et al. (2022), este proceso implica realizar análisis y pruebas para evaluar las características de los materiales disponibles y ajustar las proporciones de cemento, agregados, agua y aditivos, para desarrollar una mezcla óptima.

El método ACI utiliza las propiedades de los agregados (agregado fino y agregado grueso) y el aglomerante (cemento) para a través de ecuaciones estimar la proporción de estos componentes en la mezcla de concreto. No obstante, es imperativo que, se tenga dos tipos de agregados para el desarrollo metodológico del proceso de diseño de mezclas (Puerto, 2019).

Los pasos considerados para el diseño de mezclas de concreto son: (Romero & Hernandez, 2014)

(1) Selección de la resistencia media ( $f'_{cr}$ )

$$F'_{cr} = F'c + 70 \text{ kg/cm}^2 \quad (14)$$

(2) Elección del asentamiento, TMN del agregado grueso, contenido de aire y contenido de agua

(3) Determinación de la relación A/C

(4) Cálculo del consumo de cemento

$$\frac{\text{Cantidad de agua}}{\text{Factor C}} = A/C \quad (15)$$

(5) Cálculo del peso del agregado grueso

$$\text{Peso A. G.} = \frac{b}{b_0} \times \text{Peso PUC} \quad (16)$$

(6) Determinación del volumen absoluto

$$\text{Cemento} = \frac{C}{\text{Densidad}} \quad (17)$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{Peso específico}} \quad (18)$$

$$\text{Aire} = \text{contenido de aire atrapado} \quad (19)$$

$$AG = \frac{\text{Peso AG}}{\text{Peso específico}} \quad (20)$$

$$\text{Volumen AF} = 1 - (\text{Cemento} + \text{agua} + \text{aire} + AG) \quad (21)$$

(7) Determinación del peso del agregado fino

$$\text{Peso AF} = \text{Volumen AF} \times \text{Peso específico AF} \quad (22)$$

(8) Ajuste de agregados por humedad

$$\text{Agregado final} = \text{Agregado en kg} \times (\text{Contenido de humedad} + 1) \quad (23)$$

Aporte de agua en la mezcla y cálculo del agua efectiva

$$\text{Aporte de agua} = \sum(\text{humedad} - \text{absorción}) \times \text{agregados final} \quad (24)$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua} - \text{aporte de agua} \quad (25)$$

## **b) Diseño de mezclas de mortero**

El diseño de mezclas del mortero se realiza por proporción, es decir al solamente tener como base dos componentes (cemento y agregado fino), se selecciona una dosificación base de trabajo y se evalúa su capacidad mecánica, para determinar la proporción de agua que se puede utilizar en la mezcla (Oviedo-Sánchez & Mejía-de-Gutiérrez, 2019).

En la norma E.070 (MVCS, 2006) se describen las dosificaciones para morteros de albañilería.

**Tabla 8** *Proporciones de Mortero*

Tipo	Cemento	Cal	Arena
P	1	0 a ½	3 a 5
NP	1	-	Hasta 6

Nota: P portante, NP no portante. Norma E.070 (MVCS, 2006).

El cálculo de la dosificación de mortero se describe en la NTP 399.610 (INACAL, 2018), no obstante, este procedimiento también es detallado por Rodríguez (2018) quien parte de la hipótesis de que, el volumen del mortero es igual al volumen del agregado fino, y el cemento con el agua forman la pasta que, cubrirá los vacíos de la arena. Siendo así, las fórmulas que se utilizan son:

(1) Las hipótesis de partida

$$P \text{ cemento} + P \text{ arena} = P \text{ mortero fresco} \quad (13)$$

$$V \text{ conjunto cemento} + V \text{ conjunto arena} + V \text{ agua} > V \text{ mortero fresco} \quad (14)$$

$$\text{Volumen del mortero} = \text{Volmen de la arena} \quad (15)$$

(2) Si la dosificación está en volumen la proporción de mezcla se obtiene por medio de una simple división:

$$\text{Volumen del cemento} = \frac{\text{Volumen de arena}}{\text{Proporción de la dosificación}} \quad (16)$$

$$\text{Por ejemplo: Volumen de cemento} = \frac{1}{3} = 0.33 \quad (17)$$

$$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Volumen de cemento}}{\text{Relación agua/cemento}} \quad (18)$$

$$\text{Por ejemplo: Volumen de agua} = \frac{0.33}{0.50} = 0.167 \quad (19)$$

(3) Luego, a partir de la hipótesis se definen las fórmulas de comprobación. En estas se comprueba que el volumen de la pasta (cemento + agua) sea inferior al volumen de poros, lo que, significa que la pasta se ubica dentro de los vacíos del mortero, caso contrario se debe realizar una corrección.

$$\text{Volumen de poros de la arena} = \text{Volmen conjunto} - V \text{ relativo arena} \quad (20)$$

$$V_{\text{pasta}} = V \text{ relativo del cemento} + V \text{ agua} \quad (21)$$

$$\text{Volumen relativo} = \frac{\text{Peso}}{D \text{ relativa}} = V \text{ conjunto} \times \frac{D \text{ relativa}}{D \text{ conjunto}} \quad (22)$$

Donde, D conjunto es el peso específico del material, D relativa es el peso unitario del material, el volumen conjunto del material.

### c) Proporciones de mezcla

Sanchez (2001) destaca en la producción de concreto y/o mortero la importancia de tratar cada tipo de agregado por separado y proporciona fórmulas y unidades de medida relevantes para el diseño de mezclas de concreto de acuerdo a las correlaciones de peso y volumen.

**Tabla 9**

*Proporción entre los Materiales de una Mezcla de Concreto*

Proporción	Agua	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso
Por peso para 1 kg de cemento (kg)	$A = \frac{A}{C}$	1	$f$	$g$
Por peso para 1 m <sup>3</sup> de concreto (kg)	$A = \frac{A}{C} \times C$	$C$	$fC$	$gC$
Por volumen absoluto para 1 kg de cemento (1)	$A = \frac{A}{C}$	$\frac{1}{Ge}$	$\frac{1}{Gf}$	$\frac{1}{Gg}$
Por volumen absoluto para 1 m <sup>3</sup> de concreto (1)	$A = \frac{A}{C} \times C$	$\frac{C}{Ge}$	$\frac{fC}{Gf}$	$\frac{gC}{Gg}$
Por volumen suelto para 1 kg de cemento (m <sup>3</sup> )	$A = \frac{A}{C}$	$\frac{1}{De}$	$\frac{f}{Df}$	$\frac{g}{Dg}$
Para volumen suelto para 1 m <sup>3</sup> de concreto (m <sup>3</sup> )	$A = \frac{A}{C} \times C$	$\frac{C}{De}$	$\frac{fC}{Df}$	$\frac{gC}{Dg}$
Por volumen suelto para un bulto de cemento (m <sup>3</sup> )	$A = \frac{A}{C} \times 50$	$\frac{50}{De}$	$\frac{f50}{Df}$	$\frac{g50}{Dg}$

- a) Si hay más de un agregado fino o grueso, cada uno de ellos se tratará separadamente.
- b) A/C= relación agua-cemento
- c) C= contenido de cemento en kg/m<sup>3</sup>
- d) Ge, Gf, Gg= Peso específico del cemento, agregado fino y agregado grueso respectivamente, en gr/cm<sup>3</sup>.
- e) De, Df, Dg= masa unitaria suelta del cemento, agregado fino y agregado grueso respectivamente en kg/m<sup>3</sup>

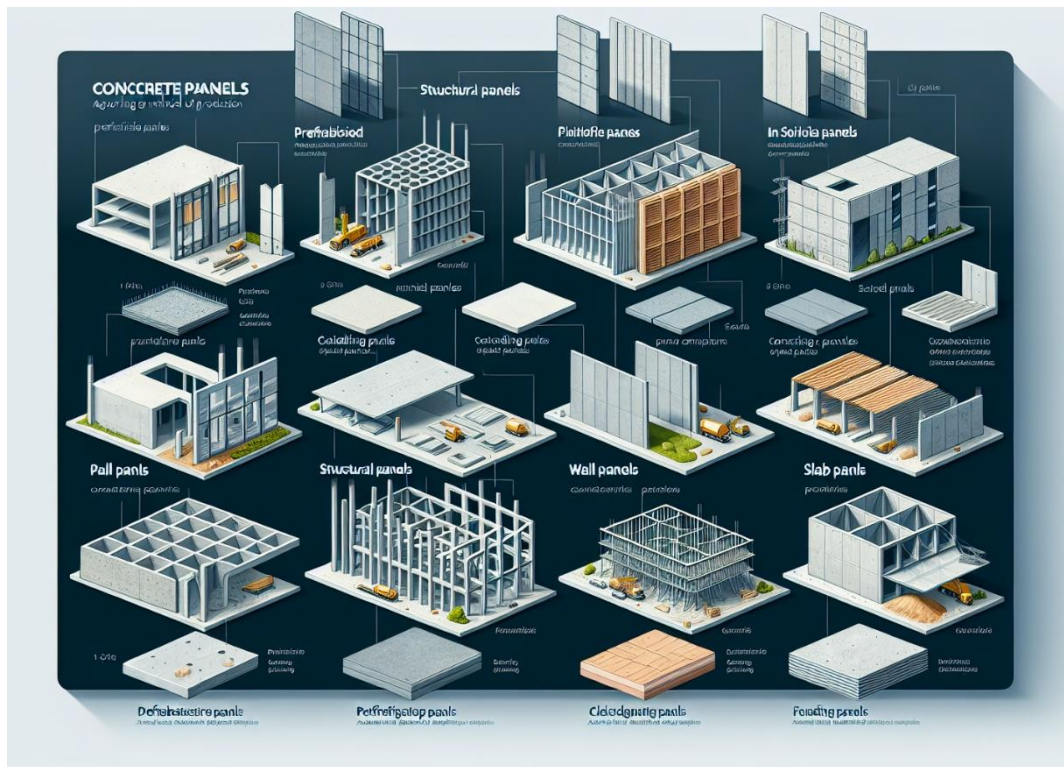
Nota: (Sanchez, 2001).

### 2.3.6. Paneles de concreto

Los paneles de concreto son elementos estructurales planos y delgados utilizados en diversas aplicaciones de la construcción debido a su resistencia y durabilidad (Apolo-Maruri & Cuellar-Cortés, 2019).

Los paneles son elementos que se utilizan para construir o recubrir paredes y cubiertas de manera más rápida y sencilla que los métodos tradicionales. Su instalación es accesible y, en caso de daños, su reemplazo es más ágil (Valdiviezo & Vera, 2019).

**Figura 10** Paneles de Concreto



Nota: Adaptado de (Apolo-Maruri & Cuellar-Cortés, 2019).

#### a) Componentes para elaborar paneles

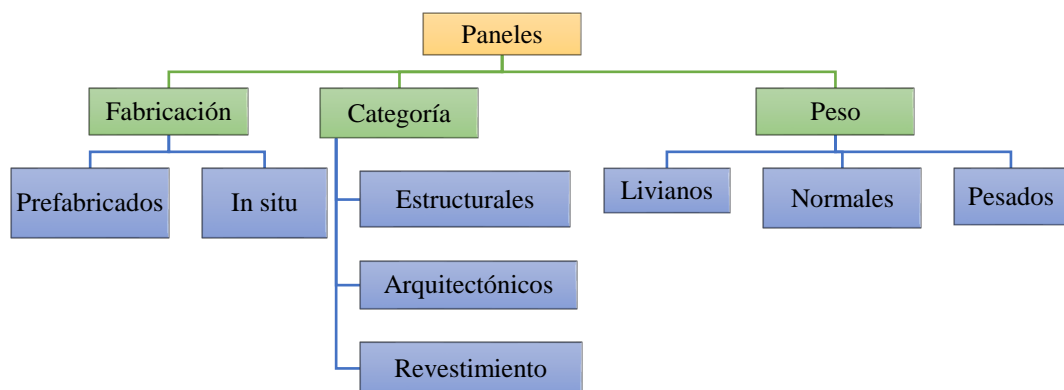
Los componentes básicos para fabricar paneles de concreto incluyen cemento, agregados como arena y grava, agua y opcionalmente refuerzos adicionales como barras de acero para garantizar resistencia y durabilidad (Apolo-Maruri & Cuellar-Cortés, 2019).

## b) Tipos de paneles

Los tipos de paneles de concreto varían según su uso y características estructurales. De acuerdo a su fabricación, los paneles pueden ser prefabricados e in situ. Los prefabricados se fabrican fuera del lugar de construcción y se transportan para su instalación, mientras que los in situ se construyen directamente en el lugar de uso (Apolo-Maruri & Cuellar-Cortés, 2019).

De acuerdo a su categoría se detallan los paneles estructurales, arquitectónicos y de revestimiento, cada uno adaptado a diferentes necesidades de construcción y diseño. Los paneles estructurales se utilizan para brindar resistencia y soporte a la estructura de la edificación, mientras que los paneles de revestimiento se aplican con fines estéticos y de protección (Valdiviezo & Vera, 2019).

**Figura 11** *Tipos de Paneles*



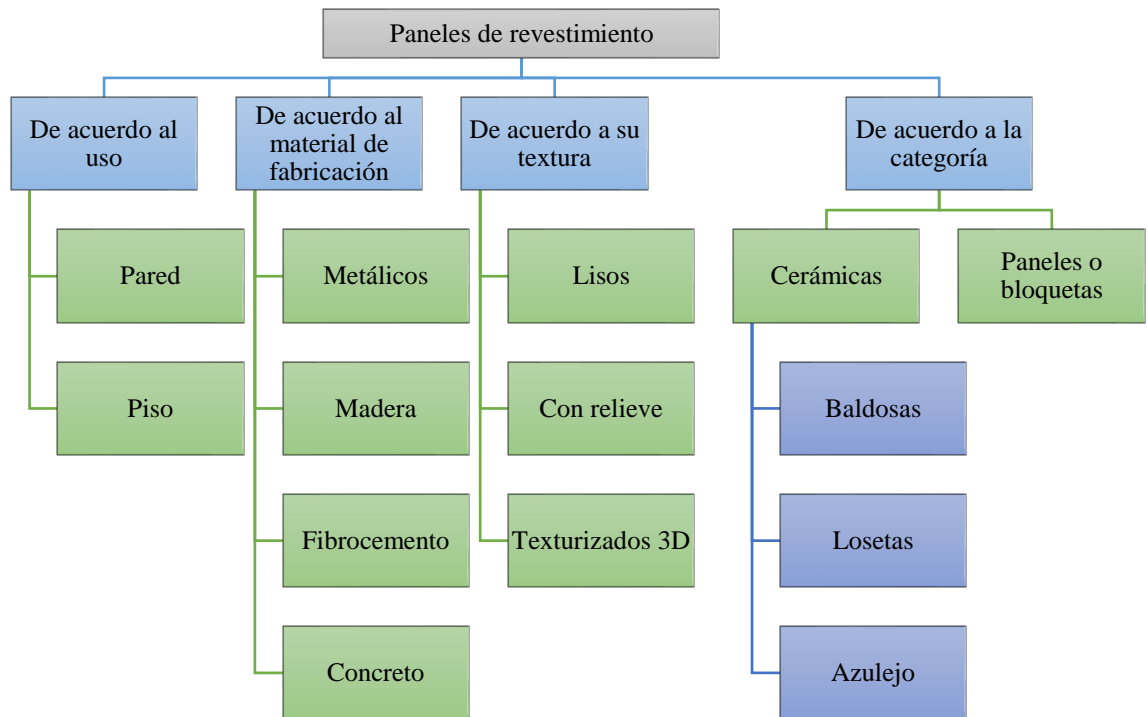
Nota: Elaboración propia con datos de (Apolo-Maruri & Cuellar-Cortés, 2019) y (Valdiviezo & Vera, 2019).

## c) Aplicaciones

Los paneles de concreto se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde muros de contención hasta fachadas de edificios, pisos y techos, debido a su capacidad para soportar cargas pesadas y resistir condiciones climáticas adversas (Apolo-Maruri & Cuellar-Cortés, 2019).



**Figura 13** *Tipos de Paneles de Revestimiento*



Nota: Elaborado con datos de (Chalén, 2018), (Cevallos, 2019) y (Valdiviezo & Vera, 2019).

### c) Componentes para elaborar paneles

Los componentes clave para la fabricación de paneles de revestimiento incluyen materiales como la madera, acero, piedra, vinilo, y otros elementos específicos según el tipo de panel, garantizando durabilidad y resistencia a la intemperie. Mientras que, los componentes para la fabricación de paneles de revestimiento de concreto son similares a los de los paneles convencionales de concreto (cemento, agregados y agua), pero con un enfoque especial en la estética y la resistencia a la intemperie (Cevallos, 2019).

### d) Aplicaciones

Estos paneles se utilizan comúnmente en la industria de la construcción para revestir fachadas de edificios, proporcionando protección contra agentes externos y mejorando la apariencia estética de las estructuras (Chalén, 2018).

### **2.3.8. Paneles texturizados 3D**

Los paneles texturizados 3D son elementos innovadores que añaden profundidad y diseño a las superficies donde se instalan, por lo que, representan una combinación de funcionalidad y estética. Estos paneles que despliegan un efecto tridimensional se estructuran en tres capas distintas, según León (2018). La primera capa, de fundición, se compone de yeso reforzado con materiales como MDF o aluminio. La segunda, una capa de relieve, utiliza principalmente yeso, aluminio, plástico, madera, entre otros materiales, para crear la textura deseada. Finalmente, la capa decorativa reforzada añade resistencia y durabilidad a la estructura, empleando materiales como PVC, esmalte o chapas delgadas de metal o piel en los paneles laterales y frontales.

#### **a) Componentes y materiales**

Estos revestimientos están formados por paneles de diferentes dimensiones que se montan sobre un enlistonado en una división a elección, generando un efecto arquitectónico de división de la superficie. Para espacios que requieran revestimientos con un efecto arquitectónico de división y a la vez de diseño, se implementan este tipo de paneles por su facilidad de condiciones constructivas lo que no solo ayuda a efectuar el revestimiento de manera más rápida y efectiva, sino también brinda estética (Castro, 2016)

No obstante, los paneles de revestimientos también se pueden elaborar utilizando concreto y/o otros componentes reciclados como sustituto del agregado fino (Apolo-Maruri & Cuellar-Cortés, 2019). Estando formados en este caso por dos capas, la capa base de concreto y la capa texturizada que representa la forma 3D que se desee añadir al revestimiento.

## b) Diseño de forma

Según Chalén (2018), el diseño de paneles de textura 3D implica considerar varios elementos fundamentales. El diseño comienza con el punto, que es crucial para la creación de patrones variados. Estos puntos se extienden en líneas, que son conjuntos de puntos alineados en una misma dirección. La interacción de estas líneas forma figuras o formas geométricas, que son esenciales para el diseño estructural del panel. Además, el color juega un papel importante, ya que es el resultado de cómo la luz se descompone sobre estas superficies. Finalmente, la textura, que se refiere a la cualidad tangible de los paneles, puede variar entre ser áspera, rugosa, lisa o suave, añadiendo una dimensión física al diseño visual.

**Figura 14** Modelos de Paneles de Textura 3D Comerciales



Nota: (Cabrera et al., 2018)

**c) Beneficios del uso de paneles.**

Navarrete (Navarrete, 2018) destaca varios beneficios clave en el uso de paneles, los cuales son cada vez más populares en la construcción moderna debido a su versatilidad y funcionalidad. Siendo así, destaca como beneficios a:

- Mejora estética: Añaden profundidad y dimensión a las superficies, creando un aspecto visualmente atractivo y distintivo en cualquier espacio.
- Ofrece una amplia variedad de opciones: Se pueden seleccionar entre una diversidad de diseños, materiales y composiciones, permitiendo una elección precisa según las necesidades específicas del proyecto en cuestión.
- Resistencia: Los paneles de pared suelen ser muy duraderos, manteniendo una larga vida útil incluso con un mantenimiento mínimo. Además, gracias a sus componentes estructurales y al revestimiento que proporcionan a los muros, también pueden prolongar la vida útil de estos últimos.
- Instalación sencilla: Debido a su diseño modular, los paneles pueden adaptarse fácilmente a diferentes configuraciones. Al venir en tamaños estándar, su instalación se facilita enormemente, permitiendo prever con precisión los requerimientos de espacio y optimizando el proceso constructivo.
- Resistencia a la humedad: Los paneles tienen menor absorción de agua, por tanto, tienen mejor resistencia al agua, impidiendo así que el ambiente genere humedad.
- Propiedades termoacústicas: Los paneles inhiben el ruido exterior, además de que climatizan el ambiente, por lo que es ideal para climas fríos.
- Aislamiento acústico: La textura adicional en los paneles puede ayudar a reducir la reverberación del sonido en un espacio, lo que mejora la calidad acústica y proporciona un ambiente más confortable.

### 2.3.9. *Propiedades geométricas, físicas y mecánicas de los paneles*

#### a) **Características geométricas**

Los paneles de revestimiento poseen propiedades geométricas fundamentales que incluyen su forma, grosor y dimensiones. Estas características no solo determinan la apariencia estética del revestimiento, sino que también afectan su funcionalidad y durabilidad, por lo que, deben cumplir con la norma NTP-ISO 10545-2 (INACAL, 2013).

**Variación dimensional.** Se refiere a los cambios en las dimensiones físicas de los paneles debido a factores como la temperatura, la humedad y las cargas aplicadas. Esta variación puede afectar la integridad estructural y funcionalidad de los paneles, especialmente en aplicaciones donde la precisión dimensional es crítica, como en la construcción de edificios o en la fabricación de equipos electrónicos (Jamis & Aboshama, 2016)

$$\text{Variación dimensional} = \frac{\text{Cambio en la dimensión}}{\text{Dimensión original}} \times 100 \quad (26)$$

Donde, cambio en la dimensión es la diferencia entre la dimensión final y la dimensión original del panel; y dimensión original es la medida inicial del panel.

**Alabeo.** Se refiere a la deformación en la que un objeto plano, como un panel o una placa, se curva o tuerce a lo largo de su superficie. Esta deformación puede ocurrir debido a factores como cambios en la temperatura, la humedad, o debido a tensiones internas durante la fabricación o el procesamiento del material. El alabeo puede afectar la funcionalidad y la estética de los productos, especialmente en aplicaciones donde se requiere una superficie plana y uniforme (Salenikovich, 2019).

$$\text{Alabeo} = \frac{\text{Desviación máxima}}{\text{longitud o ancho original}} \times 100\% \quad (27)$$

## b) Características físicas

Estas propiedades físicas incluyen aspectos como la densidad, la textura superficial, la absorción, la capacidad de aislamiento térmico y acústico, la resistencia a la intemperie, entre otros (Herrera, 2024).

**Textura superficial:** La textura superficial se refiere a las características táctiles y visuales de la superficie de un material u objeto. Es la percepción que se tiene al tocar la superficie, que puede ser áspera, rugosa, suave, etc. Esta textura puede ser natural o creada mediante procesos de fabricación o tratamiento superficial (Cabrera et al., 2018).

*Texturas: Lisas – Rugosas – Suaves – Asperas* (28)

**Densidad.** Cantidad de masa que está contenida en el volumen del panel. Es una medida importante que afecta diversas propiedades del panel, como su resistencia, rigidez, capacidad de aislamiento, entre otras (Ratnasingam, 2018).

*Densidad = Masa/Volumen* (29)

Donde, la masa es la cantidad de material que compone el panel, medida típicamente en kg o lb; el volumen es el espacio ocupado por el panel en m<sup>3</sup> o ft<sup>3</sup>.

**Absorción.** Capacidad del material del panel para retener líquidos o gases dentro de sus poros o estructura interna cuando está expuesto a un ambiente húmedo o a un líquido. Esta propiedad es importante en una variedad de aplicaciones, como en la construcción, donde se buscan materiales con baja absorción de agua para evitar daños por humedad (Fernandes, 2011).

*Absorción =  $\frac{\text{peso del agua absorbida}}{\text{Peso del panel seco}} \times 100\%$*  (30)

Donde, el peso del agua absorbida es la cantidad de agua que el panel ha absorbido en condiciones específicas; el peso del panel seco es antes de la absorción.

### c) Características mecánicas

**Resistencia a la flexión:** Este fenómeno ocurre cuando una carga perpendicular actúa sobre el material, creando fuerzas de flexión y corte a lo largo de su longitud. Durante el ensayo correspondiente, el revestimiento cerámico se somete a una carga puntual sobre una placa apoyada en dos soportes, hasta que se produzca su fractura (Herrera, 2024).

$$F = \frac{FL}{b \times t^2} \quad (12)$$

Donde, F resistencia a flexión, F carga última, L la luz entre ejes, b ancho del panel, t espesor del panel.

**Resistencia a la rotura:** La resistencia a la rotura es una medida de la capacidad de un material para resistir la aplicación de una fuerza que tiende a romperlo. Se expresa en newtons (N) y representa la máxima fuerza que puede soportar el material antes de que falle o se fracture (Herrera, 2024).

$$S = \frac{FL}{b} \quad (12)$$

Donde, S resistencia a la rotura en N, F carga de rotura en N, L la luz entre ejes en mm, b es el ancho del panel en mm.

**Módulo de rotura a flexión:** El módulo de rotura a flexión es una medida de la rigidez y resistencia de un material a la flexión. Se expresa en newtons por milímetro cuadrado (N/mm<sup>2</sup>) y representa la capacidad del material para resistir la deformación y la fractura bajo cargas aplicadas en forma de flexión. Cuanto mayor sea el módulo de rotura a flexión, mayor será la rigidez y la resistencia del material a la flexión (Herrera, 2024).

$$R = \frac{3S}{2h^2} \quad (13)$$

Donde, R módulo de rotura en N/mm<sup>2</sup>, h espesor del panel en mm.

### 2.3.10. *Requerimientos técnicos de los paneles*

Son las especificaciones y condiciones técnicas que deben cumplir los paneles en términos de dimensiones, resistencia, durabilidad, características estéticas, comportamiento frente a las cargas, entre otros aspectos. Estos requisitos están diseñados para garantizar que los paneles cumplan con los estándares de calidad y seguridad establecidos para su aplicación específica.

#### **a) Requerimientos técnicos de los paneles de separación**

Se refieren a las especificaciones técnicas que deben cumplir los paneles utilizados como elementos de separación o como elementos estructurales en la construcción, como muros de carga, techos, suelos, entre otros. Estos requisitos incluyen consideraciones sobre la resistencia a la flexión, absorción y otras propiedades descritas en la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

**Tabla 10**

#### *Propiedades de Placas Estructurales*

Placa	Propiedad
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	0.80x10 <sup>3</sup>
Peso (kg/m <sup>2</sup> )	8±0.3
Espesor nominal (mm)	12.6±0.2
Variación dimensional	
Longitud (mm)	5
Ancho (mm)	4
Espesor	6
Curvatura (mm)	3.94±4
Carga de rotura a flexión (N)	16.8 t
Absorción	
Panel H1	≤ 5
Panel H2	≤ 10
Panel H3	≤ 25

Nota: Donde t es espesor. NTP 334.185 (INACAL, 2020) y norma interna (Gyplac, 2023).

## b) Requisitos técnicos para paneles de revestimiento

Son las condiciones técnicas que deben cumplir los paneles destinados a funciones de revestimiento en la construcción, como revestimientos de paredes interiores y exteriores, fachadas, cielos rasos, entre otros. Estos requisitos pueden incluir características relacionadas con la resistencia a flexión, absorción, la facilidad de limpieza, la estética y otras propiedades dadas en la NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020).

**Tabla 11**

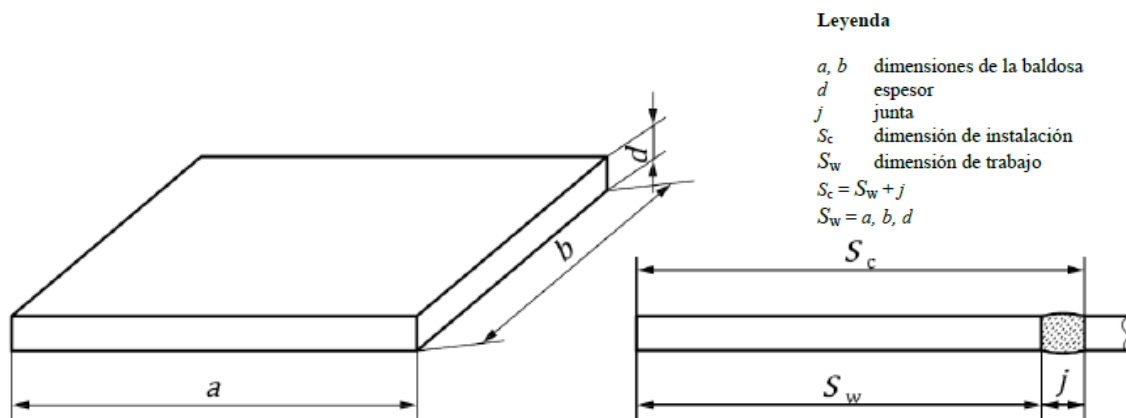
*Requisitos Técnicos para Revestimientos Cerámicos*

Baldosas	Grupo AIIb-2	Grupo AIII
Dimensiones promedio		
Largo y ancho (%-mm)	±0.6%	±2.0 mm
Espesor (%-mm)	±5.0%	±0.5 mm
Absorción (%)	6-10	>10
Rotura (N)	750	600
Rotura (kg)	76.48	61.18
Resistencia a la flexión (N/mm <sup>2</sup> )	9	8
Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	91.77	81.58
Resistencia a la abrasión (volumen removido en mm <sup>3</sup> )	1062	2365

Nota: NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020) y ficha técnica (CELIMA, 2020).

**Figura 15**

*Paneles de Revestimiento*



Nota: NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020).

## 2.4. Hipótesis

El uso de cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) en la fabricación de paneles de textura 3D permite obtener propiedades geométricas, físicas y mecánicas adecuadas para su aplicación en revestimientos de paredes exteriores en edificaciones de Chota.

## 2.5. Operacionalización de variables

### 2.5.1. *Variable independiente: Cemento, arena fina y polietileno de alta densidad (PEAD)*

La variable independiente “Cemento, arena fina y PEAD” son los materiales que se utilizan para la mezcla cementante que se utiliza en la elaboración de los paneles de textura 3D (Abeyasinghe et al., 2021). Para el uso de estos materiales, primero se tienen que conocer sus principales propiedades físicas, por tanto, el desarrollo de esta variable será orientado al fin de determinar sus peculiaridades según la NTP 400.037 (INACAL, 2021).

La variable tiene como definición operacional, las dimensiones:

**Cemento Portland Tipo I.** Son las características del aglutinante, el material que va a unir a los agregados en la elaboración de los paneles. Las características del cemento dependen de la marca, se pueden obtener por medio de la ficha técnica del cemento.

**Arena.** Representa el análisis de las peculiaridades del árido fino natural en base a la NTP 400.037 (INACAL, 2021), para verificar su uso como agregado para el concreto.

**PEAD.** Representa el análisis de las peculiaridades de la muestra triturada de PEAD reciclado, para su uso como árido fino en la elaboración de paneles de concreto.

### 2.5.2. *Variable dependiente: Paneles de textura 3D*

Los paneles de textura 3D son elementos arquitectónicos que presentan patrones tridimensionales en su superficie. Estos paneles ofrecen una apariencia visualmente atractiva (Cabrera et al., 2018). Se analizan las propiedades geométricas, físicas y mecánicas de los paneles de textura 3D diseñados para tres tipos de mezcla, con el fin de determinar cuál presenta beneficios técnicos y económicos.

Tiene como definición operacional, las siguientes dimensiones:

**Diseño  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.** Representa la estimación de la proporción de materiales para un concreto con una resistencia a la compresión específica. Las mezclas son: I (cemento-arena), II (cemento-PEAD) y III (cemento-arena-PEAD).

**Propiedades geométricas.** Representa la variación dimensional.

**Propiedades físicas de paneles 3D.** Son la densidad y absorción de los paneles elaborados con los tres tipos de mezcla propuestos.

**Propiedades mecánicas de paneles 3D.** El principal parámetro de evaluación mecánico de los paneles es la resistencia a la flexión, por tanto, este parámetro es su único indicador de estudio, y de sus resultados depende la viabilidad del uso de cemento, arena y/o PEAD en la elaboración de paneles de textura 3D.

**Comparación técnica.** Contraste de los paneles de textura 3D hechos con distintas proporciones de mezcla según la finalidad de la investigación.

**Comparación económica.** Es la estimación del costo de elaboración de los paneles de textura 3D para los diferentes tipos de mezcla, con la finalidad de determinar el panel que requiera una menor inversión para su elaboración.

**Tabla 12**

*Matriz de Operacionalización de Variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Definición operacional	Indicador	Índice		
Variable independiente  Cemento, arena fina y polietileno de alta densidad	Materiales que se utilizan para la mezcla cementante en la elaboración de los paneles de textura 3D. Para el uso de estos materiales, primero se tienen que conocer sus particularidades (Abeysinghe et al., 2021)	Cemento Portland Tipo I	Material que da la consistencia y unión a la mezcla	Densidad	Kg/m <sup>3</sup>		
				Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg		
				Contenido de aire	%		
		Arena	Árido fino natural que se utiliza en el mortero	Granulometría	%		
				Peso específico	Kg/m <sup>3</sup>		
				Absorción	%		
		PEAD	Es el material residual producto de cajas y botellas de consumo, por lo que, forma parte de los residuos domésticos	Peso unitario	Kg/m <sup>3</sup>		
				Granulometría	%		
				Peso específico	Kg/m <sup>3</sup>		
		Variable dependiente  Paneles de textura 3D	Al análisis de la variación de las propiedades físico mecánicas de los paneles de textura 3D diseñados para tres tipos de (twister, 2019)	Mezcla	Es la definición de las dosificaciones de mezcla	Mezcla I	gr
						Mezcla II	gr
						Mezcla III	gr
Propiedades geométricas	Define su variación dimensional			Variación dimensional	mm		
Propiedades físicas de paneles 3D	Son las características que definen su absorción y peso			Densidad	gr/cm <sup>3</sup>		
				Absorción	%		
Propiedades mecánicas de paneles 3D	Son las características resistentes			Resistencia a la flexión	Kg/cm <sup>2</sup>		
				Resistencia a la rotura	N		
				Módulo de rotura a la flexión	N/mm <sup>2</sup>		
Comparación técnica	Es el contraste de sus características físico mecánicas			Absorción	%		
				Resistencia a la flexión	Kg/cm <sup>2</sup>		
Comparación económica	Es el contraste del precio de producción.			Materiales	S/.		
				Equipos y/o herramientas	S/.		
				Mano de obra	S/.		

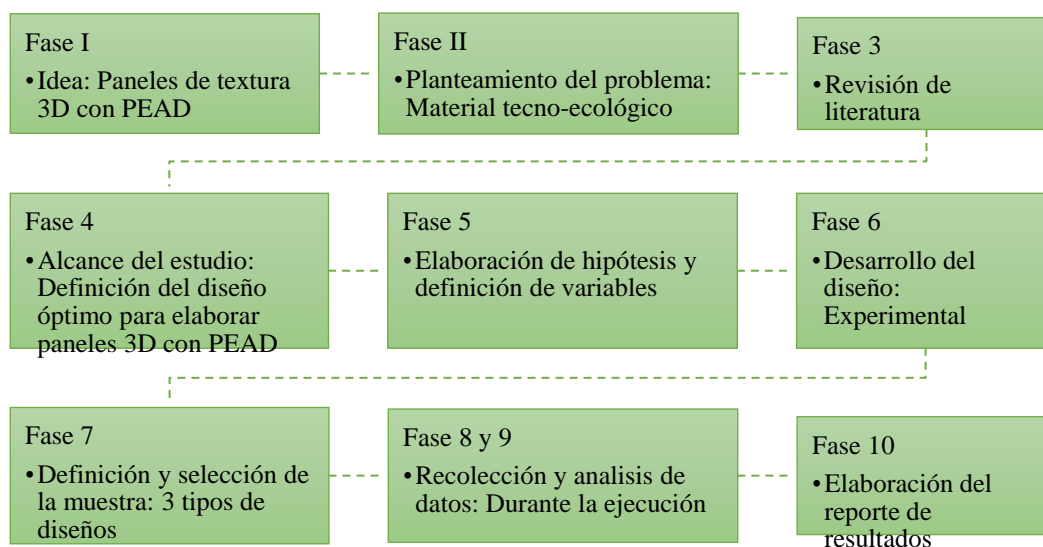
## CAPÍTULO III.

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

El enfoque del estudio es cuantitativo, porque sigue un orden para el desarrollo del estudio, así mismo se obtiene resultados cuantificables, sobre las propiedades físico mecánicas de los paneles de textura 3D, valores que pueden ser cuantificados, medios y analizados por métodos estadísticos para extraer una serie de conclusiones (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

**Figura 16** *Proceso Cuantitativo para la Presente Investigación*



Nota: (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

El estudio inicialmente es de tipo básico, porque se obtuvo nuevos saberes fundamentados en el marco teórico el cual está dado por la investigación de Hernandez (2015) que refiere que la adición de PEAD mejora las propiedades del concreto, pero que no ha sido probado aún en la adición a paneles de textura 3D, por lo que el estudio acrecienta los conocimientos teóricos, no obstante, también fue aplicado debido a que si se tiene interés en la aplicación práctica que se le dará a los conocimientos en este caso la aplicación es como paneles para revestimientos de paredes exteriores en la ciudad de Chota.

El estudio se centró en un nivel explicativo, que busca comprender la relación de causa y efecto entre variables (Cauas, 2015). En este caso, se investigó el efecto del PEAD en la mezcla de concreto utilizada para la elaboración de paneles. Esto implica analizar cómo la incorporación del PEAD como componente influye en las propiedades y características del concreto. Al estudiar esta relación de causa y efecto, se busca entender cómo el uso del PEAD puede mejorar o modificar las cualidades de los paneles de concreto.

En el estudio se analizó los agregados para plantear el diseño de mezclas, y posteriormente elaborar y analizar los paneles de textura 3D para realizar una comparación técnica y económica, lo que implica que todos los datos fueron obtenidos por medio de procedimientos de campo y laboratorio, siendo este el contexto donde sucede.

Temporalmente es un estudio transversal, se lleva a cabo en un tiempo y espacio definidos, por medio del cronograma de ejecución. La investigación fue realizada en un lapso de doce (12) meses o un año, tiempo suficiente para que el investigador concrete los objetivos propuestos.

### **Tabla 13**

#### *Crterios de Tipología de Investigación*

<b>Criterio</b>	<b>Tipo</b>
Enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Explicativa
Finalidad	Aplicada
Control de diseño de la prueba	Cuasi Experimental
Temporalidad	Transversal (Sincrónica)
Fuente de datos	Primaria
Contexto donde sucede	Laboratorio, Campo

Nota: (Grajales, 2000).

### 3.2. Diseño de investigación

El diseño fue cuasiexperimental de tipo, con grupos intactos, según Carrasco (2006) este modelo propuso más de dos grupos, uno que, recibe el estímulo experimental, otro que no, y una combinación de ambos, con una prueba posterior para medir el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente.

$$\begin{array}{lll} G1 & X & O1 \\ G2 & XY & O2 \\ G3 & Y & O3 \end{array} \quad (31)$$

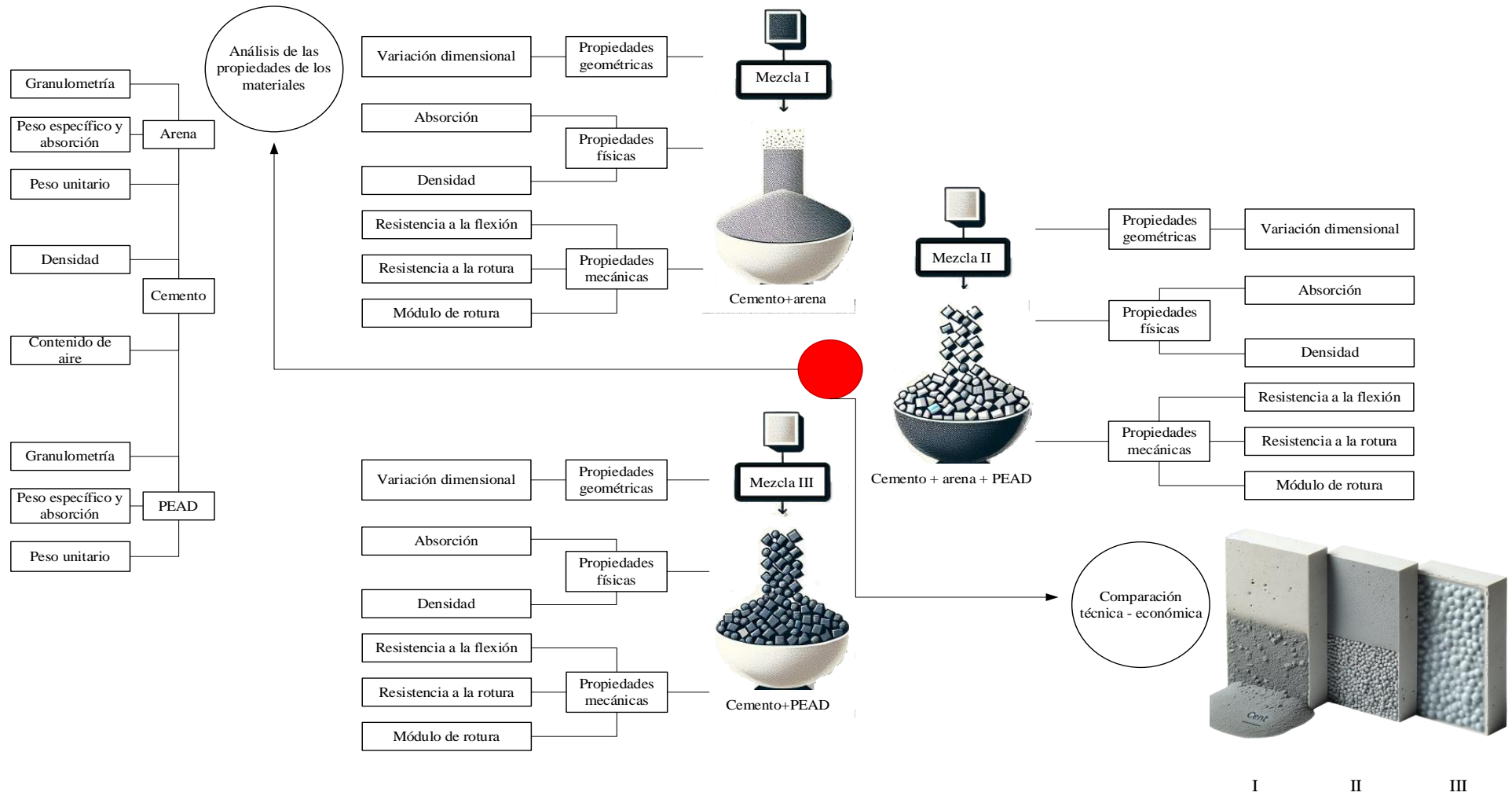
Donde: G1,2,3 grupos de estudio, G1 paneles con cemento-arena, y G2 paneles con cemento-arena-PEAD, G3 paneles con cemento- PEAD, O1,2,3 observación al grupo, X variable independiente PEAD, Y variable de control arena.

En la Figura 17 se presenta el esquema del diseño de investigación.

### 3.3. Métodos de investigación

Se utilizó el método deductivo, porque la comprobación de hipótesis de estudio se realizó a través de la aplicación de métodos estadísticos inferenciales, y métodos lógicos dados por la experimentación en laboratorio para definir las propiedades de los paneles texturizados (Carrasco, 2006).

**Figura 17** Diseño de investigación: *Experimental*

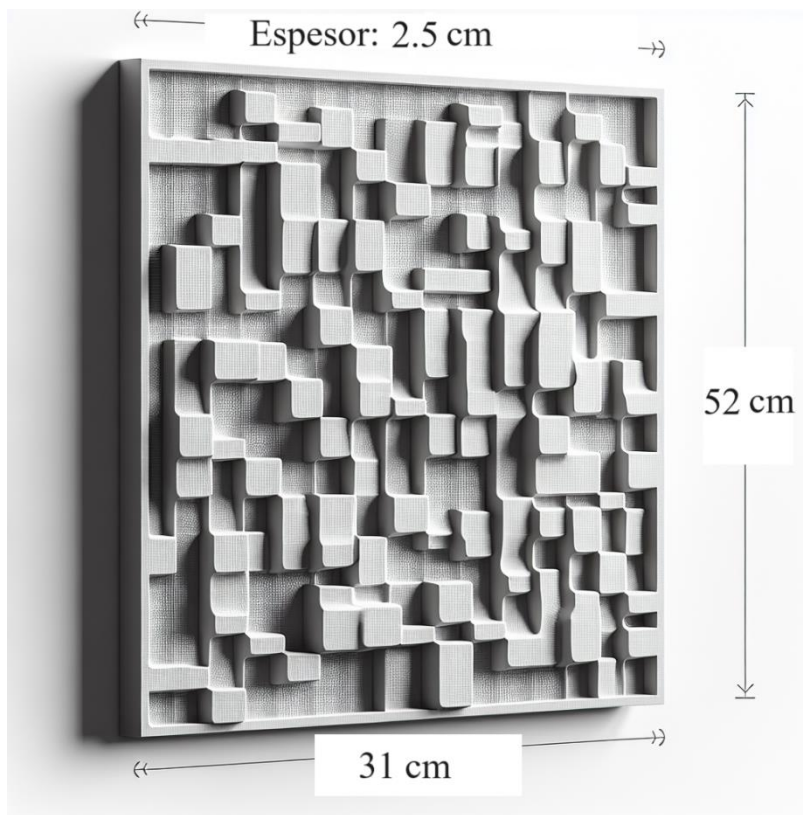


### 3.4. Población, muestra y muestreo

#### 3.4.1. Población

Todos los paneles de textura 3D de dimensiones 520 mm de largo, 310 mm de ancho y 25 mm de espesor, elaborados con tres diseños de mezcla de cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) en la provincia de Chota.

**Figura 18** Dimensiones de los Paneles de Textura 3D



#### 3.4.2. Muestreo

En el programa Minitab 22 se realizó el muestreo diseño experimental con grupos al azar (DOE) factorial de un bloque con dos factores, primero el tipo de mezcla con tres niveles (Mezcla I de cemento con arena, mezcla II de cemento, arena y PEAD, mezcla III de cemento y PEAD) y segundo el ensayo realizado con cuatro niveles (absorción (A), densidad (B), variación dimensional (C) y flexión (D)), siendo las corridas base 12, para cinco repeticiones, dando 60 unidades.

**Tabla 14***Muestreo de los Ensayos DOE Factorial*

Mezcla	Ensayo			
	A	B	C	D
1	1A	1B	1C	1D
2	2A	2B	2C	2D
3	3A	3B	3C	3D

Nota: Mezclas 1, 2, 3 (Mezcla I de cemento con arena, mezcla II de cemento, arena y PEAD, mezcla III de cemento y PEAT), Ensayos A, B, C, D (absorción (A), densidad (B), variación dimensional (C) y flexión (D)). Dando un total de 12 corridas base.

**3.4.3. Muestra**

60 paneles de textura 3D de dimensiones 520 x 310 x 25 mm (Figura 18), elaborados con cemento Portland Tipo I, arena y/o PEAT según tres tipos de diseño de mezclas (Mezcla I de cemento con arena, mezcla II de cemento, arena y PEAD, mezcla III de cemento y PEAT) para la resistencia a compresión base  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, para ser sometidos a ensayos de absorción, densidad, variación dimensional y flexión.

**Tabla 15***Número de Especímenes para Ensayos Geométricos, Físicos y Mecánicos de Paneles Textura 3D*

Tipo de ensayo	Mezcla			Total
	I	II	III	
Absorción	5	5	5	15
Densidad	5	5	5	15
Variación dimensional	5	5	5	15
Flexión	5	5	5	15
Total	20	20	20	60

Nota: Mezcla I de cemento con arena, mezcla II de cemento, arena y PEAD, mezcla III de cemento y PEAT.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.5.1. Técnicas de recolección de los datos

**Ensayos en agregados.** Se llevaron a cabo ensayos en los agregados utilizados en la mezcla de concreto, como la arena fina y el polietileno de alta densidad (PEAD), para determinar sus propiedades físicas en relación a la NTP 400.037 (INACAL, 2021).

**Diseño de mezclas.** Procedimiento guiado por el método ACI-211.1 (2022) para una resistencia  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, con componentes como: cemento Portland Tipo I, arena, PEAD y agua potable. Se realizaron pruebas de laboratorio en el concreto para evaluar las características de cada mezcla, como resistencia y trabajabilidad, previo a la producción de paneles de textura 3D.

**Observación.** Esta técnica implicó la observación directa de los procesos de fabricación de los paneles de textura 3D en el lugar de estudio, en este caso, en Chota. Los investigadores pudieron observar de manera detallada cada etapa del proceso de elaboración de los paneles, desde la preparación de los materiales hasta la fabricación final de los paneles. Esta observación directa proporcionó información valiosa sobre los métodos utilizados, los materiales empleados y los posibles desafíos enfrentados durante la producción.

**Ensayos en paneles de textura 3D.** Se llevaron a cabo ensayos en los paneles de textura 3D una vez fabricados para evaluar sus propiedades geométricas, físicas y mecánicas. Estos ensayos han incluido pruebas de variación dimensional, absorción, densidad y resistencia a flexión. Los resultados de estos ensayos proporcionaron información crucial sobre el rendimiento y la calidad de los paneles, así como su idoneidad para su uso en aplicaciones de revestimiento en la construcción.

**Comparación.** La comparación de los paneles de textura 3D diseñados con diferentes mezclas de concreto fueron contrastados respecto a sus propiedades mecánicas (Absorción, variación dimensional y resistencia a la flexión) y respecto a su costo de elaboración para determinar el tipo de mezcla que permita la elaboración de paneles de textura 3D con mayores beneficios. Además, la comparación técnica de los paneles de textura 3D elaborados con cemento, arena fina y/o PEAD se realizó en contraste con la NTP-ISO 13006 “Revestimientos cerámicos” (INACAL, 2020), así mismo, se compararon con las fichas técnicas de los paneles comerciales expendidos en el ámbito local.

### **3.5.2. Instrumentos para la recolección de los datos**

**Formatos de ensayos para agregados.** Estos formatos consisten en documentos estructurados diseñados para registrar los resultados de los ensayos realizados en los agregados, como la arena fina y el PEAD. Los investigadores utilizaron estos formatos para registrar los resultados de los ensayos y recopilar datos precisos sobre las características de los agregados utilizados en la investigación para contrastarlos con la NTP 400.037 (INACAL, 2021).

**Formato de cálculo de diseño de mezclas.** Esta hoja es un documento utilizado para planificar y registrar los diferentes diseños de mezclas de concreto que se probaron en la investigación de acuerdo a la metodología del ACI-211.1 (2022). En la hoja de diseño de mezclas, se han especificado las proporciones de los diferentes componentes del concreto, como cemento, arena fina y polietileno de alta densidad (PEAD) para la producción de paneles de textura 3D.

**Cuaderno de campo.** Este cuaderno es un registro escrito en el que los investigadores anotan sus observaciones, comentarios y notas durante el proceso de investigación. Se utilizó para registrar detalladamente las observaciones

realizadas durante la observación directa de los procesos de fabricación de los paneles de textura 3D en el lugar de estudio en Chota.

**Formato de ensayos en paneles de textura 3D.** Estos formatos son documentos diseñados para registrar los resultados de los ensayos realizados en los paneles de textura 3D una vez fabricados. Estos formatos incluyen secciones para registrar información sobre propiedades geométricas, físicas y mecánicas de los paneles para contratarlos con la NTP-ISO 13006 “Revestimientos cerámicos” (INACAL, 2020).

**Hoja de comparación.** Esta hoja es un instrumento utilizado para comparar sistemáticamente aspectos técnicos y económicos de diferentes diseños de paneles de textura 3D e incluye secciones para registrar detalles sobre propiedades técnicas y costos de materiales. Se tienen dos hojas de cálculo, una donde se resume en una tabla las propiedades de los paneles y otra donde se estima el costo de su producción. Los investigadores utilizaron esta herramienta para analizar y comparar las ventajas y desventajas técnicas y económicas de los distintos diseños de paneles de textura 3D evaluados en la investigación.

**Tabla 16**

*Fuentes, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de los Datos*

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
VI Cemento, arena y PEAD	Primaria	Ensayos en agregados	Formatos de ensayos para agregados
	Secundaria	Diseño de mezclas	Formato de cálculo de diseño de mezclas
	Primaria	Observación	Cuaderno de campo
VD Paneles de textura 3D	Primaria	Observación	Cuaderno de campo
	Primaria	Ensayos en paneles de textura 3D	Formato de ensayos en paneles de textura 3D
	Secundaria	Comparación	Hoja de comparación

### 3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

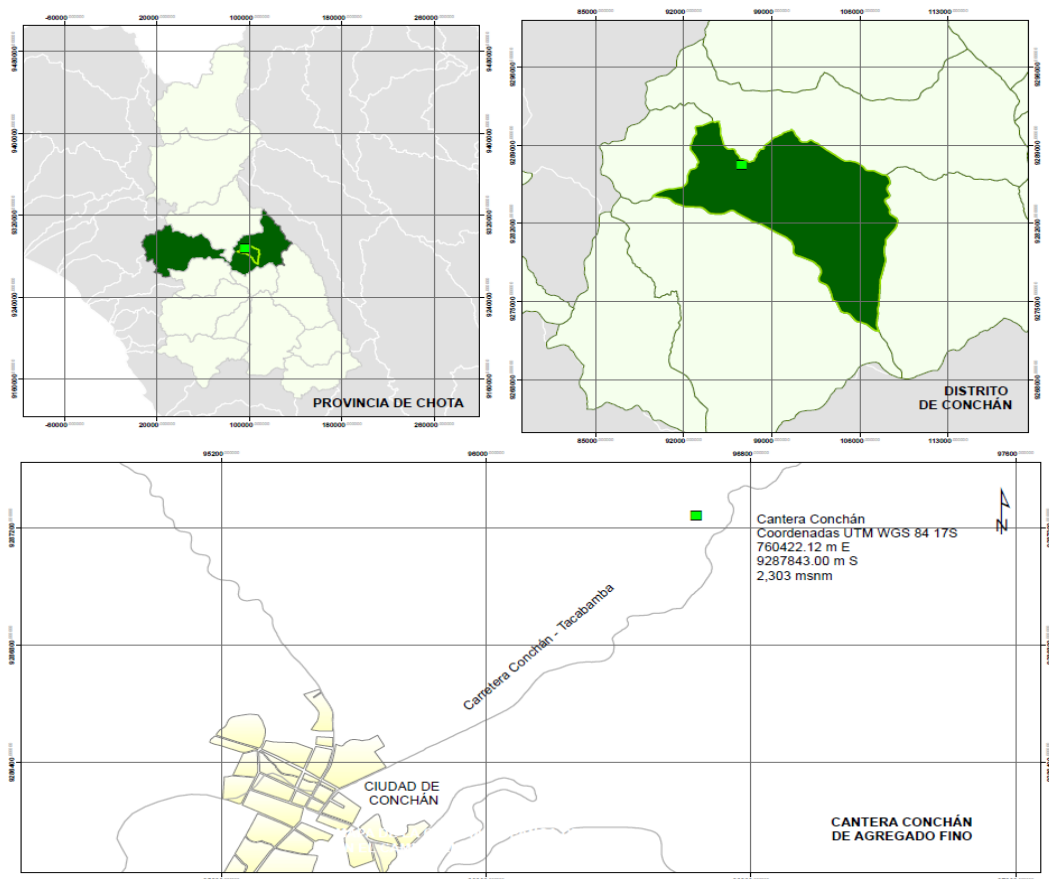
#### 3.6.1. Proceso de obtención de los datos

##### 3.6.1.1. Obtención de la arena de la cantera Conchán

La cantera Conchán se sitúa en Conchán, provincia de Chota, en la carretera Chota – Tacabamba en las coordenadas UTM WGS 84 17S 760422.12 m E y 9287843.00 m S, a 2,303 msnm y abarca aproximadamente 180 km<sup>2</sup> en términos de extensión geográfica (Cieza, 2021).

El procedimiento para recolectar arena de la cantera comenzó con la planificación de la visita al sitio de extracción. Se coordinó con el personal de la cantera para obtener acceso al área de extracción. Luego, se procedió a utilizar maquinaria (excavadoras), para extraer la arena. El equipo de recolección llenó un camión volquete con la arena extraída y la transportó a la ciudad de Chota.

**Figura 19** Ubicación de la Cantera Conchán



### 3.6.1.2. Obtención, trituración y reciclaje del agregado reciclado (PEAD)

El procedimiento comenzó con la recolección del material PEAD en envases plásticos. Luego, se llevó a cabo el proceso de separación para separar cualquier plástico que no sea PEAD. Una vez separado, el PEAD se sometió a un proceso de molienda o trituración utilizando equipo manual (mini amoladora de mano, debido a que con tijeras el corte era muy difícil y tedioso), con el fin de reducir el tamaño de las piezas a gránulos más pequeños. Posteriormente, los gránulos de PEAD fueron lavados con agua para eliminar cualquier residuo o partícula no deseada. Después del lavado, se procedió a secar los gránulos al sol. Una vez secos, los gránulos de PEAD estuvieron listos. Durante todo el proceso, se siguieron los protocolos de seguridad y las medidas de manejo adecuadas para garantizar la calidad y la integridad del material PEAD.

**Figura 20** *Procesamiento para la Obtención de PEAD triturado*



### **3.6.1.3. Ensayos físicos del agregado fino**

En el laboratorio GSE de la ciudad de Chota se realizaron los ensayos físicos en el agregado fino natural (arena) y reciclado (PEAT). Los ensayos realizados fueron: NTP 339.185 contenido de humedad (INACAL, 2021) NTP 400.12 análisis granulométrico (INACAL, 2021), NTP 400.017 peso unitario (INACAL, 2020), NTP 400.022 peso específico y absorción del agregado fino (INACAL, 2021).

#### **a) NTP 400.022 Peso específico y absorción de la arena (INACAL, 2021)**

Se colocaron 500 gr del árido en estado saturado superficialmente seco dentro de un frasco, y se añadió agua hasta casi alcanzar los 500 cm<sup>3</sup>, manteniendo una temperatura ambiente de 23°C ± 2°C. Posteriormente, se rodó el frasco sobre una superficie plana para liberar todas las burbujas de aire, tras lo cual se sumergió en un baño de agua a una temperatura constante de 23°C ± 2°C. Transcurrida aproximadamente una hora, se rellenó el frasco hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup> y se midió el peso total del agua añadida. Finalmente, se extrajo el agregado fino del frasco, se secó (100-110 °C) y se enfrió a temperatura ambiente.

#### **b) NTP 400.017 Peso unitario y vacíos de los agregados (INACAL, 2020)**

**Peso Unitario Suelto:** El agregado se vierte en un recipiente utilizando una pala desde una altura de dos pulgadas hasta que rebosa. Luego, el exceso se elimina con una regla, y se pesa el recipiente con el agregado, registrando el peso con una precisión de 0.05 kg.

**Peso Unitario Compactado:** Procedimiento de Apisonado, aplicable a agregados de hasta 37.5 mm de tamaño nominal. El recipiente se llena en tres fases, apisonando cada capa con 25 golpes distribuidos uniformemente usando el extremo semiesférico de una varilla, evitando golpear el fondo del recipiente en

la primera capa y asegurando que la varilla atravesase solo la capa respectiva en las siguientes. Al final, se enrasa el agregado con la varilla y se pesa el recipiente.

**c) NTP 400.012 Granulometría (INACAL, 2021)**

La muestra se secó a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta alcanzar un peso constante. Se escogió un conjunto de tamices con aberturas de tamaño apropiado para el material a analizar, organizándolos de mayor a menor tamaño. La muestra se colocó en el tamiz superior y se procedió al tamizado, ya sea manualmente o usando un dispositivo mecánico, durante el tiempo necesario. Se controló la cantidad de material en cada tamiz para asegurar que todas las partículas pasaran múltiples veces por las aberturas durante el tamizado. Finalmente, se pesó el material que quedó retenido en cada tamiz.

**Figura 21**

*Realización del Ensayo de Peso Específico y Absorción en la Arena*



### 3.6.1.4. Realización del diseño de mezclas $f'c$ 210 kg/cm<sup>2</sup> y dosificaciones de mezcla para la producción de paneles

En el contexto, se elaboraron tres tipos diferentes de mezclas: La primera mezcla consistió en una combinación básica de cemento y arena, comúnmente utilizada en morteros. La tercera mezcla fue una combinación innovadora de cemento con polietileno de alta densidad (PEAD), omitiendo la arena. Ambas mezclas, la primera y la tercera, se caracterizan por tener un solo agregado y, en consecuencia, no se requirió un diseño de mezcla complejo; solo se ajustaron las proporciones básicas del diseño de mezclas II. Por lo que, para la segunda mezcla, que incorporó cemento, arena y PEAD, se empleó el método de diseño de mezclas ACI-211.1 (2022), anticipando una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 17** *Tipos de Diseño de Mezclas*

Tipo de mezcla	Cemento	Arena	PEAD	Agua
Mezcla I	x	x		x
Mezcla III	x		x	x
Mezcla II	x	x	x	x

Nota: (x) indica los componentes que participaran de cada tipo de mezcla.

Para adaptar las mezclas I y III a partir de la mezcla base II, se realizaron ajustes específicos. En la mezcla I, se sustituyó completamente el PEAD por arena, manteniendo solo la combinación de cemento y arena. Por otro lado, en la mezcla III, se reemplazó totalmente la arena por PEAD, resultando en una mezcla exclusiva de cemento y PEAD.

Estos ajustes permitieron evaluar el efecto de cada agregado sobre las propiedades del material. Finalmente, la mezcla base (mezcla II) fue probada mediante ensayos de compresión en tres muestras cilíndricas de concreto para verificar su resistencia, los cuales confirmaron que la resistencia superó los 210 kg/cm<sup>2</sup> esperados.

**a) Diseño de mezclas ACI-211.1 (2022)**

El diseño de mezclas para  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> se realizó conforme al método ACI-211.1 (2022).

La resistencia a compresión  $f'cr$  esperada, fue considerada con un factor de seguridad, siendo igual a 284 kg/cm<sup>2</sup>.

Se eligió un asentamiento entre 1" a 2".

Se verificó el TMN: 3/8".

Se estimó la cantidad de agua necesaria para la mezcla: 225 lt/m<sup>3</sup>.

Se seleccionó la relación agua-cemento (a/c): 0.62

Se determinó el contenido de cemento:

$$C = \frac{a}{a/c} = \frac{225}{0.62} = 363 \text{ kg/m}^3 \quad (32)$$

$$\text{Factor cemento} = \frac{363}{42.5 \text{ (peso de 1 bolsa)}} = 8.54 \text{ bolsas/m}^3 \quad (33)$$

Se sistematizó la cantidad de cada tipo de agregado y se calcularon las proporciones iniciales.

$$\text{Peso PEAD} = \frac{b}{b_0} \times \text{Peso PUC} = 215 \text{ kg/m}^3 \quad (34)$$

$$\text{Cemento} = \frac{C}{\text{Densidad}} = \frac{363}{3150} = 0.115 \text{ m}^3 \quad (35)$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{Peso específico}} = \frac{225}{1000} = 0.225 \text{ m}^3 \quad (36)$$

$$\text{Aire} = \text{contenido de aire atrapado} = 0.030 \text{ m}^3 \quad (37)$$

$$\text{PEAD} = \frac{\text{Peso AG}}{\text{Peso específico}} = \frac{215}{1139} = 0.189 \text{ m}^3 \quad (38)$$

$$\text{Volumen AF} = 1 - (\text{Cemento} + \text{agua} + \text{aire} + \text{PEAD}) \quad (39)$$

$$\text{Volumen AF} = 1 - (0.115 + 0.225 + 0.030 + 0.189) = 0.441 \text{ m}^3 \quad (40)$$

$$\text{Peso AF} = \text{Volumen AF} \times \text{Peso específico AF} \quad (41)$$

$$\text{Peso AF} = 0.441 \times 2604 = 1148.36 \text{ kg/m}^3 \quad (42)$$

Se ajustaron las proporciones de los agregados y del agua efectiva según la humedad y absorción de los agregados, pero como el PEAD no tiene absorción ni humedad, se realizó la corrección solamente para la arena.

Corrección del árido por humedad:

$$AF_{efectivo} = AF_{diseño} \left( 1 + \frac{w\%(porcentaje\ de\ humedad)AF}{100} \right) \quad (43)$$

$$AF_{efectivo} = 1148 \times \left( 1 + \frac{1.44}{100} \right) = 1165 \text{ kg/m}^3 \quad (44)$$

Determinación del agua efectiva:

$$A.E. = Agua\ diseño - AF_D \frac{(W\%AF - Abs_{AF})}{100} - AG_D \frac{(W\%AG - Abs_{AG})}{100} \quad (45)$$

$$Aporte\ de\ agua = \sum(humedad - absorción) \times agregados\ final \quad (46)$$

$$Aporte\ de\ agua = \sum(1.44\% - 1.32\%) \times 1165 = 1.39 \text{ lt/m}^3 \quad (47)$$

$$Agua\ efectiva = Agua - aporte\ de\ agua \quad (48)$$

$$Agua\ efectiva = 225 - 1.40 = 224 \text{ lt/m}^3 \quad (49)$$

#### **b) Dosificaciones de mezcla para 1 m3 de concreto cemento: arena: PEAD**

Utilizando las propiedades de los agregados naturales, se desarrolló una mezcla estándar según el método ACI-211.1 (2022), determinando que, para 1 m3 de concreto f'c 210 kg/cm2, se necesitaba 70% de arena natural y 30% de PEAD en la mezcla de concreto con la siguiente dosificación base:

**Tabla 18**

*Dosificación de Mezcla de Cemento: Arena: PEAD para 1 m3 de Concreto*

	Cemento	Arena	PEAD	Agua
En porcentaje		70%	30%	
Dosificación en peso (kg/m3)	363	1165	215	224
Dosificación en volumen (m3)	0.115	0.4409	0.1889	0.224
Proporciones de diseño en peso	1	3.21	0.69	0.82
Proporción de diseño en volumen	1 bolsa	3.33	2.25	26.20 lt
Peso por tanda (kg/bolsa)	42.5	136.4	25.18	26.2

### c) Dosificaciones de mezcla para 1 m3 de mortero

La mezcla I y III que funcionan como mortero integradas por cemento: arena o cemento: PEAD tienen como dosificación en volumen (m3), los siguientes resultados de acuerdo al método ACI-211.1 (2022) de la mezcla base.

**Tabla 19**

*Dosificación de Mezcla de Cemento: Arena: PEAD para 1 m3 de Mezcla*

Dosificación en volumen (m3)	Cemento	Arena	PEAD	Agua
Mezcla I (Cemento: arena)	0.115	0.6298	0.00	0.224
Mezcla III (Cemento: PEAD)	0.115	0.00	0.6298	0.224

$$\text{Volumen del cemento} = \frac{\text{Volumen de arena}}{\text{Proporción de la dosificación}} \quad (16)$$

Entonces en el caso del estudio:

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{0.6298}{x} = 0.115 \quad (17)$$

$$\text{Proporción de la dosificación} = 5.5 \quad (17)$$

Para garantizar coherencia en la experimentación y comparabilidad en los resultados, se decidió mantener la relación agua/cemento en todas las mezclas igual a la determinada para la mezcla base (II), que es de 0.62. Esta constancia es crucial, ya que la relación agua/cemento tiene un impacto significativo en las propiedades del concreto, tales como su resistencia a compresión y durabilidad.

Además, basándose en las ecuaciones y cálculos realizados para la mezcla base, se definió la dosificación de la mezcla en términos proporcionales, que en este caso es de 1:5.5. Esta proporción indica que por cada parte de cemento se utilizan 5.5 partes de la combinación de agregados (arena y/o PEAD), según corresponda a cada tipo de mezcla. Este método de dosificación proporcional asegura una mezcla homogénea y reproducible.

**Tabla 20**

*En Dosificación 1:55, Dosificación en Volumen de Mezcla de Cemento: Arena: PEAD para 1 m<sup>3</sup> de Mezcla*

Dosificación en volumen (m <sup>3</sup> )	Cemento	Arena	PEAD	Agua
Mezcla I (Cemento: arena)	0.182	1		0.113
Mezcla III (Cemento: PEAD)	0.182		1	0.113

**Tabla 21**

*En Dosificación 1:55, en Peso de Mezcla de Cemento: Arena: PEAD para 1 m<sup>3</sup> de Mezcla*

Dosificación en peso (kg)	Cemento	Arena	PEAD	Agua
Mezcla I (Cemento: arena)	254.55	1641		112.73
Mezcla III (Cemento: PEAD)	254.55		508	112.73

Luego, se ha comprobado que el volumen de la pasta (cemento + agua) sea inferior al volumen de poros, lo que, significa que la pasta se ubica dentro de los vacíos del mortero, caso contrario se debe realizar una corrección.

$$\text{Volumen de poros de la arena} = \text{Volmen conjunto} - V \text{ relativo arena} \quad (20)$$

$$V_{\text{pasta}} = V \text{ relativo del cemento} + V \text{ agua} \quad (21)$$

$$\text{Volumen relativo} = \frac{\text{Peso}}{D \text{ relativa}} = V \text{ conjunto} \times \frac{D \text{ relativa}}{D \text{ conjunto}} \quad (22)$$

Donde, D conjunto es el peso específico del material, D relativa es el peso unitario del material, el volumen conjunto del material.

**Tabla 22**

*Verificación del Cumplimiento de la Dosificación de Mezcla*

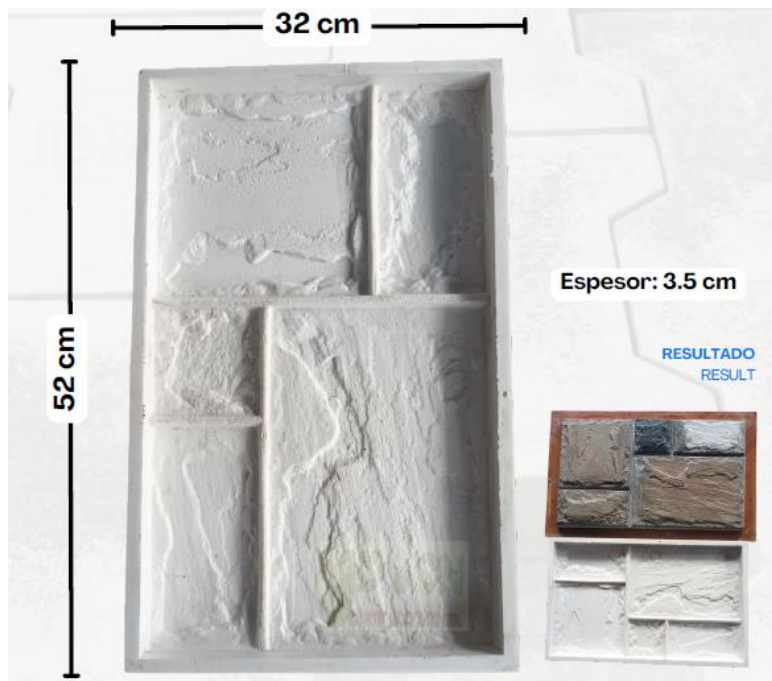
Mezcla	V relativo cemento (m <sup>3</sup> )	V agua (m <sup>3</sup> )	V pasta (m <sup>3</sup> )	Volumen de poros (m <sup>3</sup> )	V pasta < V poros
Mezcla I	0.081	0.113	0.194	0.370	Correcto
Mezcla III	0.081	0.113	0.194	0.554	Correcto

### 3.6.1.5. Elaboración de paneles de concreto

El proceso para la elaboración de paneles de concreto con textura 3D comenzó con la adquisición de moldes de silicona RTV para fachaletas, comprados a la empresa JD & CN Construcciones (2023). Una vez en posesión de los moldes, se procedió a la preparación de tres diferentes tipos de mezclas de concreto, conforme a las especificaciones del video de Twister (2019).

**Figura 22**

*Molde de Silicona RTV Para Fachaletas*



#### **a) Preparación de la mezcla I (cemento: arena):**

Se pesaron y mezclaron cemento y arena en una dosificación de 1:5.5. Se añadió agua en una relación agua/cemento de 0.62, asegurando que la mezcla alcanzara una consistencia adecuada para su manejo y vertido. Se revolvió la mezcla hasta obtener una homogeneidad completa, evitando la formación de grumos y asegurando una distribución uniforme del cemento.

**b) Preparación de la mezcla II (cemento: arena: PEAD):**

En esta mezcla, se incorporó PEAD triturado a la combinación de cemento y arena trabajando con la mezcla base II determinada anteriormente por el método ACI 211.1 (2022), Se pesaron y mezclaron cemento, arena y PEAD en una dosificación 1 : 3.33 : 2.25 para una adecuada resistencia; manteniendo la relación de agua/cemento de 0.62. El PEAD fue previamente preparado para asegurar su consistencia y tamaño adecuado. La mezcla se agitó meticulosamente para garantizar la integración completa de todos los componentes.

**c) Preparación de la mezcla III (cemento: PEAD):**

En la tercera mezcla, se eliminó la arena, utilizando únicamente cemento y PEAD en la misma dosificación de 1:5.5, con la relación agua/cemento igualmente establecida en 0.62. Esta mezcla fue también cuidadosamente mezclada para lograr una consistencia uniforme y adecuada para el moldeado.

**d) Elaboración de los paneles:**

Cada una de las mezclas fue vertida en los moldes de silicona RTV para fachaletas que se habían adquirido. Se utilizó una espátula para asegurar que la mezcla se distribuyera uniformemente dentro del molde y para eliminar cualquier burbuja de aire, facilitando así la captura precisa de la textura 3D. Los moldes se golpearon ligeramente para ayudar a asentar la mezcla y evitar huecos en la textura.

Una vez llenos, los moldes se dejaron fraguar por 1 día para promover un secado uniforme y evitar la formación de fisuras o deformaciones. Después del periodo de fraguado, los paneles fueron cuidadosamente desmoldados para preservar los detalles de la textura superficial. Los paneles resultantes se curaron

en agua por 28 días para facilitar la adquisición de la resistencia final esperada.

Luego se secaron por 1 día a temperatura ambiente.

### **Figura 23**

*Desmoldado de los Paneles de Textura 3D*



### **Figura 24**

*Paneles 3D Curados Durante 28 Días*



### 3.6.1.6. Ensayos geométricos, físicos y mecánicos en los paneles de revestimiento

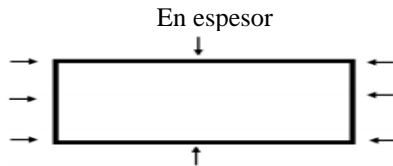
En el laboratorio GSE de la ciudad de Chota se realizaron los ensayos de variación dimensional, absorción, densidad y resistencia a flexión en los paneles de revestimiento elaborados con cemento, arena y/o PEAD de acuerdo a la NTP-ISO 10545 (INACAL, 2013) y la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

#### a) NTP-ISO 10545-2 Variación dimensional (INACAL, 2013)

Para determinar las dimensiones de un panel, se midieron el ancho, la longitud y el espesor en diferentes puntos. Tanto el ancho como la longitud se midieron en tres puntos a lo largo del panel usando una regla de metal o cinta métrica con una precisión de 1 mm. En el caso del espesor, se realizaron ocho mediciones distribuidas en puntos a lo largo y ancho del panel. Estas mediciones promedio permitieron obtener datos precisos sobre las dimensiones del panel.

**Figura 25** *Determinación de la Variación Dimensional*





Nota: Tomado de la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

## b) Absorción de agua

Para determinar la absorción de agua hay dos métodos el primero por la NTP-ISO 10545-3 (INACAL, 2013) para paneles de revestimiento cerámico y el otro método descrito en la NTP 334.185 (INACAL, 2020) orientado para paneles de yeso, no obstante, ninguno se aplica específicamente a paneles de concreto, por lo que se ha optado por trabajar con la norma con mayor similitud en componentes siendo la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

**Determinación de la capacidad de absorción de agua:** Se determinó la masa inicial de la muestra. Posteriormente, la muestra se sumergió en un baño de agua a una temperatura de  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante un período de 2 h, con un margen de error de  $\pm 2$  min. Tras retirar la muestra del baño de agua, se eliminó el exceso de agua de la superficie y de los bordes y se procedió a medir la masa en gramos utilizando una balanza de laboratorio con una precisión de 0.1 gr. Finalmente, se colocaron las muestras saturadas en un horno a una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$  durante 12 h para asegurar que estuvieran completamente secas y así determinar la masa seca.

**Determinación de la absorción total:** Se sigue el mismo procedimiento que, para determinar la capacidad de absorción de agua, solamente varía el tiempo de sumersión en contacto con el agua, siendo de 1 día.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{P_{\text{sat.}} - P_{\text{seco}}}{P_{\text{seco}}} \times 100 \quad (50)$$

En lo cual: Pseco Peso de la unidad seca (gr), Psat Peso de la unidad saturada (gr).

## c) NTP 334.185 Ensayo de densidad para placas o paneles (INACAL, 2020)

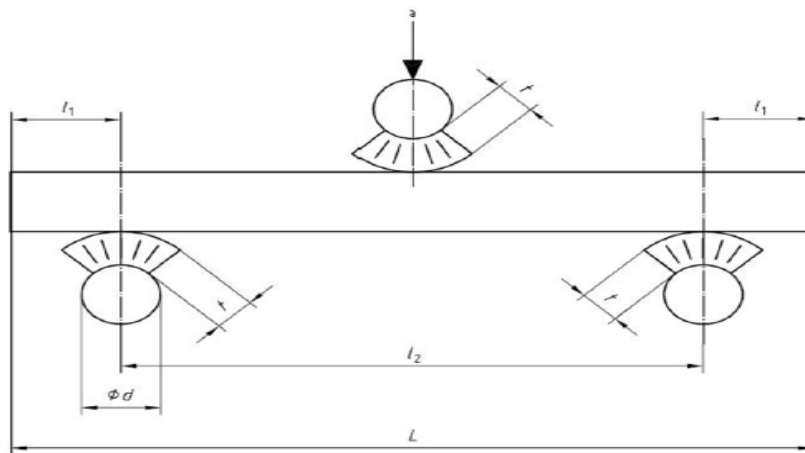
El cálculo de la densidad se efectuó a partir de la masa medida y las dimensiones de la probeta. Se prepararon cinco probetas y se pesaron. Posteriormente, se determinaron las dimensiones de la probeta y en base a los datos consignados se determinó la densidad de los paneles.

**d) NTP-ISO 10545-4 Resistencia a la flexión (INACAL, 2019)**

Los paneles se secaron en un horno a 110 °C hasta que alcanzaron un peso constante. Luego, se colocó la probeta sobre los rodillos de soporte con la cara visible hacia arriba, de manera que sobresaliera una longitud específica (ver Figura 26). Posteriormente, se dispusieron el rodillo central y los rodillos de apoyo, aplicando una carga uniformemente distribuida hasta que el panel se agrietara. Se registró la carga máxima y se determinó el módulo de rotura.

**Figura 26**

*Diagrama del Ensayo a Flexión en Revestimientos*



Nota: NTP-ISO 10545-4 (INACAL, 2019).

**Figura 27**

*Realización del Ensayo a Flexión en los Paneles*



### 3.6.2. *Procesamiento de datos*

En la tesis se empleó el programa Microsoft Excel 2022 para llevar a cabo diversas tareas de procesamiento y análisis de datos. En primer lugar, se utilizaron las funciones y herramientas de Excel para analizar las propiedades físicas de los agregados utilizados en la investigación. Esto implicó el registro y organización de los datos de las pruebas realizadas a los agregados.

Además, se empleó Excel como herramienta para diseñar y calcular las proporciones de las mezclas de concreto necesarias para la elaboración de los paneles de textura 3D. Mediante fórmulas y cálculos específicos de la metodología ACI-211.1 (2022). Se determinaron las cantidades exactas de cemento, arena fina y PEAD que debían mezclarse para cada tipo de panel.

Por último, una vez fabricados los paneles de concreto, se utilizaron las capacidades de Excel para procesar y analizar los resultados de las pruebas físico-mecánicas realizadas a los paneles. Esto incluyó la organización y tabulación de los datos obtenidos de pruebas de resistencia a la compresión, absorción de agua, densidad y variación dimensional, permitiendo así una evaluación detallada del desempeño de los paneles y la comparación entre las diferentes mezclas utilizadas.

### **3.6.3. *Análisis de datos***

Para realizar el análisis inferencial de la información, se empleó el software Minitab 22. Antes de aplicar cualquier análisis estadístico, se llevó a cabo una prueba de normalidad de los datos para evaluar si seguían una distribución normal. Completada la prueba de normalidad, se procedió a realizar el análisis inferencial para examinar la validez de las hipótesis planteadas. La hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) fueron evaluadas mediante pruebas estadísticas específicas de análisis de varianza (ANOVA).

### **3.7. Aspectos éticos**

Se siguieron los lineamientos éticos de la EPIC-UNACH, descritos en sus respectivos reglamentos, estatutos y protocolos de investigación. Asimismo, se consideraron algunos aspectos éticos descritos por Acevedo (2002), tales como:

- Fiabilidad y validez como pilares del rigor científico, fueron aspectos fundamentales que estuvieron presentes en todas las pruebas utilizados para la recopilación de datos. Estas cualidades garantizaron que los resultados obtenidos son confiables y dignos de credibilidad.
- La credibilidad o valor de la verdad, también conocida como autenticidad, fue un factor crucial en la investigación de los paneles de textura 3D. Este criterio

aseguró que los fenómenos son presentados de manera genuina, reflejando fielmente la percepción de los sujetos involucrados en el estudio.

- La transferibilidad o aplicabilidad se refirió a la capacidad de extender los hallazgos de la investigación a otros contextos o situaciones. En el estudio de los paneles de textura 3D, este criterio permitió considerar la relación de los fenómenos estudiados con los diferentes momentos, contextos y participantes de la investigación, facilitando así la generalización de los resultados.
- La consistencia o dependencia, también denominada replicabilidad, fue un aspecto relevante en la investigación de los paneles de textura 3D. Este criterio hizo referencia a la estabilidad de los datos recopilados, asegurando que estos fueran consistentes a lo largo del estudio.

## CAPÍTULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción de resultados

##### 4.1.1. *Propiedades físicas de los áridos finos*

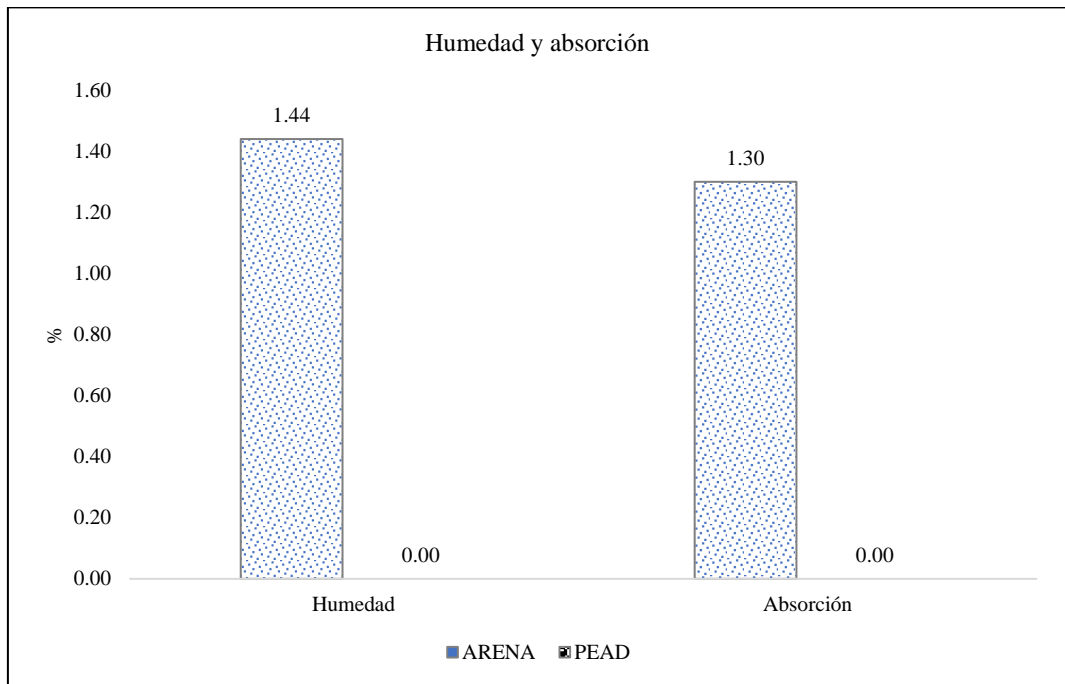
En la Tabla 23 se detallan las propiedades físicas de los áridos, el árido natural “arena” y el árido reciclado “PEAD”. En cuanto al peso específico, se observó que la arena tenía un valor de 2.60 g/cm<sup>3</sup>, mientras que para el PEAD alcanzaba un peso específico de 1.139 g/cm<sup>3</sup>, por tanto, el PEAD es un agregado liviano, que presenta menor densidad. Además, se registró un contenido de humedad del 1.44% para la arena, indicando la presencia de agua en el material, mientras que esta medida no aplica al PEAD, que se encuentra en condiciones secas, al ser un plástico; así mismo, mientras que la arena tiene 1.3% de absorción, el PEAD, es un plástico que tiene propiedades repelentes al agua, es decir no absorbe agua. Respecto a los pesos unitario y compactado, la arena mostró valores de 1444 kg/m<sup>3</sup> y 1641 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente, mientras que, el PEAD exhibió un peso unitario suelto y compactado de 396 y 508 kg/m<sup>3</sup>, indicando una densidad considerablemente menor en comparación con la arena. Por lo tanto, un peso unitario menor indica que el PEAD es menos denso y ocupa más volumen en comparación con la arena que tiene un peso unitario mayor, considerando el mismo volumen de ambos materiales.

**Tabla 23** *Propiedades Físicas de los Agregados Finos*

Agregado	Humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Peso unitario suelto del agregado (kg/m <sup>3</sup> )	Peso unitario compactado del agregado (kg/m <sup>3</sup> )
Arena	1.44	1.30	2.60	1444	1641
PEAD	0.00	0.00	1.139	396	508

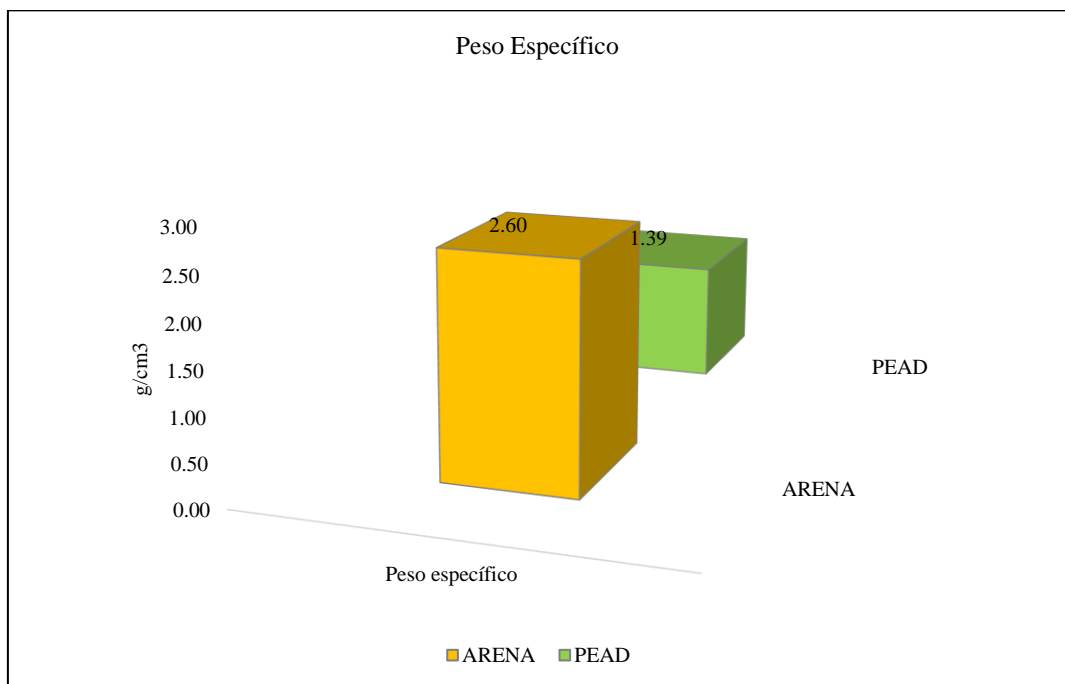
**Figura 28**

*Humedad y Absorción de los Áridos*



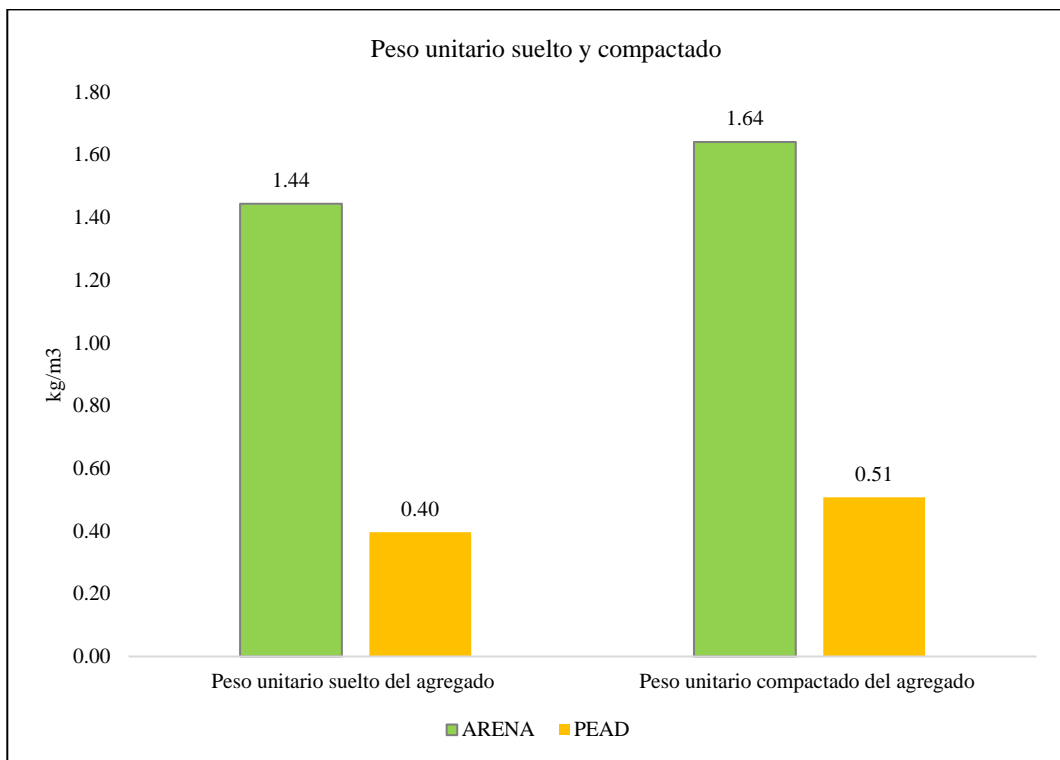
**Figura 29**

*Peso Específico de los Áridos*



**Figura 30**

*Peso Unitario de los Áridos*



Respecto a la gradación de los áridos, la arena se acerca más al huso granulométrico dado por la NTP 400.037 para agregado fino, sin embargo, el módulo de finura de ambos tipos de áridos está fuera de los límites dados, el PEAD es demasiado grueso, con un módulo de finura de 4.50, esto debido a las limitaciones al momento de cortar este tipo de plástico bastante grueso de forma manual; mientras que, la arena presenta un módulo de finura de 1.92, estando por debajo del límite inferior de la norma, siendo así, la arena es demasiado fina; no obstante, tal como, se especifica en la norma ambos agregados pueden ser utilizados a pesar de sus limitaciones granulométricas.

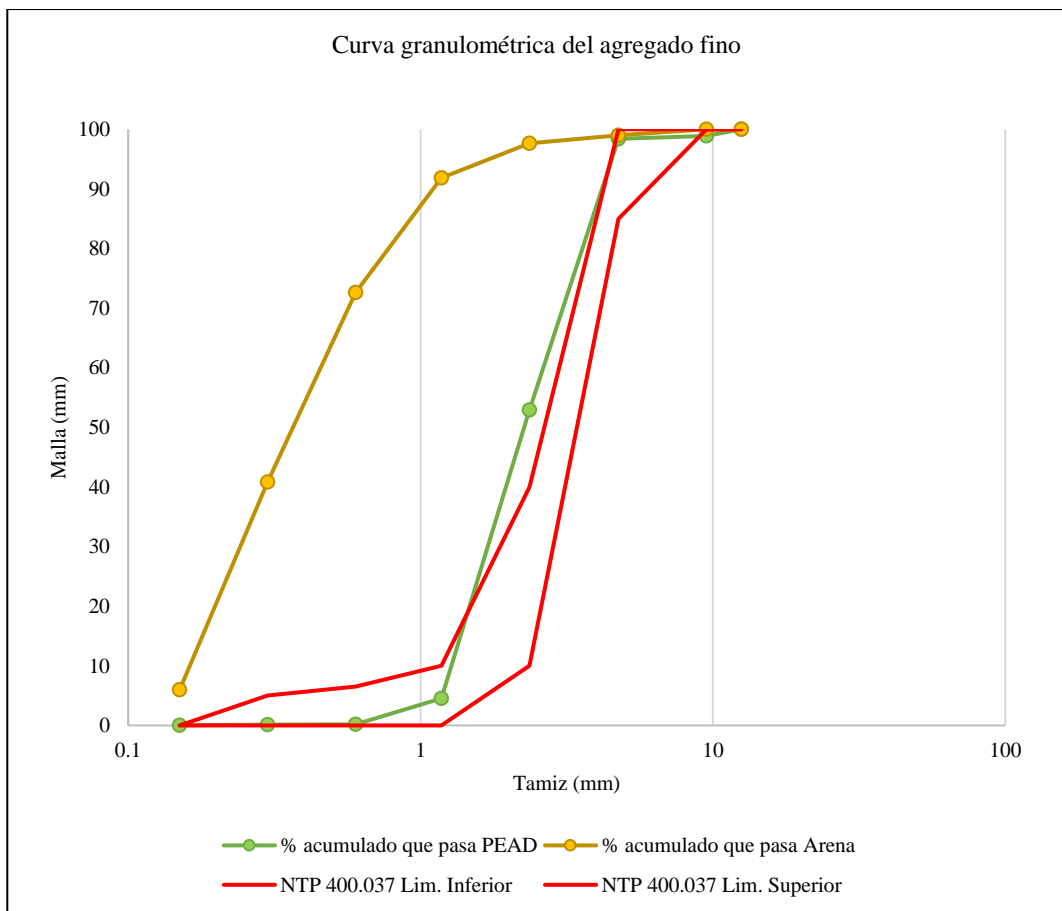
**Tabla 24**

*Granulometría de los Áridos*

Malla (mm)	% acumulado que pasa		NTP 400.037	
	PEAD	Arena	Lim. Inferior	Lim. Superior
12.5	100	100	100	100
9.5	98.89	100	100	100
4.75	98.4	98.98	85	100
2.36	52.92	97.63	10	40
1.18	4.51	91.87	0	10
0.6	0.2	72.63	0	6.5
0.3	0.12	40.84	0	5
0.15	0.02	5.98	0	0
Módulo de finura (MF)	4.5	1.92	2.3	3.1

**Figura 31**

*Curva Granulométrica de los Áridos*



#### **4.1.2. *Propiedades geométricas de los paneles de textura 3D***

Los paneles de 520 mm de largo, 310 m de ancho y 25 mm de espesor elaborados con distintas dosificaciones (mezcla I, II, III) fueron analizados por variación dimensional, verificando diferencia en milésimas en largo, ancho y espesor, es decir independientemente de su composición, los paneles de textura 3D mantienen su estabilidad dimensional.

En largo, la NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020) especifica que, la variación dimensional no debe ser mayor al 0.6%, tal como, se ha comprobado en los cinco especímenes de ensayo de cada dosificación, donde la variación máxima es de 0.05%. Así mismo, en ancho se tiene la misma especificación, misma que también cumplen los paneles de textura 3D elaborados con cemento, arena y/o PEAD, que alcanzan una variación dimensional máxima en ancho de 0.05%, siendo inferior al límite de 0.6% y cumpliendo con el requisito normativo.

En espesor la NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020) especifica que, la variación dimensional no debe ser mayor al 5%, lo cual se cumple efectivamente debido a que, la variación dimensional máxima encontrada en los paneles de textura 3D elaborados con cemento, arena y/o PEAD es de 0.05%. Por tanto, los paneles presentan estabilidad geométrica y dimensional.

No se puede argumentar que una u otra dosificación presenten menor variación dimensional, debido a que, en promedio, tanto la variación dimensional en largo, ancho y alto de los tres tipos de paneles es 0.02% a 0.03%, y la máxima variación dimensional en todos los casos es de 0.05%, a excepción del panel tipo III elaborado con cemento y PEAD que alcanza variación dimensional en ancho de 0.03%, pero un solo valor no es representativo. Por tanto, todos los paneles cumplen la normatividad geométrica sin alteraciones por dosificación.

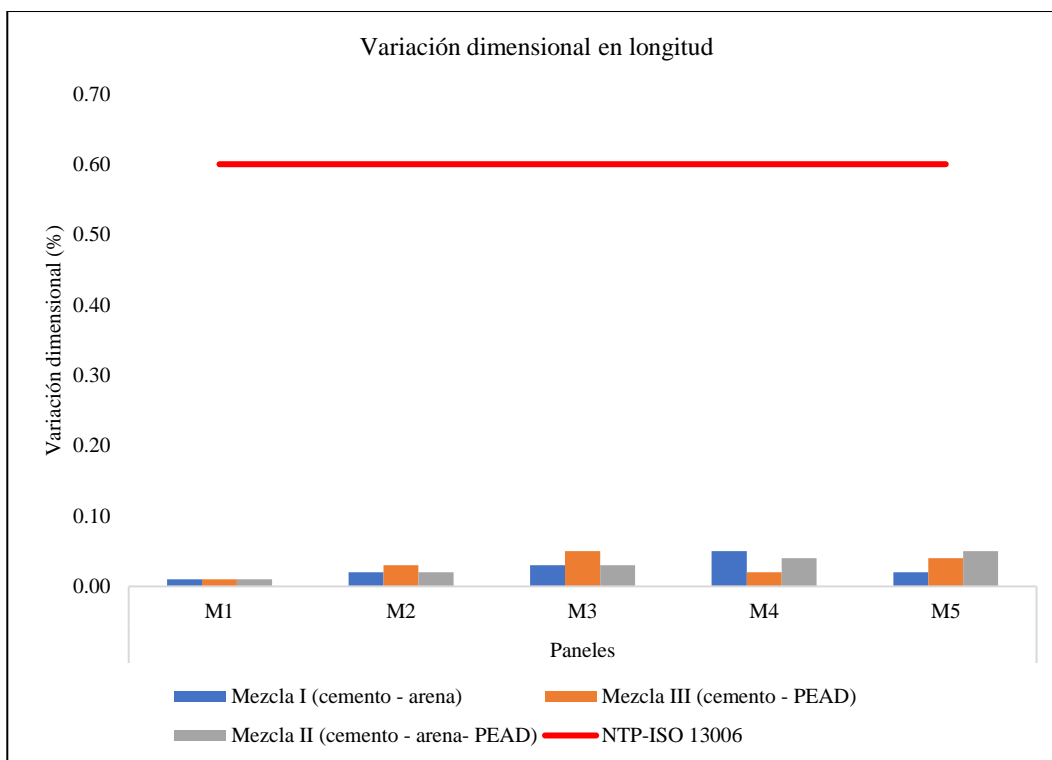
**Tabla 25**

*Variación Dimensional de los Paneles de Textura 3D*

Muestras	Dimensiones	Variación (%)					Promedio	Máximo
		M1	M2	M3	M4	M5		
Mezcla I (cemento - arena)	Largo	0.01	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05
	Ancho	0.01	0.02	0.03	0.05	0.01	0.02	0.05
	Alto	0.01	0.05	0.03	0.02	0.04	0.03	0.05
Mezcla II (cemento - arena- PEAD)	Largo	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05
	Ancho	0.01	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05
	Alto	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05
Mezcla III (cemento - PEAD)	Largo	0.01	0.03	0.05	0.02	0.04	0.03	0.05
	Ancho	0.03	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03
	Alto	0.03	0.04	0.02	0.05	0.02	0.03	0.05

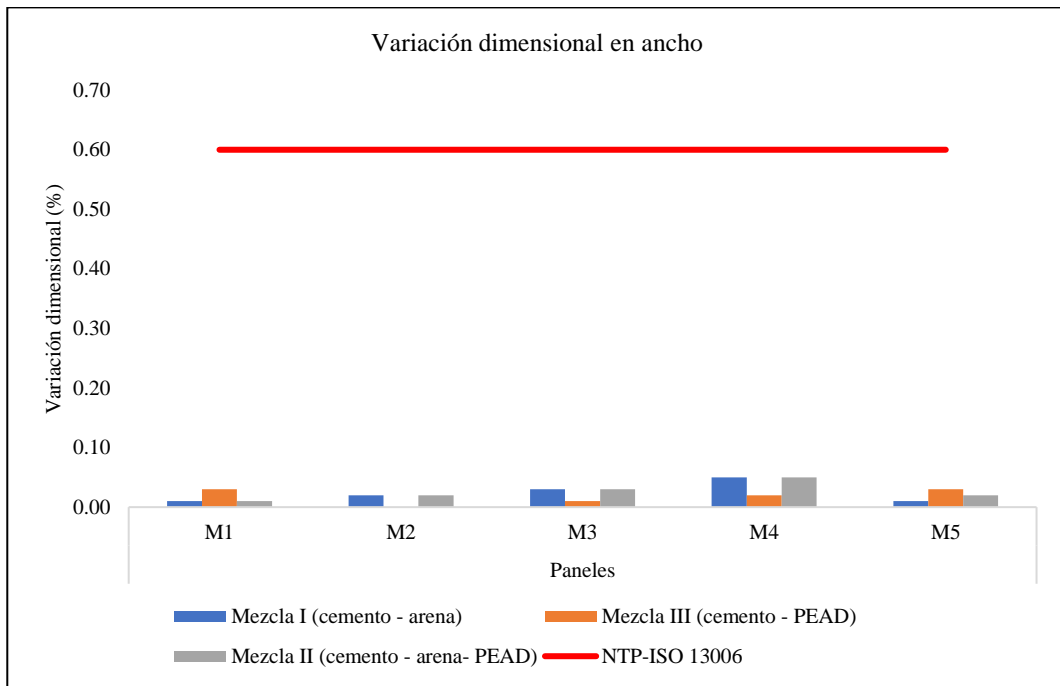
**Figura 32**

*Variación Dimensional en Longitud de los Paneles de Textura 3D*



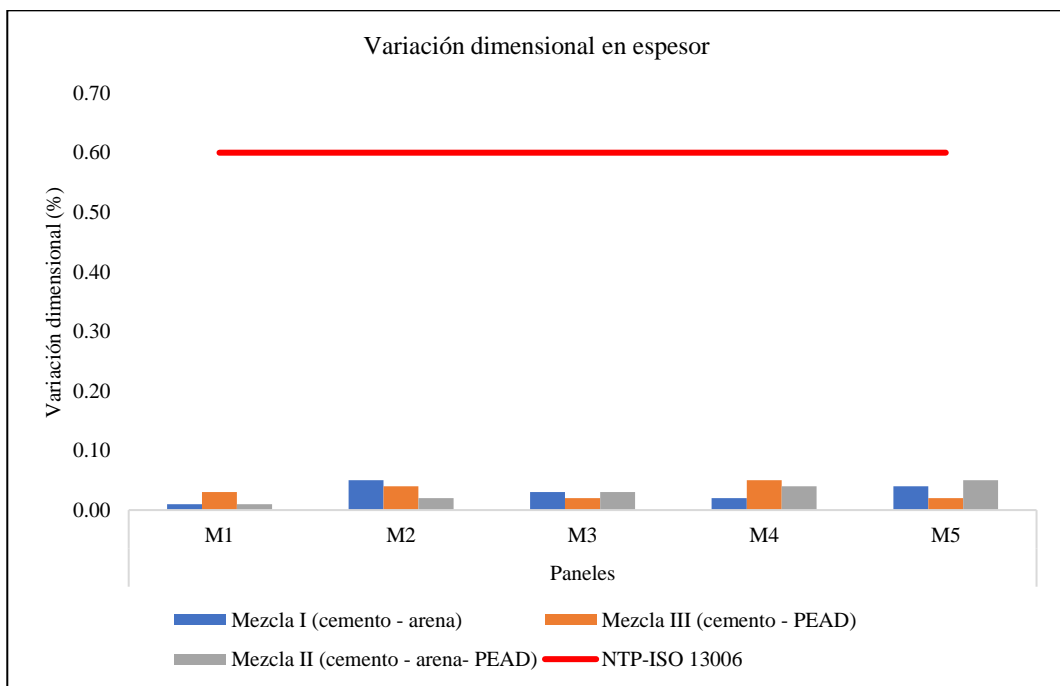
**Figura 33**

*Variación Dimensional en Ancho de los Paneles de Textura 3D*



**Figura 34**

*Variación Dimensional en Espesor de los Paneles de Textura 3D*



#### **4.1.3. *Propiedades físicas de los paneles de textura 3D***

Los paneles de revestimiento deben resistir las condiciones climáticas adversas, especialmente en lugares con altos niveles de precipitación, como la ciudad de Chota. Por lo tanto, es esencial que estos paneles tengan una buena resistencia a la absorción de agua, idealmente siendo lo más impermeables posible. Sin embargo, tras el análisis realizado, se ha observado que el panel con mayor capacidad de absorción es aquel elaborado con cemento y arena, alcanzando un 7.95%. Esto se debe a que la arena, al ser un agregado con alta capacidad de absorción, influye en la mezcla y contribuye a que estos paneles también tiendan a absorber una cantidad considerable de agua.

Por otro lado, los paneles fabricados con cemento, arena y PEAD alcanzan un promedio de absorción del 6.10%. Esta combinación de agregados, con un 30% de PEAD y un 70% de arena, reduce el porcentaje de absorción en comparación con los paneles de cemento y arena, pero aun así sigue siendo mayor que los paneles de cemento y PEAD. Estos últimos tienen un promedio de absorción del 4.48%, siendo el más bajo de los tres. Esto se debe a las propiedades repelentes al agua del plástico PEAD.

Es importante destacar que, aunque los paneles de cemento y PEAD tienen la menor absorción y cumplen con la clasificación de panel H1 según la normativa NTP 334.185 (INACAL, 2021), es decir, una absorción menor al 5%, los otros paneles aún cumplen con los requisitos normativos de absorción y son adecuados para su uso como revestimientos, clasificándose como H2 (absorción menor al 10%) y perteneciendo al grupo AIIb-2 según la normativa NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020).

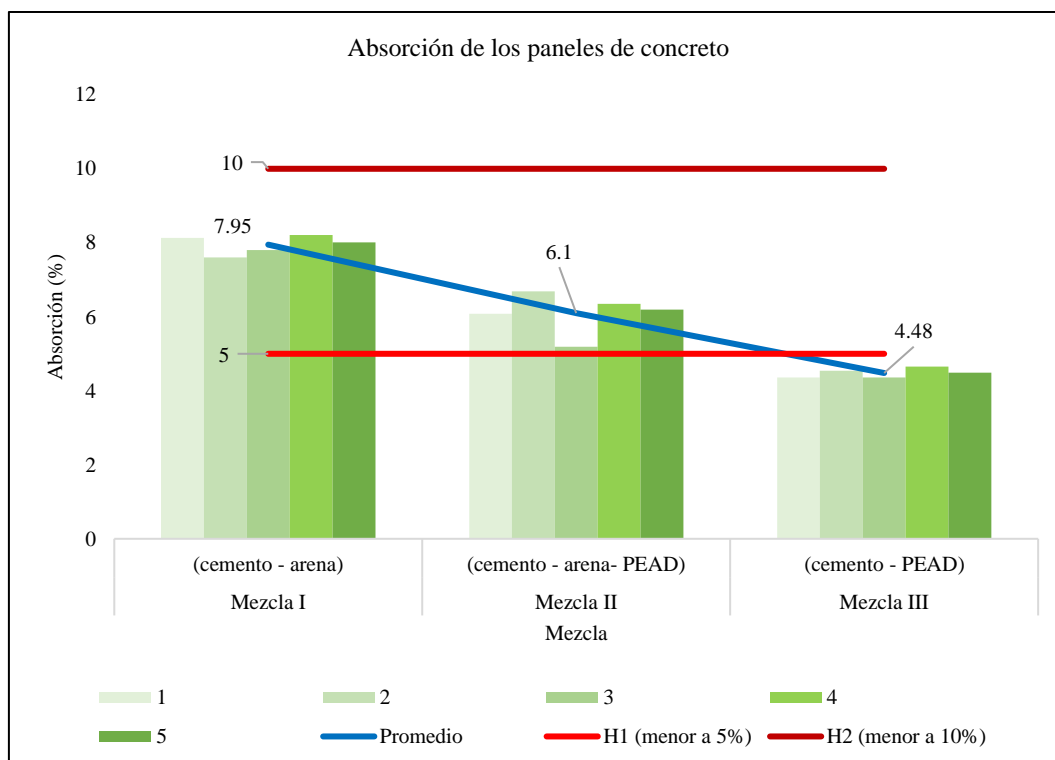
**Tabla 26**

*Porcentaje de Absorción de los Paneles de Textura 3D*

Absorción (%)			
Paneles	Mezcla I (cemento - arena)	Mezcla II (cemento - arena- PEAD)	Mezcla III (cemento - PEAD)
1	8.13	6.08	4.36
2	7.6	6.69	4.54
3	7.8	5.19	4.36
4	8.21	6.35	4.65
5	8.01	6.19	4.49
Promedio	7.95	6.10	4.48
Máximo	8.21	6.69	4.65
Mínimo	7.6	5.19	4.36

**Figura 35**

*Absorción de los Paneles de Textura 3D*



La densidad de un panel proporciona una indicación importante de su peso y, por lo tanto, de su manejabilidad y su idoneidad para diferentes aplicaciones. El panel con mayor densidad es el elaborado con la mezcla de cemento y arena, alcanzando un valor promedio de 2.36 g/cm<sup>3</sup>. Esto significa que este tipo de panel tiene una mayor masa por unidad de volumen, lo que le otorga una mayor resistencia y solidez.

Por otro lado, el panel elaborado con cemento, arena y PEAD tiene una densidad de 2.17 g/cm<sup>3</sup>. Al agregar PEAD a la mezcla, se logra reducir la densidad en comparación con el panel de cemento y arena. Esto implica que el panel es más ligero, lo que puede ser beneficioso en términos de manejo, transporte e instalación.

Finalmente, el panel compuesto por cemento y PEAD obtuvo una densidad de 1.03 gr/cm<sup>3</sup>. Este panel presenta la menor densidad de los tres tipos de paneles analizados. La inclusión de PEAD en la mezcla de cemento contribuye a disminuir la densidad del panel, lo que lo hace aún más liviano y fácil de manejar.

Es importante mencionar que, si bien los paneles de revestimiento elaborados tienen densidades superiores a 0.80 g/cm<sup>3</sup>, de acuerdo con la norma NTP 334.185, que establece las propiedades de los paneles estructurales de yeso, se considera que cumplen con los requerimientos normativos. Sin embargo, al comparar estas densidades con los estándares establecidos por la norma NTP-ISO 13006 para paneles de revestimiento cerámico, se verifica que los paneles de cemento, arena y/o PEAD cumplen con los lineamientos normativos (densidad menor a 2.5 g/cm<sup>3</sup>), lo que los hace adecuados para su uso como revestimientos en edificaciones.

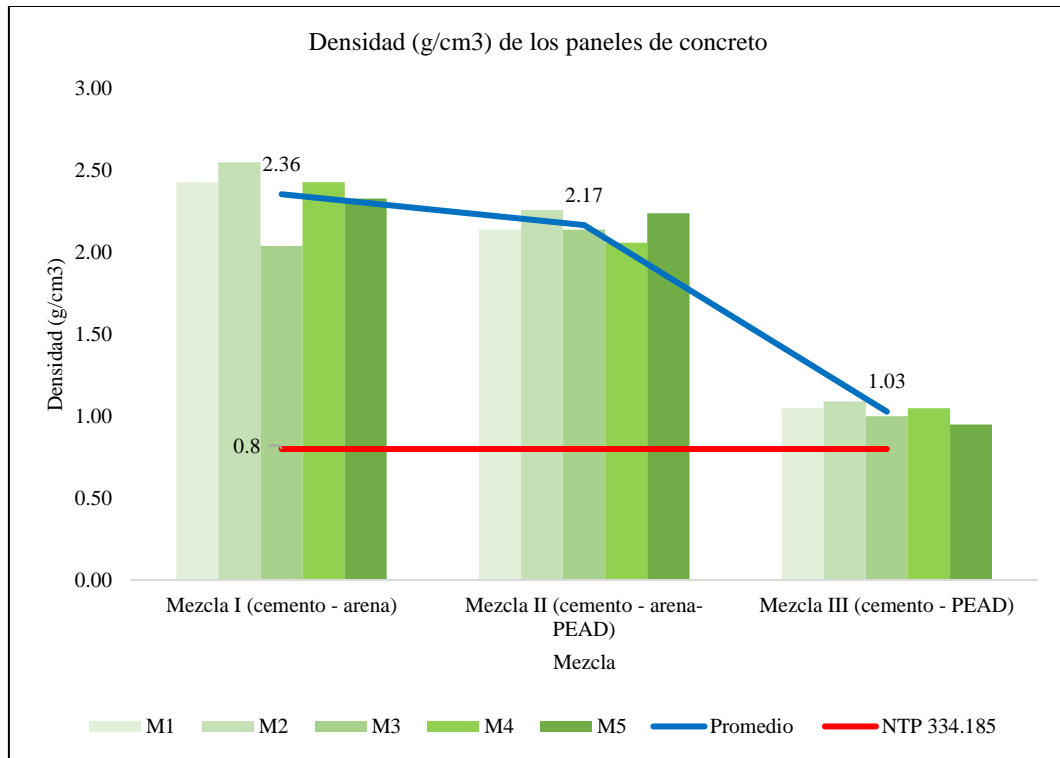
**Tabla 27**

*Densidad de los Paneles*

Muestras	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )		
	Mezcla I (cemento - arena)	Mezcla II (cemento - arena- PEAD)	Mezcla III (cemento - PEAD)
M1	2.43	2.14	1.05
M2	2.55	2.26	1.09
M3	2.04	2.14	1.00
M4	2.43	2.06	1.05
M5	2.33	2.24	0.95
Promedio	2.36	2.17	1.03
Máximo	2.55	2.26	1.09
Mínimo	2.04	2.06	0.95

**Figura 36**

*Densidad de los Paneles de Textura 3D*



#### **4.1.4. Propiedades mecánicas de los paneles de textura 3D**

La resistencia a la rotura y el módulo de rotura a flexión son dos parámetros dados en la NTP-ISO 13006 para caracterizar mecánicamente a los paneles de revestimiento. Donde la resistencia a la rotura se entiende como la capacidad de resistir fractura o rotura por un material ante una carga extrema. En este caso, la resistencia a la rotura de los paneles en promedio es 2060.38 N para la mezcla I de cemento con arena, 2445.65 N para la mezcla II de cemento, arena y PEAD, y 841.74 N para la mezcla de cemento con PEAD. Siendo así, es evidente que cuando se supera la dosificación de diseño base de cemento: arena: PEAD (con 70% de arena y 30% de PEAD), la resistencia a la rotura de los paneles tiende a disminuir progresivamente, restando su capacidad para soportar cargas y tensiones; no obstante, al comparar los resultados con las solicitaciones de resistencia a la rotura en paneles del grupo AIII (como mínimo 600 N) y AIIb-2 (como mínimo 750 N) dados en la NTP-ISO 13006, se comprueba que, todos los paneles de textura 3D cumplen con los lineamientos de resistencia a la rotura, e incluso superan crecientemente estos valores. Los paneles de cemento-arena representan 2.75 veces la resistencia a la rotura de la categoría AIIb-2 y 3.43 veces la resistencia a la rotura de la categoría AIII, mientras que, los paneles de cemento-arena-PEAD representan 3.26 y 4.08 veces, respectivamente, la resistencia a la rotura de la categoría AIIb-2 y AIII de los paneles de revestimiento; pero incluso los paneles de cemento con PEAD que son los de menor capacidad mecánica, representan 1.12 y 1.40 veces, respectivamente, la resistencia a la rotura de los grupos AIIb-2 y AIII de los paneles de revestimiento. Lo que, significa que cualquiera de las dosificaciones planteadas puede ser utilizada para la elaboración de paneles de revestimiento.

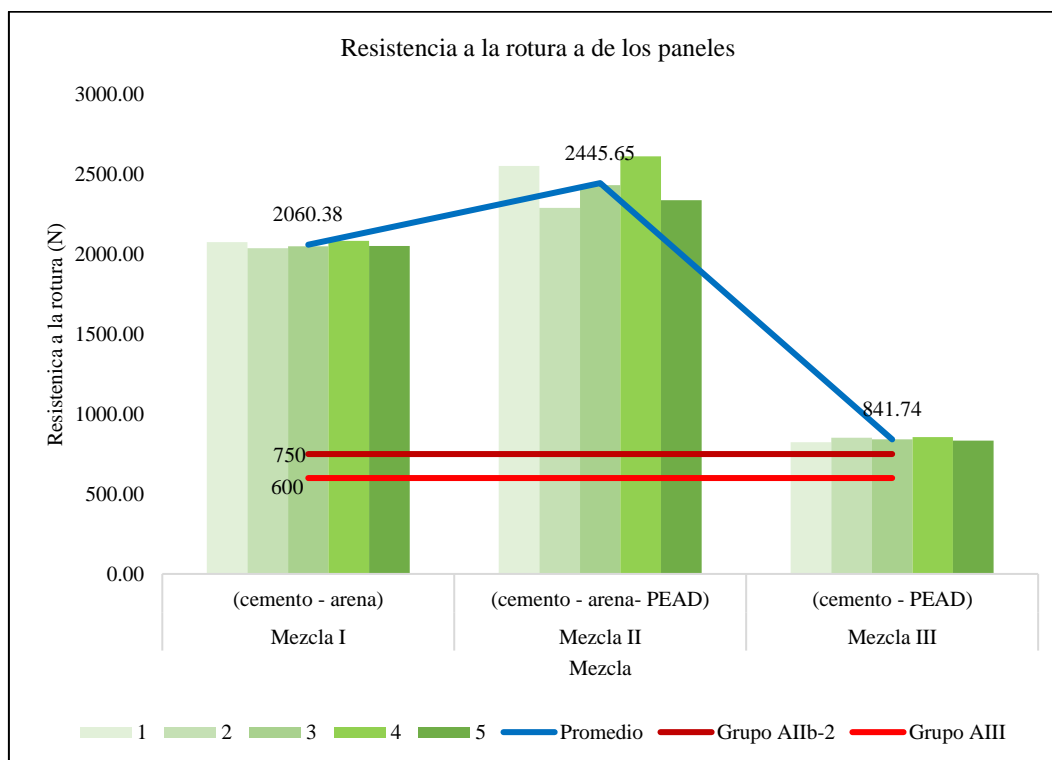
**Tabla 28**

*Resistencia a la Rotura de los Paneles*

Paneles	Resistencia a la rotura (N)		
	Mezcla I (cemento - arena)	Mezcla II (cemento - arena- PEAD)	Mezcla III (cemento - PEAD)
1	2075.21	2553.82	824.58
2	2038.58	2290.33	851.80
3	2050.91	2432.74	841.47
4	2084.70	2612.48	856.51
5	2052.48	2338.87	834.34
Promedio	2060.38	2445.65	841.74
Máximo	2084.70	2612.48	856.51
Mínimo	2038.58	2290.33	824.58

**Figura 37**

*Resistencia a la Rotura de los Paneles*



El módulo de rotura a flexión es una medida de la capacidad de un panel para soportar fuerzas perpendiculares a su superficie que causan curvatura. En la NTP-ISO 13006 se establecen criterios mínimos para este parámetro, también conocido como resistencia a la flexión. Se exige que el módulo de rotura a flexión sea superior a 8 N para el grupo AIII y superior a 9 N para el grupo AIIb-2.

Los paneles con cemento y arena tienen 62.25 kg/cm<sup>2</sup> en cuanto al módulo de rotura a flexión, lo que significa que no cumplen con los requisitos mínimos. Esto se debe a que su resistencia representa apenas el 80% del módulo de rotura requerido para el grupo AIII y el 71% del requerido para el grupo AIIb-2.

Por otro lado, los paneles con cemento y PEAD tienen un promedio de 28.32 kg/cm<sup>2</sup> en cuanto al módulo de rotura a flexión, lo que significa que su resistencia es apenas el 35% y el 31% de la requerida para los grupos AIII y AIIb-2 respectivamente. Esto se debe a que el aumento del contenido de PEAD en la mezcla reduce la capacidad mecánica de los paneles debido a la falta de adherencia entre el cemento y el PEAD. Además, al utilizar PEAD que no ha sido cortado en gránulos menores al tamiz N° 200 de manera adecuada, las partículas no se distribuyen uniformemente y se generan más vacíos en el material.

En contraste, la mezcla base de diseño (70% arena + 30% PEAD), conocida como mezcla II, muestra una mejor capacidad mecánica. Con un promedio de 78.74 kg/cm<sup>2</sup> de módulo de rotura a flexión, esta mezcla se acerca más a cumplir con los valores mínimos establecidos en la NTP-ISO 13006. La arena fina utilizada en esta mezcla cubre los vacíos de la mezcla de manera efectiva, proporcionando una mayor resistencia. Sin embargo, se recomienda el uso de un aditivo superplastificante al 1% para mejorar aún más su capacidad mecánica.

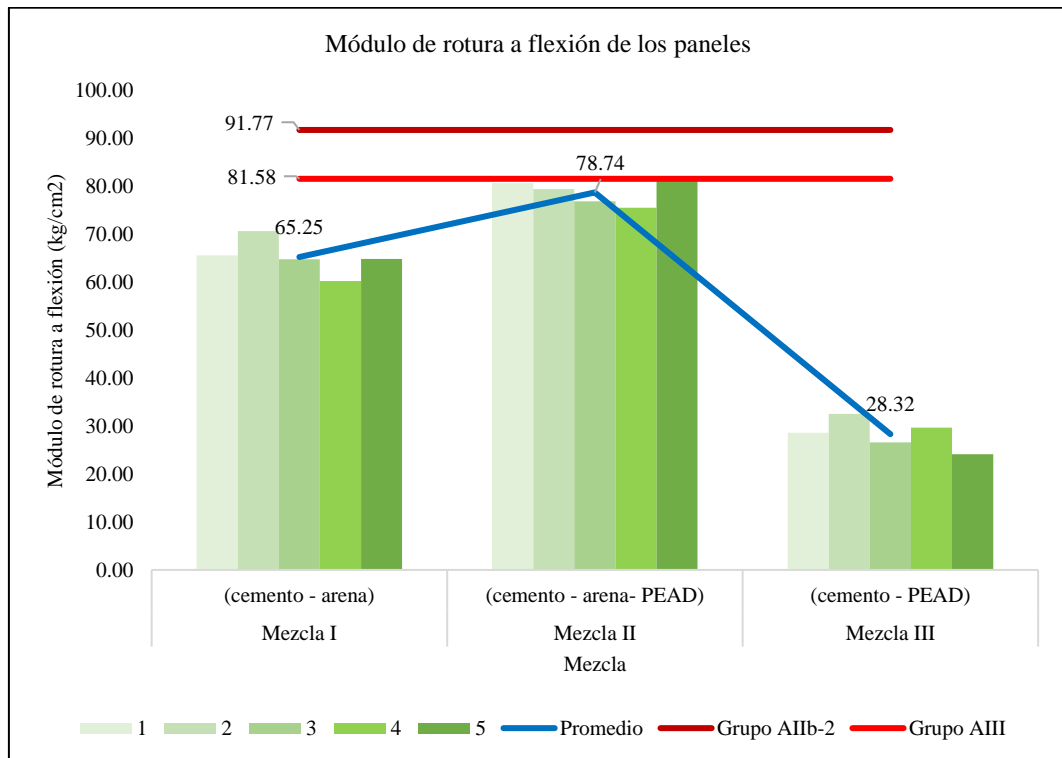
**Tabla 29**

*Módulo de Rotura a Flexión de los Paneles*

Módulo de rotura a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )			
Paneles	Mezcla I	Mezcla II	Mezcla III
	(cemento - arena)	(cemento - arena- PEAD)	(cemento - PEAD)
1	65.58	80.71	28.60
2	70.71	79.44	32.57
3	64.81	76.88	26.59
4	60.28	75.54	29.71
5	64.86	81.12	24.12
Promedio	65.25	78.74	28.32
Máximo	70.71	81.12	32.57
Mínimo	60.28	75.54	24.12

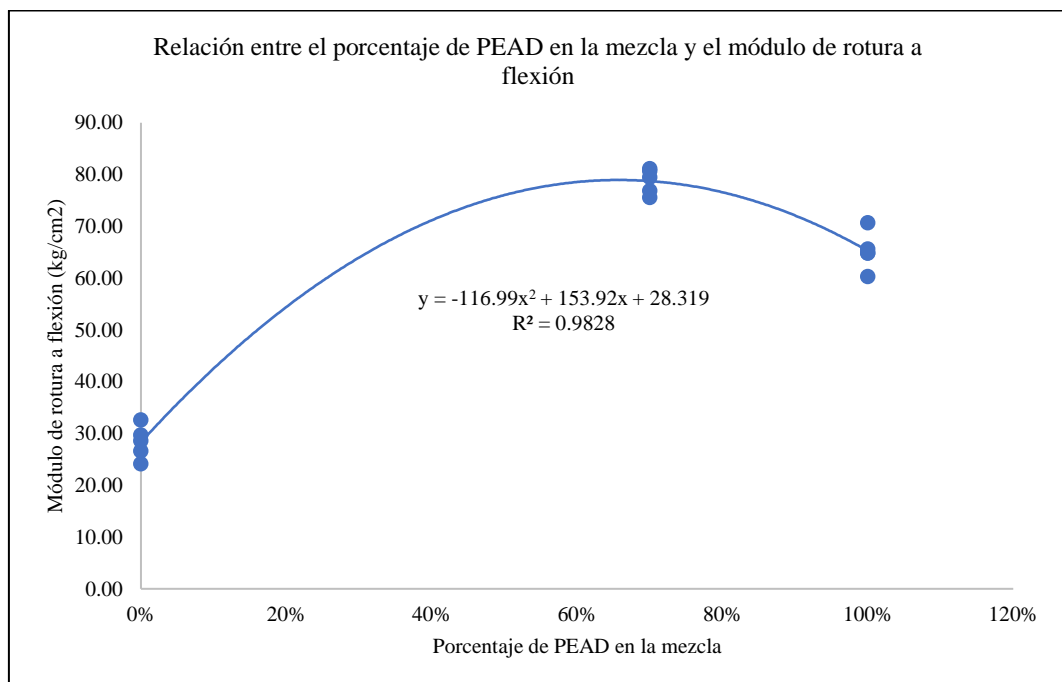
**Figura 38**

*Módulo de Rotura a Flexión de los Paneles*



**Tabla 30***Relación entre el Porcentaje de Áridos y la Capacidad Mecánica de los Paneles*

PEAD	Arena (%)	Módulo de rotura a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la rotura (N)
0%	100%	65.58	2075.21
0%	100%	70.71	2038.58
0%	100%	64.81	2050.91
0%	100%	60.28	2084.70
0%	100%	64.86	2052.48
30%	70%	80.71	2553.82
30%	70%	79.44	2290.33
30%	70%	76.88	2432.74
30%	70%	75.54	2612.48
30%	70%	81.12	2338.87
100%	0%	28.60	824.58
100%	0%	32.57	851.80
100%	0%	26.59	841.47
100%	0%	29.71	856.51
100%	0%	24.12	834.34

**Figura 39***Relación entre el Porcentaje de Áridos y la Capacidad Mecánica de los Paneles*

#### ***4.1.5. Análisis técnico económico de los paneles de textura 3D para su uso como revestimiento en paredes exteriores de edificaciones***

##### **a) Comparación técnica**

Al analizar en detalle las propiedades físico-mecánicas de los paneles de textura 3D con diferentes proporciones de PEAD, se desprenden varias implicaciones importantes. Inicialmente, la observación de que los paneles elaborados exclusivamente con PEAD exhiben una resistencia superior a la exposición ambiental debido a su menor capacidad de absorción de agua resulta significativa. Esta característica los posiciona como una opción atractiva para entornos donde la humedad y otros agentes ambientales pueden desgastar rápidamente otros materiales. No obstante, este beneficio se ve contrarrestado por una menor resistencia mecánica, como lo evidencia su módulo de resistencia a la flexión relativamente bajo, registrado en promedio en 28.32 kg/cm<sup>2</sup>. Esto significa que estos paneles fabricados con esta mezcla no serían aptos para su uso como revestimiento, debido a que, este valor se encuentra por debajo del mínimo de 81 kg/cm<sup>2</sup> establecido por la norma técnica peruana NTP 13006 (INACAL, 2020) para revestimientos cerámicos.

La mezcla I, compuesta únicamente por cemento y arena, presenta un módulo de resistencia a la flexión promedio de 65.25 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor también se encuentra por debajo del mínimo de 81 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, los paneles fabricados con esta mezcla no cumplen con los requisitos mínimos de resistencia y no pueden ser utilizados como revestimiento.

Por otro lado, los paneles que integran cemento, arena y PEAD muestran una mejora sustancial en cuanto a su capacidad mecánica. Este avance se refleja en un módulo de resistencia a la flexión promedio de 78.74 kg/cm<sup>2</sup>, lo que sugiere

una mejor adherencia entre los diferentes agregados utilizados en la mezcla. Esta mejora es especialmente relevante, ya que los paneles de revestimiento deben ser capaces de resistir no solo las inclemencias del tiempo, sino también cargas estructurales y otros tipos de tensiones mecánicas. Sin embargo, a pesar de esta mejora, estos paneles aún no cumplen completamente con el umbral establecido por la norma NTP 13006 para su uso como revestimientos en paredes exteriores, lo que plantea la necesidad de seguir buscando formulaciones y métodos de fabricación que permitan alcanzar este estándar.

**Tabla 31**

*Comparación de las Propiedades de los Paneles de Textura 3D*

Paneles	Muestras	Absorción (%)	Resistencia a flexión kg/cm <sup>2</sup>
Mezcla I (cemento – arena)	M1	8.13	65.58
	M2	7.6	70.71
	M3	7.8	64.81
	M4	8.21	60.28
	M5	8.01	64.86
Promedio		7.95	65.25
Mezcla II (cemento – arena- PEAD)	M1	6.08	80.71
	M2	6.69	79.44
	M3	5.19	76.88
	M4	6.35	75.54
	M5	6.19	81.12
Promedio		6.10	78.74
Mezcla III (cemento – PEAD)	M1	4.36	28.60
	M2	4.54	32.57
	M3	4.36	26.59
	M4	4.65	29.71
	M5	4.49	24.12
Promedio		4.48	28.32

## **b) Comparación económica**

Al analizar los datos proporcionados en la Tabla 32, que detalla los costos por metro cuadrado de los distintos tipos de paneles, se puede observar una variedad de opciones con diferentes consideraciones económicas.

En primer lugar, se identifica que el panel comercial estándar, con unas dimensiones de 0.25 x 0.40 metros, tiene un precio establecido en 23.90 soles por metro cuadrado. Aunque es importante tener en cuenta que estos paneles son más pequeños que los analizados en el estudio, con dimensiones de 0.31 x 0.52 metros, lo que podría implicar una mayor rapidez en la instalación en la obra.

Al comparar con los paneles elaborados con diferentes mezclas, se destaca que el panel fabricado con la mezcla I, compuesta por cemento y arena, presenta un costo por metro cuadrado significativamente inferior, situándose en 15.986 soles. Esto representa un ahorro de 7.91 soles en comparación con el panel comercial estándar, además de requerir menos unidades para cubrir la misma área.

Por otro lado, el panel elaborado con la mezcla II, que incluye cemento, arena y PEAD, tiene un costo por metro cuadrado de 21.848 soles. Aunque es más económico que el panel comercial estándar, con un ahorro de 2.05 soles, es importante tener en cuenta que el costo se incrementa al agregar PEAD a la mezcla.

Por el contrario, el panel fabricado con la mezcla III, compuesta únicamente por cemento y PEAD, resulta ser la opción más costosa, con un precio por metro cuadrado de 35.529 soles. Esto representa un adicional de 11.63 soles en comparación con el panel comercial, lo cual se debe principalmente a la exclusividad del uso de PEAD en la composición del panel.

En conclusión, desde un punto de vista económico, resulta más favorable utilizar paneles sin PEAD, elaborados únicamente con cemento y arena, o paneles con una combinación de cemento, arena y PEAD en las proporciones adecuadas (70% y 30%, respectivamente). Estas opciones ofrecen un equilibrio entre costos y propiedades, lo que las hace más atractivas para su implementación en proyectos de revestimiento de paredes.

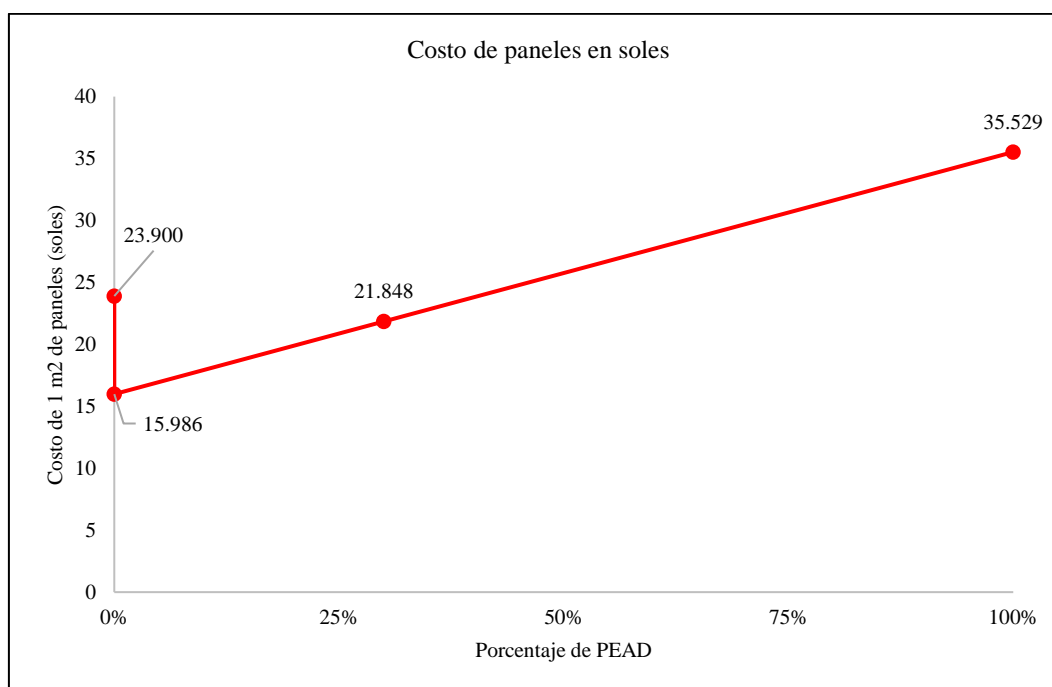
**Tabla 32**

*Comparación Económica de 1 m<sup>2</sup> de Paneles de Textura 3D*

Tipo de panel	Porcentaje de PEAD	Costo unitario de 1 panel (soles)	Unidades de paneles por m <sup>2</sup>	Costo por m <sup>2</sup>	Ahorro o incremento
Panel con arena de 0.31x0.52m	0%	2.578	6.2	15.986	7.91
Panel con arena y PEAD	30%	3.524	6.2	21.848	2.05
Panel con PEAD de 0.31x0.52m	100%	5.730	6.2	35.529	-11.63
Panel comercial de 0.25 x 0.40 m	0%	2.39	10	23.90	

**Figura 40**

*Comparación Económica de 1 m<sup>2</sup> de los Paneles de Revestimiento*

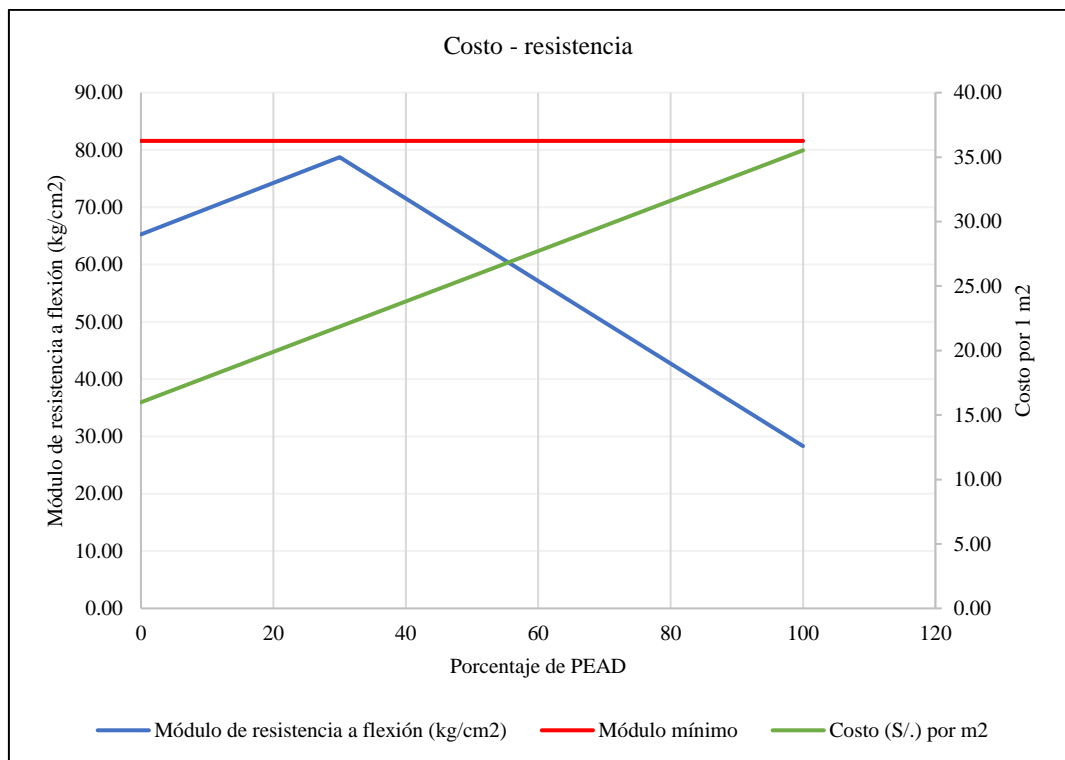


### c) Contraste técnico – económico

La mezcla II, que incluye cemento, arena y PEAD, cumple parcialmente con los requisitos de resistencia a la flexión establecidos en la normativa. Además, se destaca su ventaja económica en comparación con el panel comercial estándar, lo que la posiciona como una opción viable para reemplazar al revestimiento cerámico tradicional. Sin embargo, aún presenta limitaciones en cuanto a su módulo de resistencia a la flexión, el cual es ligeramente inferior al mínimo especificado en la NTP 13006 (INACAL, 2020). Por ello, se sugiere que para futuras investigaciones se realice una nueva elaboración de estos paneles, incorporando un 1% de aditivo superplastificante. Asimismo, se recomienda realizar nuevos análisis de la capacidad mecánica para determinar su idoneidad para su uso en la construcción

**Figura 41**

*Comparación Técnica Económica de los Paneles de Revestimiento*



#### **d) Ventajas y limitaciones de su uso como revestimientos en paredes exteriores**

En cuanto a la resistencia a la flexión, los paneles de textura 3D muestran un valor ligeramente inferior al estándar, mientras que los paneles convencionales cumplen con los requisitos establecidos. Sin embargo, los paneles de textura 3D tienen un menor costo por metro cuadrado en comparación con los paneles comerciales, lo que los hace más accesibles económicamente. Además, se requieren menos unidades de paneles de textura 3D para cubrir un metro cuadrado, lo que agiliza el trabajo constructivo en comparación con los paneles convencionales. Estos paneles también presentan un relieve 3D que les confiere una estética distintiva. Por otro lado, la absorción de los paneles de textura 3D es inferior a la de los paneles comerciales, lo que les otorga una mayor resistencia a la intemperie y a las inclemencias. Siendo así, considerando los beneficios se deben fabricar paneles de textura 3D con 30% de PEAD, pero mejorando previamente su capacidad mecánica con el uso de aditivos del concreto.

**Tabla 33**

*Ventajas y Limitaciones de los Paneles de Textura 3D y los Paneles Comerciales para su Uso como Revestimientos en Paredes Exteriores*

Aspecto	Paneles de textura 3D	Paneles de Revestimiento comerciales
Resistencia a flexión	Ligeramente inferior a lo normado	Cumple con los estándares establecidos
Costo por m <sup>2</sup>	Menor	Mayor
Unidades para cubrir 1 m <sup>2</sup>	Menor	Más
Avance en trabajo constructivo	Mayor	Menor
Estética	Relieve 3D	Convencional
Absorción	Inferior	Mayor
Resistencia a la intemperie	Mayor	Menor

## 4.2. Contrastación de hipótesis

El análisis inferencial se ha realizado en el programa Minitab 22, para determinar si se acepta o rechaza la hipótesis alternativa (H1) o la hipótesis nula (Ho). Se acepta Ho, cuando el valor p es mayor a 0.05 (nivel de significancia), con un nivel de confianza del 95%, pero cuando el valor p es menor a 0.05 se rechaza Ho y se acepta H1. Las hipótesis analizadas fueron:

- Ho: El uso de cemento, arena fina y/o PEAD en la fabricación de paneles de textura 3D no permite obtener propiedades geométricas, físicas y mecánicas adecuadas para su aplicación en revestimientos de paredes.
- H1: El uso de cemento, arena fina y/o PEAD en la fabricación de paneles de textura 3D permite obtener propiedades geométricas, físicas y mecánicas adecuadas para su aplicación en revestimientos de paredes.

Inicialmente se realizó la prueba de normalidad de los datos determinando que, siguen una tendencia normal y que, por ende, se deben aplicar pruebas paramétricas. Siendo así, se inició aplicando la prueba ANOVA para determinar la diferencia entre las medias de acuerdo al tipo de mezcla, comprobando que, las medias tienen diferencia significativa, por tanto, los paneles tienen características físicas y mecánicas diferentes de acuerdo a la dosificación de la mezcla (mezcla I cemento – arena, II cemento – arena – PEAD, III cemento – PEAD).

**Tabla 34**

*Análisis de Varianza (ANOVA) de Absorción*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Paneles	2	30.1463	15.0732	134.00	0.000
Muestras	4	0.6573	0.1643	1.46	0.300
Error	8	0.8999	0.1125		
Total	14	31.7035			

**Tabla 35***Análisis de Varianza (ANOVA) de Módulo de Resistencia a Flexión*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Paneles	2	6812.94	3406.47	464.44	0.000
Muestras	4	60.67	15.17	2.07	0.177
Error	8	58.68	7.33		
Total	14	6932.29			

Se realizó la prueba t-student para verificar cuál de las dosificaciones cumple con los requisitos de la NTP 13006 (INACAL, 2020), determinando que, todas las dosificaciones cumplen con el nivel de absorción (menor a 10%), pero ninguna cumple con igualar el módulo a flexión de 81.58 kg/cm<sup>2</sup>, aunque es la mezcla II de cemento – arena – PEAD la que se acerca más a este objetivo.

**Tabla 36***Estadística Descriptiva de la Absorción (%) de Paneles*

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para $\mu$
Absorción (%) - Mezcla I	5	7.950	0.249	0.111	8.188
Absorción (%) - Mezcla II	5	7.950	0.249	0.111	8.188
Absorción (%) - Mezcla III	5	4.4800	0.1239	0.0554	4.5981

Nota:  $\mu$ : media de población de Absorción (%) - Mezcla I; Absorción (%) - Mezcla II; Absorción (%) Mezcla III.

**Tabla 37***Prueba T-Student de la Absorción (%) de Paneles*

Hipótesis nula  $H_0: \mu = 10$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu < 10$

Muestra	Valor T	Valor p
Absorción (%) - Mezcla I	-18.39	0.000
Absorción (%) - Mezcla II	-18.39	0.000
Absorción (%) - Mezcla III	-99.63	0.000

Nota: u es la media de la absorción de los paneles de textura 3D.

**Tabla 38***Estadística Descriptiva del Módulo de Resistencia a Flexión (kg/cm<sup>2</sup>) de**Paneles*

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para $\mu$
Mezcla I	5	65.25	3.71	1.66	61.72
Mezcla II	5	78.74	2.44	1.09	76.42
Mezcla III	5	28.32	3.19	1.43	25.28

Nota:  $\mu$ : media de población de Resistencia a flexión (kg/cm<sup>2</sup>); Resistencia a flexión (kg/cm<sup>2</sup>\_1;

Resistencia a flexión (kg/cm<sup>2</sup>\_2

**Tabla 39***Prueba T-Student del Módulo de Resistencia a Flexión (kg/cm<sup>2</sup>) de Paneles*

Hipótesis nula  $H_0: \mu = 81.58$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu > 81.58$

Muestra	Valor T	Valor p
Mezcla I	-9.85	1.000
Mezcla II	-2.61	0.970
Mezcla III	-37.35	1.000

Nota:  $\mu$  es la media del módulo de resistencia a flexión de los paneles de textura 3D.

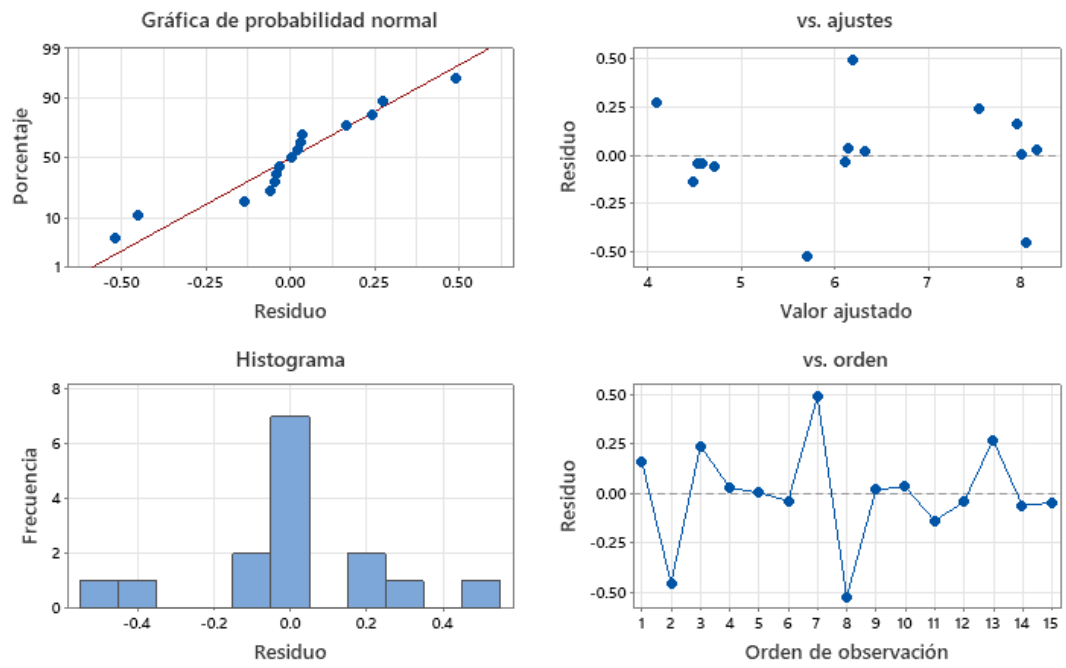
Por tanto, finalmente se ha acepta  $H_0$ : El uso de cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) en la fabricación de paneles de textura 3D no permite obtener propiedades geométricas, físicas y mecánicas adecuadas para su aplicación en revestimientos de paredes exteriores en edificaciones de Chota.

**Tabla 40***Correlación de Pearson*

	Porcentaje de PEAD	Absorción
Absorción (%)	-0.950	
Módulo de rotura a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	-0.841	0.946

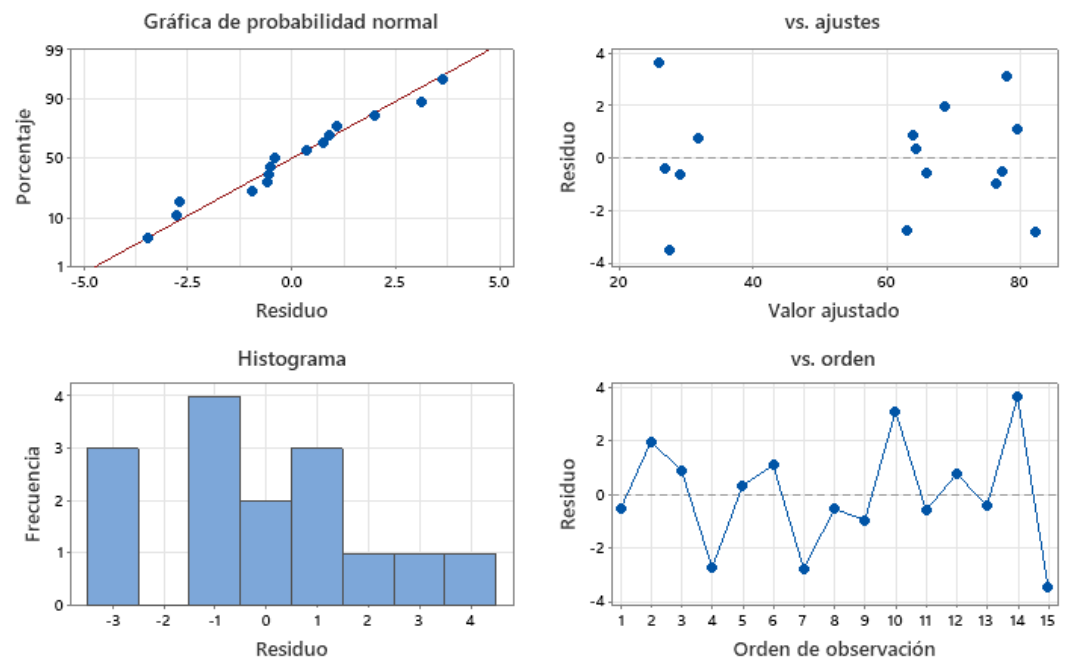
**Figura 42**

*Gráfica de Residuos para Absorción de los Paneles*



**Figura 43**

*Gráfica de Residuos para Módulo de Resistencia a Flexión*



### 4.3. **Discusión de resultados**

El estudio inició con la caracterización detallada de los materiales utilizados para la elaboración de los paneles de textura 3D, enfocándose en las propiedades del agregado fino: la arena y el PEAD.

Respecto a la gradación de los áridos, tanto el PEAD como la arena presentan limitaciones en cuanto al cumplimiento del huso granulométrico establecido en la norma NTP 400.037 (INACAL, 2021). Sin embargo, como indican Aocharoen & Chotickai (2023), el uso de agregados reciclados, como el PEAD, es viable siempre que se consideren las necesidades específicas de cada aplicación. Además, la NTP 400.037 (INACAL, 2021) especifica que, independientemente del cumplimiento del huso granulométrico el árido puede ser utilizado si logra producir unidades con buena capacidad mecánica.

Otro aspecto a considerar es que, ambos áridos no cumplen con el módulo de finura debido a que, la arena es demasiado fina y por el contrario el PEAD es demasiado grueso, para el módulo de finura usual de un agregado fino (2.30 a 3.1) utilizado en la producción de concreto según la NTP 400.037 (INACAL, 2021), pero esta diferencia compensa la falta de un agregado grueso para el diseño de mezclas del concreto, por lo que, en el diseño ACI-211.1 (2022) se consideró al PEAD como el agregado grueso de la mezcla.

El árido reciclado PEAD tiene un peso específico de 1.139 g/cm<sup>3</sup>, significativamente menor al de la arena natural de 2.60 g/cm<sup>3</sup>. Esto concuerda con Wanjare (2024), quien menciona que la incorporación de plásticos reciclados, como el PEAD, produce una reducción en la densidad de los materiales de construcción justamente debido al menor peso específico y peso unitario que, tiene este componente plástico, lo que a la vez genera elementos más livianos.

En cuanto a la absorción de agua, el PEAD al ser un material plástico, no presenta absorción, ni contenido de humedad, a diferencia de la arena que tiene una absorción del 1.3% y un contenido de humedad de 1.44%. Esto concuerda con Álvarez et al. (2024), quienes señalan que la incorporación de residuos plásticos como el PEAD mejoran la resistencia al agua de los materiales. Esto debido a que, el plástico, en especial el PEAD, al estar formado por cadenas poliméricas largas y densas repelen el agua, lo que, lleva a que, no presenten ni humedad ni absorción. Pero, que la arena si tenga este contenido de humedad y absorción es favorable, debido a que lleva a que, dos agregados con distintas características se complementen durante la producción de la mezcla de concreto.

A partir de esta base, se desarrollaron tres mezclas para la fabricación de los paneles (mezcla I cemento – arena, mezcla II cemento – arena – PEAD, mezcla III cemento – PEAD), buscando evaluar su comportamiento geométrico, físico y mecánico, su eficacia económica y sus cualidades estéticas. Los paneles que, se elaboraron fueron de dimensiones de 52 cm x 31 cm x 2.5 cm, mientras que, otros estudios optaron por medidas más comerciales, como Satrawidana & Sukarta (2024) cuyos paneles eran de 30 cm x 30 cm x 3 cm, Harmaji & Zuraida (2019) quienes elaboraron paneles de 10 x 30 x 1 cm y Herrera (2024) quien elaboró paneles de 24.5 x 24.5 x 2.54 cm. También, es importante considerar que, en esta investigación se trabajó con  $f'_c$  de diseño a compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que, en otros estudios utilizaron resistencias superiores, como, Matrinez (2022) cuyo concreto se planteó para  $f'_c$  250 kg/cm<sup>2</sup>, pero también se tuvieron estudios que fueron planteados igual  $f'_c$ , como Mejía (2023), Asto & Diaz (2023) y Juarez & Quispe (2021). Mientras que, pocas investigaciones optaron por  $f'_c$  de diseño inferiores, como Benavidez (2023) y Benavidez (2022) con  $f'_c$  175 kg/cm<sup>2</sup>.

Respecto a las propiedades geométricas se determinó que los paneles de textura 3D, independientemente de la dosificación, cumplen con los requisitos de variación dimensional establecidos en la norma NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020). Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Falliano et al. (2019), quienes encontraron que los paneles ligeros reforzados con fibra cumplen con los requisitos geométricos de la norma UNE EN 12467. También concuerda con Herrera (2024) cuyos revestimientos producidos en Bambamarca cumplían satisfactoriamente los requisitos geométricos, pero no presentan la textura 3D del estudio, por lo que, los paneles de revestimiento producidos en Chota, tienen un aspecto visual más atractivo para fachadas.

Respecto a las propiedades físicas, los paneles elaborados con la mezcla III, compuesta únicamente por cemento y PEAD, presentan la menor absorción, con un promedio de 4.48%. Esto se alinea con los resultados de Álvarez et al. (2024), quienes señalaron que la incorporación de residuos plásticos como el PEAD mejora la resistencia al agua de los materiales. También concuerda con, Benavidez (2022) que determinó que unidades con mayor porcentaje de plástico presentaban menor absorción, debido a las propiedades de este material residual. Así también, lo resalta Vasquez (2021) en cuya revisión bibliográfica detalló como diferentes tipos de plástico reducían notablemente la absorción de los materiales en los que eran adicionados.

Arboleda (2023) también señaló que, el uso de PEAD en paneles de concreto permitía que estos tuvieran una mayor resistencia a la intemperie, identificada por medio de una menor absorción, e incluso los valores obtenidos por dicho autor se asemejan a los obtenidos con la mezcla II de cemento – arena – PEAD, cuya absorción promedio era de 6.10% al utilizar 30% de PEAD en la

mezcla, mientras que, Arboleda (2023) obtuvo 6.70% de absorción al utilizar 20% de PEAT en la mezcla de concreto.

Por otro lado, los paneles fabricados con la mezcla I, de cemento y arena, tienen la mayor absorción, con un promedio de 7.95%. Esto concuerda exactamente con lo reportado por Satrawidana & Sukarta (2024), quienes encontraron que sus paneles de concreto presentaban 7.95% de absorción, no obstante, en ese caso no se trataban de paneles de únicamente cemento y arena, sino que, también tenían como parte de la mezcla 20% de PEAD. Siendo así, muchos de los autores mencionados concuerdan que, los paneles con mayor contenido de plástico en la mezcla, son los que tienden a tener menor absorción. Esto se comprueba al comparar la absorción de los revestimientos elaborados por Herrera (2024) cuyo componente principal es la arcilla (por cocción), con los paneles de textura 3D elaborados con concreto (sin cocción), donde estos últimos en todos los casos independientemente de la dosificación de la mezcla presentan menor absorción, lo que, ha llevado a que cumplan con la NTP-ISO 13006, pero también, a que los paneles elaborados con cemento – arena – PEAD (mezcla II), se cataloguen como H1, paneles resistentes a la humedad e intemperie según la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

En cuanto a la densidad, los resultados muestran que los paneles con mayor contenido de PEAD presentan una menor densidad, lo cual coincide con Tamil et al. (2023), quienes determinaron que la adición de gránulos de PEAD disminuye la densidad del concreto ligero. A mayor contenido de PEAD en la mezcla menor densidad, siendo los paneles con menor densidad aquellos que se elaboraron con la mezcla III cemento – PEAD que adquieren 1.03 g/cm<sup>3</sup>, siendo su densidad incluso menor a la de los paneles de Satrawidana & Sukarta (2024)

que alcanzaron 1.51 g/cm<sup>3</sup> elaborados con 20% de PEAD, por tanto, son materiales más livianos, lo que facilita su proceso de instalación al ser aplicados como revestimientos de paredes exteriores.

En relación a las propiedades mecánicas, los paneles fabricados con la mezcla II, que contiene cemento, arena y PEAD, presentan la mayor resistencia a la rotura, con un promedio de 2445.65 N. Esto supera ampliamente los requisitos mínimos establecidos en la norma NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020), tal como, los resultados obtenidos por Herrera (2024) para sus baldosas cerámicas. Esto concuerda con, Vanitha et al. (2023) quienes argumentan que pequeñas cantidades de materiales de desecho no biodegradables (plásticos) en las mezclas de concreto, pueden mejorar ligeramente su resistencia a la abrasión. También, López & Pascuales (2022) a partir de su revisión bibliográfica infirieron que, la utilización de plástico granulado en mezclas de concreto puede mejorar su comportamiento mecánico, siempre y cuando las cantidades en que, se agregue sean bajas.

Arboleda (2023) al utilizar 20% de plástico granulado mejoró la resistencia de los paneles de concreto en 13.82%, concordando con los resultados de la investigación, donde se ha utilizado 30% de PEAD granulado. Marín (2023) también, determinó que al añadir 6% de plástico granulado se mejoraba la capacidad mecánica de los paneles en 8.42%. Vasquez (2021) quien determinó que con 10% de plásticos granulados se aumentaba hasta un 25% de la resistencia mecánica de los paneles de concreto.

Pero, otros estudios determinaron resultados contradictorios donde al aumentar el porcentaje de plástico granulado en la mezcla de concreto, la capacidad mecánica se reducía como, por ejemplo, Benavidez (2022) no obstante, en este estudio utilizaron PET y no PEAD; Calero (2023) también determinó que

el concreto con PET reducía su capacidad mecánica; Tamil et al. (2023) demostraron que el agregar polietileno resultaba en la reducción de la resistencia a la compresión de los paneles, pero mejoraba su ductilidad y tenacidad; Álvarez et al. (2024) observaron una disminución creciente de la resistencia al aumentar el contenido de PEAD en los paneles; Aocharoen & Chotickai (2023) también identificaron una reducción creciente de la resistencia a flexión al aumentar el porcentaje de PEAD en los paneles, no obstante, a pesar de ello, argumentan que es viable la producción de concreto con áridos plásticos reciclados.

Sin embargo, esos resultados de reducción de la capacidad mecánica si bien distan de los alcanzados por la resistencia a la rotura, concuerdan con el módulo de rotura a flexión, donde si bien cuando el porcentaje de PEAD es bajo la capacidad mecánica aumenta, al superar el 30% de volumen, el módulo de rotura a flexión, muestran que los paneles con PEAD tienden a presentar una menor resistencia a la flexión, lo cual concuerda con lo reportado por Álvarez et al. (2024), quienes encontraron que a medida que aumenta el porcentaje de PEAD, la resistencia a la flexión disminuye.

Los paneles con cemento – arena – PEAD alcanzan en promedio 78.74 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a flexión, que si bien no es suficiente para superar la NTP-ISO 13006, superan la capacidad mecánica de los paneles elaborados por Satrawidana & Sukarta (2024) con 20% de PEAD que alcanzaban 37.8 kg/cm<sup>2</sup>, y son aceptables según la norma ASTM C129-06. También superan a los paneles elaborados con PEAD por Wanjare (2024) que obtienen 28.76 kg/cm<sup>2</sup>, no obstante, concuerdan con el módulo de rotura de la mezcla III con cemento – PEAD. Mientras que, Álvarez et al. (2024) se acerca más a la capacidad mecánica con sus paneles de yeso con PEAD que alcanzan 50.60 kg/cm<sup>2</sup>, pero sigue siendo

menor al de los paneles de cemento – arena – PEAD. Harmaji & Zuraida (2019) también elaboraron paneles con plástico granulado en este caso PET, pero solo alcanzaron 44.70 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a flexión. Siendo así, en todos estos casos la capacidad mecánica de los paneles con 30% de PEAD es superior. Sin embargo, esta capacidad mecánica es inferior a los 80.64 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzados por los paneles con 20% de PEAD por Arboleda (2023).

Desde el punto de vista técnico, la mezcla II, que combina cemento, arena y PEAD, es la opción más viable para la producción de paneles de revestimiento. Esta mezcla cumple con los requisitos mínimos de resistencia a la rotura flexión, aunque aún no alcanza el valor establecido por la norma NTP-ISO 13006 (INACAL, 2020) para el módulo de rotura a flexión, tal como, los paneles elaborados por Herrera (2024) que no cumplen con este requisito.

En cuanto al aspecto económico, el panel elaborado con la mezcla I, de cemento y arena, es la opción más económica, con un costo por metro cuadrado de 15.986 soles. Esto representa un ahorro significativo en comparación con el panel comercial estándar. Pero al adicionar PEAD los paneles aumentan en costo, tal como lo menciona Calero (2023) en su estudio sobre bloques de concreto con PET. El panel fabricado con la mezcla III, compuesta únicamente por cemento y PEAD, resulta ser la opción más costosa, lo cual coincide con los hallazgos de Calero (2023) y López & Pascuales (2022), quienes indican que la incorporación de plásticos reciclados en la producción de bloques de concreto tiende a incrementar los costos. Pero, la mezcla II de cemento – arena y PEAD resulta tener un costo por m<sup>2</sup> ligeramente inferior al costo por m<sup>2</sup> del revestimiento comercial, por tanto, sigue siendo una opción favorable económicamente.

Por tanto, la mezcla II, que combina cemento, arena y PEAD, se presenta como la opción más viable técnica y económicamente para la producción de paneles de revestimiento, en comparación con los resultados obtenidos por otros investigadores en el campo de la ingeniería civil, tal como, lo destaca Vanitha et al. (2023) quienes resaltan que, la utilización de materiales de desecho no biodegradables en el concreto es factible y podría ofrecer beneficios ambientales significativos al reducir la cantidad de desechos enviados a vertedero. No obstante, cabe recordar que, esta mezcla no cumple a cabalidad con el módulo de rotura a flexión, por tanto, debe mejorarse su capacidad mecánica previo a su uso y/o aplicación en revestimiento de paredes exteriores de edificaciones, dando así, paso a futuras y nuevas investigaciones acerca del uso de PEAD en paneles de concreto con textura 3D.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Al desarrollar paneles de textura 3D, elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) que cumplan los requisitos geométricos (variación dimensional), físicos (absorción) y mecánicos (resistencia a flexión) para su uso como revestimiento en paredes de exteriores de edificaciones de Chota, se llegó a concluir que:

- 1) La arena fina y el PEAD no cumplían con el huso granulométrico de un agregado fino para concreto, además de que, el módulo de finura de la arena era muy bajo y del PEAD muy elevado, lo que, llevaba a que en conjunto adquirieran la gradación correcta. el árido reciclado PEAD tiene un peso específico significativamente menor ( $1.139 \text{ g/cm}^3$ ) en comparación a la arena natural ( $2.60 \text{ g/cm}^3$ ). Además, el PEAD no presenta absorción de agua, a diferencia de la arena que tiene una absorción del 1.3%.
- 2) Los paneles de textura 3D, independientemente de la dosificación utilizada, cumplen con los requisitos de variación dimensional establecidos en la norma NTP-ISO 13006. Las variaciones máximas registradas en largo, ancho y espesor no superan el 0.05%, estando muy por debajo de los límites normativos.
- 3) Los paneles elaborados con la mezcla III, compuesta únicamente por cemento y PEAD, presentan la menor absorción de agua, con un promedio de 4.48%. Por el contrario, los paneles fabricados con la mezcla I, de cemento y arena, tienen la mayor absorción, con un promedio de 7.95%, debido a la alta

capacidad de absorción de este árido natural, pero en todos los casos cumplen con la NTP-ISO 13006, presentando absorciones menores al 10%.

- 4) Los paneles fabricados con la mezcla II, que contiene cemento, arena y PEAD, presentan la mayor resistencia a la rotura, con un promedio de 2445.65 N. Esto supera ampliamente los requisitos mínimos establecidos en la norma NTP-ISO 13006 para los grupos AIIb-2 y AIII de paneles de revestimiento. Sin embargo, en cuanto al módulo de rotura a flexión (78.74 kg/cm<sup>2</sup>), los paneles con PEAD tienden a presentar una menor resistencia, por lo que, no pueden ser utilizados como revestimientos en paredes exteriores de edificaciones.
- 5) La mezcla II, que combina cemento, arena y PEAD, se presenta como la opción más viable técnica y económicamente para la producción de paneles de revestimiento. Esta mezcla logra un equilibrio entre las propiedades mecánicas y los costos, cumpliendo casi en su totalidad con los requisitos mínimos de la norma NTP-ISO 13006, a diferencia de los paneles elaborados con cemento-arena o cemento-PEAD.

## **5.2. Recomendaciones y/o sugerencias**

- 1) Dadas las características físicas favorables del PEAD, se recomienda su uso como sustituto parcial de la arena en la elaboración de paneles texturizados 3D. La combinación de PEAD y arena brindan un equilibrio entre las propiedades de los materiales, mejorando aspectos como la absorción y la densidad de los paneles finales.
- 2) Dado que los paneles de textura 3D elaborados con cemento, arena y/o PEAD cumplen con los requisitos de variación dimensional, se recomienda continuar con su producción y evaluar su desempeño en aplicaciones reales de

revestimiento de paredes exteriores. La estabilidad dimensional es un aspecto clave para garantizar la adecuada instalación y durabilidad de los paneles.

- 3) Considerando que los paneles elaborados con cemento y PEAD presentan la menor absorción de agua, se recomienda priorizar esta mezcla para su uso en aplicaciones donde la exposición a la humedad y las condiciones ambientales adversas sean un factor determinante, previo mejoramiento de su capacidad mecánica.
- 4) Si bien la mezcla II (cemento, arena y PEAD) presenta la mayor resistencia a la rotura, es necesario mejorar su módulo de rotura a flexión para cumplir con los requisitos de la norma NTP 13006. Se recomienda evaluar la incorporación de aditivos o la optimización de la dosificación de los materiales para incrementar la capacidad mecánica de los paneles y así cumplir con los estándares normativos.
- 5) Se recomienda continuar con la investigación y optimización de la mezcla II (cemento, arena y PEAD) para lograr que los paneles de textura 3D cumplan con todos los requisitos de la norma NTP-ISO 13006, especialmente en cuanto al módulo de rotura a flexión. Asimismo, se sugiere evaluar la posibilidad de incorporar aditivos que mejoren el desempeño mecánico de los paneles sin afectar significativamente los costos de producción.

## CAPÍTULO VI.

### REFERENCIAS

- 3devo. (16 de abril de 2020). *¿Qué plásticos son reciclables?* 3devo: <https://www.3devo.com/blog/recycling-plastics>
- Abanto, F. (2014). *Tecnología del concreto*.
- Abeyasinghe, S., Gunasekara, C., Bandara, C., Nguyen, K., Dissanavake, R., & mendis , P. (2021). Engineering Performance on Concrete Incorporated with Recycled High-Density Polyethylene (HDPE)-A Systematic Review. *Polymers*, 13(11). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym13111885>
- Acevedo, I. (2002). Aspectos éticos en la investigación científica a Ciencia y enfermería. *Scielo*, 8(1), 1-5. <https://doi.org/>. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>
- ACI-211.1. (2022). *ACI PRC-211.1-22: Selecting Proportions for Normal-Density and High Density-Concrete - Guide*. American Concrete Institute (ACI).
- Afá, Y., & Loyola, M. (2016). *Influencia del porcentaje en peso de fibra de vidrio AR y aditivo plastificante Copreplast 102, sobre resistencia a la flexión en paneles de concreto reforzado con fibras de vidrio (GRC)*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Álvarez, M., Ferrández, D., Zaragoza-Benzal, A., & Colorado-Pastor, B. (2024). Initiative to Increase the Circularity of HDPE Waste in the Construction Industry: A Physico-Mechanical Characterization of New Sustainable Gypsum Products. *Applied Sciences*, 14(2), 478. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app14020478>
- Antico, F., Wiener, M., Araya, L., & Retamal, R. (2020). Eco-bricks: a sustainable substitute for construction materials. *Journal of Construction*, 16(3), 518-526.
- Aocharoen, Y., & Chotickai, P. (2023). Compressive mechanical and durability properties of concrete with polyethylene terephthalate and high-density polyethylene aggregates. *Cleaner Engineering and Technology*, 13(1), 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100600>
- Apolo-Maruri, A. J., & Cuellar-Cortés, J. S. (2019). *Analisis entre paneles tradicionales y panel de tetra Pak reciclado utilizado en la construcción para viviendas de sectores de bajos recursos*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Roca Fuerte de Guayaquil]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3435>

- Arboleda, J. M. (2023). *Evaluación de Bloques de Concreto Tipo P Incorporando Polietileno de Alta Densidad Reciclado*. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11111>
- Arcus Global. (09 de Enero de 2019). *Concreto fabricado con material PEAD*. : <https://afly.co/t883>
- Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Ecosistemas*, 11(2), 1-6. <https://doi.org/https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/614>
- Asto, J. O., & Diaz, G. M. (2023). *Influencia de perlas de poliestireno para mejorar las propiedades mecánicas del concreto FC =210 kg/cm2 en Trujillo*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Nore]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/36041/Asto%20Campos%20c%20Javier%20Orlando%20%20-%20Diaz%20Villegas%20c%20Gaby%20Marcela.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- Barboza, D., & Rimapa, D. (2017). *Proyecto de pre-factibilidad de instalación de una planta de producción polietileno a partir de etileno*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo].
- Barragán, P. (16 de octubre de 2013). *Leyes fundamentales de química*. Universidad Central del Ecuador.
- Benavidez, D. Y. (2022). *Evaluación del ladrillo sólido de concreto adicionando cal hidratada y plástico PET reciclado, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. [https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/365/Benavidez\\_Rubio\\_DY.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/365/Benavidez_Rubio_DY.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Benavidez, R. (2023). *Incidencia del poliestireno tipo perla en las características estructurales de paneles para muros de tabiquería prefabricada con unión LEGO, utilizando concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , según norma E.070, Chota, 2019*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.14142/471>
- Cabrera, T., León, R., & Ramos, J. (2018). *Importación y comercialización de paneles adhesivos para pared con textura 3D procedente de China*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú].

- Calcina, M., & Delgado, C. (2019). *Análisis de la utilización de residuos plásticos HDPE como remplazo parcial de los componentes del concreto para resistencias  $f_c=2010$  y  $280 \text{ Kg/cm}^2$ , en la ciudad de Arequipa*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María].
- Calero, M. (2023). *Análisis bibliográfico comparativo técnico de bloques de concreto con plástico PET triturado y los tradicionales para Mampostería*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte].
- CAPECO. (2006). *Costos y presupuestos*. Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO).
- CAPECO. (2023). *Tabla salarios y beneficios sociales para el régimen de construcción civil. Expediente N° 235-2023-MTPE/2.14-NEC del 01.06.2023 al 31.05.2024*. Cámara peruana de la construcción (CAPECO). <https://doi.org/https://www.ftccperu.com/images/TABLAS%20SALARIALES%20PDF/Tabla%20salarial%20%202023-2024.pdf>
- Car, E., Oller, S., & Oñate, E. (2000). Tratamiento numerico de los materiales compuestos. *International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE)*. <http://hdl.handle.net/2117/188564>
- Carrasco, S. (2006). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima. San Marcos.
- Castro, A. (2016). *Paneles para revestimientos técnicos de paredes en base a niveles de confort*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato].
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. *Biblioteca electronica de la Universidad Nacional de Colombia*, 2(1), 1-11. [https://doi.org/https://doi.org/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36805674/1-VARIABLES-libre.pdf?1425133381=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3Dvariables\\_de\\_Daniel\\_Cauas.pdf&Expires=1677861738&Signature=PtQCuDCHqLOlfvZGUHE~ULOJqamczGsPkXVFhokmc7Rk72I9A](https://doi.org/https://doi.org/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36805674/1-VARIABLES-libre.pdf?1425133381=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3Dvariables_de_Daniel_Cauas.pdf&Expires=1677861738&Signature=PtQCuDCHqLOlfvZGUHE~ULOJqamczGsPkXVFhokmc7Rk72I9A)
- CELIMA. (02 de noviembre de 2020). Ficha comercial: Revestimiento cerámico esmaltado . CELIMA.
- Cevallos, L. (2019). *Paneles para paredes en base a la mezcla compacta de tallos recuperados de las plantas de sorgo, trigo y aserrín para espacios interiores*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil].

- Chalén, M. (2018). *Estudio de paneles de paja Toquilla como aislante acústico y termico en el revestimiento de paredes*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte Guayaquil].
- Cieza, J. L. (2021). *Evaluación de las propiedades fisico-químicas del agregado fino de las principales canteras del distrito de Conchán para la elaboración de concreto*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/174>
- Corcuera, A. E., & Vela, J. R. (2018). *Impacto en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto a partir de la sustitución de agregado fino pétreo por ecoarena de escoria de acero*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/13755>
- Cordero, G. D., Cárdenas, J. A., & Rojas, J. P. (2022). *Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI*. <https://doi.org/https://doi.org/10.22463/9789587717051>
- Davis, D. (24 de octubre de 2014). *Leyes fundamentales de la química*. SlideServe: [https://www.slideserve.com/davis/leyes-fundamentales-de-la-quimica#google\\_vignette](https://www.slideserve.com/davis/leyes-fundamentales-de-la-quimica#google_vignette)
- De Silva, S., & Prasanthan, T. (2019). Application of Recycled PET Fibers for Concrete Floors. *Engineer*, 52(1), 21-27.
- Faliano, D., Sciarrine, A., De Domenico, D., Maugeri, N., Longo, P., Gugliandolo, E., & Ricciardi, G. (2019). Fiber-reinforced lightweight foamed concrete panel suitable for 3D printing applications. *Materials Science and Engineering*, 615(1).
- Fernandes, F. (2011). Determination of water absorption behaviour in natural fibre reinforced composites. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 3(3), 2061-2070.
- García, L. (2003). Teoría del desarrollo sostenible y legislación ambiental colombiana, una reflexión, cultural. *Revista de Derecho*, 1(20), 198-215. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/851/85102008.pdf>
- Gastezzi, J. H. (2015). *Diseño de un laboratorio para el control de calidad para tuberías de HDPE según la norma INEN 1744 y el aseguramiento de la calidad de los resultados según la norma ISO 17025*. [Trabajo final para la obtención del título: Ingeniero Mecánico. Espol. Fimcp Guayaquil]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30715>
- Giral, J. M. (1995). La teoría del desarrollo sostenible y el objeto de la educación ambiental. *RIFOP: Revista interuniversitaria de formación del profesorado*:

- continuación de la antigua Revista de Escuelas Normales*, 1(23), 53-64.  
<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=117866>
- Gomá, F. (1979). *El cemento Portland y otros aglomerantes. Fundamentos para la interpretación de sus comportamientos en obra*. Editores Técnicos asociados S.A.  
<https://afly.co/wkc3>
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf
- Gyplac. (2023). *Gyplac RH placa resistente a la humedad*. Static:  
<https://static.eternit.pe/cdf/productos/ficha-tecnica-gyplac-resistente-humedad.pdf>
- Harmaji, A., & Zuraida, S. (2019). Green Construction Material: Polyethylene Waste Reinforce Concrete for Panel Application. *International Journal of Built Environment and Scientific Research*, 3(1), 1-6.
- Hernandez, E. (5 de Noviembre de 2015). *Aprovechan plastico de desecho en concretos arquitectonicos*, *Boletín*. UNAM-DGCS-635:  
[https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015\\_635.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_635.html)
- Hernández, H., Otero, J. A., Monsivais, G., & Rodríguez-Ramos, R. (2015a). Homogeneización de materiales compuestos de inclusiones elipsoidales periódicas. *Nova scientia*, 7(14), 286-313.  
[https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052015000200286&script=sci\\_arttext](https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052015000200286&script=sci_arttext)
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta · Parte I. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrawHill Education.  
<https://doi.org/https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Herrera, R. L. (2024). *Evaluación de suelo para fabricación de revestimientos cerámicos no esmaltados, Bambamarca, Hualgayoc, Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Huamán, R. (2018). *Características de agregados producidos en canteras Terbabuena Agrecom y Jicamarca para producir concretos mediante la NTp 400.037-Lima 2018*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].
- Huang, Z. M. (2023). True Stress Theory of Matrix in A Composite: A Topical Review. *Materials*, 16(2), 774. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ma16020774>

- Ibrahim, I. A., Khoo, K. S., Rawindran, H., Lim, J. W., Ng, H. S., Shahid, M. K., & Usman, A. (2023). Environmental Sustainability of Solvent Extraction Method in Recycling Marine Plastic Waste. *Sustainability*, 15(22), 15742. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su152215742>
- INACAL. (05 de enero de 2013). NTP-ISO 10545-2 BALDOSAS CERÁMICAS. Parte 2: Determinación de las dimensiones y calidad superficial. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (05 de enero de 2013). NTP-ISO 10545-3 BALDOSAS CERÁMICAS. Parte 3: Determinación de la absorción de agua, de la porosidad abierta, de la densidad relativa aparente y de la densidad aparente. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (05 de septiembre de 2018). NTP 399.610. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Especificación normalizada para morteros, 2ª ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (17 de enero de 2019). NTP-ISO 10545-4 Baldosas cerámicas. Parte 4: Determinación del módulo y resistencia a la rotura. 2a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (2020). NTP 334.185 YESO. Placas de yeso laminado. *Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo*. Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).
- INACAL. (18 de febrero de 2020). NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (03 de enero de 2020). NTP-ISO 13006 Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y rotulado. 2ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (2021). NTP 339.185 AGREGADOS. *Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo. 3a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). NTP 400.012 AGREGADOS. *Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). NTP 400.022 AGREGADOS. *Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4a Ed.* Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).

- INACAL. (2021). *NTP 400.037 AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Ed.* Instituto Nacional de Calidad.
- Jamis, A. A., & Aboshama, A. Y. (2016). Dimensional Stability of Bamboo Composite Panels." In: Proceedings of the Institution of Civil Engineers. *Construction Materials*, 169(1), 17-26.
- JD & CN Construcciones. (2023). *Catálogo actualizado 2023 UPDATED CATALOG 2023*. JD & CN Construcciones.
- Joyram, H. (2019). A critical evaluation on the factors impacting the adoption of eco-block as a green construction material. *Journal of Building Engineering*.
- Juarez, G., & Quispe, C. (2021). *Análisis de resistencia a compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución de 5%, 10% y 15% perlas de poliestireno expandido, Cusco-2020*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66720/Juarez\\_AG-Quispe\\_PC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66720/Juarez_AG-Quispe_PC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Leiro, A., & Blanco, M. (1990). *Los geotextiles como nuevos materiales organicos en la obra pública*.
- León, C. (2018). *Paneles texturizados en base al caucho reciclado para paredes interiores de edificaciones*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil].
- López, G., & Ore, N. (2018). *Propiedades físicas y mecánicas de paneles elaborados con residuos de polipropileno-2018*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].
- López, I., Arriaga, A., & Pardo, M. (2018). La dimensión social del concepto de desarrollo sostenible: ¿La eterna olvidada? *Revista Española de Sociología*, 27(1), 25-41.
- López, R. A., & Pascuales, J. C. (2022). *Implementación de materiales no convencionales reciclables como el plástico tereftalato (PET) en la elaboración de ladrillo de concreto*. [Tesis de grado, Universidad de Cartagena]. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/16088/Trabajo%20de%20grado.%20LA%cc%83%c2%b3pez%20-%20Pascuales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marín, J. (2023). *propiedades físico mecánicas del ladrillo de concreto vibrado adicionando plástico polipropileno (pp) reciclado en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/6231/Tesis%20->

- [%20Bach.%20Johannes%20Mar%c3%adn%20Vigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)
- Martinez, A. N. (2022). *“Influencia de perlas de poliestireno expandido en las propiedades del concreto estructural  $f_c = 250\text{kg/cm}^2$ , San Martin de Porres - Lima.* [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/98239/Mart%c3%adnez\\_AAN-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/98239/Mart%c3%adnez_AAN-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Mejía, O. (2023). *Sustitución de fibras de tereftalato de polietileno recicladas en la resistencia a compresión del concreto  $FC = 210\text{ kg/cm}^2$  para su uso en infraestructura menor de riego.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].
- Mentzer, C. (2005). *Análisis global en la construcción con polietileno de alta densidad con propósitos de impermeabilización en el desarrollo de proyectos de ingeniería.*
- Mere, R. (2014). *Elaboración y evaluación de placas aglomeradas a base de polietileno de alta densidad reciclado y envases de letra PAK.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Merino, J. (2014). *Aseguramiento de la calidad en la construcción usando polietileno de la alta densidad (HDPE).* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Miravete, A. (2003). *Materiales compuestos 03 (Vol. 1).* Reverte.
- MPCH. (2018). *Plan de desarrollo urbano PDU 2017-2027 Chota.* Municipalidad Provincial de Chota (MPCH).
- Munar, D. A. (2019). *Caracterización mecánica, térmica y morfológica de la matriz de polietileno de alta densidad/polipropileno con cascarilla de arroz y determinación de sus posibles usos.* Universidad Santo Tomás.
- Muñoz-Perez, S. P., Calderón-Coronel, Á. A., Caruajulca-González, A. J., & Huaman-Ticlla, O. R. (2022). Propiedades físicas y mecánicas del concreto fabricado con agregado reciclado: Una revisión literaria. *Respuestas*, 27(1), 38-56. <https://doi.org/https://doi.org/10.22463/0122820X.3081>
- MVCS. (2006). Norma E.070 "Albañilería". En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-15). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). [https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/RNE2006\\_E\\_070.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_070.pdf)

- Navarrete, C. (2018). *Elaboración de paneles decorativos para revestimiento de paredes a base de micelios y cáscara de maní*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador].
- Neville, A. M. (2014). *Propiedades del cemento y del hormigón*. Ediciones Díaz de Santos.
- Oviedo-Sánchez, K., & Mejía-de-Gutiérrez, R. (2019). Mortero geopolimérico para uso potencial como recubrimiento en concreto. *Revista EIA*, 16(31), 159-170. <https://doi.org/https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1243>
- Panel Wall. (2019). *Como hacer un panel 3D con \$.50 centavos/3D*. Youtube: <https://afly.co/tc13>
- Pérez, M., & Sánchez, M. (2014). Fundamentos de la mecánica de los materiales compuestos. *Universitat Politècnica de Catalunya*, 1(11), 19-50. <https://doi.org/https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/23648/200-663-1-PB.pdf>
- Pralea, J., Sficlea, M., & Pop, M. (2019). *Ecological materials used in ecodesing*.
- Puerto, J. D. (2019). *Efecto de la nanosilice sobre las propiedades reológicas de la matriz cementante y su influencia en el estado endurecido del concreto hidráulico*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77336>
- Punitha, V., Sakthieswaran, N., & Babu, O. (2021). *Experimental invesgation of concrete incorporating HDPE plastic waste and metakaolin*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.288>
- Qicha, J. (2016). *Diseño de mezcla de concreto  $F_c=175\text{kg/cm}^2$  adicionando relave minero para tránsito ligero relavera Pacacocha-P Virreyna-Castrvirreyna-Huancavelica*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo].
- Quinteros, R. (2014). *Modelización del co portamiento de estructuras de mamposteria mediante la teoria de homogeneización*. <http://www.cimne.com/PLCd/cvdata/cntr1/dtos/img/mdia/Files-for-download/1-Thesis/2014---R-Quinteros.pdf>
- Quisque , J. (2018). *Comportamiento mecánico de un concreto convencional y un concreto de fibras de acero wirand sometido a altas temperaturas de incendio en la ciudad de Juliaca*. [Tesis de grado, Universidad Andina "Nestor Cáceres Velásquez".

- Ratnasingam, j. (2018). Physical and mechanical properties of hybrid multi-layer bamboo-wood laminated composite panels. *Construction and Building Materials*, 184(1), 497-505.
- Rezola, J. (1976). *Características y correcta aplicación de los diversos tipos de cemento: Porlant, siderurgicos, puzolanicos, aluminios, compuestos y naturales*. Editores tecnicos asociados S.A. <https://afly.co/wkk3>
- Rodríguez, A. (28 de diciembre de 2018). *MORTEROS Lección 3: DOSIFICACIÓN de morteros en VOLUMEN*. Materiales de construcción: <https://www.youtube.com/watch?v=59zVEXeOxrk>
- Romero, A., & Hernandez, J. (2014). *Diseño de mezclas de hormigón por el método A.C.I. y efectos de adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la comprensión*. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomas, Bogota].
- Salenikovich, A. (2019). Effect of temperature and moisture content on the dimensional stability and mechanical properties of wood plastic composites made from pine wood and recycled HDPE. *Composites Part B: Engineering*, 180(1), 107586.
- Sánchez, A. O. (2022). *Evaluación del ladrillo King Kong de 18 huecos adicionando vidrio pulverizado reciclado, Santa Rosa, Chalamarca, Chota, 2021*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Sanchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bhandar editores Ltda. Bhandar editores Ltda. <https://afly.co/wm63>
- Sarkar, T., Naskar, M. K., Chakraborty, A., Roy, P. K., & Chakraborty, S. (2024). Preparation of high-strength waste-derived eco-friendly ceramic foam as face brick and its estimation of building energy consumption for thermal insulation. *Journal of Building Engineering*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109043>
- Sastrawidana, I. D., & Sukarta, I. N. (2024). Precast lightweight concrete wall panels from plastic waste and household ash as partially sand and cement replacement. *Archives of Materials Science and Engineering*, 125(1), 22-31. <https://doi.org/DOI: 10.5604/01.3001.0054.4732>
- Sierra, J. A. (2016). *Usos y aplicaciones del plástico PEAD reciclado en la fabricación de elementos estructurales para construcción de vivienda en Colombia*. [Tesis de maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. <https://doi.org/https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/432>

- Sosa, V., & Zubillaga, S. (2020). Sostenibilidad en la industria de la construcción civil: Empleo de residuos de construcción y demolición en la fabricación de postes de tendido eléctrico de hormigón armado. *Revista Científica OMNES*, 3(2), 110-126. [https://doi.org/https://www.columbia.edu.py/investigacion/ojs/index.php/OMNE SUCPY/article/view/69](https://doi.org/https://www.columbia.edu.py/investigacion/ojs/index.php/OMNE%20SUCPY/article/view/69)
- Sravani, K., Parameshwaran, R., & Ram, V. (2020). Experimental Study on PCM-Based External Wall Cladding for Energy Efficient Buildings. *Recent Advances in Mechanical Engineering*, 513-526.
- Tamil, M. S., Dasarathy, A. K., & Ponkumar, I. (2023). Mechanical properties on light weight aggregate concrete using high density polyethylene granules. *Materialstoday: Proceedings*, 81(2), 926-930. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.302>
- Tapia, J. A. (17 de setiembre de 2023). *Leyes de las proporciones definidas*. Universidad Técnica de Oruro.
- Tinoco, G. (2018). *Uso del residuo agrícola de la caña de azúcar como material alternativo para la elaboración de paneles prefabricados ecológicos de yeso-Lima 2018*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
- twister, V. t. (Dirección). (2019). *Como hacer panel 3D con \$.50 centavos/3D wall panel [video]*. Youtube [Película]. <https://afly.co/tc13>
- Valdiviezo, S. N., & Vera, K. J. (2019). *Elaboración de paneles de revestimiento para paredes a base de fibra de vidrio y estopa de coco para viviendas de interés social en la ciudad de Guayaquil*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil].
- Vanitha, S., Padmalosan, P., Sampath, V., Singh, R., Anish, M., Kishor, N., & Krishna, S. (2023). Investigation of the use of non-biodegradable waste materials in concrete via experimental research. *Science Direct*, 20(1), 18-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.052>
- Vasquez, A. M. (2021). *Efecto de las adiciones de plástico reciclado en diferentes porcentajes, las propiedades mecánicas del concreto, acorde a los resultados obtenidos en anteriores investigaciones, Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29686/Vasquez%20Rivas plata%20Abner%20Michel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29686/Vasquez%20Rivas%20plata%20Abner%20Michel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Walls, C., Choi, B. K., Putri, A. R., Bernal-Osorio, A., D'Souza, A., Khadse, H., & Beck, G. (2023). Recycling of Metallized Plastic as a Case Study for a Continuous Sustainability Improvement Process. *Sustainability*, *15*(20), 14-37. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su152014737>
- Wanjare, P. (2024). *Effect of recycled plastic in concrete on its compressive and flexural strength*. [Master of Science Thesis, The Pennsylvania State University]. <https://doi.org/https://etda.libraries.psu.edu/catalog/32449pvw5210>
- Xavier, S., & Rastellini, F. (2014). Análisis no-lineal de materiales compuestos mediante la teoría de mezclas serie-paralelo. *Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE)*, *1*(4), 237-260. <https://doi.org/10.3926/oms.208>
- Xu, X., Wang, Y., & Tao, L. (2018). Comprehensive evaluation of sustainable development of regional construction industry in China. *Journal of Cleaner Production*, 1078-1087. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.248>
- Zalamea, F. (2001). *Tratamiento numérico de los materiales compuestos mediante la teoría de homogeneización*. [Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)]. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=236543>

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

### Anexo A. Matriz de consistencia

**Tesistas:** Edinson Alexander Campos Tapia y Eyder Burga Diaz

**Título de tesis:** Paneles de textura 3D elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD), Chota

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicador	Metodología
¿Es posible elaborar paneles de textura 3D utilizando cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) que presente propiedades geométricas, físicas y mecánicas adecuadas para su aplicación en revestimientos de paredes exteriores en edificaciones de Chota?	<p><b>Objetivo general</b> Desarrollar paneles de textura 3D, elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) que cumplan los requisitos geométricos (variación dimensional), físicos (absorción) y mecánicos (resistencia a flexión) para su uso como revestimiento en paredes de exteriores de edificaciones de Chota.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Analizar las propiedades físicas de los materiales, arena fina de la cantera Conchán y/o polietileno de alta densidad (PEAD), a utilizar en la elaboración de paneles texturizados 3D.</li> <li><input type="checkbox"/> Determinar la variación dimensional de los paneles de textura 3D, elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD), Chota.</li> <li><input type="checkbox"/> Determinar el nivel de absorción de los paneles de textura 3D, elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD), Chota.</li> <li><input type="checkbox"/> Analizar la capacidad mecánica de los paneles de textura 3D, elaborados con cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD), Chota.</li> <li><input type="checkbox"/> Precisar el tipo de mezcla que permita la elaboración de paneles de textura 3D con mejores propiedades físico-mecánicas, para su uso como revestimiento en paredes exteriores de las edificaciones de Chota.</li> </ul>	El uso de cemento, arena fina y/o polietileno de alta densidad (PEAD) en la fabricación de paneles de textura 3D permite obtener propiedades geométricas, físicas y mecánicas adecuadas para su aplicación en revestimientos de paredes exteriores en edificaciones de Chota.	Variable independiente	Cemento Portland Tipo I	Densidad	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Básica y aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Cuasi experimental Muestra: 60 paneles de textura 3D de dimensiones 520 x 310 x 25 mm (Figura 18), elaborados con cemento Portland Tipo I, arena y/o PEAT según tres tipos de diseño de mezclas (Mezcla I de cemento con arena, mezcla II de cemento, arena y PEAD, mezcla III de cemento y PEAT) para la resistencia a compresión base $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> , para ser sometidos a ensayos de absorción, densidad, variación dimensional y flexión.
					Superficie específica	
					Contenido de aire	
				Arena	Granulometría	
					Peso específico	
					Absorción	
			PEAD	Peso unitario		
				Granulometría		
				Peso específico		
			Variable dependiente	Mezcla	Absorción	
					Peso unitario	
					Mezcla I	
				Propiedades geométricas	Mezcla II	
					Variación dimensional	
					Densidad	
Propiedades físicas	Absorción					
	Resistencia a la flexión					
	Resistencia a la rotura					
Propiedades mecánicas de paneles 3D	Módulo de rotura					
	Resistencia a la flexión					
	Absorción					
Comparación técnica	Resistencia a la flexión					
	Materiales					
	Equipos y/o herramientas					
Comparación económica	Mano de obra					

## Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1. Análisis granulométrico del agregado fino



Nota: En el laboratorio, como primer paso del análisis granulométrico, se realizó un cernido preciso del plástico PEAD mediante tamices.

Fotografía 2. Análisis granulométrico de PEAD



Nota: En el laboratorio, como primer paso del análisis granulométrico, se realizó un cernido preciso del plástico PEAD mediante tamices.

Fotografía 3. Ensayo de Peso Específico y absorción del agregado fino



Nota: Proceso de Saturación de agua

Fotografía 4. Ensayo de Peso Específico y absorción del agregado fino



Nota: En el laboratorio, después de la saturación de agua se colocó la muestra en un baño a temperatura constante de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Fotografía 5. Determinación del Peso Unitario Suelto



Nota:

En la imagen, se observa el proceso de determinación del peso unitario del agregado fino mediante una balanza de precisión, una fase crucial para asegurar la calidad y consistencia en la construcción.

Figura 6. Diseño de mezcla



Nota: En la imagen, se aprecia el proceso de elaboración de una mezcla para concreto, en el cual se está agregando PEAD como componente, añadiendo así propiedades específicas al material final.

Fotografía 7. Determinación del peso unitario del PEAD



Nota: La imagen muestra el proceso de compactación del recipiente lleno de agregado PEAD utilizando una varilla, garantizando así una distribución uniforme y una mayor densidad en la muestra para su análisis.

Fotografía 8. Elaboración de paneles



Nota: La imagen muestra el proceso de fabricación de paneles utilizando una mezcla predeterminada, donde se combinan cuidadosamente los materiales para garantizar la calidad y la uniformidad en la producción de los paneles.

### ***Anexo C: Costo de producción de paneles PEAD***

#### **a) Costo de mano de obra, materiales e instrumentos**

Los costos de mano de obra se han considerado de la tabla de salarios y beneficios sociales para el régimen de construcción civil del 01.06.2023 al 31.05.2024 (CAPECO, 2023).

Los costos han sido modificados tomando en cuenta los precios de los productos en ferreterías locales de la ciudad de Chota.

- Envases PEAD. El costo de 1 kg de envases PEAD en la recicladora Leo es de 1 sol.
- Cemento. El costo unitario del cemento Portland Tipo I es de 30 soles.
- Arena. El costo de 1 cubo de arena de la cantera Conchán es de 80 soles.
- Moldes. El molde fue adquirido directamente de la empresa JD & CN construcciones EIRL por un precio de 180 soles (incluye envío).
- Mezcladora. Se ha considerado el costo de alquiler de la mezcladora de 9-11 p3, siendo de 15 soles la hora.
- El costo de 1 m<sup>2</sup> de panel comercial (revestimiento) de acuerdo a los precios locales y la página web de Sodimac oscila de 16.90 soles a 30.90 soles, por lo que, el precio promedio de compra es de 23.90 soles (precio que se ha considerado como el costo para la comparación en el estudio).

#### **b) Costo del PEAD triturado**

El PEAD triturado se obtiene a partir de la recolección de envases de plástico PEAD, que son adquiridos en la recicladora Leo por el precio de 1 sol por kilogramo. Pero luego, estos deben ser triturados para conseguir PEAD granulado, lo que incrementa su costo por kilogramo a 1.06 soles. El rendimiento, mano de obra y requisitos de materiales y equipos se a tomado en cuenta en base al proceso realizado en campo para la obtención del material del estudio.

**Tabla 41 Costo Unitario del PEAD**

Rendimiento	kg/día	250	EQ	250	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	4	0.1280	10.59	1.356
Peón	hh	2	0.0640	7.48	0.479
					<b>1.834</b>
<b>Materiales</b>					
PEAD	kg		250	1.00	250.000
					<b>250.000</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		5.000	1.83	0.092
Triturador de plástico/ amoladora	hm	4	0.1280	100	12.800
					<b>12.892</b>
Costo unitario directo en 250 kg de PEAD					<b>264.726</b>
Costo unitario directo en 1 kg de PEAD					<b>1.059</b>

Nota: Los rendimientos que se han colocado se han formulado en base al tiempo que ha tomado al equipo de trabajo para la producción de PEAD triturado para el estudio.

### c) Dosificación de materiales para 1 m<sup>3</sup> de concreto

Para 1 m<sup>3</sup> de concreto se utilizan las dosificaciones de mezcla determinadas anteriormente, mismas que se detallan a continuación:

**Tabla 42 Dosificaciones de Materiales para la Producción de Paneles**

Mezclas	Para 1 m <sup>3</sup> de concreto				
	Cemento bolsas	Arena (m <sup>3</sup> )	PEAD (m <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )	PEAD (kg)
Mezcla I	8.54	0.63		0.224	
Mezcla II	8.54	0.44	0.1889	0.224	215.16
Mezcla III	8.54		0.63	0.224	717.34

Ahora considerando las dimensiones del panel de 0.52 x 0.31 x 0.025 m, ocupa un volumen de 0.0044 m<sup>3</sup> con un desperdicio del 10%, por lo que con 1 m<sup>3</sup> de concreto se pueden elaborar 225 paneles de textura 3D.

### d) Costo de producción para 1 panel

El costo de producción de 1 panel se ha planteado tomando en cuenta el rendimiento de la mano de obra dado en CAPECO (2006) para sobrecimientos, debido a que, el rendimiento que se observó en campo es similar al de esta partida. El costo de los materiales se ha descrito en base al costo comercial de los productos y el costo de la mano de obra se ha planteado de acuerdo a la base salarial vigente.

En base a las consideraciones anteriores se obtuvo el costo para la producción de 1 m<sup>3</sup> de concreto, no obstante, como se requería saber el costo unitario de cada panel, se dividió este resultado entre el número de paneles que se pueden elaborar con 1 m<sup>3</sup> de concreto (225 paneles), obteniendo así el costo unitario para 1 panel.

**Tabla 43**

*Costo Unitario de 1 m<sup>3</sup> de Concreto Cemento – Arena*

<b>Rendimiento</b>	m <sup>3</sup> /día	10	EQ	10	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Operario	hh	1.000	0.800	10.59	8.472
Operador de equipo liviano	hh	1.000	0.800	10.59	8.472
Oficial	hh	2.000	1.600	8.30	13.280
Peón	hh	8.000	6.400	7.48	47.840
					<b>78.064</b>
<i>Materiales</i>					
Cemento	bls		8.54	30.00	256.235
Arena	m <sup>3</sup>		0.63	80.00	50.384
PEAD	kg		0.00	1.06	0.000
Agua (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>		0.22	5.00	1.120
Moldes	Und		1.00	180.00	180.000
					<b>487.739</b>
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo		3.00	78.06	2.342
Mezcladora de 9-11 p <sup>3</sup>	hm	1.000	0.800	15.00	12.000
					<b>14.342</b>
<b>Costo unitario directo</b>					<b>580.15</b>
<b>Costo de 1 panel</b>					<b>2.58</b>

**Tabla 44***Costo Unitario de 1 m3 de Concreto Cemento – Arena – PEAD*

<b>Rendimiento</b>	m3/día	10	EQ	10	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Operario	hh	1.000	0.800	10.59	8.472
Operador de equipo liviano	hh	1.000	0.800	10.59	8.472
Oficial	hh	2.000	1.600	8.30	13.280
Peón	hh	8.000	6.400	7.48	47.840
					<b>78.064</b>
<i>Materiales</i>					
Cemento	bls		8.54	30.00	256.235
Arena	m3		0.44	80.00	35.272
PEAD	kg		215.16	1.06	227.831
Agua (m3)	m3		0.22	5.00	1.120
Moldes	Und		1.00	180.00	180.000
					<b>700.458</b>
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo		3.00	78.06	2.342
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1.000	0.800	15.00	12.000
					<b>14.342</b>
<b>Costo unitario directo</b>					<b>792.86</b>
<b>Costo de 1 panel</b>					<b>3.52</b>

**Tabla 45***Costo Unitario de 1 m3 de Concreto Cemento – PEAD*

<b>Rendimiento</b>	m3/día	10	EQ	10	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Operario	hh	1.000	0.800	10.59	8.472
Operador de equipo liviano	hh	1.000	0.800	10.59	8.472
Oficial	hh	2.000	1.600	8.30	13.280
Peón	hh	8.000	6.400	7.48	47.840
					<b>78.064</b>
<i>Materiales</i>					
Cemento	bls		8.54	30.00	256.235
Arena	m3		0.00	80.00	0.000
PEAD	kg		717.34	1.06	759.596
Agua (m3)	m3		0.22	5.00	1.120
Moldes	Und		1.00	180.00	180.000
					<b>1196.952</b>
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo		3.00	78.06	2.342
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1.000	0.800	15.00	12.000
					<b>14.342</b>
<b>Costo unitario directo</b>					<b>1289.36</b>
<b>Costo de 1 panel</b>					<b>5.73</b>

#### e) Comparación del costo de producción para 1 panel

El costo unitario del panel se incrementa conforme aumenta el porcentaje de adición de PEAD en la mezcla de concreto, no obstante, el costo comercial de los revestimientos de pared se da en m<sup>2</sup>, es decir por unidad de superficie que ocupan los paneles, y considerando que, el panel tiene una superficie de 0.52 x 0.31 m, que equivale a un área de 0.1612 m<sup>2</sup>, se entiende que ingresarían 6.2 unidades de panel lo que da como costo por m<sup>2</sup> de paneles de cada tipo, a los precios dados en la siguiente tabla:

**Tabla 46** *Comparación Económica de los Paneles sin y con PEAD*

Tipo de panel	Costo unitario de 1 panel (soles)	Unidades de paneles por m <sup>2</sup>	Costo por m <sup>2</sup>
Panel con arena	2.578	6.2	15.986
Panel con arena y PEAD	3.524	6.2	21.848
Panel con PEAD	5.730	6.2	35.529

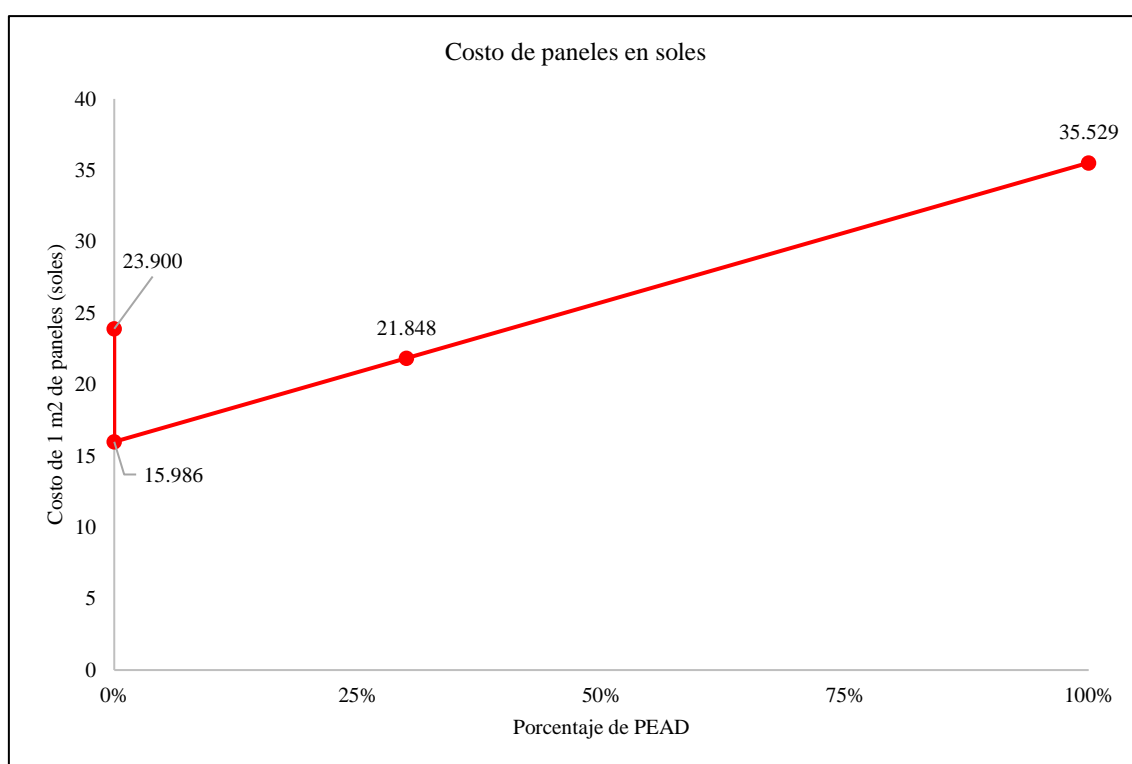
#### f) Comparación del costo de producción para 1 m<sup>2</sup> de superficie con revestimientos de panel

Al comparar el costo económico de la producción de 1 m<sup>2</sup> de revestimiento con paneles se ha determinado que a medida que se incrementa el porcentaje de PEAD en la mezcla, el costo también aumenta, no obstante, este sigue siendo menor que el costo del panel comercial cuando se utiliza para su elaboración cemento – arena o cemento – arena – PEAD, pero cuando se elaboran paneles solamente con cemento – PEAD el costo de estos por m<sup>2</sup> supera en 11.63 soles, al costo por m<sup>2</sup> de los paneles comerciales.

**Tabla 47** Comparación Económica de 1 m2 de Paneles

Tipo de panel	Porcentaje de PEAD	Costo unitario de 1 panel (soles)	Unidades de paneles por m2	Costo por m2	Ahorro o incremento
Panel con arena de 0.31x0.52m	0%	2.578	6.2	15.986	7.91
Panel con arena y PEAD	30%	3.524	6.2	21.848	2.05
Panel con PEAD de 0.31x0.52m	100%	5.730	6.2	35.529	-11.63
Panel comercial de 0.25 x 0.40 m	0%	2.39	10	23.90	

**Figura 44** Comparación Económica de 1 m2 de los Paneles de Revestimiento



*Anexo D. Resultado de ensayos de laboratorio*



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y  
PAVIMENTOS

# ENSAYO DE FISICOS Y MECANICOS DE LOS MATERIALES

LABORATORIO  
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC  
*Iván Cieza Díaz*  
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO  
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC  
*Gerardo Zambrano*  
Gerente Gerencia de Inmatech  
INGENIERO CIVIL  
Rce, CP N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA Nº 865 – 1ER. PISO.  
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA  
RUC: 20605442235 EMAIL: [gselaboratorio2019@gmail.com](mailto:gselaboratorio2019@gmail.com)



**INFORME DE MATERIALES**

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**HUMEDAD NATURAL DE LOS MATERIALES**  
(ASTM D 2216, RTC E 105-2005)

**TESIS** : "PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023".

**Solicitante:** EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ **Realizado Por:** SOLICITANTE  
**Cantera:** CONCHAN **Ing. Responsable:** G.R.R  
**Muestra:** M-1 **Fecha:** 11-09-23  
**Ubicación del Proyecto:** CHOTA

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Materia:** ARENA NATURAL **Uso:**  
**Ubicación de la Muestra:** CONCHAN  
**Tamaño Máximo:** Nº38

**HUMEDAD NATURAL DE ARENA NATURAL**

TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO	1130,00				PROMEDIO
TARRO + SUELO SECO	1114,00				
AGUA	16,00				
PESO DEL TARRO	0,00				
PESO DEL SUELO SECO	1114,00				
CONTENIDO DE HUMEDAD	1,44				1,44

**Cantera:** - **Uso:**  
**N° Muestra:** M-1  
**Materia:** POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)  
**Ubicación de la Muestra:** -  
**Tamaño Máximo:** 3/2"

**HUMEDAD NATURAL DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)**

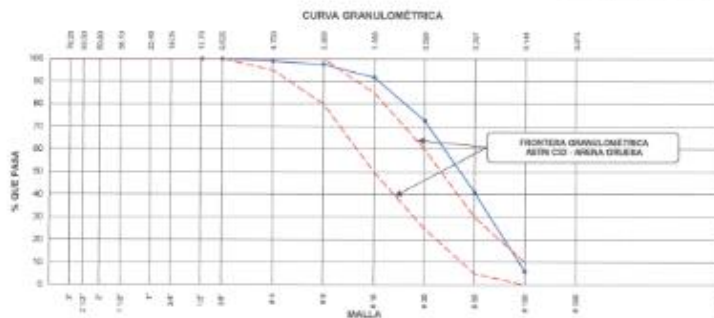
TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO	2000				PROMEDIO
TARRO + SUELO SECO	2000				
AGUA	0,00				
PESO DEL TARRO	0,00				
PESO DEL SUELO SECO	2000				
CONTENIDO DE HUMEDAD	0,00				0,00

**GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC**

<b>TÉCNICO LEM</b>	<b>GERENTE</b>	<b>GQC - LEM</b>
Nombre y firma:  <b>Iván Cleza Díaz</b> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:  <b>Gerardo Ríos Machín</b> INGENIERO CIVIL RUC: CP Nº 267670	Nombre y firma:  <b>Gerardo Ríos Machín</b> INGENIERO CIVIL RUC: CP Nº 267670

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-03
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA NATURAL ASTM C136</b>	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1
<b>Tests:</b> PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA VO POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023.			
<b>Substancia:</b>	EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ	<b>Muestreado por:</b>	SOLICITANTE
<b>Atención:</b>	EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ	<b>Ensayado por:</b>	SOLICITANTE
<b>Ubicación de Proyecto:</b>	CHOTA	<b>Fecha de Ensayo:</b>	11/05/2023
<b>Materia:</b>	ARENA NATURAL	<b>Turno:</b>	Diurno
<b>Tamaño Máximo:</b>	N°38		
<b>Procedencia:</b>	CONCHAN		
<b>N° de Muestra:</b>	---		
<b>Progreso:</b>	---		

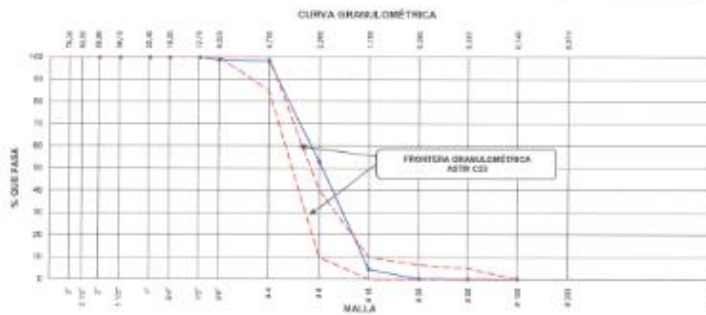
AGREGADO FINO ASTM C33/C30M - 18 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "UM NP"	ASTM "UM SLIP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00
1"	25.00 mm				100.00	100.00
3/4"	18.00 mm				100.00	100.00
1/2"	12.50 mm				100.00	100.00
3/8"	9.50 mm			100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	9.2	1.02	1.02	88.99	88.00
# 5	2.36 mm	12.1	1.35	2.37	87.63	86.00
# 10	1.18 mm	51.8	5.78	8.13	81.87	80.00
# 20	850 µm	173.0	19.24	27.37	72.63	75.00
# 40	390 µm	265.9	31.79	39.16	49.84	50.00
# 100	150 µm	373.4	34.89	84.02	5.00	10.00
Fondo	-	53.8	5.98	100.00	0.00	-
					MF	1.92
					TMF	---



GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
<b>TECNICO LEM</b> Nombre y Firma:  <b>Iván Cieza Díaz</b> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	<b>GERENTE</b> Nombre y Firma: _____	<b>CGC - LEM</b> Nombre y Firma:  <b>Germales Alvarado</b> INGENIERO CIVIL Reg. CP N° 257870

	<b>INFORME</b>	Cédula	AL-2043
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE POLIÉTERNO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) ASTM C136</b>	Version	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1
Título	"PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIÉTERNO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023"		
Solicitante	EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ	Muestreado por	SOLICITANTE
Atención	: EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ	Ensayado por	SOLICITANTE
Ubicación de Proyecto	CHOTA	Fecha de Ensayo	11/06/2023
Muestra	POLIÉTERNO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)	Tamaño	Duero
Tamaño Muestra	10"		
Cadena	-		
N° de Muestra	-		
Progresiva	-		

Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "UM INF"	ASTM "UM SUP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	60.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	62.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00
1"	25.00 mm				100.00	100.00
3/4"	19.00 mm				100.00	100.00
1/2"	12.50 mm			100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50 mm	5.6	1.11	1.11	98.89	100.00
# 4	4.75 mm	2.5	0.49	1.00	96.40	100.00
# 8	2.36 mm	229.8	45.48	47.08	52.92	10.00
# 16	1.18 mm	244.8	48.41	95.49	4.51	0.00
# 30	600 µm	21.9	4.31	99.86	0.23	0.00
# 50	300 µm	0.4	0.08	99.86	0.12	0.00
# 100	150 µm	0.5	0.10	99.86	0.02	0.00
Fondo	-	0.1	0.02	100.00	0.00	-
					MF	4.50
					TMB	N° 4"



GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
<b>TECNICO LEM</b> Nombre y Firma:  <b>Iván Cieza Díaz</b> LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC LABORATORIO DE MATERIALES DE CONCRETO Y ASFALTO	<b>GERENTE</b> Nombre y Firma:   	<b>QCC - LEM</b> Nombre y Firma:  <b>Gerardo Naranjo</b> LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 267820

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-47
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO ARENA NATURAL ASTM C128-15</b>	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1
Tesis	"PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023".		
Solicitante	EDISON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ	Numero de por	SOLICITANTE
Aleación	EDISON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ	Ensayado por	SOLICITANTE
Ubicación del Proyecto	CHOTA	Fecha de Ensayo	13/06/2023
Material	ARENA NATURAL	Turno	Diurno
Tamaño Máximo	N°30		
Cantera	CONCHAN		
N° de Muestra	---		
Proyecto	---		

IDENTIFICACIÓN		1		
A	Peso Mat. Sol. Sep. Seco (SSS)	100.0		
B	Peso Fresco + agua	688.0		
C	Peso Fresco + agua + muestra SSS	748.6		
D	Peso del Mat. Seco	96.4		
P <sub>o</sub> Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = C/(B+A-C)		2,570		2,570
P <sub>o</sub> Bulk (Base saturada) o Peso específico SSS = A/(B+A-C)		2,804		2,804
P <sub>o</sub> Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = D/(B+D-C)		2,800		2,800
% Absorción = 100*(A-D)/D		1,3		1,3

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	CCQ - LEM
Nombre y firma:  <b>Iván Cieza Díaz</b> LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC	Nombre y firma:	Nombre y firma:  <b>Gerente</b> LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC Gerentes Registrados en el Matricón del Colegio Civil Reg. CP N° 207830

	<b>INFORME</b>		Código	AE-PD-87
	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) ASTM C126-15		Versión	01
			Fecha	-
			Página	1 de 1
<b>Título:</b> "PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2022".				
<b>Secretaría:</b> EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ <b>Atención:</b> EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ <b>Ubicación del Proyecto:</b> CHOTA <b>Materia:</b> POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)		<b>Muestreado por:</b> SOLICITANTE <b>Ensayado por:</b> SOLICITANTE <b>Fecha de Ensayo:</b> 11/09/2022 <b>Tiempo:</b> Día		
<b>Tamaño Máximo:</b> 12" <b>Centro:</b> --- <b>N° de Muestras:</b> --- <b>Progresiva:</b> ---				

IDENTIFICACIÓN		1		
A	Peso Mat. Sol. Sep. Seca (SSS)	80,0		
B	Peso Fresco + agua	88,4		
C	Peso Fresco + agua + muestra SSS	89,7		
D	Peso del Mat. Seco	80,3		
P <sub>o</sub> Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = D/(B+A-C)		1,138		1,138
P <sub>o</sub> Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = A/(B+A-C)		1,139		1,139
P <sub>o</sub> Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = D/(B+D-C)		1,139		1,139
% Absorción = 100*(A-D)/D		0,0		0,0

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Iván Cieza Díaz</b> <small>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</small> <small>1. MEDICIONES EN LOS CONCRETOS Y ASFALTOS</small>	Nombre y firma:	Nombre y firma:  <b>Germán Alvarado</b> <small>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</small> <small>GERENTE ADMINISTRATIVO</small> <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>Asp. CIP # 267672</small>



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**PESOS UNITARIOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)  
(MTC E203)**

Tesis : "PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023".

Solicitante: EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ Realizado Por : SOLICITANTE  
 Cantera: - Ing. Responsable : G.R.R.  
 Muestra: M-1 Fecha : 11-09-23  
 Ubicación del Proyecto : CHOTA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Material: POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) Uso:  
 Ubicación de la Muestra : -  
 Tamaño Máximo: 1/2"

PESO UNITARIO SUELTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)				
DESCRIPCIÓN	UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS		01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	3665	3657	3668
PESO DEL MOLDE	gr.	2538	2538	2538
PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr.	1127	1119	1130
VOLUMEN DE MOLDE	cm3	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	0,396	0,393	0,397
<b>PROMEDIO</b>		<b>0,396 Kg/M<sup>3</sup></b>		

PESO UNITARIO COMPACTADO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)				
DESCRIPCIÓN	UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS		01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	3989	3979	3983
PESO DEL MOLDE	gr.	2538	2538	2538
PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr.	1451	1441	1445
VOLUMEN DE MOLDE	cm3	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	0,510	0,507	0,508
<b>PROMEDIO</b>		<b>0,508 Kg/M<sup>3</sup></b>		

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO LEM	GERENTE	DOC - LEM
Nombre y firma:  <b>Iván Cieza Díaz</b> LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:	Nombre y firma:  <b>Gerónimo Cárdenas Jarama</b> LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC INGENIERO CIVIL Reg. CP R 267820



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO ARENA NATURAL (MTC E203)**

**Tesis :** "PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023".

**Solicitante:** EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPSA y EYDER BURGA DIAZ **Realizado Por :** SOLICITANTE

**Cantera:** CONCHAN **Ing. Responsable :** G.R.R

**Muestra:** M-1 **Fecha :** 11-09-23

**Ubicación del Proyecto :** CHOTA

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Material:** ARENA NATURAL **Uso:**

**Ubicación de la Muestra :** CONCHAN

**Tamaño Máximo:** N°38

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO ARENA NATURAL				
DESCRIPCION	UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS		01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	6646	6618	6674
PESO DEL MOLDE	gr.	2538	2538	2538
PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr.	4108	4080	4136
VOLUMEN DE MOLDE	cm3	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1444	1435	1454
<b>PROMEDIO</b>		<b>1.444 Kg/M<sup>3</sup></b>		

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO ARENA NATURAL				
DESCRIPCION	UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS		01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	7207	7190	7218
PESO DEL MOLDE	gr.	2538	2538	2538
PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr.	4669	4652	4680
VOLUMEN DE MOLDE	cm3	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1642	1636	1646
<b>PROMEDIO</b>		<b>1.641 Kg/M<sup>3</sup></b>		

**GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC**

TECNICO LEM	GERENTE	COC - LEM
Nombre y firma:  <b>LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC</b> <b>Iván Cleza Díaz</b> LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:	Nombre y firma:  <b>LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC</b> <b>Gerardo Narancho Jimenez</b> INGENIERO CIVIL N° CP N° 267870



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y  
PAVIMENTOS


# DISEÑOS DE MEZCLAS

LABORATORIO  
INGENIERIA & CONSTRUCCION



DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.  
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA  
RUC: 20605442235 EMAIL: [gselaboratorio2019@gmail.com](mailto:gselaboratorio2019@gmail.com)



		ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO																															
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>																																	
<b>TÍTULO:</b> "PANELS DE TEXTURA DE ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIÉTERO DE ALTA DENSIDAD (PCAD), ENOTA, 2007".																																	
<b>Redactor:</b> EDSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y CYBER BURDAZAZ		<b>Hecho Por:</b> SOLICITANTE																															
<b>Carrera Área Mater:</b> COACHING		<b>sig. Responsabil:</b> G.R.R.																															
<b>Carrera Politécnico (Pscd):</b> -		<b>Fecha:</b> 11/09/2023																															
<b>Materia:</b> ARENA NATURAL																																	
<b>Metodología:</b> TEST																																	
<b>Tamaño Máx:</b> 30"																																	
<b>Método de Diseño ACI - (Comité 211)</b>																																	
<b>DISÑO DE CONCRETO F'c 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>																																	
<b>DATOS</b>		<b>VOLUMENES ABSOLUTOS</b>																															
<b>CONCRETO SIN AEROS INCORPORADOS</b>		<table border="1"> <tr><td>Cemento</td><td>0.116</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agua</td><td>0.220</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Aire</td><td>0.000</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Politécnico (Pscd)</td><td>0.000</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Sub Total</td><td>0.336</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Cemento	0.116	m <sup>3</sup>	Agua	0.220	m <sup>3</sup>	Aire	0.000	m <sup>3</sup>	Politécnico (Pscd)	0.000	m <sup>3</sup>	Sub Total	0.336	m <sup>3</sup>															
Cemento	0.116	m <sup>3</sup>																															
Agua	0.220	m <sup>3</sup>																															
Aire	0.000	m <sup>3</sup>																															
Politécnico (Pscd)	0.000	m <sup>3</sup>																															
Sub Total	0.336	m <sup>3</sup>																															
<b>CEMENTO PALABRADO TIPO I</b>		<b>CONTENIDO DE AGREGADO ARENA NATURAL</b>																															
<table border="1"> <tr><td>Res. Específico</td><td>3.15</td><td>kg/cm<sup>3</sup></td></tr> </table>		Res. Específico	3.15	kg/cm <sup>3</sup>	<table border="1"> <tr><td>Volumen Absoluto: Arena Natural</td><td>0.830</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Res. Por Saco</td><td>1940.1</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Volumen Absoluto: Arena Natural	0.830	m <sup>3</sup>	Res. Por Saco	1940.1	kg/m <sup>3</sup>																					
Res. Específico	3.15	kg/cm <sup>3</sup>																															
Volumen Absoluto: Arena Natural	0.830	m <sup>3</sup>																															
Res. Por Saco	1940.1	kg/m <sup>3</sup>																															
<b>AGREGADO ARENA NATURAL</b>		<b>VALORES DE DISEÑO</b>																															
<table border="1"> <tr><td>Res. Específico</td><td>2.504</td><td>TKN/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Peso Unitario Compactado</td><td>1.541</td><td>TKN/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto</td><td>1.448</td><td>TKN/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Absorción</td><td>1.92</td><td>%</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>1.44</td><td>%</td></tr> <tr><td>Módulo de Finura</td><td>1.87</td><td>%</td></tr> </table>		Res. Específico	2.504	TKN/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	1.541	TKN/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Suelto	1.448	TKN/m <sup>3</sup>	Absorción	1.92	%	Humedad	1.44	%	Módulo de Finura	1.87	%	<table border="1"> <tr><td>Cemento</td><td>303</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agua</td><td>229</td><td>litro/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agregado Arena Natural</td><td>1590</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agregado Politécnico (Pscd) Seco</td><td>0</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Cemento	303	kg/m <sup>3</sup>	Agua	229	litro/m <sup>3</sup>	Agregado Arena Natural	1590	kg/m <sup>3</sup>	Agregado Politécnico (Pscd) Seco	0	kg/m <sup>3</sup>
Res. Específico	2.504	TKN/m <sup>3</sup>																															
Peso Unitario Compactado	1.541	TKN/m <sup>3</sup>																															
Peso Unitario Suelto	1.448	TKN/m <sup>3</sup>																															
Absorción	1.92	%																															
Humedad	1.44	%																															
Módulo de Finura	1.87	%																															
Cemento	303	kg/m <sup>3</sup>																															
Agua	229	litro/m <sup>3</sup>																															
Agregado Arena Natural	1590	kg/m <sup>3</sup>																															
Agregado Politécnico (Pscd) Seco	0	kg/m <sup>3</sup>																															
<b>AGREGADO POLIÉTERO DE ALTA DENSIDAD (PCAD)</b>		<b>CORRECCION POR HUMEDAD</b>																															
<table border="1"> <tr><td>Tem. Máx. Ambiental</td><td>6</td><td>6.63 mm</td></tr> <tr><td>Res. Específico</td><td>0.000</td><td>TKN/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Peso Unitario Compactado</td><td>0.000</td><td>TKN/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto</td><td>0.000</td><td>TKN/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Absorción</td><td>0.00</td><td>%</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>0.00</td><td>%</td></tr> </table>		Tem. Máx. Ambiental	6	6.63 mm	Res. Específico	0.000	TKN/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	0.000	TKN/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Suelto	0.000	TKN/m <sup>3</sup>	Absorción	0.00	%	Humedad	0.00	%	<table border="1"> <tr><td>Agregado Arena Natural: Humedad</td><td>99.4</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agregado Politécnico (Pscd): Humedad</td><td>0</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Agregado Arena Natural: Humedad	99.4	kg/m <sup>3</sup>	Agregado Politécnico (Pscd): Humedad	0	kg/m <sup>3</sup>						
Tem. Máx. Ambiental	6	6.63 mm																															
Res. Específico	0.000	TKN/m <sup>3</sup>																															
Peso Unitario Compactado	0.000	TKN/m <sup>3</sup>																															
Peso Unitario Suelto	0.000	TKN/m <sup>3</sup>																															
Absorción	0.00	%																															
Humedad	0.00	%																															
Agregado Arena Natural: Humedad	99.4	kg/m <sup>3</sup>																															
Agregado Politécnico (Pscd): Humedad	0	kg/m <sup>3</sup>																															
<b>ADITIVOS EN LA MEZCLA</b>		<b>HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS</b>																															
<table border="1"> <tr><td>Asulador</td><td>1.2</td><td>mg</td></tr> <tr><td>Volumen Unitario de Agua</td><td>225.2</td><td>Litros</td></tr> <tr><td>Contenido de Aire</td><td>3.00</td><td>%</td></tr> <tr><td>Relación Aire: Resistencia</td><td>0.00</td><td>kg</td></tr> <tr><td>Factor Cemento</td><td>380</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Factor Cemento</td><td>0.04</td><td>litros/m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Asulador	1.2	mg	Volumen Unitario de Agua	225.2	Litros	Contenido de Aire	3.00	%	Relación Aire: Resistencia	0.00	kg	Factor Cemento	380	kg/m <sup>3</sup>	Factor Cemento	0.04	litros/m <sup>3</sup>	<table border="1"> <tr><td>Agregado Arena Natural</td><td>0.12</td><td>%</td></tr> <tr><td>Agregado Politécnico (Pscd)</td><td>0.0</td><td>%</td></tr> </table>		Agregado Arena Natural	0.12	%	Agregado Politécnico (Pscd)	0.0	%						
Asulador	1.2	mg																															
Volumen Unitario de Agua	225.2	Litros																															
Contenido de Aire	3.00	%																															
Relación Aire: Resistencia	0.00	kg																															
Factor Cemento	380	kg/m <sup>3</sup>																															
Factor Cemento	0.04	litros/m <sup>3</sup>																															
Agregado Arena Natural	0.12	%																															
Agregado Politécnico (Pscd)	0.0	%																															
<b>PROCESAMIENTO</b>		<b>ADIFEROS DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>																															
<table border="1"> <tr><td>Asulador</td><td>1.2</td><td>mg</td></tr> <tr><td>Volumen Unitario de Agua</td><td>225.2</td><td>Litros</td></tr> <tr><td>Contenido de Aire</td><td>3.00</td><td>%</td></tr> <tr><td>Relación Aire: Resistencia</td><td>0.00</td><td>kg</td></tr> <tr><td>Factor Cemento</td><td>380</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Factor Cemento</td><td>0.04</td><td>litros/m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Asulador	1.2	mg	Volumen Unitario de Agua	225.2	Litros	Contenido de Aire	3.00	%	Relación Aire: Resistencia	0.00	kg	Factor Cemento	380	kg/m <sup>3</sup>	Factor Cemento	0.04	litros/m <sup>3</sup>	<table border="1"> <tr><td>Agregado Arena Natural</td><td>2.3</td><td>Litro/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agregado Politécnico (Pscd)</td><td>0.0</td><td>Litro/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Avance de Humedad</td><td>2.3</td><td>Litro/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agua Adicional</td><td>393</td><td>Litro/m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Agregado Arena Natural	2.3	Litro/m <sup>3</sup>	Agregado Politécnico (Pscd)	0.0	Litro/m <sup>3</sup>	Avance de Humedad	2.3	Litro/m <sup>3</sup>	Agua Adicional	393	Litro/m <sup>3</sup>
Asulador	1.2	mg																															
Volumen Unitario de Agua	225.2	Litros																															
Contenido de Aire	3.00	%																															
Relación Aire: Resistencia	0.00	kg																															
Factor Cemento	380	kg/m <sup>3</sup>																															
Factor Cemento	0.04	litros/m <sup>3</sup>																															
Agregado Arena Natural	2.3	Litro/m <sup>3</sup>																															
Agregado Politécnico (Pscd)	0.0	Litro/m <sup>3</sup>																															
Avance de Humedad	2.3	Litro/m <sup>3</sup>																															
Agua Adicional	393	Litro/m <sup>3</sup>																															
<b>VOLUMENES ABSOLUTOS (M<sup>3</sup>) DE MEZCLA</b>		<b>PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD</b>																															
<table border="1"> <tr><td>Cemento</td><td>0.116</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agua</td><td>0.220</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Aire</td><td>0.000</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Sub Total</td><td>0.336</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Cemento	0.116	m <sup>3</sup>	Agua	0.220	m <sup>3</sup>	Aire	0.000	m <sup>3</sup>	Sub Total	0.336	m <sup>3</sup>	<table border="1"> <tr><td>Cemento</td><td>303</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agua</td><td>229</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agregado Arena Natural Humedad</td><td>1594</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agregado Politécnico (Pscd) Humedad</td><td>0</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Sub Total</td><td>2126</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Cemento	303	kg/m <sup>3</sup>	Agua	229	kg/m <sup>3</sup>	Agregado Arena Natural Humedad	1594	kg/m <sup>3</sup>	Agregado Politécnico (Pscd) Humedad	0	kg/m <sup>3</sup>	Sub Total	2126	kg/m <sup>3</sup>			
Cemento	0.116	m <sup>3</sup>																															
Agua	0.220	m <sup>3</sup>																															
Aire	0.000	m <sup>3</sup>																															
Sub Total	0.336	m <sup>3</sup>																															
Cemento	303	kg/m <sup>3</sup>																															
Agua	229	kg/m <sup>3</sup>																															
Agregado Arena Natural Humedad	1594	kg/m <sup>3</sup>																															
Agregado Politécnico (Pscd) Humedad	0	kg/m <sup>3</sup>																															
Sub Total	2126	kg/m <sup>3</sup>																															
<b>AGREGADOS EN LA MEZCLA</b>		<b>RESULTADOS FINALES</b>																															
<table border="1"> <tr><td>Agregado Arena Natural en %</td><td>100.0%</td><td>%</td></tr> <tr><td>Agregado Politécnico (Pscd) en %</td><td>0.0%</td><td>%</td></tr> <tr><td>Agregado Grava en la Mezcla</td><td>100.0%</td><td>%</td></tr> <tr><td>Indice de Agregado Arena Natural</td><td>0.628</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Indice de Agregado Politécnico (Pscd)</td><td>0.000</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agregado Arena Natural en Gravas</td><td>100.0%</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agregado Politécnico (Pscd) en Gravas</td><td>0.0</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>		Agregado Arena Natural en %	100.0%	%	Agregado Politécnico (Pscd) en %	0.0%	%	Agregado Grava en la Mezcla	100.0%	%	Indice de Agregado Arena Natural	0.628	m <sup>3</sup>	Indice de Agregado Politécnico (Pscd)	0.000	m <sup>3</sup>	Agregado Arena Natural en Gravas	100.0%	kg/m <sup>3</sup>	Agregado Politécnico (Pscd) en Gravas	0.0	kg/m <sup>3</sup>	<b>PROPORCIONES EN PESO</b>										
Agregado Arena Natural en %	100.0%	%																															
Agregado Politécnico (Pscd) en %	0.0%	%																															
Agregado Grava en la Mezcla	100.0%	%																															
Indice de Agregado Arena Natural	0.628	m <sup>3</sup>																															
Indice de Agregado Politécnico (Pscd)	0.000	m <sup>3</sup>																															
Agregado Arena Natural en Gravas	100.0%	kg/m <sup>3</sup>																															
Agregado Politécnico (Pscd) en Gravas	0.0	kg/m <sup>3</sup>																															
<table border="1"> <tr><th>Componente</th><th>Ag. Arena Natural</th><th>Ag. Politécnico (Pscd)</th><th>Agua</th></tr> <tr><td>1.00</td><td>4.76</td><td>0.00</td><td>0.61</td></tr> </table>				Componente	Ag. Arena Natural	Ag. Politécnico (Pscd)	Agua	1.00	4.76	0.00	0.61																						
Componente	Ag. Arena Natural	Ag. Politécnico (Pscd)	Agua																														
1.00	4.76	0.00	0.61																														
<b>PROPORCIONES EN VOLUMEN</b>		<b>PESO POR TANDA</b>																															
<table border="1"> <tr><th>Componente</th><th>Ag. Arena Natural (g)</th><th>Ag. Politécnico (Pscd) (g)</th><th>Agua Litros</th></tr> <tr><td>1.00</td><td>4.76</td><td>0.00</td><td>26.1</td></tr> </table>		Componente	Ag. Arena Natural (g)	Ag. Politécnico (Pscd) (g)	Agua Litros	1.00	4.76	0.00	26.1	<table border="1"> <tr><td>Cemento</td><td>48.3</td><td>kg/50lbs</td></tr> <tr><td>Agua</td><td>26.1</td><td>litros</td></tr> <tr><td>Agregado Arena Natural</td><td>134.8</td><td>kg/30lbs</td></tr> <tr><td>Agregado Politécnico (Pscd)</td><td>0.0</td><td>kg/0lbs</td></tr> </table>		Cemento	48.3	kg/50lbs	Agua	26.1	litros	Agregado Arena Natural	134.8	kg/30lbs	Agregado Politécnico (Pscd)	0.0	kg/0lbs										
Componente	Ag. Arena Natural (g)	Ag. Politécnico (Pscd) (g)	Agua Litros																														
1.00	4.76	0.00	26.1																														
Cemento	48.3	kg/50lbs																															
Agua	26.1	litros																															
Agregado Arena Natural	134.8	kg/30lbs																															
Agregado Politécnico (Pscd)	0.0	kg/0lbs																															
<b>OBSERVACIONES:</b> Los Colores de Diseño están basados a las fotografías de este producto; por lo que no son obligatorias. Es solo para las Características Físicas y Mecánicas de los Materiales.																																	


**LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC**  
*Iván Cleza Díaz*  
**LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO**


**LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC**  
*Germán Aguilar*  
**Germán Aguilar, Umatachín**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CP N° 267820**



ANÁLISIS DE LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

<b>TÍTULO</b>	"PAVIMENTO DE TEXTURA 30 ELABORADO CON CEMENTO, ARENA FINA Y POLIÉTERO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2021"	
<b>Solicitante</b>	EDIFICIOS ALEXANDER CAMPOS TAMAYO Y EDIFICIOS BUNGA OMAZ	
<b>Ciudad Arece Natural</b>	CONCRETO	Modo PAV. BOLDICARTE
<b>Ciudad Politéterico (Pead)</b>		No. Registro: 0171
<b>Material</b>	POLIÉTERO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)	Fecha: 19/08/2021
<b>Estadística</b>	TESO	
<b>Tamaño Hsa</b>	12"	

**Método de Diseño ACI - (Comité 211)**  
**DISEÑO DE CONCRETO F'c 210 Kg/cm<sup>2</sup>**

DATOS		VALORES ABSOLUTOS	
<b>CONCRETO EN AIRE INCORPORADO</b>		Concreto	4.114 m <sup>3</sup>
F'c (MPa)	210	Agua	0.225 m <sup>3</sup>
		Arena	3.080 m <sup>3</sup>
		Politéterico (Pead)	0.020 m <sup>3</sup>
		Gras Total	1.080 m <sup>3</sup>
<b>CEMENTO PULVERIZADO TIPO I</b>		<b>CONTENIDO DE AGREGADO ARENA NATURAL</b>	
Factor Especifico	0.75	Volumen Absoluta Arena Natural	0.200 m <sup>3</sup>
		Peso Fino Base	8.3 Kg/m <sup>3</sup>
<b>AGREGADO ARENA NATURAL</b>		<b>VALORES DE DISEÑO</b>	
Peso Agregado	1.000 T/m <sup>3</sup>	Concreto	300 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1.600 T/m <sup>3</sup>	Agua	200 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suavizado	1.600 T/m <sup>3</sup>	Agregado Arena Natural	0 Kg/m <sup>3</sup>
Alumbrado	6.20 %	Agregado Politéterico (Pead) Fino	717 Kg/m <sup>3</sup>
Humedad	6.20 %		
Modulo de Ruptura	6.20 %		
<b>AGREGADO POLIÉTERO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)</b>		<b>CORRECCION POR HUEVEDAS</b>	
Factor Especifico	0.50	Agregado Arena Natural Humedo	0 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1.600 T/m <sup>3</sup>	Agregado Politéterico (Pead) Humedo	717 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suavizado	1.600 T/m <sup>3</sup>		
Alumbrado	6.20 %	<b>HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS</b>	
Humedad	6.20 %	Agregado Arena Natural	0.00 %
		Agregado Politéterico (Pead)	0.0 %
<b>ADITIVOS EN LA MEZCLA</b>		<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>	
		Agregado Arena Natural	0.0 %
		Agregado Politéterico (Pead)	0.0 %
<b>PROCESAMIENTO</b>		Agregado Arena Natural	0.0 %
Aumentando	1"-2" 946	Agregado Politéterico (Pead)	0.0 %
Antes de la Mezcla	300.0 1430	Agua de Humedad	0.0 %
Concreto de Aire	3.00 %	Agua de Mezcla	0.00 %
Resistencia al Hinchamiento	0.02 %		
Factor Contracto	0.01 Kg/m <sup>3</sup>	<b>PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD</b>	
Factor Contracto	0.04 Kg/m <sup>3</sup>	Concreto	480 Kg/m <sup>3</sup>
		Agua de Mezcla	220 Kg/m <sup>3</sup>
		Agregado Arena Natural Humedo	0 Kg/m <sup>3</sup>
		Agregado Politéterico (Pead) Humedo	717 Kg/m <sup>3</sup>
<b>VALORES ABSOLUTOS EN LA MEZCLA</b>		<b>AGREGADOS EN LA MEZCLA</b>	
Concreto	4.110 m <sup>3</sup>	Agregado Arena Natural en %	0.0%
Agua	0.224 m <sup>3</sup>	Agregado Politéterico (Pead) en %	100.0%
Arena	3.030 m <sup>3</sup>	Agregado Gravel en la Mezcla	0.00%
		Indice de Agregado Arena Natural	0.000
		Volumen de Agregado Politéterico (Pead)	0.020 m <sup>3</sup>
		Agregado Arena Natural Sin Corregir	0.0 Kg/m <sup>3</sup>
		Agregado Politéterico (Pead) Sin Corregir	717.0 Kg/m <sup>3</sup>

**RESULTADOS FINALES**

PROPORCIONES EN PESO				
Concreto	Ag. Arena Natural	Ag. Politéterico (Pead)	Agua	
1.00	0.06	1.36	0.02	
PROPORCIONES EN VOLUMEN				PESO POR TONDA
Concreto Base	Ag. Arena Natural (g)	Ag. Politéterico (Pead) (g)	Agua Limpia	Concreto
1.00	0.06	7.46	26.0	42.6 Kg. Tonda
				Agua de Mezcla
				26.4 Kg. Tonda
				Agregado Arena Natural
				0.0 Kg. Tonda
				Agregado Politéterico (Pead)
				64.0 Kg. Tonda

**CONSIDERACIONES:**  
Los Cálculos de Diseño están basados a las ventajas de este producto, por lo que es necesario Obligatorio, Es como que las Características Físicas y Mecánicas de los Materiales.

**LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC**  
*Iván Cieza Diaz*  
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

**LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SA**  
*Germán Rodríguez Amador*  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC  
REG. CIP Nº 267870



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y  
PAVIMENTOS


# ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION

LABORATORIO  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

LABORATORIO  
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC  
*Iván Cieza Díaz*  
Iván Cieza Díaz  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

LABORATORIO  
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC  
*[Firma]*  
Gobierno Regional de Cajamarca  
INGENIERO CIVIL  
RUC: 207870

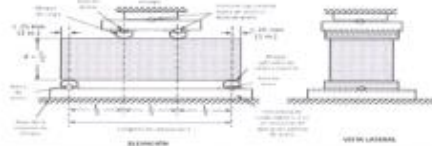
DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.  
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA  
RUC: 20605442235 EMAIL: [gselaboratorio2019@gmail.com](mailto:gselaboratorio2019@gmail.com)

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-78
	<b>MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DE FLEXIÓN</b>		Versión	01
			Fecha	
			Página	1 de 1
TESIS : PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023. Solicitantes : EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ Identificación : PANELES DE TEXTURA 3D Ubicación de Proyecto : CHOTA Material : CEMENTO - ARENA - PEAD	Muestreado por : Solicitante Ensayado por : I.C.D Fecha de Ensayo : 26/11/2023 Turno : Diurno			

MEZCLA I (CEMENTO - ARENA)									
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Luz libre (mm)	Carga (Kg)	Carga (KN)	Resistencia de rotura (N)	Módulo de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
1	522	310	22	500	131.2	1.287	2075.2	6.43	65.58
2	520	311	21	500	129.9	1.268	2038.6	6.30	70.71
3	521	312	22	500	130.5	1.280	2050.9	6.36	64.81
4	523	310	23	500	131.8	1.293	2084.7	5.91	60.28
5	522	312	22	500	130.6	1.281	2052.5	6.38	64.88
Promedio							2060.4	6.40	65.25

MEZCLA II (CEMENTO - ARENA - PEAD)									
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Luz libre (mm)	Carga (Kg)	Carga (KN)	Resistencia de rotura (N)	Módulo de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
1	521	312	22	500	162.5	1.594	2553.6	7.91	80.71
2	522	310	21	500	144.8	1.420	2290.3	7.79	79.44
3	523	311	22	500	154.3	1.513	2432.7	7.54	76.88
4	521	311	23	500	165.7	1.625	2612.5	7.41	75.54
5	522	313	21	500	149.3	1.464	2338.9	7.96	81.12
Promedio							2445.6	7.72	78.74

MEZCLA III (CEMENTO - PEAD)									
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Luz libre (mm)	Carga (Kg)	Carga (KN)	Resistencia de rotura (N)	Módulo de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
1	523	311	21	500	52.3	0.513	824.6	2.80	28.60
2	523	312	20	500	54.2	0.532	851.6	3.19	32.57
3	524	310	22	500	53.2	0.522	841.5	2.81	28.69
4	523	312	21	500	54.5	0.534	856.5	2.91	29.71
5	521	315	23	500	53.6	0.526	834.3	2.37	24.12
Promedio							841.7	2.78	28.32



GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Iván Cieza Díaz</b> LABORATORISTA/BELLO CONCRETO FASBITO	Nombre y firma:   	Nombre y firma:  <b>Gerardo Zambrano</b> INGENIERO CIVIL N.º. CP. N.º. 267870



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y  
PAVIMENTOS



# ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA EN UNIDAD DE ALBAÑILERIA

LABORATORIO  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

LABORATORIO  
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC  
*Iván Cieza Díaz*  
LABORATORIO EN SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

LABORATORIO  
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC  
*[Signature]*  
Germán Rodríguez Barrios  
INGENIERO CIVIL  
N.º de CP N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.  
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA  
RUC: 20605442235 EMAIL: [gselaboratorio2019@gmail.com](mailto:gselaboratorio2019@gmail.com)

GSE		INFORME			Código	AE-FO-78	
		<b>ABSORCIÓN DE AGUA EN UNIDAD DE ALBAÑILERÍA NTP 339.613: 2017</b>			Versión	01	
					Fecha	-	
					Página	1 de 1	
TESES	"PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023".						
Solicitantes	EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ					Muestreado por : Solicitante	
Identificación	PANELES DE TEXTURA 3D					Ensayado por : G.R.R.	
Ubicación de Proyecto	CHOTA					Fecha de Ensayo: 25/11/2023	
Materiales	CEMENTO - ARENA - PEAD					Turno: Diurno	
<b>MEZCLA I (CEMENTO - ARENA)</b>							
DATOS							
		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra as (g)	8715	8577	8565	8658	8635	
2	Peso de la muestra secada al horno (g)	8080	7971	7945	8001	7955	
RESULTADOS							
		1	1	1	1	1	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		8,13	7,60	7,80	8,21	8,01	
PROMEDIO DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN %					7,95		
<b>MEZCLA II (CEMENTO - PEAD)</b>							
DATOS							
		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra as (g)	3565	3665	3689	3599	3628	
2	Peso de la muestra secada al horno (g)	3418	3506	3535	3439	3472	
RESULTADOS							
		1	1	1	1	1	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		4,36	4,54	4,36	4,65	4,49	
PROMEDIO DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN %					4,48		
<b>MEZCLA III (CEMENTO - ARENA - PEAD)</b>							
DATOS							
		1	2	3	4	5	
1	Peso de la muestra as (g)	7890	7264	7282	7166	7174	
2	Peso de la muestra secada al horno (g)	7249	6799	6923	6737	6756	
RESULTADOS							
		1	1	1	1	1	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		6,08	6,69	5,19	6,35	6,19	
PROMEDIO DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN %					6,10		
$\% ABS = \frac{\text{Peso saturado} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$							
<b>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC</b>							
<b>TECNICO LEM</b> Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC <i>Iván Cieza Díaz</i> LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO		<b>JEFE LEM</b> Nombre y firma:		<b>COC - LEM</b> Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC Gerencia Ejecutiva de Operación INGENIERIA CIVIL Reg. CP N° 267870			



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y  
PAVIMENTOS

# ENSAYO DE DENSIDAD DE LOS MATERIALES, CEMENTO -ARENA -PEAD

INGENIERIA & CONSTRUCCION






LABORATORIO  
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC  
*Iván Cleza Díaz*  
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



Gerencia Regional de Ingeniería y Construcción  
CAJAMARCA  
Reg. CIP N° 267820

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.  
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA  
RUC: 20605442235 EMAIL: [gselaboratorio2019@gmail.com](mailto:gselaboratorio2019@gmail.com)

	<b>INFORME</b>				Código	AE-FO-78
	<b>DENSIDAD DE LOS MATERIALES, CEMENTO - ARENA - PEAD</b>				Versión	01
					Fecha	-
					Página	1 de 1
<b>TESIS</b> : "PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023".						
<b>Solicitantes</b> : EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ		<b>Muestreado por</b> : Solicitante		<b>Ensayado por</b> : I.C.D		
<b>Identificación</b> : PANELES DE TEXTURA 3D		<b>Ubicación de Proyecto</b> : CHOTA		<b>Fecha de Ensayo</b> : 26/11/2023		
<b>Materiales</b> : CEMENTO - ARENA - PEAD		<b>Turno</b> : Diurno				
<b>MEZCLA I (CEMENTO - ARENA)</b>						
MUESTRAS	PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	ESPESOR (cm)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD(gr/cm3)
M1	8715	52,2	31,2	2,2	3583,01	2,43
M2	8658	52	31,1	2,1	3396,12	2,55
M3	8695	52,1	31,2	2,2	3576,14	2,43
M4	8710	52,3	31,1	2,3	3741,02	2,33
M5	8706	52,2	31,2	2,2	3583,01	2,43
<b>MEZCLA II (CEMENTO - PEAD)</b>						
MUESTRAS	PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	ESPESOR (cm)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD(gr/cm3)
M1	3565	52,1	31,1	2,1	3402,65	1,05
M2	3570	52,3	31,2	2	3263,52	1,09
M3	3582	52,4	31	2,2	3573,68	1,00
M4	3592	52,3	31,2	2,1	3426,70	1,05
M5	3586	52,1	31,5	2,3	3774,65	0,95
<b>MEZCLA III (CEMENTO - ARENA - PEAD)</b>						
MUESTRAS	PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	ESPESOR (cm)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD(gr/cm3)
M1	7658	52,1	31,2	2,2	3576,14	2,14
M2	7685	52,2	31	2,1	3398,22	2,26
M3	7648	52,3	31,1	2,2	3578,37	2,14
M4	7695	52,1	31,1	2,3	3726,71	2,06
M5	7680	52,2	31,3	2,1	3431,11	2,24
<b>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC</b>						
<b>TECNICO LEM</b> Nombre y firma:  <b>Iván Cieza Díaz</b> <small>MEMORIAS DE BUELOS CONCRETO Y ACERVO</small>		<b>JEFE LEM</b> Nombre y firma:		<b>CQC - LEM</b> Nombre y firma:  <b>Gerardo Zambrano</b> <small>INGENIERO CIVIL          RUC C.P. 126787</small>		



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y  
PAVIMENTOS

# ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

LABORATORIO  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

LABORATORIO  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC  
  
Iván Cleza Díaz  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

LABORATORIO  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC  
  
Gerardo Gamarallos Gamarallos  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
RUC: CP 267620

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.  
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA  
RUC: 20605442235 EMAIL: [gselaboratorio2019@gmail.com](mailto:gselaboratorio2019@gmail.com)

GSE		INFORME						Doble		AD-FO-182			
		MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑERÍA						Unidad		91			
								Fecha					
								Página		1 de 1			
TÍTULO		PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIÉTFENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023.											
SOLICITANTES		EDISON ALEXANDER CAMPOS TAPIA y EYDER BURGA DIAZ						REALIZADO POR				Solobests	
IDENTIFICACIÓN		PANELES DE TEXTURA 3D						REVISADO POR				I.C.D	
UBICACIÓN DE PROYECTO		CHOTA						FECHA DE ENSAYO				20/11/2023	
FECHA DE EMISIÓN		20/11/2023						TURNO				Día	
MATERIAL		CEMENTO - ARENA - PEAD											
VARIACIÓN DIMENSIONAL NTP 331.017.													
IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)					
		Pres.	Var. (mm)	Var (%)	Pres.	Var. (mm)	Var (%)	Pres.	Var. (mm)	Var (%)			
MEZCLA I (CEMENTO - ARENA)	N° 01	320,29	0,05	0,01	313,23	0,04	0,01	26,30	0,02	0,01			
MEZCLA I (CEMENTO - ARENA)	N° 02	320,69	0,03	0,02	313,38	0,02	0,02	26,20	0,01	0,02			
MEZCLA I (CEMENTO - ARENA)	N° 03	309,06	0,01	0,03	318,10	0,03	0,03	26,30	0,03	0,03			
MEZCLA I (CEMENTO - ARENA)	N° 04	320,46	0,02	0,05	319,09	0,04	0,05	26,11	0,04	0,02			
MEZCLA I (CEMENTO - ARENA)	N° 05	320,36	0,02	0,02	310,03	0,02	0,01	26,19	0,02	0,04			
IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)					
		Pres.	Var. (mm)	Var (%)	Pres.	Var. (mm)	Var (%)	Pres.	Var. (mm)	Var (%)			
MEZCLA II (CEMENTO - PEAD)	N° 01	329,30	0,01	0,01	316,20	0,02	0,03	26,03	0,02	0,03			
MEZCLA II (CEMENTO - PEAD)	N° 02	328,40	0,03	0,03	316,08	0,03	0,03	25,33	0,03	0,04			
MEZCLA II (CEMENTO - PEAD)	N° 03	328,20	0,02	0,08	318,10	0,04	0,01	26,49	0,04	0,02			
MEZCLA II (CEMENTO - PEAD)	N° 04	329,30	0,03	0,02	318,32	0,02	0,02	26,33	0,02	0,05			
MEZCLA II (CEMENTO - PEAD)	N° 05	328,40	0,04	0,04	318,32	0,01	0,03	26,10	0,01	0,02			
IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)					
		Pres.	Var. (mm)	Var (%)	Pres.	Var. (mm)	Var (%)	Pres.	Var. (mm)	Var (%)			
MEZCLA III (CEMENTO - ARENA - PEAD)	N° 01	320,10	0,01	0,01	310,20	0,01	0,01	26,20	0,02	0,01			
MEZCLA III (CEMENTO - ARENA - PEAD)	N° 02	320,20	0,02	0,02	310,20	0,02	0,02	26,10	0,01	0,02			
MEZCLA III (CEMENTO - ARENA - PEAD)	N° 03	320,10	0,03	0,01	310,10	0,03	0,03	26,28	0,02	0,03			
MEZCLA III (CEMENTO - ARENA - PEAD)	N° 04	320,30	0,01	0,04	310,08	0,08	0,05	26,20	0,03	0,04			
MEZCLA III (CEMENTO - ARENA - PEAD)	N° 05	320,33	0,02	0,05	310,08	0,04	0,03	26,26	0,02	0,05			
<p>Diagrama de un panel de textura 3D con dimensiones y puntos de medición. El diagrama muestra un panel rectangular con una superficie texturizada. Se indican las dimensiones: Largo del espécimen, Ancho del espécimen y Alto del espécimen. Se muestran también los puntos de medición para el largo, ancho y alto, con líneas que indican cómo se miden estas dimensiones en el panel.</p>													
OBSERVACIONES:													
* Muestras recibidas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC													
* Los resultados fueron producidos por el solicitante y almacenados en el laboratorio de GSE													
* Permite la reproducción total o parcial del presente documento en la subestación de GSE													
GSE LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC													
TECNICO LEM		JEFE LEM				CCC - LEM							
<p>LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC Iván Cieza Díaz INGENIERO EN MATERIALES DE CONCRETO Y ASFALTO</p>		<p>LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC Edson Campos INGENIERO EN MATERIALES DE CONCRETO Y ASFALTO</p>				<p>LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC Edson Campos INGENIERO EN MATERIALES DE CONCRETO Y ASFALTO</p>							

*Anexo E. Constancia de veracidad de resultados de ensayos*



## CONSTANCIA DE VERACIDAD DE ENSAYOS DE LABORATORIO


Chota, 30 de noviembre del 2023

Por medio de la presente, se certifica que los ensayos realizados en el marco de la ejecución de tesis titulado "**PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA 2023**", por parte de EDINSON ALEXANDER CAMPOS TAPIA Y EYDER BURGA DIAZ, egresados de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA, han sido realizados de acuerdo con los procedimientos y normas vigentes según requerimiento.

Se asegura que todos los equipos utilizados para los ensayos están calibrados y en perfecto estado de funcionamiento, y que se han seguido todos los protocolos de calibración y mantenimiento requeridos. Los resultados reflejan fielmente las condiciones de prueba y los procedimientos aplicados.

En caso de requerir mayor información o aclaraciones adicionales, por favor, no dude en contactarnos.

Atentamente,

  
LABORATORIO  
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC  
Geremias Rimarachin Rimarachin  
GERENTE GENERAL

*Anexo F. Permiso para la extracción de Arena de la cantera de Conchán*



Municipalidad Distrital de Conchan  
Chota - Cajamarca



**"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"**

**SOLICITUD**

**Señor:**  
**Ingeniero Norbil Osiel Bustamante Rafael.**  
**Alcalde de la Municipalidad Distrital de Conchan**

**Atención:**  
**Edilma Flor Núñez Vásquez Gerencia**  
**Municipal - MDC**

**Presente. -**

**Asunto** : Dar permiso para extracción de arena de la cantera de Conchán

**Referencia** : Solicitud para la extracción de arena con fines de investigación para la tesis: PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023



**FECHA** : **Conchán 23 agosto del 2023.**

Por medio del presente nos dirigimos a Usted para saludarle cordialmente; al mismo tiempo dar la autorización de la extracción de arena con fines de estudio para la tesis: PANELES DE TEXTURA 3D ELABORADOS CON CEMENTO, ARENA FINA Y/O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD), CHOTA, 2023

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.



  
Ing. Percy Barrillo Torres  
Alcalde

*Anexo G.. Autorización para desarrollar los ensayos en los laboratorios de la empresa  
GSE.*



## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD  
COORDINACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
"Año de la unidad, la paz y el Desarrollo"



Chota, 22 de agosto del 2023

### CARTA N°078- 2023-UNACH-CFCI-ENCHV

**Jóvenes:**

Edinson Alexander Campos Tapia y Eyder Burga Díaz  
Tesisistas.

**Asunto** : Autorización concedida.

**Referencia** : FUT N° 613- 2023

Me dirijo a usted para expresarle mi saludo cordial y manifestarle que cuenta con mi autorización para llevar a cabo sus ensayos en el laboratorio GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C- LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS , de la ciudad de Chota, quedando bajo su responsabilidad presentar los documentos que expresan los resultados encontrados, en papel membretado con el logo de la empresa, debidamente firmados por el responsable técnico del laboratorio y visado por el dueño y/o representante legal de la empresa.

Sin otro particular, expreso las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente

DR.ING. ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ  
COORDINADOR DE LA FCI  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

C/c  
ARCHIVO  
CFCI/ENCHV  
AMCG  
CHOTA-2023