

# INFORME DE TESIS - ACM

*por* ALEXANDER CENTURION MOSTACERO

---

**Fecha de entrega:** 10-nov-2023 03:32p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2219335199

**Nombre del archivo:** INFORME\_DE\_TESIS\_-\_CENTURION\_MOSTACERO\_ALEXANDER.docx (40.84M)

**Total de palabras:** 21095

**Total de caracteres:** 117198

<sup>2</sup>  
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO**

**BENEDICTO XVI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE *DONAX OBESULUS* SOBRE  
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN PASTAS Y  
MORTEROS DE SUELO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Br. Alexander Virgilio Centurion Mostacero

**ASESOR**

<sup>3</sup> Mg. Aldo Castillo Chung  
<https://orcid.org/0000-0002-2270-1671>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Vivienda, saneamiento y transporte

<sup>2</sup>  
**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Mons. Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.**

Arzobispo Metropolitano de Trujillo  
Fundador y Gran Canciller de la Universidad  
Católica TrujilloBenedicto XVI

**Dr. Luis Miranda Díaz**

Rector de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI

**Dra. Mariana Silva Balarezo**

Vicerrectora Académica

**Dra. Ena Cecilia Obando Peralta**

Vicerrectora de Investigación

**Mg. Breitner Díaz Rodríguez**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**Mons. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri**

Gerente de Desarrollo Institucional

**Dra. Teresa Reátegui Marín**

Secretario General

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

<sup>3</sup> Señor(a) Decano(a) de la Facultad de Ingeniería:

Yo, Mg Aldo Roger Castillo Chung con DNI N° 18132971, como asesora del trabajo de investigación **“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DONAX OBESULUS SOBRE RESISTENCIA EN COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN PASTAS Y MORTEROS DE SUELO”**, desarrollada por el bachiller Alexander Virgilio Centurion Mostacero <sup>3</sup> DNI N° 70295808 respectivamente, egresada del Programa Profesional de Ingeniería de Sistemas, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

<sup>3</sup> Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es menor o igual al 20 %, estándar permitido por el Reglamento de grados y títulos de la Universidad Católica de Trujillo.



Mg. Aldo Castillo Chung  
DNI: 18132971

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme permitido lograr una meta más en mi vida profesional, dándome fortaleza, sabiduría y sobre todo salud y así poder llevar a cabo mi carrera profesional, mi anhelo más deseado y así convertirme en ingeniero civil.

A mis padres: María Mostacero y Virgilio Centurion; las personas que me inculcaron respeto y responsabilidad para afrontar la vida, gracias a ellos soy una persona con valores y que a pesar de la distancia siempre están para mí.

A mis hermanos: por su apoyo incondicional en mis momentos buenos y malos.

A mi hija: Caely Centurion quien es mi mayor motivación y fortaleza para nunca rendirme en mi día a día y así llegar a ser un ejemplo para ella.

## AGRADECIMIENTO

Principalmente agradecer a dios por guiarme y darme fortaleza para seguir adelante. Así mismo quiero extender mi profundo agradecimiento, a mis docentes, amigos y compañeros, quienes hicieron posible este sueño; aquellos que estuvieron junto a mí en todo momento; este camino que no ha sido fácil, pero gracias a su apoyo, sus enseñanzas y sus consejos he logrado este objetivo y a todas personas que de una u otra manera me apoyaron.

Alexander V. Centurion Mostacero.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, ALEXANDER VIRGILIO CENTURIÓN MOSTACERO con DNI: 70295808, Egresado del programa de estudios de Ingeniería Civil. De la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, doy fe que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE *DONAX OBESULUS* SOBRE RESISTENCIA EN COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN PASTAS Y MORTEROS DE SUELO”, el cual consta de un total de 123 páginas, incluyendo tablas, figuras y anexos.

Dejo constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaro bajo juramento en razón a los requisitos éticos, que el contenido de dicho documento, corresponde a mi autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Así mismo, garantizo que los fundamentos teóricos están respaldados por la referencia bibliográfica, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual de mi responsabilidad.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 15 %, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

El autor



Alexander Virgilio Centurión Mostacero

DNI: 70295808

## INDICE

<b>3</b> AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	ii
CONFORMIDAD DEL ASESOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. METODOLOGÍA.....	31
2.1. Enfoque y tipo.....	31
2.2. Diseño de Investigación.....	31
<b>2</b> 2.3. Objeto de Estudio.....	31
2.4. Instrumentos, técnicas, equipos de laboratorio de recojo de datos.....	34
2.4.1. Instrumentos de recojo de datos.....	34
2.4.2. Técnicas de recojo de datos.....	34
2.4.3. Equipos de laboratorio de recojo de datos.....	35
<b>55</b> 2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información.....	35
2.5.1. Técnicas de procesamiento.....	35
2.5.2. Análisis de la Información.....	38
2.6. Aspectos éticos en investigación.....	38
2.6.1. Consentimiento informado.....	38

2.6.2. Confidencialidad de los datos.....	38
2.6.3. Beneficencia y no maleficencia.....	38
2.6.4. Integridad y honestidad.....	38
2.6.5. Revisión ética.....	39

45

### III. RESULTADOS.....40

#### 3.1. Descripción de resultados.....40

3.1.1. Absorción de agua de pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....40

3.1.2. Resistencia en compresión de pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....44

3.1.3. Caracterización química de suelo y polvo de Donax Obesulus.....48

3.1.4. Caracterización química de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....51

3.1.5. Caracterización morfológica de suelo y polvo de Donax Obesulus.....53

3.1.6. Caracterización morfológica de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....56

#### 3.2. Prueba de Hipótesis.....58

3.2.1. Absorción de agua de pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....58

3.2.2. Resistencia en compresión de pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....61

3.2.3. Caracterización química de suelo y polvo de Donax Obesulus.....63

3.2.4. Caracterización química de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....64

3.2.5. Caracterización morfológica de suelo y polvo de Donax Obesulus.....64

3.2.6. Caracterización morfológica de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....	64
<sup>4</sup> IV. DISCUSIÓN.....	65
V. CONCLUSIONES.....	70
VI. RECOMENDACIONES.....	71
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	72
ANEXOS.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Morteros cúbicos de suelo cohesivo estabilizado con estiércol de vaca.....	25
<b>Figura 2.</b> Proceso esquemático de estabilización del suelo.....	27
<b>Figura 3.</b> Degradación del suelo por contaminación y sobreexplotación: (A) suelo contaminado con combustible para aviones y pesticidas; (B) contaminación procedente de depósito de almacenamiento de chatarra de hierro y acero; (C) campos irrigados y labrados; (D) terrazas agrícolas en campos abandonados; (E y F) artículos de plástico encontrados en suelos de un antiguo invernadero.....	30
<b>Figura 4.</b> Diagrama de flujo del procedimiento experimental.....	37
<b>Figura 5.</b> Absorción de agua de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....	40
<b>Figura 6.</b> Absorción de agua de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....	42
<b>Figura 7.</b> Resistencia en compresión de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....	44
<b>Figura 8.</b> Resistencia en compresión de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.....	46
<b>Figura 9.</b> Espectros FTIR de suelo de cultivo.....	48
<b>Figura 10.</b> Espectros FTIR de polvo de Donax Obesulus.....	49
<b>Figura 11.</b> Espectros FTIR de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 30%.....	51
<b>Figura 12.</b> Micrografía Óptica de Donax Obesulus.....	54
<b>Figura 13.</b> Micrografía Óptica de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 30%.....	56

<b>Figura 14.</b> Absorción de agua de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días.....	58
<b>Figura 15.</b> Prueba de hipótesis de la absorción de agua de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días.....	59
<b>Figura 16.</b> Prueba de hipótesis de la resistencia en compresión de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días.....	61
<b>Figura 17.</b> Prueba de hipótesis de la resistencia en compresión de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días.....	62

### 3 ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de Variables.....	33
--	----

En la presente investigación se tuvo como objetivo de determinar la influencia de la adición de *Donax Obesulus* sobre resistencia en compresión y absorción de agua en pastas y morteros de suelo, de acuerdo con las normas de diseño ASTM C109. La metodología de investigación que se empleó fue de tipo aplicada, explicativa y cuantitativa, constando de un diseño experimental. Se utilizó para el desarrollo de muestras un diseño de mezcla de pastas y morteros con relación agua/mezcla de polvo de 0.45 y una relación de mezcla de polvo/agregado de 1/3 en peso. Se utilizaron residuos de suelo del distrito de Moche, Trujillo. Muestras de *Donax Obesulus* pasantes por malla N° 200 del terminal pesquero del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo. Previamente caracterizadas fisicoquímicamente ambas materias primas, mediante la técnica FTIR; Microscopia óptica y Granulometría. Como también se empleó arena gruesa como agregado. Después se confeccionaron las muestras con adiciones de *Donax Obesulus*, en 5, 10, 15, 20, 25, 30% en masa. Considerando un tiempo de secado y ensayo de 7 días. Los ensayos físicos y mecánicos se desarrollaron de forma aleatoria con 5 veces de repetición mediante el ensayo de compresión ASTM C109 y absorción de agua ASTM C 1403; aplicando caracterización fisicoquímica final. Se obtuvieron como resultados que ante el incremento del porcentaje en peso de *Donax Obesulus* el rango de 5% a 30%, se incrementa la resistencia a la compresión y se disminuye la absorción de agua de pastas y morteros a base de suelo.

**Palabras Clave:** *pastas, morteros, estabilización, Donax Obesulus, suelos*

#### 4 ABSTRACT

The aim of this research was to determine the influence of the addition of *Donax Obesulus* on compressive strength and water absorption in soil pastes and mortars, in accordance with ASTM C109 design standards. The research methodology used was applied, explanatory and quantitative, consisting of an experimental design. A mixture design of pastes and mortars with a water/powder mixture ratio of 0.45 and a powder/aggregate mixture ratio of 1/3 by weight was used for sample development. Soil waste from the Moche district, Trujillo, was used. Samples of *Donax Obesulus* passing through No. 200 mesh from the fishing terminal of the Víctor Larco Herrera district, Trujillo. Both raw materials were previously physicochemically characterized using the FTIR technique; Optical microscopy and Granulometry. As coarse sand was also used as aggregate. Afterwards, the samples were made with additions of *Donax Obesulus*, in 5, 10, 15, 20, 25, 30% by mass. Considering a drying and testing time of 7 days. The physical and mechanical tests were developed randomly with 5 times repetition using the ASTM C109 compression test and ASTM C 1403 water absorption test; applying final physicochemical characterization. The results were obtained that with the increase in the percentage by weight of *Donax Obesulus* in the range of 5% to 30%, the compressive strength increases and the water absorption of pastes and mortars of soil decreases.

**Keywords:** *pastes, mortars, stabilization, Donax Obesulus, soil*

## I. INTRODUCCIÓN

En un período caracterizado por una escalada de preocupaciones medioambientales, como el agotamiento de los recursos naturales y la creciente generación de basura, la importancia de las prácticas de reciclaje, especialmente en la industria de la construcción, es ampliamente reconocida como una solución prometedora y una necesidad vital para lograr la sostenibilidad a largo plazo de nuestros recursos naturales. La amplia utilización de los recursos y las importantes cantidades de residuos producidos por el sector de la construcción subrayan la importancia crucial del reciclaje para la conservación de recursos, la mitigación del impacto ecológico y el avance del desarrollo responsable a escala mundial (Ahmadi,2008).

A nivel mundial, el consumo de suelos en la construcción es un tema importante en los países en vías de desarrollo. Según un informe de Amigos de la Tierra Europa, la Unión Europea usa más suelo del que le corresponde. En 2010, la cantidad de terreno usado solo para satisfacer el consumo de productos y servicios agrícolas ascendió a los 269 millones de hectáreas; eso es un 43 % más del suelo agrícola disponible dentro de la propia UE y equivale a usar fuera de nuestras fronteras un área de casi el tamaño de Francia e Italia<sup>1</sup>. El consumo de tierras de cultivo para la construcción puede tener consecuencias graves en el medio ambiente y la salud humana; pues la agricultura y la ganadería dependen de este recurso, la sobre explotación de este recurso podría generar excusas y desabasteciendo de recursos para la alimentación de la población a nivel mundial, ya este recurso no es renovable; además, la sobreexplotación puede provocar la interrupción de las redes y relaciones tróficas, la desertificación de suelos, la pérdida de nutrientes y la contaminación ambiental<sup>2</sup>, por lo que la Unión Europea ha tomado medidas al respecto restringiendo el consumo de este recurso o en su defecto el uso racional del mismo, a la par de promover la producción de morteros de suelos de mayor durabilidad a las condiciones medioambientales (Benites 2017).

La utilización de la construcción con morteros de suelos, por ejemplo, el adobe ha prevalecido en América Latina y en varias partes del mundo durante muchos siglos. Esto se debe principalmente a su producción rentable, consumo mínimo de energía durante la fabricación, impacto positivo en la reducción de la contaminación a través de bajas emisiones de CO<sub>2</sub>, propiedades de aislamiento acústico efectivas, estabilización natural como material inerte y degradable, requisitos tecnológicos mínimos para la producción y

condiciones térmicas favorables. características de aislamiento (Callaghan, 2009). Sin embargo, <sup>14</sup> la presencia de factores externos como la precipitación, el viento y la actividad sísmica, junto con las características inherentes de los suelos constituyentes, restringen significativamente la durabilidad a largo plazo de estas estructuras. La interacción entre el agua y estos materiales conduce a una disminución de su resistencia mecánica, lo que finalmente resulta en su desintegración. Por lo tanto, la integridad estructural de las construcciones de adobe se daña significativamente. El Perú, al estar caracterizado por sus diversas condiciones climáticas, experimenta ocurrencias ocasionales de fuertes lluvias, lo que resulta en inundaciones <sup>14</sup> provocadas por el desbordamiento de los ríos. En consecuencia, el uso y la implementación <sup>14</sup> de las técnicas tradicionales de construcción con adobe enfrentan importantes dificultades. Las restricciones asociadas con el uso de materiales de tierra en la construcción, junto con los avances en la tecnología del concreto, han resultado en el declive de las técnicas de construcción que utilizan materiales de tierra. Sin embargo, es digno de consideración. El acto de recuperarlo tiene valor debido a la prevalencia actual de los métodos de construcción basados en la tierra. Se cree que aproximadamente la mitad de las personas que residen en países emergentes habitan viviendas construidas principalmente con materiales de los suelos. Este patrón estructural particular se observa con frecuencia en las naciones emergentes, incluidas, entre otras, <sup>28</sup> Afganistán, Bangladesh, Guatemala, India, Irán, Pakistán, Perú y Turquía, por citar solo algunos países. En áreas caracterizadas por condiciones climáticas secas, las construcciones de tierra tienen el potencial de exhibir una durabilidad excepcional (Cruz et al. 2012).

Con base en datos proporcionados por <sup>28</sup> el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2007), se ha establecido que <sup>3</sup> alrededor del 32,5% de las estructuras de las viviendas en la región La Libertad están construidas con materiales de adobe o tapial. La parte más antigua de estas residencias se ubica típicamente en regiones rurales, que concentran el 25,8% de la población. La presente investigación por lo tanto busca ofrecer una alternativa de incrementar la vida útil de los morteros a base de suelo que se usan en el sector construcción, en este caso pensando en la población costera, pues se evaluará el uso de los residuos de la especie *Donax Obesulus* (maruchas), especie de alto consumo en la zonas costeras y cuyos caparazones no tienen uso industrial, estos serán molidos y calcinados a fin de lo lograr la mezcla homogénea en diversos porcentajes con morteros a base de suelos, provenientes de la zona Liberteña

Ante esta realidad, surge una solución propuesta que implica la utilización de *Donax Obesulus* como adición en la fabricación de pastas y morteros de suelo, con el propósito de mejorar tanto la resistencia en compresión como la capacidad de absorción de agua de estos materiales. Planteamos la pregunta: ¿Cuál es la influencia de la adición de *Donax Obesulus* sobre la resistencia en compresión y absorción de agua en pastas y morteros de suelo? Esta iniciativa buscó no solo aprovechar los recursos disponibles, sino también reducir el desperdicio de *Donax Obesulus* y contribuir a la producción de pastas y morteros de suelo más eficientes y sostenibles. Ofrece beneficios significativos en términos de sostenibilidad y eficiencia de recursos. Este enfoque innovador representa una solución sostenible que aborda varios desafíos de manera integral, y que rara vez se ha aplicado en nuestra región.

El propósito de esta investigación, pretendió determinar en qué medida la adición de *Donax Obesulus* influye sobre las propiedades mecánicas físicas de las pastas y morteros de suelo. De este modo, los residuos de *Donax Obesulus* al ser adicionado a la mezcla acompañados de residuos de suelo, pudieron proporcionar mejoras notables en las características de desempeño, abarcando aspectos económicos, funcionales y ambientales.

En cuanto a la justificación general de esta investigación, es crucial teniendo en cuenta el imperativo de las prácticas de construcción sostenibles. Dada la importante función del sector de la construcción en el agotamiento de los recursos, la generación de residuos y las emisiones de carbono, es imperativo investigar nuevos enfoques para la reutilización de materiales residuales y la reducción de los efectos ambientales, transformar las prácticas de construcción de acuerdo con los objetivos internacionales de sostenibilidad, presentando así un potencial cambio de paradigma en el campo. El presente estudio posee la capacidad de transformar significativamente las metodologías de construcción, armonizando así con los objetivos mundiales de sostenibilidad y presentando un paradigma para el uso consciente de los recursos. Con el fin de garantizar el uso responsable de los recursos.

Desde un punto de vista práctico, se trata de abordar la cuestión de la gestión de un recurso valioso de alta demanda a nivel mundial como son los suelos, los que presentan un problema tangible para la industria de la construcción desde un punto de vista pragmático. Este estudio presenta métodos realistas para la gestión de residuos, la optimización de materiales y el suministro de alternativas rentables a los materiales de construcción estándar mediante la utilización de desechos de productos de alto consumo en las zonas costeras del país, de esta forma se propone convertir los materiales residuales en componentes de

construcción usables. Los hallazgos de la investigación tienen importantes consecuencias prácticas que pueden dar lugar a la utilización generalizada de prácticas sostenibles, con beneficios tanto para el sector de la construcción como para el medio ambiente.

La investigación se basa en el marco teórico que aplica los principios de la formación de calcita y la química de los silicatos hidratados. Este trabajo aporta una valiosa contribución al conocimiento teórico en el campo mediante la profundización en los procesos químicos y la comprensión de la forma en que los residuos de las especies *Donax* interactúan con las pastas y morteros del suelo, dando lugar a la formación de pastas y morteros duraderas. El estudio también se extiende sobre el conjunto actual de la literatura relativa a la gestión de residuos, las ideas subyacentes a la economía circular, y las prácticas sostenibles dentro de la industria de la construcción.

La razón detrás de esta investigación está enraizada en el contexto socio-ambiental, con el objetivo de abordar el deterioro ambiental y mejorar el bienestar social. La aplicación de la utilizando desechos de algunos productos alimenticios del mar ofrece importantes ventajas ambientales y sociales a través de la reducción de la acumulación de residuos, las emisiones de carbono y la explotación de los recursos. La mejora de la calidad del aire y del agua, la mitigación de la contaminación visual y la creación de oportunidades de empleo en la gestión de residuos son algunas de las consecuencias socioambientales favorables.

La investigación emplea un enfoque científico que investiga sistemáticamente el proceso de aglomeración de partículas de arcilla utilizando partículas de desecho de la especie *Donax*, con un énfasis específico en la utilización de residuos de construcción. El estudio utiliza pruebas de laboratorio, procedimientos de caracterización de materiales y evaluaciones de rendimiento para evaluar las propiedades físico-químicas y mecánicas de las pastas y morteros producidos. La utilización de técnicas estandarizadas aumenta el rigor y la reproductibilidad de la investigación, reforzando así la legitimidad y la importancia de las conclusiones del estudio.

A partir de esto se planteó como objetivo general de determinar la influencia de la adición de *Donax Obesulus* sobre resistencia en compresión y absorción en pastas y morteros de suelo.

Considerando de igual forma como objetivos específicos, el poder desarrollar secuencia de adecuación de residuos de *Donax Obesulus* para la secuencia de adición y

evaluación en pastas y morteros de suelo. Desarrollar la secuencia de pastas y morteros de suelos adicionados para su caracterización mecánica, física y química. Determinar los valores de resistencia en compresión de pastas y morteros adicionados mediante el uso de norma ASTM C109. Asimismo, determinar los porcentajes de absorción de agua de pastas y morteros adicionados mediante la norma ASTM C 1403.

Como hipótesis se planteó que el incremento del porcentaje en masa de la adición de *Donax Obesulus*, será directamente proporcional al incremento de la resistencia en compresión e inversamente proporcional al porcentaje de absorción de agua en pastas y morteros de suelo.

En investigaciones previas a nivel internacional, se consideró a Acharya & Dahal (2023), donde su investigación trata sobre la estabilización del suelo utilizando polvo de cáscara de huevo activado alcalinamente. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de la adición de polvo de cáscara de huevo activado alcalinamente en las propiedades geotécnicas del suelo. Se utilizó un suelo arcilloso con alta plasticidad y se realizaron pruebas de límite líquido, límite plástico, densidad máxima seca y resistencia a la compresión no confinada. El método utilizado consistió en mezclar el suelo con el polvo de cáscara de huevo activado alcalinamente utilizando una solución de activador alcalino de NaOH y Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Se realizaron pruebas de laboratorio para determinar los cambios en las propiedades del suelo antes y después del proceso de estabilización. Se utilizaron las normas de clasificación de suelos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) para clasificar el suelo y se realizaron pruebas de acuerdo a los estándares de la ASTM para determinar el límite líquido, límite plástico, densidad máxima seca y resistencia a la compresión no confinada. Los resultados obtenidos mostraron que la adición de polvo de cáscara de huevo activado alcalinamente redujo el límite líquido y el límite plástico del suelo. También se observó un aumento en la densidad máxima seca y en la resistencia a la compresión no confinada del suelo tratado. Se concluyó que la utilización de polvo de cáscara de huevo activado alcalinamente para la estabilización química del suelo es factible y amigable con el medio ambiente.

También a Sudjianto et al. (2021), donde en su investigación trata sobre la estabilización de arcilla expansiva utilizando ceniza de concha de ostra como agente estabilizador. El objetivo de la investigación fue determinar los efectos de la adición de ceniza de concha de ostra en las propiedades químicas, físicas y mecánicas del suelo

expansivo. El método utilizado incluyó pruebas químicas, físicas y mecánicas del suelo. Se realizaron pruebas de composición química del suelo mediante pruebas de rayos X, pruebas de propiedades físicas del suelo como contenido de agua y límites de Atterberg, y pruebas mecánicas del suelo como pruebas de compactación y pruebas de hinchamiento. Se utilizaron normas como la clasificación AASTHO para determinar la calidad del suelo como material de subrasante y la clasificación USCS para categorizar el suelo como un suelo de grano fino. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Composición química del suelo: Se observó que la adición de ceniza de concha de ostra redujo la montmorillonita y aumentó la cantidad de feldespato en el suelo. Además, se encontró que la adición de ceniza de concha de ostra disminuyó el índice de plasticidad del suelo. Propiedades físicas del suelo: Se observó que a medida que aumentaba la cantidad de ceniza de concha de ostra, disminuía la humedad del suelo y aumentaba la cohesión de las partículas, lo que resultaba en una mayor consistencia del suelo. Además, se encontró que la adición de ceniza de concha de ostra redujo el índice de plasticidad del suelo. Propiedades mecánicas del suelo: Se realizó una prueba de compresión no confinada y se encontró que la adición de ceniza de concha de ostra aumentó la resistencia a la compresión del suelo. En conclusión, la adición de ceniza de concha de ostra puede mejorar las propiedades químicas, físicas y mecánicas de la arcilla expansiva, reduciendo su plasticidad y aumentando su resistencia.

De igual forma González & Grünwald (2016), mencionan que la escasez del recurso árido en particular en el sector forestal ha motivado que desde hace aproximadamente 15 años se haya comenzado a construir una cantidad importante de kilómetros estabilizados químicamente, con el fin de utilizar los suelos existentes en terreno y disminuir costos. Sin embargo, no existía un levantamiento riguroso de las propiedades mecánicas que tienen estos materiales en terreno. El objetivo de este trabajo es caracterizar estructuralmente caminos que han sido estabilizados químicamente con una tecnología desarrollada en Chile, mediante la utilización de deflectometría de impacto. Las mediciones presentadas se hicieron sobre una red de caminos forestales y un tramo de prueba. Los resultados indican una amplia variación de módulos medidos en terreno (promedios entre 583 y 3526 MPa), superiores a los de una base granular de buena calidad. Se observó también el efecto estacional producto de la humedad en los pavimentos, lo cual disminuye el módulo en las bases estabilizadas en aproximadamente un 20%. Los coeficientes estructurales para caminos de la red forestal que han estado en servicio entre 5 y 11 años indican que en promedio tienen un valor de 0.17 mientras que los obtenidos en el tramo de prueba son en promedio 0.21. En general se

concluye que la estabilización química utilizada consigue el objetivo de reemplazar una base granular de buena calidad mediante la utilización de materiales disponibles en terreno.

También Mokhtar et al. (2016), donde su investigación trató de un estudio experimental sobre la cáscara de polvo como aditivo en la estabilización de suelos blandos. El objetivo del estudio fue evaluar la utilidad de la cáscara de polvo como un aditivo efectivo para mejorar algunas propiedades de los suelos arcillosos. El método utilizado consistió en preparar especímenes estabilizados con caolín mezclado con un 5% de cemento y diferentes cantidades de cáscara de polvo. Se realizaron observaciones sobre los cambios en las propiedades del suelo, como los límites de Atterberg, la densidad máxima seca (MDD), el contenido óptimo de humedad (OMC) y la resistencia a la compresión no confinada (UCS). Los resultados obtenidos mostraron que la adición de cáscara de polvo aumenta ligeramente la densidad máxima seca y reduce el contenido óptimo de humedad. Además, la resistencia a la compresión no confinada de las muestras tratadas con un 5% de cemento y cáscara de polvo aumenta con el aumento de la cantidad de cáscara de polvo. Se concluyó que la cáscara de polvo, en combinación con cemento, tiene el potencial de actuar como un estabilizador mecánico del suelo o para fines de estabilización del suelo.

Por su parte et al., (2019); en su investigación se centró en evaluar el rendimiento de la estabilización de suelos expansivos mediante el uso de cal y polvo de cáscara de coco para mejorar la subrasante. El objetivo principal fue investigar el efecto de la cal y el polvo de cáscara de coco, tanto individualmente como en combinación, en la resistencia a la compresión no confinada (UCS) y el índice de soporte de California (CBR) del suelo arcilloso negro estabilizado con cal y polvo de cáscara de coco. También se buscó evaluar la aplicación ingenieril de la cal y el polvo de cáscara de coco, determinar el comportamiento del suelo expansivo con los materiales estabilizadores y comparar el rendimiento de la cal y el polvo de cáscara de coco en la estabilización del suelo expansivo. El método utilizado en la investigación consistió en realizar pruebas de laboratorio para determinar la resistencia y el comportamiento del suelo estabilizado. Se realizaron pruebas de UCS y CBR con diferentes períodos de curado y se compararon los resultados entre muestras sumergidas y no sumergidas, curadas y no curadas. Los resultados indican que la adición de cal y polvo de cáscara de coco produce cambios significativos en las características del suelo. Es importante destacar que la aplicación de cal en alta concentración resultó efectiva en la reducción de la capacidad de expansión del suelo y en el aumento de los resultados del Índice

de Soporte de California (CBR). Cuando se combinaron la cal y el polvo de cáscara de coco en concentraciones más altas, su efecto sinérgico fue más pronunciado. Sin embargo, es importante señalar que la densidad seca máxima del suelo disminuyó con la adición de estos materiales. La resistencia al corte del suelo mostró mejoras significativas cuando se utilizó un 6% de cal y un 5% de polvo de cáscara de coco, aumentando en casi la mitad. Los valores máximos de CBR se alcanzaron con un 8% de cal, un 5% de polvo de cáscara de coco y la combinación de un 8% de cal y un 7% de polvo de cáscara de coco, con resultados del 3,468%, 3,13% y 3,23%, respectivamente. En consecuencia, se puede concluir que la incorporación de cal y polvo de cáscara de coco en suelos expansivos mejora su resistencia. La cal, como estabilizador de suelos ampliamente reconocido, resulta efectiva en pequeñas cantidades, mientras que el polvo de cáscara de coco es igualmente efectivo en la estabilización del suelo con una cantidad reducida, lo que lo hace práctico para proyectos de campo donde el material está fácilmente disponible. Además, el uso del polvo de cáscara de coco para la estabilización del suelo también contribuye a la protección del medio ambiente al reducir la generación de residuos sólidos y aumentar simultáneamente la resistencia al corte del suelo. Con su bajo costo, disponibilidad local y facilidad de aplicación en el lugar, esta investigación destaca el potencial de prácticas sostenibles de estabilización del suelo.

En los estudios previos a nivel nacional, se menciona el trabajo de Nieto & Tello (2019). La investigación en cuestión se centra en mejorar las características físicas del adobe para su uso como material de construcción, específicamente a través de la incorporación de mucílago extraído de la penca de tuna con el propósito de incrementar su resistencia y durabilidad. El adobe es ampliamente utilizado en la construcción de viviendas en la Sierra del Perú debido a su disponibilidad y bajo costo, sin embargo, sufre una disminución en sus propiedades cuando se expone al agua. Por consiguiente, el objetivo fundamental de esta tesis consiste en diseñar una unidad de albañilería utilizando adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, con la finalidad de extender la vida útil de las viviendas populares. Para corroborar la eficacia de esta investigación, se llevaron a cabo una serie de ensayos. Se realizaron pruebas preliminares, tanto en el terreno como en laboratorio, para el suelo, mientras que para el mucílago se llevaron a cabo análisis de densidad y viscosidad. Las unidades de adobe estabilizado se sometieron a ensayos mecánicos y físicos, y los resultados se compararon con las muestras de adobe convencional. Los resultados obtenidos reflejaron un desempeño superior en las unidades estabilizadas en comparación con el adobe convencional. Se identificaron dos dosificaciones particulares, D: 20.5% y D: 18.0%, que

lograron una resistencia a la compresión de 23.3<sup>4</sup> kg/cm<sup>2</sup> y 25.2<sup>4</sup> kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. En cuanto a la resistencia a la flexión, se obtuvieron valores de 17.62 kg/cm<sup>2</sup> y 17.61 kg/cm<sup>2</sup>. En términos de absorción, se registraron valores de 10.99% y 11.43%. Además, en las pruebas de inmersión, las unidades estabilizadas demostraron daños mínimos, y en la prueba de chorro de agua, se observaron profundidades de penetración de 4.89 mm y 5.31 mm, respectivamente.

A su vez Márquez (2018); se enfocó en su proyecto de investigación en establecer la correlación entre la mejora de la estabilidad del adobe y la variación en la proporción de astillas de Eucalipto agregadas, llevando a cabo su estudio en el distrito de Chincha Alta, ubicado en el departamento de Ica. La metodología empleada en su tesis fue de carácter aplicado, basándose en las pautas establecidas en las regulaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, específicamente en E080 relacionado con el diseño y construcción con tierra reforzada, y E070 referente a la albañilería. Además, el diseño de su investigación se califica como experimental, ya que la variable independiente fue manipulada de acuerdo con los objetivos planteados. Los porcentajes de astillas incorporados en la elaboración del adobe fueron del 1.5%, 3.0% y 4.5% en relación al peso seco de la muestra de suelo. Los resultados obtenidos en el adobe revelaron un aumento en la resistencia a la compresión, con incrementos del 67%, 46% y 94%, en comparación con el adobe de referencia con una resistencia de 26.05 Kg/cm<sup>2</sup>. En lo que respecta a la resistencia a la flexión, esta disminuyó en un 24% y 43%, pero aumentó de manera proporcional a la cantidad de astillas añadidas. Por otro lado, los resultados de la absorción en el adobe estabilizado mostraron una constancia con porcentajes de 20.78%, 20.92% y 22.62%. En consecuencia, se sugiere la incorporación de astillas de Eucalipto como agente estabilizador en la fabricación de adobe.

Por último, en el trabajo de Benites (2017) se centra en la mejora de las prestaciones del adobe como material de construcción a través de su estabilización. El propósito fundamental de esta investigación es evaluar la viabilidad de utilizar un polímero natural de origen local, conocido como Cabuya o Furcraea andina, como agente estabilizador para el adobe tradicional, y determinar las condiciones necesarias para asegurar su efecto estabilizante. Para llevar a cabo este estudio, se exploró la preparación del polímero estabilizador antes de su inclusión en el adobe. Este proceso implicó una etapa de maceración que se extendió por un período de entre 5 y 20 días, con tres tiempos de maceración distintos. Se evaluaron dos aspectos del desempeño del adobe estabilizado en función de estos tiempos

de maceración: la resistencia mecánica, medida a través de la resistencia a la compresión y a la flexión; y la resistencia al agua, evaluada mediante la prueba de chorro de agua y el ensayo de inmersión. Los resultados obtenidos revelaron que el extracto de Cabuya requiere un tiempo mínimo de maceración de 5 días y alcanza su óptimo rendimiento a los 10 días, lo que activa de manera significativa sus propiedades estabilizantes y mejora sustancialmente la resistencia al agua del adobe. La resistencia a la compresión y a la flexión aumenta en un 9.6% y 133.7%, respectivamente. Asimismo, la resistencia a la acción del agua experimenta una notoria mejora, situando al adobe estabilizado en una posición competitiva en comparación con otros materiales estabilizadores como la cal o el cemento.

En cuanto a las bases teóricas tenemos que los morteros de suelo (adobes, morteros de pegado, entre otros), son materiales de construcción de diversas formas, están formados de arcilla, limo y arena normalmente, con porcentajes de 10-30%, 10-40% y 40-85%, respectivamente, según la literatura. Así por ejemplo estos materiales se han utilizado durante mucho tiempo, especialmente en naciones en vías de desarrollo. Sin embargo, alrededor del treinta por ciento de la población necesita construir con materiales de tierra, pero este material tiene una baja resistencia a la compresión, una alta absorción de agua y una alta probabilidad de agrietamiento, desgaste por erosión o lluvia. El producto más común son los adobes, su proceso de fabricación del varía en cada cultura y región (Hossain, & Mol 2011). Primero, se extrae el suelo, se clasifica para que pueda contener arcilla y luego se hacen los ladrillos de adobe. El proceso de secado y curado de los ladrillos de adobe es crucial para evitar que la lluvia los disgregue. Dependiendo de las variaciones en los componentes del adobe, la intensidad del sol y las preferencias del fabricante, el tiempo de secado al sol generalmente es de 5 días. Las propiedades físico-mecánicas del material se ven afectadas por el tiempo durante el secado, el curado y los procesos intermedios como la hidratación. Los hombres prehispánicos estabilizaron el adobe con materiales de diversos orígenes para aumentar la durabilidad de sus casas. Se han realizado numerosas investigaciones en el contexto actual con el objetivo de evaluar el desempeño de los aditivos en el adobe (Jing et al., 2017). Para que los aditivos de estabilización de adobe sean exitosos, deben cumplir con ciertos requisitos en términos de durabilidad y costos. Es necesario desarrollar nuevos materiales que reduzcan el impacto ambiental en el planeta en el marco del desarrollo sostenible. La mayoría de las estructuras hechas de adobe se encuentran en áreas rurales, por lo que el desarrollo y difusión de técnicas de estabilización hechas con materiales locales ofrece una solución sostenible para combatir y preservar las estructuras.

Es poco conocido en Perú, que existan pautas oficiales sobre la adaptación, restauración y construcción de estructuras hechas de adobe. Los principales materiales estabilizantes del adobe se clasifican en tres grupos: minerales, vegetales y sintéticos (Maldonado & Vela-Cossio, 2011).

### Figura 1

*Morteros cúbicos de suelo cohesivo estabilizado con estiércol de vaca (Mbereyaho et al., 2020)*



Los morteros de suelo, son naturalmente originarios de un entorno determinado, exhibe una vulnerabilidad pronunciada cuando se somete a factores externos como la erosión, la precipitación, el viento y la actividad sísmica, lo que resulta en una reducción notable de su longevidad general. Según (Ali, 2012), se ha observado que, dado el uso generalizado del adobe en la construcción a nivel mundial, por ejemplo, es imperativo priorizar la evaluación de su integridad estructural para mantener la habitabilidad y mitigar los riesgos para la vida de sus ocupantes. Existe una necesidad creciente de mejorar las características físicas y mecánicas de las estructuras de morteros de suelo, como los adobes. El resultado deseado se puede lograr mediante la incorporación de materiales o aditivos, ya sea dentro del mortero para construcciones de bloques de adobe o directamente dentro del adobe mismo en el contexto de las paredes. El proceso de mejorar las cualidades del adobe mediante la inclusión de materiales adicionales se conoce comúnmente como estabilización del adobe (Bock et al., 2016).

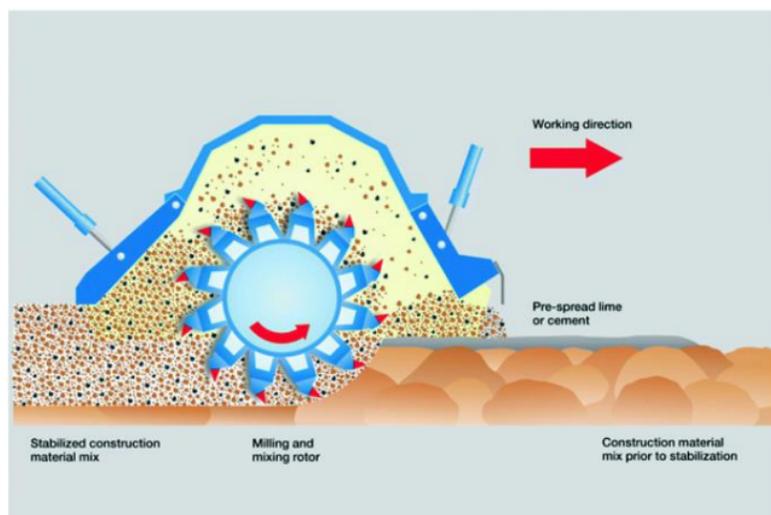
La técnica de estabilización de morteros de suelos ha sido empleada desde la antigüedad por los individuos prehispánicos, quienes utilizaron materiales de diversas procedencias para reforzar las estructuras, mejorando así su longevidad. (Cruz et al., 2012). La incorporación de fibras vegetales, como la paja u otras fibras, en las construcciones de adobe se observa comúnmente en algunas regiones, como la sierra peruana. Según (Cid et al., 2011). En el contexto actual, dados los avances en el campo de la ciencia de los materiales, ha surgido una diversa gama de combinaciones con el propósito de estabilizar los morteros, más allá de sus limitaciones inherentes mediante la incorporación de elementos más duraderos. Los aditivos comúnmente utilizados para la estabilización se pueden clasificar en tres categorías principales: minerales, sintéticos y orgánicos. Según Bouhicha, & Kenai, (2004)., en consecuencia, se han realizado muchos experimentos con el objetivo de evaluar la eficacia de los aditivos en la construcción con adobe. Las adiciones que se han examinado incluyen arena, puzolana, cenizas, cal, limo, yeso, jabón, betún, fibras derivadas de diversas plantas, aceites, caseína y otros.

Ahmadi (2008) afirma que los aditivos utilizados en el proceso de estabilización del adobe deben cumplir con especificaciones específicas para lograr una buena estabilización. El criterio inicial requiere que la adición posea resistencia al agua, ausencia de poros cerrados y capilares, y que tenga capacidades de penetración significativas. Los requisitos para los materiales expuestos incluyen tanto la resistencia a la abrasión como un aumento de la resistencia mecánica. En conclusión, los aditivos deben poseer cualidades tales como durabilidad, facilidad de aplicación, rentabilidad y ausencia de peligros químicos potenciales. Por el contrario, Sherwood (1992) destaca los aspectos esenciales que requieren mejoras en la estabilización, a saber, la durabilidad, la permeabilidad, la estabilidad del volumen y la resistencia. La durabilidad de una mezcla de estabilidad debe poseer la resistencia adecuada para soportar las diversas condiciones ambientales a las que puede estar sometido el material. La mínima permeabilidad del material contribuye a su mejor estabilidad al reducir la circulación de agua. Por el contrario, la preservación de la estabilidad del volumen sirve para mitigar la aparición de dilataciones y colapsos estructurales resultantes de las fluctuaciones en los niveles de humedad. En última instancia, el aumento de la resistencia produce un grado elevado de capacidad de carga, mejorando al mismo tiempo la estabilidad de la sustancia. En el contexto del desarrollo sostenible, es imperativo fomentar la creación de materiales novedosos que mitiguen de manera efectiva las consecuencias ambientales adversas en el planeta. Dado que una proporción significativa de

las construcciones de adobe están situadas en regiones rurales, la implementación y difusión de estrategias de estabilización que utilizan materiales de origen local surge como un enfoque sostenible para abordar y salvaguardar estas estructuras. Los principales materiales estabilizadores utilizados en la construcción de morteros de suelos son clasificados en tres grupos distintos: mineral, vegetal y sintético. Los de origen mineral incluye el uso de productos como la cal, el cemento, entre otros; los de tipo vegetal son las fibras lignocelulósicas obtenidas de diversas especies vegetales no maderables como, por ejemplo, carrizo, paja, cabuya, entre otras; finalmente los productos sintéticos son todos aquellos que no son ni de origen mineral directo o vegetales, comúnmente llamados aditivos, entre ellos podemos mencionar a la fibra de vidrio por ejemplo y similares (Vargas et al., 2008)

## Figura 2

*Proceso esquemático de estabilización del suelo (Sabzi, 2018)*



60

Las construcciones a base de suelos se encuentran en una situación de desventaja y exclusión social. En el siglo XX, se produjo un proceso de industrialización del cemento y un avance significativo en su desarrollo. Existe una tendencia generalizada hacia la adopción de sistemas constructivos tradicionales, incluso en los centros urbanos (Costa et al., 2019)

El uso del suelo ha permitido el desarrollo de la vida, como su capacidad para albergar agua líquida y su ubicación en la zona habitable de nuestro sistema, pero también presenta una serie de desafíos y amenazas que podrían poner en peligro la supervivencia de

las especies que la habitan. Entre estos desafíos se encuentran el cambio climático,<sup>9</sup> la deforestación, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos naturales. Estos problemas han sido causados principalmente por la actividad humana y requieren de soluciones urgentes y sostenibles para garantizar la preservación del planeta y el bienestar de las generaciones futuras. El avance tecnológico ha generado un impacto significativo en los materiales industrializados y en la población en general, se ha observado un crecimiento significativo en la población urbana a nivel mundial. Este fenómeno ha generado una serie de desafíos y oportunidades en términos de desarrollo urbano sostenible. En el contexto de la industrialización, los residentes urbanos se inclinaron hacia el uso de materiales como el ladrillo cocido y el acero (Esguerra et al., 2013).

Con los valores inherentes que posee la tierra como material de construcción, junto con los habitantes de las diversas comunidades a lo largo de los siglos han llevado a cabo la invención y corrección de diferentes aspectos, con el fin de mejorar las soluciones adecuadas para la obtención de viviendas, se sugiere que se realicen mejoras en el acceso a la tierra. En la actualidad, esta era se encuentra en una posición destacada en lo que respecta a las políticas medioambientales implementadas por diversas entidades. El uso de materiales modernos se ha asociado con mejores condiciones de vida y mayor confort. Como resultado, la utilización de la tierra se concentra en áreas rurales específicas como única opción. Una alternativa viable para llevar a cabo la construcción sería considerar la opción de utilizar materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente (Hossain & Easa, 2007).

Los factores de deterioro naturales son aquellos elementos o procesos que contribuyen al deterioro o desgaste de un objeto o material de forma inherente a la naturaleza. Las técnicas de construcción con tierra tienen una antigüedad de más de 9000 años. Según datos recopilados en el año 2018, se han encontrado pruebas en diversas regiones del mundo que demuestran la existencia de numerosas construcciones. Aún en la actualidad, algunas estructuras nos impresionan por su simplicidad, mientras que otras lo hacen por su magnificencia. Principalmente debido a su duración a lo largo de los siglos. La persistencia de la arquitectura los suelos se encuentran actualmente amenazada por diversos factores que han surgido a lo largo del tiempo. El ser humano al construir se dio cuenta de que los edificios se deteriorarían, es probable que haya notado que los daños surgían en función de las estaciones del año en las que se encontraba y notó que sus construcciones variaban en

función de ello. La necesidad de realizar reparaciones fue imperativa para evitar la pérdida gradual de las comodidades que se estaban experimentando (Marçal et al., 2019).

La arquitectura de adobe se encuentra inherentemente expuesta a los elementos naturales. El agua en sus diversas manifestaciones y el viento que provoca la erosión de ellas. Las fisuras causadas por los efectos sísmicos en la superficie de los adobes son también comunes. La presencia de determinados animales como roedores, arácnidos y aves, podrían generar un proceso de expansión. En términos generales, todas las estructuras de este tipo requieren de medidas de protección contra las condiciones climáticas adversas. En particular, es necesario proporcionar a las construcciones hechas con tierra una adecuada dosificación de materias primas, la cimentación con suelos debe ser diseñada de manera que prevenga la infiltración de humedad proveniente del subsuelo y, al mismo tiempo, evite la erosión, que los muros no se ven afectados cuando el agua de lluvia los salpica o cae de forma directa. La presencia continua de humedad conlleva a un proceso gradual de deterioro que puede pasar desapercibido a simple vista. Cuando los daños se hacen evidentes, en la mayoría de los casos, suele ser demasiado tarde. Esto genera dificultades en su resolución. La humedad que se genera en el subsuelo es un problema frecuente al abordar las construcciones de adobe en la presencia de agua en el suelo. En cierto momento, el líquido se desplaza a través de los capilares y asciende hacia las paredes, lo que resulta en la formación de socavaciones. Las lesiones basales graves pueden dar lugar a la eventual falla o colapso de la estructura (Morales, et al., 2007).

La porosidad del adobe facilita la infiltración de humedad y propicia el desarrollo de vegetación autóctona. El interior del bloque promueve la generación de interacciones entre las diferentes componentes del adobe. Los microorganismos son organismos vivos que desempeñan un papel crucial en el ciclo del nitrógeno, esto cual puede generar problemas en los materiales a base de suelos como son los adobes. La resistencia estructural a la flexión del adobe es de baja magnitud, debido a la composición del material. La configuración del bloque ha sido diseñada de manera óptima para permitir una compresión eficiente (Lertwattanaruk, & Choksiriwanna, 2011).

El viento también desempeña un papel en el proceso de deterioro superficial externo de las estructuras construidas con muros de adobe. Al hacer contacto con las superficies externas de los bloques, se generan efectos abrasivos que resultan en arrastre. Las generaciones actuales muestran una tendencia a rechazar las tradiciones transmitidas por sus

predecesores, evidenciando una falta de disposición para escuchar y observar sus enseñanzas, debido a su enfoque centrado en sí mismos, sin embargo, mientras la tierra siga siendo accesible, los individuos continuarán aferrándose a las tradiciones y llevando a cabo actividades constructivas. Varios intentos de uso de recursos naturales se han dado con la finalidad de mejorar, por ejemplo, el uso de fibras vegetales, el uso de mucilagos es otra alternativa evaluada (Rivero & Valdenebro, 2015).

### Figura 3

*Degradación del suelo por contaminación y sobreexplotación: (A) suelo contaminado con combustible para aviones y pesticidas; (B) contaminación procedente de depósito de almacenamiento de chatarra de hierro y acero; (C) campos irrigados y labrados; (D) terrazas agrícolas en campos abandonados; (E y F) artículos de plástico encontrados en suelos de un antiguo invernadero (Rodrigo et al., 2020).*



## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Enfoque y tipo

La presente investigación se considera aplicada, porque tiene como objetivo resolver problemas concretos y prácticos, válidos para la sociedad o las empresas, ello utilizando los conocimientos teóricos. La investigación aplicada permite solucionar problemas reales, mejorar la calidad de vida de las personas, impulsar el desarrollo económico y social, y crear nuevo conocimiento que beneficie a diversos sectores y campos. En este caso se pretende mejorar la durabilidad de pastas y morteros de suelos mediante el uso de un estabilizador obtenido de residuos del terminal pesquero de la ciudad de Trujillo. De la misma manera, se considera explicativa, por que busca proporcionar una comprensión más profunda de las relaciones subyacentes, los mecanismos o las causas detrás de los fenómenos observados. En este caso se evaluará la relación entre el porcentaje de adición de polvo calcinado de Donax sobre las modificaciones en la resistencia a la compresión y absorción de agua en pastas y morteros de suelo. Como también se considera cuantitativa, ya que implica la recopilación y el análisis de datos numéricos para sacar conclusiones. En esta investigación, se realizaron procedimientos experimentales y toma de medidas para recopilar datos sobre propiedades físicas y mecánicas, como la resistencia en compresión y el porcentaje de absorción de agua entre otras. Este enfoque cuantitativo mejora la objetividad y el rigor de los resultados de su investigación.

### 2.2. Diseño de Investigación

Este estudio empleó un diseño experimental de un solo factor. Este tipo de diseño de investigación se utiliza específicamente para analizar los efectos de tratamientos o modificaciones en situaciones en las que los sujetos o elementos observados se han asignado de manera aleatoria. En este contexto, se establecieron dos grupos de prueba. El primero, un grupo de control que se mantuvo sin alteraciones, y el segundo, un grupo experimental al que se le introdujeron diferentes proporciones (5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% en peso) de polvo de *Donax Obesulus*. Ambos grupos se sometieron a idénticas pruebas experimentales, tanto en términos de evaluación física como de resistencia mecánica en un entorno de laboratorio.

### 2.3. Objeto de Estudio

**Universo objetivo:** Pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo

**Población:** Todas las pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo y polvo de *Donax Obesulus*

**Muestra de estudio:**

70 pastas cúbicas obtenidas por adición y aglomeración de suelo y polvo de *Donax Obesulus*, de dimensiones de 50mm por lado; 70 morteros cúbicos obtenidos por adición y aglomeración de suelo, polvo de *Donax Obesulus* y agregado fino, de dimensiones de 50mm mm por lado.

**Matriz de diseño**

Nº total de mezclas = [(Nº de Variables Independientes) x (Nº de niveles) x (Nº de réplicas)]  
+ mezclas grupo control

$$\text{Nº de mezclas} = (1 \cdot 6 \cdot 5) + 5 = 35$$

$$\text{Nº de mezclas} = 35 \cdot (\text{Edades de ensayo: } 7)$$

$$\text{Nº de mezclas} = 35 \cdot (1) = 35$$

$$\text{Nº de mezclas} = 35 \cdot (\text{Variables Dependientes: } 2)$$

$$\text{Nº de mezclas} = 35 \cdot (2) = 70$$

$$\text{Nº total de pastas} = 70$$

$$\text{Nº total de morteros} = 70$$

$$\text{Nº total de mezclas a desarrollar} = 140$$

**Variable independiente:** Porcentaje en masa de *Donax Obesulus*

**Variables dependientes:**

- Resistencia en compresión (MPa)
- Absorción de agua (%)

**Tabla 1**

**Operacionalización de Variables**

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items	Instrumentos	Escala de medición
<p><b>Variable independiente</b> Porcentaje en masa de <i>Donax</i> <i>Obesillus</i></p>	<p>El porcentaje en masa es un indicador fundamental para expresar la concentración de un elemento específico en una sustancia compuesta o la presencia de un componente particular en una mezcla. Esta medida proporciona una visión cuantitativa de cuánto contribuye un elemento o componente a la masa total del sistema. Para calcular el porcentaje en masa, simplemente dividimos la masa del componente de interés por la masa total de la mezcla y multiplicamos el resultado por 100% (Ebenesajjad y Landrock, 2019).</p>	<p>Masa dividida por masa total de la mezcla, por 100%.</p>	<p><math>\%M = (Ma/Mt) * 100</math> M: Porcentaje en masa Ma: masa de componente de mezcla Mt: masa de mezcla</p>	Formulario	Nominal	Fichas de observación	%
<p><b>Variable dependiente</b> Resistencia en compresión</p>	<p>La capacidad de un material para resistir las fuerzas que tienden a comprimirlo es conocida como resistencia a la compresión. Se evalúa mediante la máxima fuerza que puede aplicarse al material antes de que ocurra su deformación o rotura. Esta característica es esencial para determinar la durabilidad y la idoneidad de un material en</p>	<p>Registro de carga aplicada versus área de muestra</p>	<p><math>R.C = F/A</math> R.C: Esfuerzo (MPa) F: Fuerza (N) A: Área (mm<sup>2</sup>)</p>	Formulario	Nominal	Fichas de observación	MPa

diversas aplicaciones (Mishra, 2021).

<b>Variable</b> Porcentaje de absorción de agua	El porcentaje de absorción de agua es una forma de medir la cantidad de agua que puede absorber un material poroso cuando se expone a la humedad (Team carcers360, 2022).	Masa de agua absorbida sobre la masa seca del material por 100%.	$\%A = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$	Formulario	Nominal	Fichas de observación	%
			A: Porcentaje de absorción de agua Mh: masa en húmedo Ms: masa en seco				

## **2.4. Instrumentos, técnicas, equipos de laboratorio de recojo de datos**

### **2.4.1. Instrumentos de recojo de datos**

En el marco de esta investigación, se hizo uso de dos herramientas distintas para la recopilación de datos. La primera de ellas fueron las fichas de observación directa, que se constituyen como valiosos instrumentos empleados en la investigación **para la recolección de datos** mediante **la observación directa de** eventos, situaciones o comportamientos en un contexto específico. Estas fichas se diseñan meticulosamente para sistematizar la captura de información pertinente durante la observación y, a la vez, facilitar la posterior organización y análisis de los datos obtenidos. En general, estas fichas cuentan con campos o categorías predefinidas que el observador completa mientras lleva a cabo la observación. Estas categorías pueden variar según el propósito de la observación y el contexto en el que se desarrolla. Algunos ejemplos comunes de categorías en las fichas de observación directa abarcan la fecha y hora, la descripción de la situación, los participantes, los comportamientos observados, los comentarios relevantes y la firma del observador (Cajal, 2020).

El segundo instrumento que se utilizó fueron las fichas de documentación, que se emplearon para la organización y recopilación de información proveniente de fuentes documentales, como libros, artículos, informes, sitios web y otros materiales escritos. Estas fichas suelen contar con secciones o categorías específicas que simplifican la organización y posterior recuperación de datos, incluyendo el título de la fuente, el autor, la fecha de publicación y la editorial o fuente de publicación (Castro, 2015).

### **2.4.2. Técnicas de recojo de datos**

En esta investigación, se aplicó **la observación** en tiempo real **como** un método fundamental **para** el estudio detallado de comportamientos, interacciones y fenómenos. La observación directa implica la presencia del observador en el lugar o situación de estudio, lo que permite registrar datos de manera inmediata y sin intermediarios. Este enfoque posibilita la captura minuciosa de detalles, gestos, expresiones y patrones de conducta que podrían pasar desapercibidos al depender exclusivamente de otras fuentes de información. El método de observación directa suele implicar una cuidadosa planificación que incluye la definición de los objetivos de observación, la identificación de las variables clave a analizar y el desarrollo de fichas de registro que faciliten la recopilación sistemática de datos. Estas fichas

suelen contener categorías predefinidas para la anotación de información relevante, como la fecha y hora de la observación, las características de los participantes, las conductas observadas, las interacciones, entre otros aspectos de interés (Okdiario, 2019).

3

#### 2.4.3. Equipos de laboratorio de recojo de datos

**Máquina de ensayo universal:** Utilizada en pruebas de resistencia mecánica bajo cargas de compresión.

**Esteroscopio óptico:** Utilizado para analizar y caracterizar las propiedades físicas de las muestras.

**Espectrómetro infrarrojo:** Utilizada para la evaluación de las propiedades químicas de las muestras.

2

### 2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información

#### 2.5.1. Técnicas de procesamiento

La planificación de las fases del desarrollo experimental de la investigación se realizó siguiendo el siguiente proceso.

Paso 1: En esta fase se recolectaron todos los insumos para la conformación de pastas y morteros. La muestra de suelo fue de 150 kg, esta se obtuvo del distrito de Moche, de la provincia de Trujillo. Las muestras de *Donax Obesulus*, se obtuvieron de los residuos del terminal pesquero del distrito de Víctor Larco Herrera de la provincia de Trujillo, en este caso se obtuvieron un total de 100 kg.

Paso 2: Las muestra de *Donax Obesulus* fueron calcinadas a 920°C por espacio de 2 horas, luego fueron molidas en un molino de bolas por espacio de 1 horas; ello con la finalidad de conseguir polvo que permita la mezcla e incorporación en la pasta y mortero de suelo.

Paso 3: Se realizó un análisis físico-químico adicional a ambas materias primas (suelo y polvo de *Donax Obesulus*), mediante la técnica de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR); de forma adicional se caracterizaron los polvos por microscopía óptica a fin de determinar su forma y tamaño de partícula y finalmente se obtuvo la curva granulométrica de ambos

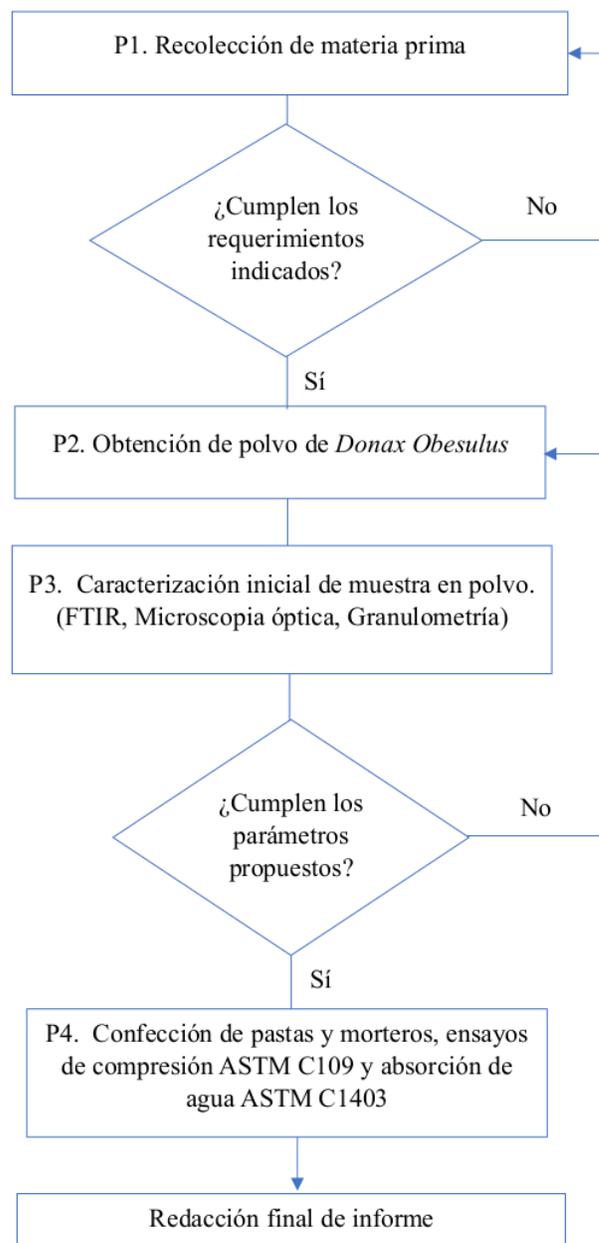
Paso 4: Se confeccionaron las pastas y morteros adicionados, las adiciones de *Donax Obesulus*, fueron de 5, 10, 15, 20, 25, 30% en masa tanto para pastas como para morteros de suelo, las pastas y morteros fueron confeccionados según la norma ASTM C109; contando con 5 repeticiones por nivel. La relación agua/mezcla de polvo fue constante e igual de 0.45.

Paso 5: El tiempo de secado de pastas y morteros fue de 7 días. Luego se procedió de forma aleatoria al desarrollo de los ensayos de compresión ASTM C109 y de absorción de agua ASTM C 1403; los resultados de los ensayos fueron registrados, y los restos del ensayo a compresión fueron nuevamente caracterizados como se señala en el paso 3.

Paso 6: En la fase final, los datos obtenidos en el paso anterior fueron sometidos a un análisis estadístico de análisis de varianza. Esto permitió la elaboración del informe que documentó los resultados de la investigación.

**Figura 4**

*Diagrama de flujo del procedimiento experimental*



### **2.5.2. Análisis de la Información**

La evaluación de los datos se realizó registrando y ordenando eficientemente cada resultado obtenido en el proceso experimental. Inicialmente, se empleó un cuaderno de apuntes para consignar los resultados iniciales. Posteriormente, estos resultados fueron procesados mediante herramientas de Excel. Se utilizó el análisis de varianza unidireccional (ANOVA) para llevar a cabo el estudio estadístico y el modelo matemático, con el propósito de validar la semejanza entre los grupos bajo análisis.

## **2.6. Aspectos éticos en investigación**

### **2.6.1. Consentimiento informado**

Garantizar la obtención del consentimiento informado de todos los individuos involucrados en una investigación es un proceso crucial. En este procedimiento, es esencial comunicar de manera comprensible los propósitos, métodos, riesgos y ventajas del estudio, al mismo tiempo que se otorga a los participantes la posibilidad de retirarse en cualquier momento sin repercusiones (Delgado, 2022).

### **2.6.2. Confidencialidad de los datos**

Asegurar la preservación de la confidencialidad de los datos recopilados es una prioridad. Esto implica tomar medidas concretas para mantener la privacidad de la información obtenida. Tomar medidas para asegurarme de que los datos personales de los participantes se manejen de manera segura y que no se pueda identificar a los participantes en informes o publicaciones sin su permiso (Delgado, 2022).

### **2.6.3. Beneficencia y no maleficencia**

Asegurarse de que la investigación maximice los beneficios para los participantes y minimice los riesgos potenciales. Considerar siempre el bienestar y la seguridad de los participantes y garantizar que cualquier posible daño sea proporcional a los beneficios de la investigación (Delgado, 2022).

### **2.6.4. Integridad y honestidad**

Llevar a cabo la investigación con la máxima integridad y honestidad, presentando los resultados de manera precisa y evitando cualquier sesgo en la recopilación o

interpretación de datos. Además, revelar cualquier conflicto de intereses que pueda surgir durante el estudio (Delgado, 2022).

#### 2.6.5. <sup>41</sup> Revisión ética

Someter la investigación a revisión <sup>29</sup> ética por parte de un comité de ética de la investigación, si es necesario. Asegurarse de que la investigación cumpla con los estándares éticos y legales antes de llevar a cabo el estudio (Delgado, 2022).

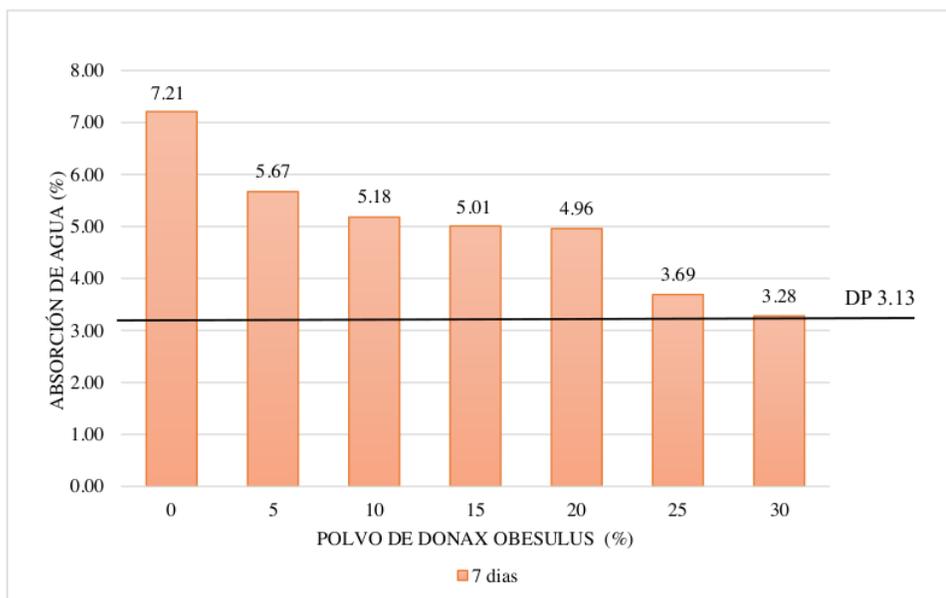
### 4 III. RESULTADOS

#### 3.1. Descripción de resultados

##### 3.1.1. Absorción de agua de pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus*

Figura 5

*Absorción de agua de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus*

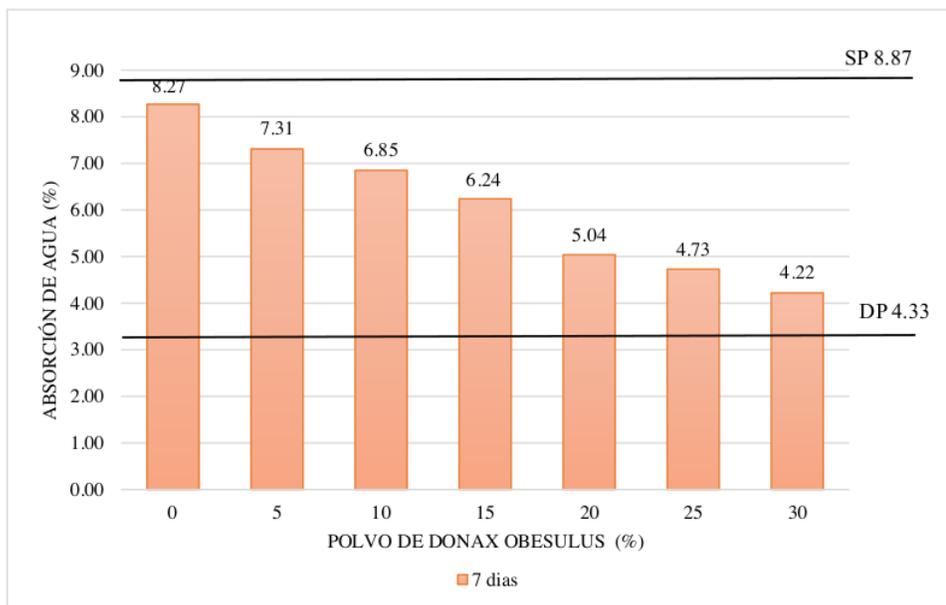


En el gráfico que se mostró anteriormente, se detalla un análisis de la absorción de agua, medida en porcentaje (%) en pastas producidas a partir de la aglomeración de suelo con la incorporación de polvo de Donax Obesulus durante el período de ensayo. Inicialmente, se incluye un conjunto de muestras de control, sin ninguna adición, que sirven como punto de referencia inicial. Luego, se estudian seis niveles distintos de concentración de Donax Obesulus, que son 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%, con el fin de evaluar el impacto de esta variable en las propiedades de las pastas aglomeradas. Además, se tiene en cuenta un período de ensayo de 7 días. Cada barra en el gráfico representa un punto de datos único que combina un porcentaje específico de Donax Obesulus, la duración del ensayo y la correspondiente absorción de agua. Asimismo, se trazó una línea horizontal que representa un valor de referencia (DP) correspondiente a una muestra aglomerada pura de Donax

Obesulus, y una línea horizontal que representa un valor de referencia (SP) correspondiente a una muestra aglomerada pura de Donax Obesulus ensayada a los 7 días de edad. Los resultados presentados en el gráfico son notables en varios aspectos. Los datos indican que a un 0% de Donax Obesulus, la absorción de agua es del 7.21%, lo cual sirve como punto de referencia. A medida que aumenta el porcentaje de Donax Obesulus en las mezclas, se observa una disminución constante en la absorción de agua: Con un 5% de Donax Obesulus, la absorción de agua disminuye a 5.67%, lo que representa una reducción significativa en comparación con el punto de referencia. Esto indica que incluso una pequeña cantidad de Donax Obesulus tiene un impacto positivo en la reducción de la absorción de agua. Al aumentar al 10% de Donax Obesulus, la absorción de agua continúa disminuyendo, llegando a un valor de 5.18%. Este resultado sugiere que la presencia de Donax Obesulus en las pastas aglomeradas reduce aún más la capacidad de absorber agua. Con un 15% de Donax Obesulus, la absorción de agua sigue disminuyendo a 5.01%. Esto demuestra la eficacia de la adición de Donax Obesulus en la reducción de la porosidad en las pastas aglomeradas. A un 20% de Donax Obesulus, la absorción de agua se mantiene baja en 4.96%, lo que resalta la capacidad de estas pastas para resistir la penetración del agua. Con un 25% de Donax Obesulus, la absorción de agua sigue disminuyendo significativamente, llegando a 3.69%, lo que subraya la alta impermeabilidad de las pastas con una concentración más alta de Donax Obesulus. Finalmente, al alcanzar el 30% de Donax Obesulus, la absorción de agua llega a su punto mínimo de 3.28%, lo que destaca el impacto positivo de una alta concentración de Donax Obesulus en la impermeabilidad de las pastas aglomeradas. Cabe mencionar que se ha incluido una línea horizontal en el gráfico que representa un valor de referencia de 3.13%, correspondiente a la absorción de agua de una muestra pura de Donax Obesulus. Esta línea horizontal sirve como punto de comparación y muestra que, la absorción de agua en las pastas aglomeradas con un 30% de Donax Obesulus (3.28%) sigue siendo mayor que el valor de referencia de 3.13% correspondiente a la muestra pura de Donax Obesulus, pero la diferencia es muy pequeña.

**Figura 6**

*Absorción de agua de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus*



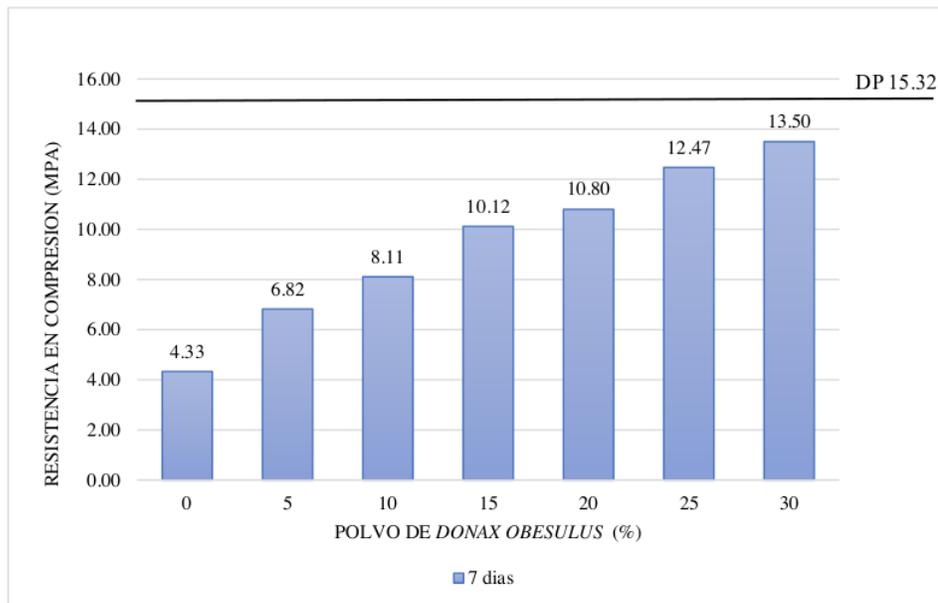
En el gráfico que se mostró anteriormente, se detalla un análisis de la absorción de agua, medida en porcentaje (%) en morteros producidos a partir de la aglomeración de suelo con la incorporación de polvo de Donax Obesulus durante el período de ensayo. Inicialmente, se incluye un conjunto de muestras de control, sin ninguna adición, que sirven como punto de referencia inicial. Luego, se estudian seis niveles distintos de concentración de Donax Obesulus, que son 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%, con el fin de evaluar el impacto de esta variable en las propiedades de los morteros aglomerados. Además, se tiene en cuenta un período de ensayo de 7 días. Cada barra en el gráfico representa un punto de datos único que combina un porcentaje específico de Donax Obesulus, la duración del ensayo y la correspondiente absorción de agua. Asimismo, se trazó una línea horizontal que representa un valor de referencia (DP) correspondiente a una muestra aglomerada pura de Donax Obesulus ensayada a los 7 días de edad. Los resultados presentados en el gráfico son notables en varios aspectos. En primer lugar, el punto de referencia inicial, que representa un 0% de Donax Obesulus, muestra una absorción de agua del 8.27%. Esto sirve como la base para la comparación de los efectos de la adición de Donax Obesulus en las mezclas. A

partir de aquí, se puede observar una tendencia descendente en <sup>50</sup> la absorción de agua a medida que aumenta el porcentaje de Donax Obesulus en los morteros. A un 5% de Donax Obesulus, la absorción de agua disminuye a 7.31%, <sup>33</sup> lo que indica una reducción significativa en comparación con el punto de referencia. Este efecto positivo se acentúa al aumentar al 10% de Donax Obesulus, donde la absorción de agua cae a 6.85%. Este resultado sugiere que la presencia de Donax Obesulus en los morteros aglomerados reduce la capacidad de absorber agua. Al aumentar al 15% de Donax Obesulus, la absorción de agua continúa disminuyendo a 6.24%. Esto indica que una mayor concentración de Donax Obesulus resulta en una mayor impermeabilidad de los morteros aglomerados. La disminución en la absorción de agua se acentúa aún más al llegar al 20% de Donax Obesulus, donde la absorción se reduce significativamente a 5.04%. Esto es un hallazgo relevante, ya que sugiere que los morteros con un alto contenido de Donax Obesulus son altamente resistentes a la penetración del agua. A un 25% de Donax Obesulus, la absorción de agua sigue disminuyendo, llegando a 4.73%, lo que confirma la efectividad de la adición de Donax Obesulus en la reducción de la porosidad en los morteros aglomerados. Finalmente, al alcanzar el 30% de Donax Obesulus, la absorción de agua llega a su punto mínimo de 4.22%, lo que destaca el impacto positivo de una alta concentración de Donax Obesulus en la impermeabilidad de los morteros. Cabe mencionar que se ha incluido una línea horizontal en el gráfico que representa un valor de referencia de 3.13%, correspondiente a la absorción de agua de una muestra pura de Donax Obesulus. Esta línea horizontal sirve como punto de comparación y demuestra que, aunque los morteros aglomerados con Donax Obesulus muestran una mayor absorción de agua que la muestra pura, todavía logran <sup>4</sup> una reducción significativa en la absorción de agua en comparación con el punto de referencia inicial. Asimismo, se puede mencionar que se incluyó otra línea horizontal que representa un valor de referencia de 8.87%, correspondiente a la absorción de agua de una muestra pura de suelo de cultivo. Demostrando que los morteros aglomerados con Donax Obesulus muestran una menor absorción de agua que la muestra pura de suelo.

### 3.1.2. Resistencia en compresión de pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus*

**Figura 7**

*Resistencia en compresión de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus**

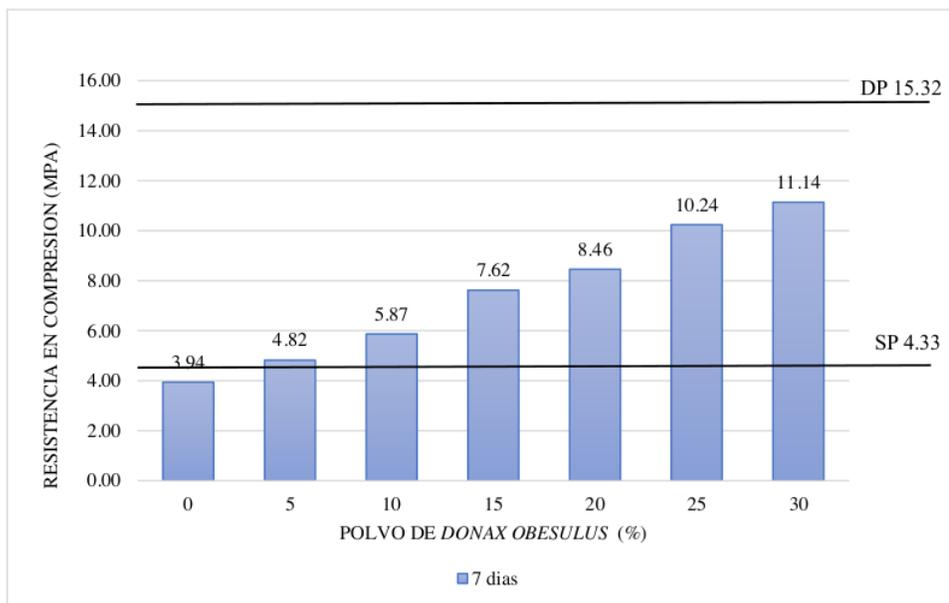


En el gráfico que se mostró anteriormente, se detalla un análisis de la resistencia a la compresión, medida en Mega pascales (MPa) en pastas producidas a partir de la aglomeración de suelo con la incorporación de polvo de *Donax Obesulus* durante el período de ensayo. Inicialmente, se incluye un conjunto de muestras de control, sin ninguna adición, que sirven como punto de referencia inicial. Luego, se estudian seis niveles distintos de concentración de *Donax Obesulus*, que son 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%, con el fin de evaluar el impacto de esta variable en las propiedades de las pastas aglomeradas. Además, se tiene en cuenta un período de ensayo de 7 días. Cada barra en el gráfico representa un punto de datos único que combina un porcentaje específico de *Donax Obesulus*, la duración del ensayo y la correspondiente resistencia a la compresión. Asimismo, se trazó una línea horizontal que representa un valor de referencia (DP) correspondiente a una muestra aglomerada pura de *Donax Obesulus* ensayada a los 7 días de edad. Los resultados presentados en el gráfico son notables en varios aspectos. En primer lugar, es evidente que

la adición de *Donax Obesulus* tiene un impacto positivo en la resistencia en compresión de las pastas aglomeradas. A medida que aumenta el porcentaje de *Donax Obesulus*, la resistencia en compresión se incrementa de manera continua y sustancial. Esto sugiere que el polvo de *Donax Obesulus* actúa como un agente de mejora de la resistencia en este contexto. El punto de referencia inicial, donde no se añade *Donax Obesulus* (0%), muestra una resistencia en compresión de 4.33 MPa. Este valor se utiliza como base para comparar el efecto de la adición de *Donax Obesulus*. A partir de aquí, se puede observar un aumento significativo en la resistencia en compresión en todos los niveles de porcentaje de *Donax Obesulus* evaluados. A un 5% de *Donax Obesulus*, la resistencia ya es un 57% mayor que la muestra de control, alcanzando los 6.82 MPa. Esto indica que incluso una pequeña cantidad de *Donax Obesulus* tiene un impacto positivo en la resistencia. Al aumentar al 10% de *Donax Obesulus*, la resistencia se eleva aún más, llegando a 8.11 MPa. Este aumento es coherente con la tendencia observada anteriormente. Cada aumento en el porcentaje de *Donax Obesulus* se traduce en un aumento correspondiente en la resistencia. El punto más destacado es que, a un 30% de *Donax Obesulus*, la resistencia en compresión alcanza su punto máximo de 13.5 MPa. Esto es más del triple de la resistencia inicial en comparación con la muestra de control y aunque se encuentra bajo el margen de comparación con la muestra pura de *Donax Obesulus*, que tiene una resistencia en compresión de 15.32 MPa. Estos hallazgos subrayan la eficacia de la adición de *Donax Obesulus* en la mejora de la resistencia en compresión de las pastas de suelo aglomeradas.

**Figura 8**

*Resistencia en compresión de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus*



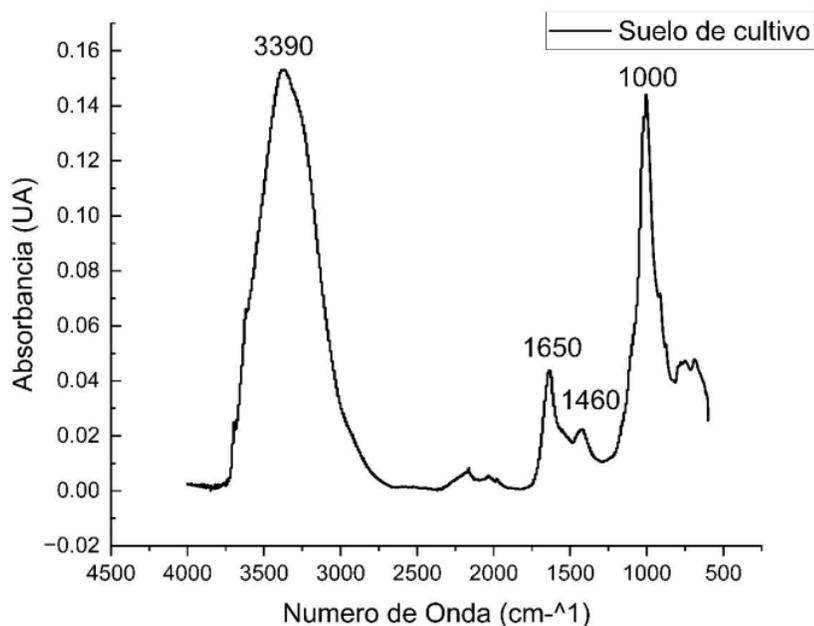
En el gráfico que se mostró anteriormente, se detalla un análisis de la resistencia a la compresión, medida en Mega pascales (MPa) en morteros producidos a partir de la aglomeración de suelo con la incorporación de polvo de *Donax Obesulus* durante el período de ensayo. Inicialmente, se incluye un conjunto de muestras de control, sin ninguna adición, que sirven como punto de referencia inicial. Luego, se estudian seis niveles distintos de concentración de *Donax Obesulus*, que son 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%, con el fin de evaluar el impacto de esta variable en las propiedades de los morteros de suelo aglomerados. Además, se tiene en cuenta un período de ensayo de 7 días. Cada barra en el gráfico representa un punto de datos único que combina un porcentaje específico de *Donax Obesulus*, la duración del ensayo y la correspondiente resistencia a la compresión. Asimismo, se trazó una línea horizontal que representa un valor de referencia (DP) correspondiente a una muestra aglomerada pura de *Donax Obesulus* ensayada a los 7 días de edad, como también una línea horizontal que representa un valor de referencia (SP) correspondiente a una muestra aglomerada pura de suelo ensayada a los 7 días de edad. Los resultados presentados en el gráfico son notables en varios aspectos. En primer lugar, es

evidente que la adición de *Donax Obesulus* tiene un impacto positivo en la resistencia en compresión de los morteros aglomerados. A medida que aumenta el porcentaje de *Donax Obesulus*, la resistencia en compresión se incrementa de manera continua y sustancial. Esto sugiere que el polvo de *Donax Obesulus* actúa como un agente de mejora de la resistencia en este contexto. El punto de referencia inicial, donde no se añade *Donax Obesulus* (0%), muestra una resistencia en compresión de 3.94 MPa. Este valor se utiliza como base para comparar el efecto de la adición de *Donax Obesulus*. A partir de aquí, se puede observar un aumento significativo en la resistencia en compresión en todos los niveles de porcentaje de *Donax Obesulus* evaluados. A un 5% de *Donax Obesulus*, la resistencia ya es un 20% mayor que la muestra de control, alcanzando los 4.82 MPa. Esto indica que incluso una pequeña cantidad de *Donax Obesulus* tiene un impacto positivo en la resistencia. Al aumentar al 10% de *Donax Obesulus*, la resistencia se eleva aún más, llegando a 5.87 MPa. Este aumento es coherente con la tendencia observada anteriormente. Cada aumento en el porcentaje de *Donax Obesulus* se traduce en un aumento correspondiente en la resistencia. El punto más destacado es que, a un 30% de *Donax Obesulus*, la resistencia en compresión alcanza su punto máximo de 11.14 MPa. Esto es casi el triple de la resistencia inicial en comparación con la muestra de control como también a la muestra pura SP de suelo con resistencia en compresión de 4.33 MPa. Aunque se encuentra bajo el margen de comparación con la muestra pura de *Donax Obesulus* DP, que tiene una resistencia en compresión de 15.32 MPa. Estos hallazgos subrayan la eficacia de la adición de *Donax Obesulus* en la mejora de la resistencia en compresión de los morteros de suelo aglomerados.

### 3.1.3. Caracterización química de suelo y polvo de *Donax Obesulus*

Figura 9

*Espectros FTIR de suelo de cultivo*

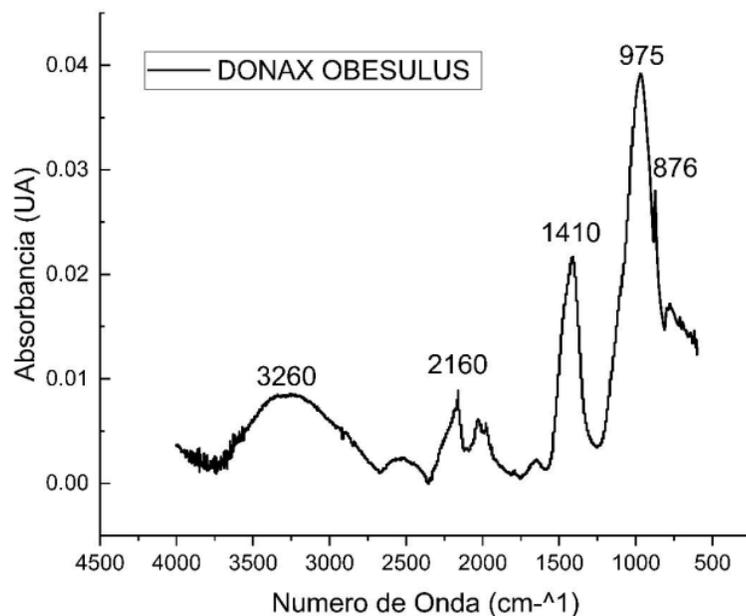


En esta figura se muestra un espectro <sup>64</sup> FTIR, Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier, de un suelo de cultivo, que es una herramienta valiosa para analizar las propiedades químicas del suelo. El espectro está representado en un gráfico con dos ejes: el eje X, que representa el número de onda en  $\text{cm}^{-1}$ , y el eje Y, que indica la absorbancia. La absorbancia es una <sup>18</sup> medida de la cantidad de luz infrarroja absorbida por el suelo en función de la longitud de onda. El eje horizontal muestra los números de onda en  $\text{cm}^{-1}$ , que son esenciales para determinar la energía de las vibraciones moleculares que se están analizando en el suelo. Este rango es típico para análisis de suelos y abarca desde  $4000 \text{ cm}^{-1}$  hasta  $400 \text{ cm}^{-1}$ . Los números de onda más bajos corresponden a vibraciones de baja energía, mientras que los más altos <sup>20</sup> representan vibraciones de alta energía. El eje vertical muestra la absorbancia del suelo <sup>67</sup> en función de la longitud de onda. La absorbancia se representa en una escala adimensional UA y generalmente varía entre 0 (sin absorción) y 1 (absorción

completa). La absorbancia es útil para identificar las regiones del espectro donde ocurren las absorciones significativas. Los picos más destacados en este espectro FTIR de suelo de cultivo son los siguientes: Pico a  $3390\text{ cm}^{-1}$ : Este pico corresponde a las vibraciones de estiramiento de los grupos  $\text{OH}$  (hidroxilo) y  $\text{NH}$  (aminos) en el suelo. La presencia de picos en esta región sugiere la existencia de agua y grupos funcionales de nitrógeno en el suelo. Pico a  $1650\text{ cm}^{-1}$ : Este pico indica vibraciones de estiramiento de enlaces dobles  $\text{C}=\text{O}$ , lo que sugiere la presencia de compuestos orgánicos como cetonas o aldehídos en el suelo. Pico a  $1460\text{ cm}^{-1}$ : Este pico es atribuible a las vibraciones de deformación de los grupos  $\text{CH}_2$  (carbono-hidrógeno) y  $\text{CH}_3$  (metilo), indicando la presencia de compuestos orgánicos con enlaces  $\text{CH}$  en el suelo. Pico a  $1000\text{ cm}^{-1}$ : Este pico generalmente se asocia con vibraciones de estiramiento de enlaces  $\text{Si-O}$  en minerales de arcilla, lo que sugiere la presencia de componentes minerales en el suelo.

**Figura 10**

*Espectros FTIR de polvo de Donax Obesulus*

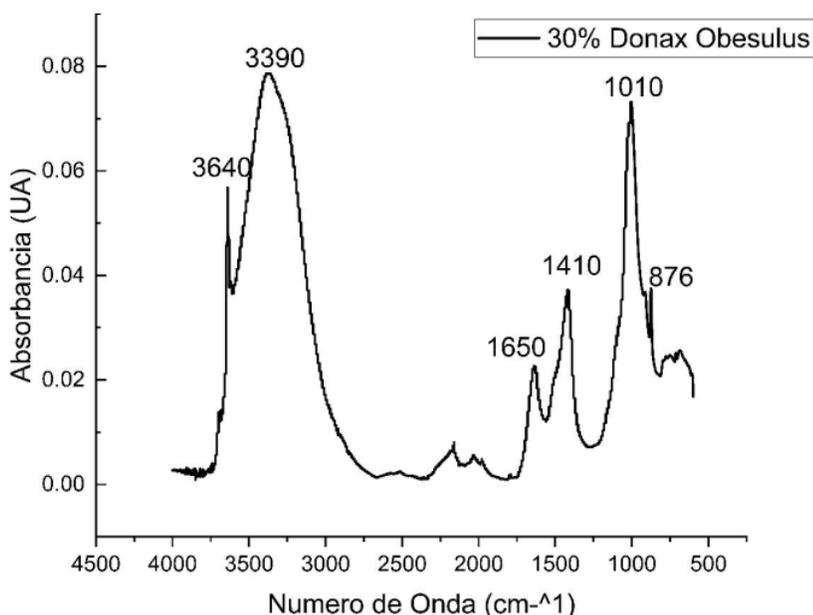


Esta figura muestra un espectro FTIR de polvo de Donax Obesulus. Al igual que antes, el espectro se presenta en un gráfico con dos ejes: el eje X representa el número de onda en  $\text{cm}^{-1}$ , y el eje Y indica la absorbancia en UA. La absorbancia es una medida de la cantidad de luz infrarroja absorbida por el polvo en función de la longitud de onda. El eje horizontal muestra los números de onda en  $\text{cm}^{-1}$ , que son cruciales para determinar la energía de las vibraciones moleculares y químicas en el polvo de Donax Obesulus. Este rango es típico para el análisis de muestras orgánicas e inorgánicas y abarca desde  $4000 \text{ cm}^{-1}$  hasta  $400 \text{ cm}^{-1}$ . El eje vertical representa la absorbancia, que es una escala adimensional que varía desde 0 (sin absorción) hasta 1 (absorción completa). La absorbancia permite identificar las regiones del espectro donde ocurren las absorciones significativas. Los picos más notables en este espectro FTIR de polvo de Donax Obesulus son los siguientes: Pico a  $3260 \text{ cm}^{-1}$ : Este pico sugiere vibraciones de estiramiento de grupos  $\text{OH}$  (hidroxilo) y puede indicar la presencia de agua en el polvo, así como otros grupos funcionales relacionados con el oxígeno y el hidrógeno. Pico a  $2160 \text{ cm}^{-1}$ : Este pico es inusualmente alto y podría estar relacionado con vibraciones de grupos funcionales que contienen enlaces  $\text{C}\equiv\text{C}$ , lo que sugiere la presencia de alquinos o grupos carbonilo ( $\text{C}=\text{O}$ ) en la muestra. Pico a  $1410 \text{ cm}^{-1}$ : Este pico puede corresponder a vibraciones de flexión de grupos  $\text{CH}_3$  (metilo) o  $\text{CH}_2$  (carbono-hidrógeno) y podría indicar la presencia de compuestos orgánicos con estos grupos funcionales. También se relaciona a las vibraciones de flexión de los enlaces en el grupo  $\text{CO}_3^{2-}$  del carbonato de calcio. Es una característica típica en los espectros FTIR de materiales que contienen carbonato de calcio. Pico a  $975 \text{ cm}^{-1}$ : Este pico es característico de vibraciones de estiramiento de enlaces  $\text{Si-O}$ , lo que sugiere la presencia de minerales silicatos en la muestra, comunes en caparazones marinos. Pico a  $876 \text{ cm}^{-1}$ : Este pico también está relacionado con vibraciones de enlaces  $\text{Si-O}$  y respalda la idea de la presencia de minerales silicatos en la muestra. Este espectro FTIR proporciona información valiosa sobre la composición química del polvo de Donax Obesulus, lo que incluye la presencia de agua, compuestos orgánicos, carbonato de calcio y minerales silicatos. Estos picos son esenciales para entender la estructura y composición de estos caparazones marinos pulverizados y pueden ser útiles en diversas aplicaciones, como la caracterización de materiales.

### 3.1.4. Caracterización química de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus*

**Figura 11**

*Espectros FTIR de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 30%*



En esta figura, se presenta un espectro FTIR de las pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus al 30%. El espectro se muestra en un gráfico con dos ejes: el eje X, que representa el número de onda en  $\text{cm}^{-1}$ , y el eje Y, que indica la absorbancia en UA. La absorbancia refleja la cantidad de luz infrarroja absorbida por la muestra en función de la longitud de onda. El eje horizontal muestra los números de onda en  $\text{cm}^{-1}$ , que son cruciales para determinar la energía de las vibraciones moleculares en la muestra. Este rango es típico para análisis de compuestos orgánicos e inorgánicos y abarca desde  $4000 \text{ cm}^{-1}$  hasta  $400 \text{ cm}^{-1}$ . El eje vertical representa la absorbancia, que es una medida adimensional que varía desde 0 (sin absorción) hasta 1 (absorción completa). La absorbancia permite identificar las regiones del espectro donde ocurren las absorciones significativas.

Los picos resaltados en este espectro FTIR de las pastas son los siguientes: Pico a  $3640\text{ cm}^{-1}$ : Este pico corresponde a vibraciones de estiramiento de grupos  $\text{OH}$  (hidroxilo) y puede indicar la presencia de agua en la muestra, lo cual es común en pastas aglomeradas. Pico a  $3390\text{ cm}^{-1}$ : Este pico sugiere vibraciones de estiramiento de grupos  $\text{OH}$  (hidroxilo) y  $\text{NH}$  (aminos), lo que podría indicar la presencia de agua y grupos funcionales de nitrógeno en la muestra. Pico a  $1650\text{ cm}^{-1}$ : Este pico indica vibraciones de estiramiento de enlaces dobles  $\text{C}=\text{O}$ , lo que sugiere la presencia de compuestos orgánicos como cetonas o aldehídos en las pastas. Pico a  $1410\text{ cm}^{-1}$ : Este pico puede estar relacionado con vibraciones de flexión de grupos  $\text{CH}_3$  (metilo) o  $\text{CH}_2$  (carbono-hidrógeno) y podría indicar la presencia de compuestos orgánicos con estos grupos funcionales. Como también indica la existencia de carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  en las pastas obtenidas por aglomeración de suelo. La presencia de carbonato de calcio es un componente relevante en la caracterización química de estas pastas. Pico a  $1010\text{ cm}^{-1}$ : Este pico podría relacionarse con vibraciones de estiramiento de enlaces  $\text{Si-O}$ , sugiriendo la presencia de minerales silicatos en la muestra. Pico a  $876\text{ cm}^{-1}$ : Al igual que el pico a  $1010\text{ cm}^{-1}$ , este pico está relacionado con vibraciones de enlaces  $\text{Si-O}$  y también respalda la idea de la presencia de minerales silicatos en las pastas.

### 3.1.5. Caracterización morfológica de suelo y polvo de *Donax Obesulus*

**Figura 11**

*Micrografía Óptica de suelo*

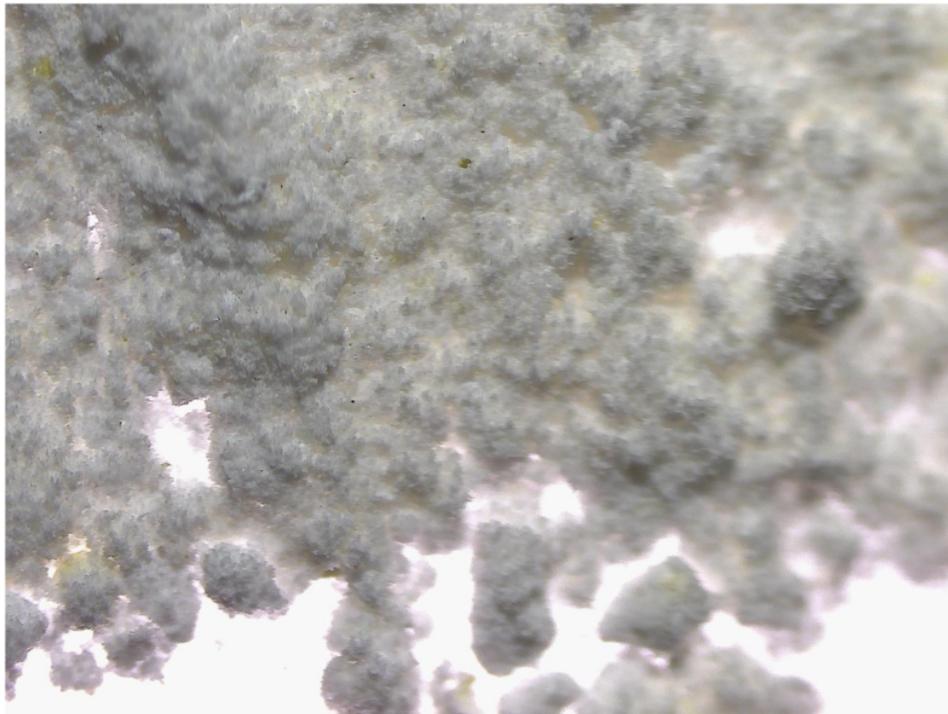


En esta micrografía óptica de suelo de cultivo, observamos una imagen aumentada 2 veces mediante un estereoscopio óptico que nos proporciona una visión detallada de la composición y textura del suelo. La imagen muestra una variedad de características, colores y elementos que son esenciales para entender la calidad y la composición del suelo de cultivo. Con respecto a la forma y tamaño de partículas, las partículas del suelo se presentan con una amplia variedad de formas y tamaños. Algunas partículas son pequeñas y granulares, mientras que otras son más grandes y presentan una forma más irregular. Esto sugiere la presencia de una mezcla de partículas finas y gruesas en el suelo. Con respecto a los colores, podemos observar mediante la figura una gama de colores que reflejan diferentes características del suelo. Como colores blanquecinos, los cuales indican la presencia de minerales claros o materiales orgánicos descompuestos, lo que podría ser un indicio de la presencia de sustancias orgánicas ricas en nutrientes en el suelo. Colores negros, los cuales

pueden estar relacionados con la materia orgánica en descomposición. Esto sugiere la presencia de material orgánico en descomposición que enriquece el suelo con nutrientes importantes. Y tonos cafés, los que indican la presencia de minerales y materiales orgánicos parcialmente descompuestos. Estos tonos sugieren una mezcla de materiales en diferentes estados de descomposición. Por otro lado, también se evidencian residuos orgánicos en forma de fibras, siendo esto un indicador positivo para la calidad del suelo de cultivo. Los residuos orgánicos aportan nutrientes esenciales y mejoran la estructura del suelo, lo que es beneficioso para el crecimiento de las plantas. Esta micrografía óptica de suelo de cultivo muestra un suelo heterogéneo con una mezcla de partículas de diferentes formas y tamaños, una variedad de colores que sugieren la presencia de minerales, materia orgánica en descomposición y residuos orgánicos. La imagen es valiosa para la evaluación de la calidad del suelo y la determinación de su competitividad para la agricultura.

**Figura 12**

*Micrografía Óptica de Donax Obesulus*

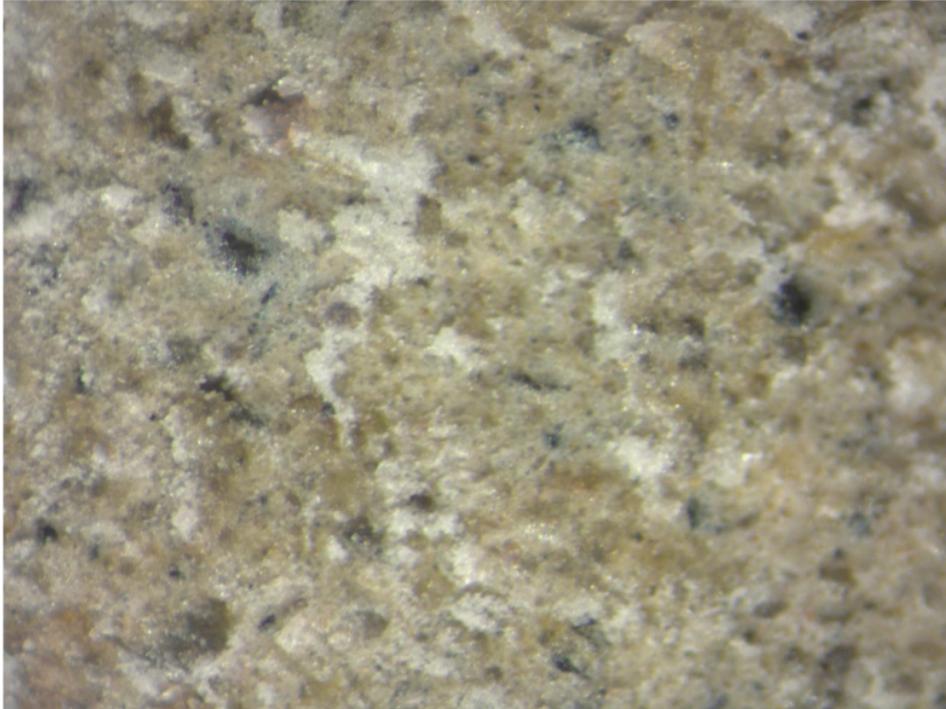


En esta micrografía óptica de *Donax Obesulus*, se muestra una imagen ampliada 2 veces que nos permite explorar la morfología y características de esta muestra en particular. A pesar de que el tamaño de partícula es casi imperceptible a simple vista, es evidente que esta muestra ha sido sometida a un tamizado riguroso utilizando una malla número 200 para obtener partículas extremadamente finas. Por lo que podemos observar que las partículas en esta imagen son de tamaño extremadamente fino y casi imperceptible, sugiriendo un polvo muy fino. La forma de las partículas parece ser principalmente irregular debido a la trituración y pulverización del material original (caparzones marinos). Con respecto a los tonos en su morfología, la imagen exhibe una gama de colores que proporcionan pistas sobre la composición de *Donax Obesulus*. Encontramos tonos blanquecinos, los cuales son prominentes y sugieren la presencia de carbonato de calcio, que es un componente principal de los caparzones marinos. El color blanco refleja la alta concentración de carbonato de calcio en la muestra. También se evidencian regiones Grises, estas pueden indicar áreas con una menor concentración de carbonato de calcio o posiblemente algunas impurezas en la muestra. La variación en los tonos grises puede deberse a diferentes grados de compactación o densidad del polvo. Como también se pueden percibir ciertas pequeñas regiones amarillentas, estas podrían deberse a contaminantes o impurezas en la muestra. Estas áreas amarillas pueden ser de origen orgánico o mineral y pueden requerir un análisis adicional para identificar su composición exacta. Esta micrografía óptica de *Donax Obesulus* muestra un polvo muy fino, casi imperceptible en tamaño de partícula, con una predominancia de tonos blanquecinos debido al alto contenido de carbonato de calcio. Las regiones grises y amarillentas podrían ser indicativas de variaciones en la composición o la presencia de impurezas. La muestra parece estar bien preparada y tamizada para un análisis detallado.

### 3.1.6. Caracterización morfológica de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus*

**Figura 13**

*Micrografía Óptica de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus* a 30%*



En esta micrografía óptica, se nos muestra una imagen ampliada 2 veces de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus* al 30% durante un período de 7 días. La imagen nos brinda una visión detallada de la superficie de una pasta aglomerada que ha estado en proceso de consolidación durante una semana. La imagen revela una superficie de pasta compactada con partículas que han sido unidas y consolidadas a lo largo del proceso de aglomeración. Las partículas muestran una apariencia compacta y uniforme, lo que indica que la pasta ha adquirido una estructura más sólida con el tiempo. La imagen exhibe una variación de colores en diferentes regiones de la pasta, lo que proporciona información sobre su composición. Los tonos blanquecinos son notables y probablemente indican la presencia de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) derivado del polvo de

Donax Obesulus. Esto sugiere que el agente aglomerante ha influido en la formación de estructuras con contenido de carbonato de calcio. Las regiones negras pueden estar relacionadas con la presencia de impurezas orgánicas o materiales particulares que provienen de la mezcla. Estas áreas oscuras pueden requerir un análisis adicional para identificar su origen y composición. Las zonas grises podrían indicar una mezcla de materiales con diferentes densidades o propiedades. Estas áreas pueden representar la interacción de los componentes de la pasta durante el proceso de aglomeración. Por último, las regiones amarillentas pueden sugerir la presencia de minerales o impurezas en la pasta que aportan un color amarillento. Estas áreas amarillas pueden requerir una evaluación más detallada para identificar la naturaleza de estos componentes.

### 3.2. Prueba de hipótesis

#### 3.2.1. Absorción de agua de pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus*

**Figura 14**

*Absorción de agua de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días*

Análisis de  
varianza de  
un factor

##### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0%	5	36.03	7.206	0.01548
5%	5	28.36	5.672	0.00497
10%	5	25.92	5.184	0.43108
15%	5	25.05	5.01	0.02275
20%	5	24.82	4.964	0.02063
25%	5	18.45	3.69	0.0088
30%	5	16.41	3.282	0.00607

##### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	50.1044343	6	8.35073905	114.667451	2.17911E-18	2.4452594
Dentro de los grupos	2.03912	28	0.07282571			
Total	52.1435543	34				

En la figura, se presenta una figura que ilustra la Prueba de hipótesis de la absorción de agua de las pastas obtenidas por la aglomeración de suelo bajo la influencia del polvo de *Donax Obesulus* a 7 días. Teniendo en cuenta que se trabajó con una probabilidad de alfa 0.05 y nivel de confianza 95%. Se calcularon y representaron los valores clave como; Valor F Calculado, el cual es importante para analizar en caso existan datos diferentes en grandes

rangos en los grupos de pastas con y sin la influencia del polvo de *Donax Obesulus*, Valor Crítico para F, el cual actúa como un punto de corte para tomar decisiones en la prueba de hipótesis, y el Valor p de Probabilidad, el cual es esencial para probar los grandes cambios de forma estadística. Ahora, interpretamos la figura para concluir <sup>17</sup> si se acepta o rechaza la hipótesis planteada tomamos en cuenta que, el Valor F Calculado (114.67) es mayor al Valor Crítico para F (2.44), esto sugiere que hay variaciones grandes en los grupos de pastas con y sin la influencia del polvo de *Donax Obesulus*. Luego, el Valor p de Probabilidad ( $2.18E^{-18}$ ) es menor que alfa (0.05 en nuestro caso), por lo que podemos concluir que los resultados son estadísticamente significativos, y podemos aceptar la hipótesis planteada. Por lo tanto, los elementos en la figura siguen esta disposición, la hipótesis planteada se acepta, y se concluye que hay variaciones importantes en la absorción de agua de las pastas de suelo bajo la influencia del polvo de *Donax Obesulus* a los 7 días de tratamiento en comparación con las pastas sin esta influencia.

**Figura 15**

*Prueba de hipótesis de la absorción de agua de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días*

Análisis de  
varianza de  
un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
0%	5	41.36	8.272	0.02267
5%	5	36.55	7.31	0.22575
10%	5	34.26	6.852	0.37147
15%	5	31.19	6.238	0.00757
20%	5	25.2	5.04	0.00785
25%	5	23.64	4.728	0.22337
30%	5	21.12	4.224	0.17153

ANÁLISIS  
DE  
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	66.457034	6	11.076172	75.259614	5.74059E-16	2.4452594
Dentro de los grupos	4.12084	28	0.1471729			
Total	70.577874	34				

En la figura, se presenta una figura que ilustra la Prueba de hipótesis de <sup>40</sup> la absorción de agua de los morteros obtenidos por <sup>17</sup> la aglomeración de suelo bajo la influencia del polvo de *Donax Obesulus* a 7 días. Teniendo en cuenta que se trabajó con una probabilidad de alfa 0.05 y nivel de confianza 95%. Se calcularon y representaron los valores clave como; Valor F Calculado, el cual es importante para analizar en caso existan datos diferentes en grandes rangos en los grupos de morteros con y sin la influencia del polvo de *Donax Obesulus*, Valor Crítico para F, el cual actúa como un punto de corte para tomar decisiones en la prueba de hipótesis, y el Valor p de Probabilidad, el cual es esencial para probar los grandes cambios de forma estadística. Ahora, interpretamos la figura para concluir <sup>17</sup> si se acepta o rechaza la hipótesis planteada tomamos en cuenta que, el Valor F Calculado (75.26) es mayor al Valor Crítico para F (2.44), esto sugiere que hay variaciones grandes en los grupos de morteros con y sin la influencia del polvo de *Donax Obesulus*. Luego, el Valor p de Probabilidad ( $5.74E^{-16}$ ) es menor que alfa (0.05 en nuestro caso), por lo que podemos concluir que los resultados son estadísticamente significativos, y podemos aceptar la hipótesis planteada. Por lo tanto, los elementos en la figura siguen esta disposición, <sup>40</sup> la hipótesis planteada se acepta, y se concluye que hay variaciones importantes en <sup>40</sup> la absorción de agua de los morteros de suelo bajo <sup>17</sup> la influencia del polvo de *Donax Obesulus* a los 7 días de tratamiento en comparación con los morteros sin esta influencia.

**3.2.2. Resistencia en compresión de pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus***

**Figura 16**

*Prueba de hipótesis de la resistencia en compresión de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días*

Análisis de  
varianza de  
un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0%	5	21.66	4.332	0.08837
5%	5	34.12	6.824	0.01773
10%	5	40.56	8.112	0.06642
15%	5	50.58	10.116	0.03758
20%	5	54	10.8	0.0289
25%	5	62.37	12.474	0.00713
30%	5	67.48	13.496	0.41693

ANÁLISIS  
DE  
VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	313.3039486	6	52.21732476	551.2642496	1.01895E-27	2.445259395
Dentro de los grupos	2.65224	28	0.094722857			
Total	315.9561886	34				

En la figura, se presenta una figura que ilustra la Prueba de hipótesis de la resistencia en compresión de las pastas obtenidas por la aglomeración de suelo bajo la influencia del polvo de *Donax Obesulus* a 7 días. Teniendo en cuenta que se trabajó con una probabilidad de alfa 0.05 y nivel de confianza 95%. Se calcularon y representaron los valores clave como; Valor F Calculado, el cual es importante para analizar en caso existan datos diferentes en grandes rangos en los grupos de pastas con y sin la influencia del polvo de *Donax Obesulus*,

Valor Crítico para F, el cual actúa como un punto de corte para tomar decisiones en la prueba de hipótesis, y el Valor p de Probabilidad, el cual es esencial para probar los grandes cambios de forma estadística. Ahora, interpretamos la figura para concluir <sup>17</sup> si se acepta o rechaza la hipótesis planteada tomamos en cuenta que, el Valor F Calculado (551.26) es mayor al Valor Crítico para F (2.44), esto sugiere que hay variaciones grandes en los grupos de pastas con y sin la influencia del polvo de *Donax Obesulus*. Luego, el Valor p de Probabilidad ( $1.02E^{-27}$ ) es menor que alfa de significancia alfa (0.05 en nuestro caso), por lo que podemos concluir que los resultados son estadísticamente significativos, y podemos aceptar la hipótesis planteada. Por lo tanto, los elementos en la figura siguen esta disposición, la hipótesis planteada se acepta, y se concluye que hay variaciones importantes en la resistencia en compresión de las pastas de suelo bajo la influencia del polvo de *Donax Obesulus* a los 7 días de tratamiento en comparación con las pastas sin esta influencia.

42

### Figura 17

*Prueba de hipótesis de la resistencia en compresión de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días*

Análisis de  
varianza de  
un factor

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0	5	19.68	3.936	0.02363
0.05	5	24.09	4.818	0.38232
0.1	5	29.35	5.87	0.61315
0.15	5	38.11	7.622	0.00502
0.2	5	42.3	8.46	0.5528
0.25	5	51.22	10.244	0.00993
0.3	5	55.7	11.14	0.28215

ANÁLISIS  
DE  
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	221.218629	6	36.8697714	138.089032	1.79496E-19	2.4452594
Dentro de los grupos	7.476	28	0.267			
Total	228.694629	34				

En la figura, se presenta una figura que ilustra la Prueba de hipótesis de la resistencia en compresión de los morteros obtenidos por la aglomeración de suelo bajo la influencia del polvo de *Donax Obesulus* a 7 días. Teniendo en cuenta que se trabajó con una probabilidad de alfa 0.05 y nivel de confianza 95%. Se calcularon y representaron los valores clave como; Valor F Calculado, el cual es importante para analizar en caso existan datos diferentes en grandes rangos en los grupos de morteros con y sin la influencia del polvo de *Donax Obesulus*, Valor Crítico para F, el cual actúa como un punto de corte para tomar decisiones en la prueba de hipótesis, y el Valor p de Probabilidad, el cual es esencial para probar los grandes cambios de forma estadística. Ahora, interpretamos la figura para concluir si se acepta o rechaza la hipótesis planteada tomamos en cuenta que, el Valor F Calculado (138.08) es mayor al Valor Crítico para F (2.44), esto sugiere que hay variaciones grandes en los grupos de morteros con y sin la influencia del polvo de *Donax Obesulus*. Luego, el Valor p de Probabilidad ( $1.79E^{-19}$ ) es menor que alfa (0.05 en nuestro caso), por lo que podemos concluir que los resultados son estadísticamente significativos, y podemos aceptar la hipótesis planteada. Por lo tanto, los elementos en la figura siguen esta disposición, la hipótesis planteada se acepta, y se concluye que hay variaciones importantes en la resistencia en compresión de los morteros de suelo bajo la influencia del polvo de *Donax Obesulus* a los 7 días de tratamiento en comparación con los morteros sin esta influencia.

### 3.2.3. Caracterización química de suelo y polvo de *Donax Obesulus*

En el caso de la caracterización química de suelo y polvo de *Donax Obesulus*, se enfrenta una limitación. Resulta imposible llevar a cabo una prueba de hipótesis estadística de manera cuantitativa. Esto se debe a que los espectros FTIR individuales de suelo y polvo

de Donax muestran únicamente información cualitativa sobre la presencia de grupos funcionales, pero no proporcionan datos cuantitativos precisos, como concentraciones numéricas de compuestos específicos. Por lo tanto, la evaluación cuantitativa y las pruebas de hipótesis requieren un enfoque analítico más detallado, posiblemente a través de técnicas de análisis químico cuantitativo complementarias.

#### **3.2.4. Caracterización química de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus***

En el caso de la caracterización química de las pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus, se enfrenta a la misma limitación. En este contexto, resulta imposible llevar a cabo una prueba de hipótesis estadística de manera cuantitativa. Esto se debe a que los espectros FTIR individuales de las pastas muestran únicamente información cualitativa sobre la presencia de grupos funcionales, pero no proporcionan datos cuantitativos precisos, como concentraciones numéricas de compuestos específicos.

#### **3.2.5. Caracterización morfológica de suelo y polvo de *Donax Obesulus***

En este caso, los resultados de la caracterización morfológica de suelo y polvo de Donax Obesulus se basan en micrografías ópticas que ofrecen una visión cualitativa de la forma y el tamaño de las partículas en lugar de proporcionar datos cuantitativos precisos. Debido a esta limitación en la recopilación de datos, se vuelve imposible llevar a cabo una prueba de hipótesis estadística de manera cuantitativa.

#### **3.2.6. Caracterización morfológica de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus***

En este caso, los resultados también se basan en micrografías ópticas que ofrecen una visión cualitativa de la forma y el tamaño de las partículas en lugar de proporcionar datos cuantitativos precisos. Debido a esta limitación en la recopilación de datos, se vuelve imposible llevar a cabo una prueba de hipótesis estadística de manera cuantitativa. Estas micrografías ópticas son valiosas para observar las características visuales y estructurales de las pastas aglomeradas, pero para un análisis cuantitativo más profundo, sería necesario utilizar técnicas adicionales que permitan mediciones precisas y numéricas de las partículas.

#### IV. DISCUSIÓN

- En los gráficos de las figuras 6 y 7, se detalló un análisis de la absorción de agua, en porcentaje de pastas y morteros producidos a partir de la aglomeración de suelo con la incorporación de polvo de Donax Obesulus durante el período de ensayo. Se resaltan algunas comparaciones destacables en ellos. Iniciando como por ejemplo con, una alta absorción de agua en el punto inicial con 0% de polvo de Donax Obesulus. Esto se debe a que la mezcla inicial está compuesta principalmente por partículas de suelo y posiblemente otros materiales aglomerantes. Estos materiales pueden contener espacios vacíos, poros y micro fisuras que permiten que el agua penetre fácilmente en la mezcla. En la ausencia de barreras o materiales que reduzcan la porosidad, el agua tiene una amplia superficie disponible para la absorción, lo que resulta en una alta absorción de agua (Balshaw et al., 2023). Por otro lado, la tendencia descendente en la absorción de agua a medida que se incrementa el porcentaje de Donax Obesulus en la mezcla, se da por una serie de efectos que contribuyen a la reducción de la absorción de agua. El polvo de Donax Obesulus actúa como un material que llena los espacios entre las partículas de suelo y, al hacerlo, disminuye la porosidad de la mezcla. Esto significa que hay menos espacios vacíos disponibles para que el agua se infiltre. Además, el polvo de Donax Obesulus actúa como una barrera física para el movimiento del agua. Cuanto mayor sea la concentración de Donax Obesulus, más efectiva es esta barrera, lo que ralentiza aún más la entrada del agua en la mezcla (Seid & Azmatch 2023). También se vio que la muestra pura de Donax Obesulus tuvo una capacidad de absorción de agua de 3.13%, es importante destacar que, incluso cuando se utiliza Donax Obesulus en las muestras, estos siguen logrando una reducción significativa en la absorción de agua en comparación con el punto de referencia inicial. Esto demuestra que su incorporación es eficaz para reducir la absorción de agua, a pesar de que la muestra pura de Donax Obesulus tiene cierta capacidad de absorción. Sin embargo, la comparación de absorción de agua con el suelo de cultivo puro de 8.87%, destaca aún más la eficacia de la adición de Donax Obesulus en la reducción de la absorción de agua. El suelo de cultivo suele tener una alta porosidad y una capacidad significativa para retener agua (Balshaw et al., 2023). La incorporación de Donax Obesulus en las pastas y morteros reduce drásticamente la absorción de agua en

comparación con el suelo de cultivo, lo que indica que Donax Obesulus actúa de manera efectiva para minimizar la entrada de agua en la mezcla.

- En la figura 11, se presentó un espectro FTIR de las pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus al 30%. Los picos resaltados en este espectro FTIR de las pastas fueron los siguientes: Pico a  $3640\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a vibraciones de estiramiento de grupos  $\text{OH}$ , hidroxilo, e indica la presencia de agua en la muestra. Pico a  $3390\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a vibraciones de estiramiento de grupos  $\text{OH}$ , hidroxilo y  $\text{NH}$ , aminos, lo que indica la presencia de agua y grupos funcionales de nitrógeno en la muestra. Pico a  $1650\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a vibraciones de estiramiento de enlaces dobles  $\text{C}=\text{O}$ , lo que indica la presencia de compuestos orgánicos como cetonas o aldehídos en las pastas. Pico a  $1410\text{ cm}^{-1}$  con vibraciones de flexión de grupos  $\text{CH}_3$  (metilo) o  $\text{CH}_2$  (carbono-hidrógeno) indicando la presencia de compuestos orgánicos con estos grupos funcionales. Como también indica la existencia de carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  en las pastas obtenidas por aglomeración de suelo. Pico a  $1010\text{ cm}^{-1}$  con vibraciones de estiramiento de enlaces  $\text{Si-O}$ , sugiriendo la presencia de minerales silicatos en la muestra. Y por último el pico a  $876\text{ cm}^{-1}$  relacionado con vibraciones de enlaces  $\text{Si-O}$  indicando la presencia de minerales silicatos en las pastas (Hassan et al. 2013). Lo que se puede rescatar de estos grupos funcionales es la presencia de Donax Obesulus en las pastas de aglomeración de suelo al 30%, la cual desempeña un papel significativo en la mejora de las propiedades de estas muestras. Aunque la caracterización inicial se basa en análisis cualitativos a través de espectroscopía FTIR, hay fundamentos sólidos para considerar que la influencia de Donax Obesulus podría proporcionar ventajas en términos de calidad y rendimiento de las pastas aglomeradas. Principalmente teniendo al aporte de carbonato de calcio presente en el material marino. La presencia del pico característico a  $1410\text{ cm}^{-1}$  en el espectro FTIR es una evidencia de la existencia de carbonato de calcio. El carbonato de calcio es conocido por su capacidad de mejorar la resistencia y la estabilidad de los materiales, lo que puede ser beneficioso en la formación de pastas aglomeradas (Acharya & Dahal, 2023). El carbonato de calcio puede actuar como un agente aglomerante efectivo, mejorando la cohesión entre las partículas de suelo. Esto puede llevar a una mayor resistencia mecánica en las pastas aglomeradas. La incorporación de Donax Obesulus puede ayudar a fortalecer la estructura de las pastas y morteros,

lo que es esencial en aplicaciones donde la resistencia es un factor clave. Por otro lado, el carbonato de calcio también puede contribuir a una mejor retención de humedad en las pastas. Esto es importante en aplicaciones agrícolas o de construcción, ya que una retención adecuada de humedad puede promover un ambiente favorable para el crecimiento de plantas o una mayor durabilidad de los materiales (Hargis et al. 2017). Por último, la presencia de Donax Obesulus, con su contenido de carbonato de calcio, puede ayudar a reducir la contracción y la formación de grietas en las pastas y morteros aglomeradas durante el proceso de secado o endurecimiento (Frasson & Rocha, 2023). Esto es fundamental para mantener la integridad estructural de los materiales.

- La figura 13 presentó la micrografía óptica con una vista detallada de las pastas que se obtuvieron por la aglomeración de suelo bajo la influencia del polvo de Donax Obesulus al 30% durante un período de 7 días. En la imagen, se reveló una superficie de pasta que estuvo compacta, con partículas que se unieron y consolidaron eficazmente a lo largo del proceso de aglomeración. Las partículas mostraron una apariencia compacta y uniforme, lo que indicó que la pasta adquirió una estructura más sólida con el tiempo (Zhao et al., 2023). La variación de colores en diferentes regiones de la pasta fue un aspecto clave de la imagen. Los tonos blanquecinos notables en la muestra probablemente indicaron la presencia de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) derivado del polvo de Donax Obesulus. Esto sugirió que el agente aglomerante, en este caso, Donax Obesulus, tuvo un impacto significativo en la formación de estructuras con contenido de carbonato de calcio (Hashim et al., 2023). Las regiones negras observadas en la imagen pudieron estar relacionadas con la presencia de impurezas orgánicas o materiales particulares que provinieron de la mezcla original. Las zonas grises en la imagen sugirieron una mezcla de materiales con diferentes densidades o propiedades. Estas áreas grises pudieron haber representado la interacción de los componentes de la pasta durante el proceso de aglomeración, lo que reflejó la complejidad de las transformaciones químicas y físicas que ocurrieron durante la aglomeración. Por último, las regiones amarillentas pudieron haber indicado la presencia de minerales o impurezas en la pasta que aportaron un color amarillento. La identificación de la naturaleza de estos componentes amarillos podría haber requerido una evaluación más detallada. Su presencia destacó la diversidad de materiales que compusieron la muestra.

- En las figuras 6 y 7, se detalló un análisis de la resistencia a la compresión medida en MPa en pastas y morteros producidos a partir de la aglomeración de suelo con la incorporación de polvo de *Donax Obesulus* durante el período de ensayo. La descripción inicial destaca que a medida que aumenta el porcentaje de *Donax Obesulus*, la resistencia en compresión de las pastas y morteros se incrementa de manera continua y sustancial. Esto sugiere que el polvo de *Donax Obesulus* actúa como un agente de mejora de la resistencia. En el punto de referencia inicial, donde no se añade *Donax Obesulus* (0%), la resistencia en compresión es de 3.94 MPa – 4.33 MPa. Este valor de baja resistencia en compresión se debe principalmente a las propiedades intrínsecas del suelo sin ninguna adición. En este estado inicial, el suelo solo exhibe una cohesión interna limitada entre sus partículas, lo que resulta en una baja resistencia a la compresión. Además, la porosidad inherente del suelo sin ningún agente aglomerante hace que la mezcla sea menos densa y más permeable, lo que disminuye aún más su capacidad para resistir las fuerzas de compresión (Salem, 2023). La falta de cohesión interna y la alta porosidad son características naturales del suelo no tratado y contribuyen a la baja resistencia inicial en compresión (Mohammed et al., 2023). Por el contrario, las muestras afectadas por la adición de *Donax Obesulus* tuvo un impacto positivo en la resistencia en compresión de las pastas y morteros aglomerados. Siendo que a medida que se aumenta en porcentaje, se observa un aumento significativo en la resistencia en compresión. Esto se logra debido a la aglomeración efectiva de las partículas, lo que significa que están más unidas, contribuyendo a una mayor resistencia en compresión. Las partículas aglomeradas pueden soportar mejor las fuerzas de compresión sin separarse. Por lo que con cada aumento en el porcentaje de *Donax Obesulus* se traduce en un aumento correspondiente en la resistencia. También, con un mayor porcentaje de *Donax Obesulus* en la mezcla, se produce una mayor compactación y una reducción significativa de la porosidad (Hashim et al., 2023). El polvo de *Donax Obesulus* llena los espacios vacíos y poros entre las partículas de suelo, lo que da como resultado una mezcla más densa y resistente. La reducción de la porosidad significa que hay menos espacio para que el agua o el aire se acumulen, lo que contribuye a la resistencia a la compresión (BR, 2020). Teniendo que a un 30% de *Donax Obesulus*, se alcanza un punto máximo de resistencia entre 11.14 MPa y 13.50 MPa. En este punto, se optimizó la cohesión interna de la mezcla, lo que significa que las partículas

están fuertemente unidas y resistentes a las fuerzas de compresión. Además, la porosidad se redujo al mínimo, lo que da como resultado la máxima densidad y compactación de la mezcla (Rahman et al., 2023). Estos factores combinados contribuyen al logro de la resistencia máxima.

## V. CONCLUSIONES

- En el desarrollo de esta investigación, se logró determinar la influencia de la adición de Donax Obesulus en la resistencia en compresión y la absorción de agua en las pastas y morteros de suelo. Los resultados obtenidos a partir de los objetivos específicos evidencian el impacto de esta adición en las propiedades mecánicas y físicas de las pastas y morteros, lo que es fundamental para comprender su viabilidad en aplicaciones constructivas.
- La fase inicial de nuestra de investigación se centró en la preparación y adecuación de los residuos de Donax Obesulus para su incorporación en pastas y morteros de suelo. Se logró un proceso eficiente que garantiza una mezcla homogénea y una distribución adecuada de los residuos en la matriz de suelo. Esto es esencial para evitar posibles desequilibrios en las propiedades finales de las pastas y morteros.
- Se llevo a cabo con éxito el desarrollo de pastas y morteros adicionados, lo que nos permitió realizar una caracterización exhaustiva. Donde se evaluaron aspectos físicos mediante microscopia óptica, donde se proporcionó evidencia visual de la efectividad del proceso de aglomeración y la influencia del polvo de Donax Obesulus en la composición de las pastas y morteros; y propiedades químicas como la composición mineralógica de las muestras. Proporcionando información a través de los grupos funcionales, como la presencia de agua, compuestos orgánicos, presencia grande contenido de carbonato de calcio y minerales silicatos en las muestras.
- Se determinó con precisión los valores de resistencia en compresión de las muestras de pastas y morteros, utilizando la norma ASTM C109 como guía. Revelando que la adición de Donax Obesulus mejora significativamente la resistencia en compresión de las pastas y morteros aglomerados de suelo a mayores porcentajes, acercándose a la resistencia de la muestra pura de Donax Obesulus en términos de compresión a un nivel de 30%.
- La evaluación de los porcentajes de absorción de agua en pastas y morteros adicionados, llevada a cabo siguiendo la norma ASTM C 1403, evidencia la capacidad de estos materiales para retener o liberar agua. Los resultados revelan cómo la adición de Donax Obesulus influye en la capacidad de las pastas y morteros para absorber agua. Obteniendo menores porcentajes de absorción de agua a mayores porcentajes de adición de Donax Obesulus.

## VI. RECOMENDACIONES

- <sup>63</sup> Realizar un estudio detallado de las propiedades químicas, físicas y mecánicas de Donax Obesulus como adición. Esto incluye la caracterización de su composición química, granulometría, contenido de humedad, porosidad y cualquier otra característica relevante.
- Realizar pruebas sistemáticas con diferentes niveles de dosificación de adiciones para determinar la dosis óptima que maximice los beneficios en términos de resistencia y absorción, minimizando al mismo tiempo posibles efectos negativos.
- Realizar pruebas de durabilidad a lo largo de un período extendido para evaluar cómo las adiciones afectan la resistencia y la absorción de los materiales con el paso del tiempo, proporcionando información valiosa para aplicaciones a largo plazo.
- Realizar una evaluación integral del impacto ambiental de los materiales mejorados con aditivos, utilizando métricas como el <sup>66</sup> análisis de ciclo de vida, con el objetivo de evaluar la sostenibilidad de los materiales.
- Llevar a cabo un análisis detallado de costos para determinar <sup>10</sup> la viabilidad económica de la incorporación de aditivos en materiales de construcción, teniendo en cuenta los costos de producción y aplicación.
- Ampliar la investigación para evaluar cómo las adiciones de Donax Obesulus funcionan en diferentes tipos de suelo, considerando las variaciones geográficas en las condiciones del suelo.
- Investigar cómo las adiciones de Donax Obesulus interactúan con otras adiciones comúnmente utilizados en la construcción, evaluando posibles interferencias en las propiedades de los materiales.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acharya, Sangam & Dahal, Bhim. (2023). Effects of Alkaline Egg Shell Powder in Soil Stabilization.
- Ahmadi, S. (2008). Adobe conservation: Evaluation of silicone and acrylic consolidants. Ontario, Canadá.
- Ali Bahobail, M. (2012). The mud additives and their effect on thermal conductivity of adobe bricks. *Journal of Engineering Sciences*.
- Balsha<sup>39</sup> Helen & Douglas, Peter & Doerr, Stefan. (2023). Water–soil interactions: Unravelling the processes and stages involved in the wetting of water repellent soils. *Journal of Hydrology X*. 20. 100158.
- Benites Zapata, V. (2017). Adobe estabilizado con extracto de cabuya (*Furcraea Andina*). Piura, Perú.
- Bock Hyeng, C., Ofori Boadu, A., Yamb-Bell, E., & Shofoluwe, M. (2016). Mechanical Properties of Sustainable Adobe Bricks Stabilized With Recycled Sugarcane Fiber Waste. *Journal of Engineering Research and Application*.
- Bouhicha, M., Aouissi, F., & Kenai, S. (2004). Performance of composite soil reinforced with barley straw. *Cement & Concrete Composites*.
- B R, Vinod<sup>11</sup>. (2020). Stabilization on Expansive soil using sea shell powder and Rubber powder Stabilization on Expansive soil using sea shell powder and Rubber powder.
- Cajal, A. (2020). Observación directa: características, tipos y ejemplo
- Callaghan Daigle, B. (2009). Earthbag Housing: Structural Behaviour and Applicability in Developing Countries. Ontario.
- Castro, A. (2015). Recolección de datos: Fichas.
- Cid, J., Mazarrón, F., & Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de la Construcción*.
- Costa, C., Cerqueira, Â., Rocha, F., & Velosa, A. (2019). The sustainability of adobe construction: past to future. *International Journal of Architectural Heritage*, 639-647.
- Cruz, T., Gama, J., Alcalá, R., Cabadas, H., Jasso, C., Sánchez, S., . . . López, F. (2012). *Arquitectura de tierra: El Adobe como material de construcción de la época prehispánica*. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*.
- Delgado, M. (2022). Aspectos éticos de toda investigación consentimiento informado: ¿Puede convertirse la experiencia clínica en investigación científica?

- Esguerra Rubio, M. (2013). Adobe de suelo derivado de cenizas volcánicas: una alternativa constructiva. Pereira.
- Frasson, Bruna & Rocha, Janaíde. (2023). Drying shrinkage behavior of geopolymer mortar based on kaolinitic coal gangue. *Case Studies in Construction Materials*. 18. e01957.
- Gonzalez, Alvaro & Grünwald, Enrique. (2016). Comportamiento mecánico de terreno para suelos estabilizados químicamente.
- Hargis, Craig & Lothenbach, Barbara & Müller, Christian & Winnefeld, Frank. (2017). Carbonation of calcium sulfoaluminate mortars. *Cement and Concrete Composites*. 80. 123-134.
- Hashim, Mohammed & Shirago, Kelifa & Dirate, Democracy. (2023). Stabilization of residual collapsible soil using hydrated lime. *Arabian Journal of Geosciences*. 16. 1-10.
- Hassan, Mabrouk & Khatib, Jamal & Mangat & Nasef, Aisha & Gardiner, E. (2013). FTIR and XRD Characterized Lime Stabilised Lead Contaminated Soil.
- Hossain, K., & Mol, L. (2011). Some engineering properties of stabilized clayey soils incorporating natural pozzolans and industrial wastes. *Construction and Building Materials*.
- Hossain, K., Lachemi, M., & Easa, S. (2007). Stabilized soils for construction applications incorporating natural resources of Papua New Guinea. *Resources, Conservation & Recycling*.
- Jing, L., Tianhua, Z., Qiang, D., & Hanheng, W. (2017). Experimental investigation on properties of gypsum-quicklime-soil grout material in the reparation of earthen site cracks. *Construction and Building Materials*.
- Lertwattanaruk, P., & Choksiriwanna, J. (2011). The Physical and Thermal Properties of Adobe Brick Containing Bagasse for Earth Construction. *BUILT*.
- Maldonado, L., & Vela-Cossio, F. (2011). El patrimonio arquitectónico construido con tierra. Las aportaciones historiográficas y el reconocimiento de sus valores en el contexto de la arquitectura popular española. *Informes de la construcción*.
- Marçal Gandia, R., Gomes, F., Ribeiro Corrêa, A., Rodrigues, M. C., & Mendes, R. F. (2019). Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with glass fiber reinforced polymer waste. *Construction and Building Materials*.
- Márquez Domínguez, Jhazmin (2018). “Estabilización del adobe con adición de viruta de Eucalipto, Chíncha 2018”, *Tesis de pregrado. Universidad de Cesar Vallejo. Perú*.
- Mberayah, Leopold & Irafasha, Dieudonné & Habumugisha, Etienne & Musabirema, Julius. (2020). Assessment of Cohesive Soil - Cow Dung Mortar Properties as

Replacement of Cement Mortar for Simple Plastering Works. Rwanda Journal of Engineering, Science, Technology and Environment. 3. 10.4314/rjeste.v3i2.6.

Mohammed, I. & Usman, Mohammed & Shariff, Farida. (2023). EVALUATION OF THE COMPRESSIVE STRENGTH AND WATER RESISTING CAPACITIES OF LIME STABILIZED SOIL BLOCKS FOR BUILDING CLIMATE RESILIENT STRUCTURES. FUDMA JOURNAL OF SCIENCES. 7. 12-18.

Mokht<sup>44</sup> Mardiha & Hamid, Nor & Mohd Yusoff, Siti & Sani, S.. (2016). An experimental study on dust shell as an admixture in soft soil stabilization. 11. 7254-7257.

Morales Dominguez, V., Ortiz Guzmán, M., & Alavéz Ramírez, R. (2007). Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado. Naturaleza y Desarrollo.

<sup>4</sup> Nieto Palomino, Lucero y Tello Perez, Edna (2019). “Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú. Tesis de pregrado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú.

Okdiario (2019). *Conoce el método de observación directa*

Rahman, M & Nujid, Masyitah & Idrus, Juliana & Tholibon, Duratulain & Bawadi, Nor. (2023). Unconfined compressive strength assessment of stabilized marine soil with cockle shell powder as sustainable material on subgrade pavement. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1205. 012057.

<sup>69</sup> Rodrigo-Comino, Jesús & López-Vicente, Manuel & Kumar, Vinod & Rodríguez-Seijo, Andrés & Valkó, Orsi & Rojas Alvarado, Claudia & Pourghasemi, Hamid & Salvati, Luca & Bakr, Noura & Vaudour, Emmanuelle & Brevik, Eric & Radziemska, Maja & Pulido, Manuel & Di Prima, Simone & Dondini, Marta & Vries, Wim & Santos, Erika & Mendonça Santos, Maria & Yu, Yang & Panagos, Panos. (2020). Soil Science Challenges in a New Era: A Transdisciplinary Overview of Relevant Topics. Air, Soil and Water Research. 13. 10.1177/1178622120977491.

Salem, Ahmad. (2023). The Unconfined Compressive Strength of Hydrated Lime Stabilized Clayey Soil at Different Water Contents and Different Curing Times. 10. 184-188.

Sabzi, Zahra. (2018). Environmental Friendly Soil Stabilization Materials Available in Iran. 33-39.

Seid, Muna & Azmatch, Tezera. (2023). Experimental Investigation of the Effect of Lime Treatment on the Soil Water Characteristics Curve of Expansive Soils.

Sherwood, P. (1992). Stabilized capping layers using either lime, or cement, or lime and cement. Contractor Report.

- Sudjianto, Agus & Suraji, Aji & Susilo, Sugeng. (2021). Analysis of soil characteristics on expansive clay stabilization using shell ash. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6.
- Vargas, J., Blondet, M., Cancino, C., Ginocchio, F., Iwaki, C., & Morales, K. (2008). *Structural Analysis of Historic Construction: Experimental results on the use of mud-based grouts to repair seismic cracks on adobe walls*. Londres: CRC Press.
- Zhao, Linhao & Zhao, Xiushao & Cheng, An & Chen, Zixi & Rao, Jianglong & Mo, Linli. (2023). Synergistic Effects of Red Clay and Lime for Improving Phyllite Soil. *Minerals*. 13. 1321.

3

# ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DONAX OBESULUS SOBRE RESISTENCIA EN COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN PASTAS Y MORTEROS DE SUELO	¿Cuál es la influencia de la adición de <i>Donax Obesulus</i> sobre resistencia en compresión y absorción de agua en pastas y morteros de suelo?	Hipótesis General El incremento del porcentaje en masa de la adición de <i>Donax Obesulus</i> , será directamente proporcional al incremento de la resistencia en compresión e inversamente proporcional al porcentaje de absorción de agua en pastas y morteros de suelo.  Hipótesis específicas El desarrollo de secuencia de adecuación de residuos de <i>Donax Obesulus</i> permitirá la correcta evaluación de pastas y morteros de suelo.  El desarrollo de la secuencia de	3 Objetivo General Determinar la influencia de la adición de <i>Donax Obesulus</i> sobre resistencia en compresión y absorción de agua en pastas y morteros de suelo.  Objetivos específicos Desarrollar secuencia de adecuación de residuos de <i>Donax Obesulus</i> para la secuencia de adición y evaluación en pastas y morteros de suelo.  Desarrollar la secuencia de pastas y morteros de suelos adicionados para su caracterización mecánica, física y química.  Determinar los valores de resistencia en compresión de pastas y morteros adicionados mediante el uso de norma ASTM C109.	Variable Independiente Porcentaje en masa de la adición de <i>Donax Obesulus</i>  Variables dependientes Resistencia en compresión. Porcentaje de absorción de agua	% masa  $\sigma$ : Esfuerzo (MPa)  % absorción	Tipo Aplicada, explicativa y Cuantitativa  Métodos Deductivo  Diseño Experimental  Población Todas las pastas y morteros obtenidos por aglomeración de suelo y polvo de <i>Donax Obesulus</i>  Muestra 70 pastas cubicas obtenidas por adición y aglomeración de suelo y polvo de <i>Donax Obesulus</i> , de dimensiones de 50mm por lado; 70 morteros cúbicos obtenidos por adición y aglomeración de suelo, polvo de <i>Donax Obesulus</i> y agregado fino, de

elaboración de pastas y morteros de suelos adicionados permitirá la correcta caracterización mecánica, física y química de los mismos

El incremento del porcentaje en masa de la adición de *Donax Obsultus*, será directamente proporcional al incremento de la resistencia en compresión de las pastas y morteros de suelo.

El incremento del porcentaje en masa de la adición de *Donax Obsultus*, será inversamente **37** porcional al porcentaje de absorción de agua en las pastas y morteros de suelo.

Determinar los porcentajes de absorción de agua de pastas y morteros adicionados mediante la norma ASTM C 1403.

dimensiones de 50mm mm por lado.

**3** Técnicas e instrumentos de recolección de datos Observación directa y Formatos de instrumentos de medición.

Métodos de análisis de investigación ANOVA unidireccional

**3** Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items	Instrumentos	Escala de medición
<b>Variable independiente</b> Porcentaje en masa de <i>Donax</i> <i>Obesitilus</i>	El porcentaje en masa es un indicador fundamental para expresar la concentración de un elemento específico en una sustancia compuesta o la presencia de un componente particular en una mezcla. Esta medida proporciona una visión cuantitativa de cuánto contribuye un elemento o componente a la masa total del sistema. Para calcular el porcentaje en masa <sup>34</sup> simplemente dividimos la masa del componente de interés por la masa total de la mezcla y multiplicamos el resultado por 100% (Ebnessajjad y Landrock, 2019).	Masa dividida por masa total de la mezcla, por 100%	$\%M = (Ma/Mt) * 100$ M: Porcentaje en masa Ma: masa de componente de mezcla Mt: masa de mezcla	Formulario	Nominal	Fichas de observación	%
<b>Variable dependiente</b> Resistencia en compresión	La capacidad de un material para resistir las fuerzas que tienden a comprimirlo es conocida como resistencia a la compresión. Se evalúa mediante la máxima fuerza que puede aplicarse al material antes de que ocurra su deformación o rotura. Esta característica es esencial para determinar la durabilidad y la idoneidad de un material en	Registro de carga aplicada versus área de muestra	$\sigma = F/A$ σ: Esfuerzo (MPa) F: Fuerza (N) A: Área (mm <sup>2</sup> )	Formulario	Nominal	Fichas de observación	MPa

diversas aplicaciones (Mishra, 2021).

<b>Variable</b> Porcentaje de absorción de agua	El porcentaje de absorción de agua es una forma de medir la cantidad de agua que puede absorber un material poroso cuando se expone a la humedad (Team carcers360, 2022).	Masa de agua absorbida sobre la masa seca del material por 100%.	$\%A = (Mh - Ms)/(Ms) * 100$	Formulario	Nominal	Fichas de observación	%

### Anexo 3: Resultados prueba de hipótesis

*Absorción de agua de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días*

Análisis de  
varianza de  
un factor

#### RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
0%	5	36.03	7.206	0.01548
5%	5	28.36	5.672	0.00497
10%	5	25.92	5.184	0.43108
15%	5	25.05	5.01	0.02275
20%	5	24.82	4.964	0.02063
25%	5	18.45	3.69	0.0088
30%	5	16.41	3.282	0.00607

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	50.1044343	6	8.35073905	114.667451	2.17911E-18	2.4452594
Dentro de los grupos	2.03912	28	0.07282571			
Total	52.1435543	34				

*Prueba de hipótesis de la absorción de agua de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días*

Análisis de  
varianza de  
un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
0%	5	41.36	8.272	0.02267
5%	5	36.55	7.31	0.22575
10%	5	34.26	6.852	0.37147
15%	5	31.19	6.238	0.00757
20%	5	25.2	5.04	0.00785
25%	5	23.64	4.728	0.22337
30%	5	21.12	4.224	0.17153

ANÁLISIS  
DE  
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	66.457034	6	11.076172	75.259614	5.74059E-16	2.4452594
Dentro de los grupos	4.12084	28	0.1471729			
Total	70.577874	34				

*Prueba de hipótesis de la resistencia en compresión de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días*

Análisis de  
varianza de  
un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
0%	5	21.66	4.332	0.08837
5%	5	34.12	6.824	0.01773
10%	5	40.56	8.112	0.06642
15%	5	50.58	10.116	0.03758
20%	5	54	10.8	0.0289
25%	5	62.37	12.474	0.00713
30%	5	67.48	13.496	0.41693

ANÁLISIS  
DE  
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	313.3039486	6	52.21732476	551.2642496	1.01895E-27	2.445259395
Dentro de los grupos	2.65224	28	0.094722857			
Total	315.9561886	34				

*Prueba de hipótesis de la resistencia en compresión de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus a 7 días*

Análisis de  
varianza de  
un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
0	5	19.68	3.936	0.02363
0.05	5	24.09	4.818	0.38232
0.1	5	29.35	5.87	0.61315
0.15	5	38.11	7.622	0.00502
0.2	5	42.3	8.46	0.5528
0.25	5	51.22	10.244	0.00993
0.3	5	55.7	11.14	0.28215

ANÁLISIS  
DE  
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor critico para F</i>
Entre grupos	221.218629	6	36.8697714	138.089032	1.79496E-19	2.4452594
Dentro de los grupos	7.476	28	0.267			
Total	228.694629	34				

## Anexo 4: Resultados de laboratorio

Resultados de absorción de agua de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus*

Absorción de agua (%)						
7 días de Ensayo						
Pasta	r1	r2	r3	r4	r5	Prom
PD1 / 0%	7.05	7.36	7.18	7.3	7.14	7.21
PD1 / 5%	5.58	5.75	5.62	5.69	5.72	5.67
PD1 / 10%	5.89	4.13	5.09	5.34	5.47	5.18
PD1 / 15%	4.96	5.15	5.09	5.08	4.77	5.01
PD1 / 20%	4.82	4.97	4.94	5.2	4.89	4.96
PD1 / 25%	3.63	3.74	3.68	3.58	3.82	3.69
PD1 / 30%	3.19	3.34	3.27	3.38	3.23	3.28

*Resultados de absorción de agua de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus*

Absorción de agua (%)						
7 días de Ensayo						
Mortero	r1	r2	r3	r4	r5	Prom
MD1 / 0%	8.45	8.14	8.38	8.1	8.29	8.27
MD 1/ 5%	7.45	6.76	7.24	8.03	7.07	7.31
MD1 / 10%	5.89	7.52	6.89	6.78	7.18	6.85
MD1 / 15%	6.15	6.29	6.17	6.36	6.22	6.24
MD1 / 20%	4.92	5.09	4.98	5.14	5.07	5.04
MD1 / 25%	4.85	5.24	4.78	3.95	4.82	4.73
MD1 / 30%	4.14	3.72	4.14	4.25	4.87	4.22

*Resultados de resistencia en compresión de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus*

Resistencia en compresión (MPa)						
7 días de Ensayo						
Pasta	r1	r2	r3	r4	r5	Prom
PD2 / 0%	4.38	3.98	4.17	4.35	4.78	4.33
PD2 / 5%	6.64	6.91	6.74	6.86	6.97	6.82
PD2 / 10%	8.05	7.75	8.16	8.47	8.13	8.11
PD2 / 15%	9.99	10.21	10.37	9.87	10.14	10.12
PD2 / 20%	10.55	10.85	10.93	10.71	10.96	10.80
PD2 / 25%	12.53	12.42	12.57	12.36	12.49	12.47
PD2 / 30%	13.67	14.12	13.61	12.4	13.68	13.50

*Resultados de resistencia en compresión de morteros obtenidos por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus*

Resistencia en compresión (MPa)						
7 días de Ensayo						
Mortero	r1	r2	r3	r4	r5	Prom
MD2 / 0%	4.02	3.86	4.15	3.75	3.9	3.94
MD2 / 5%	4.78	3.9	4.87	4.9	5.64	4.82
MD2 / 10%	4.98	6.25	6.62	6.43	5.07	5.87
MD2 / 15%	7.56	7.7	7.63	7.54	7.68	7.62
MD2 / 20%	8.59	8.64	9.35	7.29	8.43	8.46
MD2 / 25%	10.32	10.11	10.28	10.34	10.17	10.24
MD2 / 30%	11.83	11.24	11.38	10.79	10.46	11.14

Anexo 5: fotos de microscopia, fotos de muestras y materiales.

*Morteros muestras control*



*Morteros con 5% de Donax Obesulus*



*Morteros con 10% de Donax Obesulus*



*Morteros con 15% de Donax Obesulus*



*Morteros con 20% de Donax Obesulus*



*Morteros con 25% de Donax Obesulus*



*Morteros con 30% de Donax Obesulus*



*Recolección de Donax Obesulus*



*Chancado de Donax Obesulus*



*Calcinación de Donax Obesulus*



*Obtención de hojuelas de Donax Obesulus*



*Tamizaje de Donax Obesulus*



*Suelo de cultivo*



*Adición de agregado fino a la muestra de suelo*



*Muestra de Donax Obesulus*



*Adición de Donax Obesulus a la muestra*



*Mezclado de Donax Obesulus*



*Adición de agua en la muestra*



*Amasado de muestra*



*Colocación de muestra en molde*



*Compactación de muestras en molde*



*Muestras en molde*



*Desmoldado de muestras*



**4** *Secado de muestras para prueba de absorción de agua*



*Secado de muestras de pastas*



*Muestras sumergidas para prueba de absorción de agua*



*Vista superior de mortero*



*Vista inferior de mortero*



1

*Prueba de resistencia en compresión de mortero*



*Falla de mortero por esfuerzo en compresión*



1

*Prueba de resistencia en compresión de pastas*



*Falla de pasta por esfuerzo en compresión*



## Anexo 6: Normativas

### Ensayos De Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Facultad de Ingeniería  
Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### REPORTE DE ANALISIS DE FISICO QUIMICO MECANICOS DE MUESTRAS

SOLICITANTE: Br. Alexander Virgilio Centurion Mostacero  
Fecha: 27 octubre 2023. Nota: Muestras puestas en Laboratorio

Anexo 6: Resultados de Laboratorio

Tabla 1.0 *Absorción de agua de pastas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.*

Absorción de agua (%)						
7 días de Ensayo						
Pasta	r1	r2	r3	r4	r5	Prom
PD1 / 0%	7.05	7.36	7.18	7.3	7.14	7.21
PD1 / 5%	5.58	5.75	5.62	5.69	5.72	5.67
PD1 / 10%	5.89	4.13	5.09	5.34	5.47	5.18
PD1 / 15%	4.96	5.15	5.09	5.08	4.77	5.01
PD1 / 20%	4.82	4.97	4.94	5.2	4.89	4.96
PD1 / 25%	3.63	3.74	3.68	3.58	3.82	3.69
PD1 / 30%	3.19	3.34	3.27	3.38	3.23	3.28



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

Tabla 2.0 *Absorción de agua de morteros por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus.*

Absorción de agua (%)						
7 días de Ensayo						
Mortero	r1	r2	r3	r4	r5	Prom
MD1 / 0%	8.45	8.14	8.38	8.1	8.29	8.27
MD1 / 5%	7.45	6.76	7.24	8.03	7.07	7.31
MD1 / 10%	5.89	7.52	6.89	6.78	7.18	6.85
MD1 / 15%	6.15	6.29	6.17	6.36	6.22	6.24
MD1 / 20%	4.92	5.09	4.98	5.14	5.07	5.04
MD1 / 25%	4.85	5.24	4.78	3.95	4.82	4.73
MD1 / 30%	4.14	3.72	4.14	4.25	4.87	4.22



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

Tabla 3.0 Resistencia a la compresión de pastas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus*

Resistencia en compresión (MPa)						
7 días de Ensayo						
Pasta	r1	r2	r3	r4	r5	Prom
PD2 / 0%	4.38	3.98	4.17	4.35	4.78	4.33
PD2 / 5%	6.64	6.91	6.74	6.86	6.97	6.82
PD2 / 10%	8.05	7.75	8.16	8.47	8.13	8.11
PD2 / 15%	9.99	10.21	10.37	9.87	10.14	10.12
PD2 / 20%	10.55	10.85	10.93	10.71	10.96	10.80
PD2 / 25%	12.53	12.42	12.57	12.36	12.49	12.47
PD2 / 30%	13.67	14.12	13.61	12.4	13.68	13.50



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

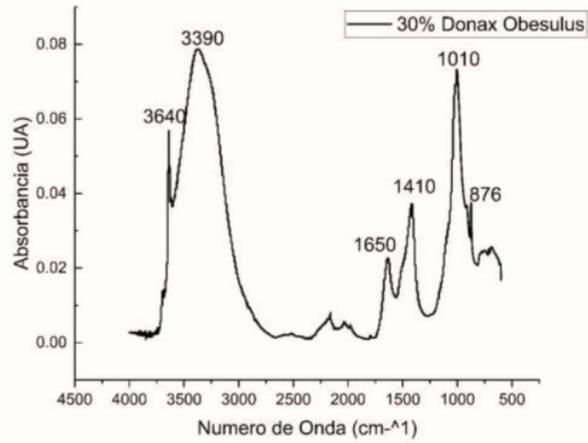
Tabla 4.0 Resistencia a la compresión de morteros por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de Donax Obesulus

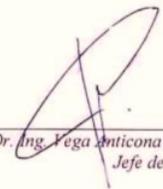
Resistencia en compresión (MPa)						
7 días de Ensayo						
Mortero	r1	r2	r3	r4	r5	Prom
MD2 / 0%	4.02	3.86	4.15	3.75	3.9	3.94
MD2 / 5%	4.78	3.9	4.87	4.9	5.64	4.82
MD2 / 10%	4.98	6.25	6.62	6.43	5.07	5.87
MD2 / 15%	7.56	7.7	7.63	7.54	7.68	7.62
MD2 / 20%	8.59	8.64	9.35	7.29	8.43	8.46
MD2 / 25%	10.32	10.11	10.28	10.34	10.17	10.24
MD2 / 30%	11.83	11.24	11.38	10.79	10.46	11.14



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Facultad de Ingeniería  
Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

Figura 7.0 Espectros FTIR de pastas obtenidas por aglomeración de suelo bajo la influencia de polvo de *Donax Obesulus* a 30%



  
Dr. Ang. Vega Anticona Alexander Y.  
Jefe de Laboratorio

## Anexo 7: Normativas

### Normativa Standard ASTM C109



Designation: C 109/C 109M – 08

#### Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 109/C 109M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

#### 1. Scope\*

1.1 This test method covers determination of the compressive strength of hydraulic cement mortars, using 2-in. or [50-mm] cube specimens.

NOTE 1—Test Method C 349 provides an alternative procedure for this determination (not to be used for acceptance tests).

1.2 This test method covers the application of the test using either inch-pound or SI units. The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 Values in SI units shall be obtained by measurement in SI units or by appropriate conversion, using the Rules for Conversion and Rounding given in Standard IEEE/ASTM SI 10, of measurements made in other units.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.)<sup>2</sup>*

#### 2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards*:<sup>3</sup>
- C 91 Specification for Masonry Cement

- C 114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement
- C 150 Specification for Portland Cement
- C 230/C 230M Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement
- C 305 Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency
- C 349 Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)
- C 511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes
- C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements
- C 618 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete
- C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- C 778 Specification for Standard Sand
- C 989 Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars
- C 1005 Specification for Reference Masses and Devices for Determining Mass and Volume for Use in the Physical Testing of Hydraulic Cements
- C 1157 Performance Specification for Hydraulic Cement
- C 1328 Specification for Plastic (Stucco) Cement
- C 1329 Specification for Mortar Cement
- C 1437 Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar
- IEEE/ASTM SI 10 Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System

#### 3. Summary of Test Method

3.1 The mortar used consists of 1 part cement and 2.75 parts of sand proportioned by mass. Portland or air-entraining portland cements are mixed at specified water/cement ratios. Water content for other cements is that sufficient to obtain a flow of  $110 \pm 5$  in 25 drops of the flow table. Two-inch or [50-mm] test cubes are compacted by tamping in two layers.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C01.27 on Strength.

Current edition approved Dec. 1, 2008. Published January 2009. Originally approved in 1934. Last previous edition approved in 2007 as C 109/C 109M – 07<sup>1</sup>.

<sup>2</sup> See the section on Safety, Manual of Cement Testing, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

<sup>3</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

The cubes are cured one day in the molds and stripped and immersed in lime water until tested.

**4. Significance and Use**

4.1 This test method provides a means of determining the compressive strength of hydraulic cement and other mortars and results may be used to determine compliance with specifications. Further, this test method is referenced by numerous other specifications and test methods. Caution must be exercised in using the results of this test method to predict the strength of concretes.

**5. Apparatus**

5.1 *Weights and Weighing Devices*, shall conform to the requirements of Specification C 1005. The weighing device shall be evaluated for precision and accuracy at a total load of 2000 g.

5.2 *Glass Graduates*, of suitable capacities (preferably large enough to measure the mixing water in a single operation) to deliver the indicated volume at 20 °C. The permissible variation shall be ±2 mL. These graduates shall be subdivided to at least 5 mL, except that the graduation lines may be omitted for the lowest 10 mL for a 250-mL graduate and for the lowest 25 mL of a 500-mL graduate. The main graduation lines shall be circles and shall be numbered. The least graduations shall extend at least one seventh of the way around, and intermediate graduations shall extend at least one fifth of the way around.

5.3 *Specimen Molds*, for the 2-in. or [50-mm] cube specimens shall be tight fitting. The molds shall have not more than three cube compartments and shall be separable into not more than two parts. The parts of the molds when assembled shall be positively held together. The molds shall be made of hard metal not attacked by the cement mortar. For new molds the Rockwell hardness number of the metal shall be not less than 55 HRB. The sides of the molds shall be sufficiently rigid to prevent spreading or warping. The interior faces of the molds shall be plane surfaces and shall conform to the tolerances of Table 1.

5.4 *Mixer, Bowl and Paddle*, an electrically driven mechanical mixer of the type equipped with paddle and mixing bowl, as specified in Practice C 305.

5.5 *Flow Table and Flow Mold*, conforming to the requirements of Specification C 230/C 230M.

5.6 *Tamper*, a nonabsorptive, nonabrasive, nonbrittle material such as a rubber compound having a Shore A durometer hardness of 80 ± 10 or seasoned oak wood rendered nonabsorptive by immersion for 15 min in paraffin at approximately 392 °F or [200 °C], shall have a cross section of about ½ by

1 in. or [13 by 25 mm] and a convenient length of about 5 to 6 in. or [120 to 150 mm]. The tamping face shall be flat and at right angles to the length of the tamper.

5.7 *Trowel*, having a steel blade 4 to 6 in. [100 to 150 mm] in length, with straight edges.

5.8 *Moist Cabinet or Room*, conforming to the requirements of Specification C 511.

5.9 *Testing Machine*, either the hydraulic or the screw type, with sufficient opening between the upper bearing surface and the lower bearing surface of the machine to permit the use of verifying apparatus. The load applied to the test specimen shall be indicated with an accuracy of ±1.0 %. If the load applied by the compression machine is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that can be read to at least the nearest 0.1 % of the full scale load (Note 2). The dial shall be readable within 1 % of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment that is easily accessible from the outside of the dial case, and with a suitable device that at all times until reset, will indicate to within 1 % accuracy the maximum load applied to the specimen.

5.9.1 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read. The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 2—As close as can be read is considered ½ in. or [0.5 mm] along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of the scale interval is about as close as can reasonably be read when the spacing on the load indicating mechanism is between ½ in. or [1 mm] and ¼ in. or [1.6 mm]. When the spacing is between ¼ in. or [1.6 mm] and ⅛ in. or [3.2 mm], one third of the scale interval can be read with reasonable certainty. When the spacing is ⅛ in. or [3.2 mm] or more, one fourth of the scale interval can be read with reasonable certainty.

**TABLE 1 Permissible Variations of Specimen Molds**

Parameter	2-in. Cube Molds		[50-mm] Cube Molds	
	New	In Use	New	In Use
Planeness of sides	<0.001 in.	<0.002 in.	<0.025 mm]	<0.05 mm]
Distance between opposite sides	2 in. ± 0.005	2 in. ± 0.02	[50 mm ± 0.13 mm]	[50 mm ± 0.50 mm]
Height of each compartment	2 in. + 0.01 in. to - 0.005 in.	2 in. + 0.01 in. to - 0.015 in.	[50 mm + 0.25 mm to - 0.13 mm]	[50 mm + 0.25 mm to - 0.38 mm]
Angle between adjacent faces <sup>A</sup>	90 ± 0.5°	90 ± 0.5°	90 ± 0.5°	90 ± 0.5°

<sup>A</sup> Measured at points slightly removed from the intersection. Measured separately for each compartment between all the interior faces and the adjacent face and between interior faces and top and bottom planes of the mold.

5.9.2 The upper bearing shall be a spherically seated, hardened metal block firmly attached at the center of the upper head of the machine. The center of the sphere shall lie at the center of the surface of the block in contact with the specimen. The block shall be closely held in its spherical seat, but shall be free to tilt in any direction. A hardened metal bearing block shall be used beneath the specimen to minimize wear of the lower platen of the machine. To facilitate accurate centering of the test specimen in the compression machine, one of the two surfaces of the bearing blocks shall have a diameter or diagonal of between 2.83 in. [70.7 mm] (See [Note 3](#)) and 2.9 in. [73.7 mm]. When the upper block bearing surface meets this requirement, the lower block bearing surface shall be greater than 2.83 in. [70.7 mm]. When the lower block bearing surface meets this requirement, the diameter or diagonal of upper block bearing surface shall be between 2.83 and 3 $\frac{1}{8}$  in. [70.7 and 79.4 mm]. When the lower block is the only block with a diameter or diagonal between 2.83 and 2.9 in. [70.7 and 73.7 mm], the lower block shall be used to center the test specimen. In that case, the lower block shall be centered with respect to the upper bearing block and held in position by suitable means. The bearing block surfaces intended for contact with the specimen shall have a Rockwell hardness number not less than 60 HRC. These surfaces shall not depart from plane surfaces by more than 0.0005 in. [0.013 mm] when the blocks are new and shall be maintained within a permissible variation of 0.001 in. or [0.025 mm].

*NOTE 3*—The diagonal of a 2 in. [50 mm] cube is 2.83 in. [70.7 mm].

## 6. Materials

### 6.1 Graded Standard Sand:

6.1.1 The sand ([Note 4](#)) used for making test specimens shall be natural silica sand conforming to the requirements for graded standard sand in Specification [C 778](#).

*NOTE 4—Segregation of Graded Sand*—The graded standard sand should be handled in such a manner as to prevent segregation, since variations in the grading of the sand cause variations in the consistency of the mortar. In emptying bins or sacks, care should be exercised to prevent the formation of mounds of sand or craters in the sand, down the slopes of which the coarser particles will roll. Bins should be of sufficient size to permit these precautions. Devices for drawing the sand from bins by gravity should not be used.

## 7. Temperature and Humidity

7.1 *Temperature*—The temperature of the air in the vicinity of the mixing slab, the dry materials, molds, base plates, and mixing bowl, shall be maintained between 73.5  $\pm$  5.5 °F or [23.0  $\pm$  3.0 °C]. The temperature of the mixing water, moist closet or moist room, and water in the storage tank shall be set at 73.5  $\pm$  3.5 °F or [23  $\pm$  2 °C].

7.2 *Humidity*—The relative humidity of the laboratory shall be not less than 50 %. The moist closet or moist room shall conform to the requirements of Specification [C 511](#).

## 8. Test Specimens

8.1 Make two or three specimens from a batch of mortar for each period of test or test age.

## 9. Preparation of Specimen Molds

9.1 Apply a thin coating of release agent to the interior faces of the mold and non-absorptive base plates. Apply oils and greases using an impregnated cloth or other suitable means. Wipe the mold faces and the base plate with a cloth as necessary to remove any excess release agent and to achieve a thin, even coating on the interior surfaces. When using an aerosol lubricant, spray the release agent directly onto the mold faces and base plate from a distance of 6 to 8 in. or [150 to 200 mm] to achieve complete coverage. After spraying, wipe the surface with a cloth as necessary to remove any excess aerosol lubricant. The residue coating should be just sufficient to allow a distinct finger print to remain following light finger pressure ([Note 5](#)).

9.2 Seal the surfaces where the halves of the mold join by applying a coating of light cup grease such as petrolatum. The amount should be sufficient to extrude slightly when the two halves are tightened together. Remove any excess grease with a cloth.

9.3 Seal molds to their base plates with a watertight sealant. Use microcrystalline wax or a mixture of three parts paraffin to five parts rosin by mass. Paraffin wax is permitted as a sealant with molds that clamp to the base plate. Liquefy the wax by heating it to a temperature of between 230 and 248 °F or [110 and 120 °C]. Effect a watertight seal by applying the liquefied sealant at the outside contact lines between the mold and its base plate ([Note 6](#)).

9.4 Optionally, a watertight sealant of petroleum jelly is permitted for clamped molds. Apply a small amount of petroleum jelly to the entire surface of the face of the mold that will be contacting the base plate. Clamp the mold to the base plate and wipe any excess sealant from the interior of the mold and base plate.

*NOTE 5*—Because aerosol lubricants evaporate, molds should be checked for a sufficient coating of lubricant immediately prior to use. If an extended period of time has elapsed since treatment, retreatment may be necessary.

*NOTE 6—Watertight Molds*—The mixture of paraffin and rosin specified for sealing the joints between molds and base plates may be found difficult to remove when molds are being cleaned. Use of straight paraffin is permissible if a watertight joint is secured, but due to the low strength of paraffin it should be used only when the mold is not held to the base plate by the paraffin alone. When securing clamped molds with paraffin, an improved seal can be obtained by slightly warming the mold and base plate prior to applying the wax. Molds so treated should be allowed to return to room temperature before use.

## 10. Procedure

### 10.1 Composition of Mortars:

10.1.1 The proportions of materials for the standard mortar shall be one part of cement to 2.75 parts of graded standard sand by weight. Use a water-cement ratio of 0.485 for all portland cements and 0.460 for all air-entraining portland cements. The amount of mixing water for other than portland and air-entraining portland cements shall be such as to produce a flow of 110  $\pm$  5 as determined in accordance with [10.3](#) and shall be expressed as weight percent of cement.

10.1.2 The quantities of materials to be mixed at one time in the batch of mortar for making six and nine test specimens shall be as follows:

	Number of Specimens	
	6	9
Cement, g	500	740
Sand, g	1375	2035
Water, mL		
Portland (0.485)	242	359
Air-entraining portland (0.460)	230	340
Other (to flow of 110 ± 5)	...	...

10.2 Preparation of Mortar:

10.2.1 Mechanically mix in accordance with the procedure given in Practice C 305.

10.3 Determination of Flow:

10.3.1 Determine flow in accordance with procedure given in Test Method C 1437.

10.3.2 For portland and air-entraining portland cements, merely record the flow.

10.3.3 In the case of cements other than portland or air-entraining portland cements, make trial mortars with varying percentages of water until the specified flow is obtained. Make each trial with fresh mortar.

10.3.4 Immediately following completion of the flow test, return the mortar from the flow table to the mixing bowl. Quickly scrape the bowl sides and transfer into the batch the mortar that may have collected on the side of the bowl and then remix the entire batch 15 s at medium speed. Upon completion of mixing, the mixing paddle shall be shaken to remove excess mortar into the mixing bowl.

10.3.5 When a duplicate batch is to be made immediately for additional specimens, the flow test may be omitted and the mortar allowed to stand in the mixing bowl 90 s without covering. During the last 15 s of this interval, quickly scrape the bowl sides and transfer into the batch the mortar that may have collected on the side of the bowl. Then remix for 15 s at medium speed.

10.4 Molding Test Specimens:

10.4.1 Complete the consolidation of the mortar in the molds either by hand tamping or by a qualified alternative method. Alternative methods include but are not limited to the use of a vibrating table or mechanical devices.

10.4.2 Hand Tamping—Start molding the specimens within a total elapsed time of not more than 2 min and 30 s after completion of the original mixing of the mortar batch. Place a layer of mortar about 1 in. or [25 mm] (approximately one half of the depth of the mold) in all of the cube compartments. Tamp the mortar in each cube compartment 32 times in about 10 s in 4 rounds, each round to be at right angles to the other and consisting of eight adjoining strokes over the surface of the specimen, as illustrated in Fig. 1. The tamping pressure shall be just sufficient to ensure uniform filling of the molds. The 4 rounds of tamping (32 strokes) of the mortar shall be completed in one cube before going to the next. When the tamping of the first layer in all of the cube compartments is completed, fill the compartments with the remaining mortar and then tamp as specified for the first layer. During tamping of the second layer, bring in the mortar forced out onto the tops of the molds after each round of tamping by means of the gloved fingers and

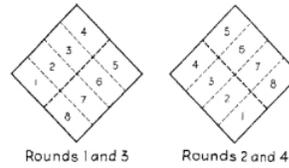


FIG. 1 Order of Tamping in Molding of Test Specimens

the tamper upon completion of each round and before starting the next round of tamping. On completion of the tamping, the tops of all cubes should extend slightly above the tops of the molds. Bring in the mortar that has been forced out onto the tops of the molds with a trowel and smooth off the cubes by drawing the flat side of the trowel (with the leading edge slightly raised) once across the top of each cube at right angles to the length of the mold. Then, for the purpose of leveling the mortar and making the mortar that protrudes above the top of the mold of more uniform thickness, draw the flat side of the trowel (with the leading edge slightly raised) lightly once along the length of the mold. Cut off the mortar to a plane surface flush with the top of the mold by drawing the straight edge of the trowel (held nearly perpendicular to the mold) with a sawing motion over the length of the mold.

10.4.3 Alternative Methods—Any consolidation method may be used that meets the qualification requirements of this section. The consolidation method consists of a specific procedure, equipment and consolidation device, as selected and used in a consistent manner by a specific laboratory. The mortar batch size of the method may be modified to accommodate the apparatus, provided the proportions maintain the same ratios as given in 10.1.2.

10.4.3.1 Separate qualifications are required for the following classifications:

Class A, *Non-air entrained cements*—for use in concrete, such as sold under Specifications C 150, C 595, and C 1157.

Class B, *Air-entrained cements*—for use in concrete, such as sold under Specifications C 150, C 595, and C 1157.

Class C, *Masonry, Mortar and Stucco Cements*—such as sold under Specifications C 91, C 1328, and C 1329.

10.4.3.2 An alternative method may only be used to test the cement types as given in 10.4.3.1 above, for which it has been qualified.

10.4.3.3 It can also be used for Strength Activity Index determinations for fly ash and slag, such as sold under Specifications C 618 and C 989, provided the alternative method has qualified for both Class A and Class C cements.

10.4.4 Qualification Procedure—Contact CCRL to purchase cement samples that have been used in the Proficiency Sample Program (PSP). Four samples (5 Kg each) of the class to be qualified will be required to complete a single qualification (See Note 7).

10.4.4.1 In one day, prepare replicate 6-cube or 9-cube batches using one of the cements and cast a minimum of 36 cubes. Complete one round of tests on each cement on different days. Store and test all specimens as prescribed in the sections below. Test all cubes at the age of 7-days.

10.4.4.2 Tabulate the compressive strength data and complete the mathematical analyses as instructed in Annex A1.

10.4.5 *Requalification of the Alternate Compaction Method:*

10.4.5.1 Requalification of the method shall be required if any of the following occur:

(1) Evidence that the method may not be providing data in accordance with the requirements of Table 2.

(2) Results that differ from the reported final average of a CCRL-PSP sample with a rating of 3 or less.

(3) Results that differ from the accepted value of a known reference sample with established strength values by more than twice the multi-laboratory 1s % values of Table 2.

Before starting the requalification procedure, evaluate all aspects of cube fabrication and testing process to determine if the offending result is due to some systematic error or just an occasional random event.

10.4.5.2 If the compaction equipment is replaced, significantly modified, repaired, or has been recalibrated, requalify the equipment in accordance with 10.4.4.

NOTE 7—It is recommended that a large homogenous sample of cement be prepared at the time of qualification for use as a secondary standard and for method evaluation. Frequent testing of this sample will give early warning of any changes in the performance of the apparatus.

10.5 *Storage of Test Specimens*—Immediately upon completion of molding, place the test specimens in the moist closet or moist room. Keep all test specimens, immediately after molding, in the molds on the base plates in the moist closet or moist room from 20 to 72 h with their upper surfaces exposed to the moist air but protected from dripping water. If

the specimens are removed from the molds before 24 h, keep them on the shelves of the moist closet or moist room until they are 24-h old, and then immerse the specimens, except those for the 24-h test, in saturated lime water in storage tanks constructed of noncorroding materials. Keep the storage water clean by changing as required.

10.6 *Determination of Compressive Strength:*

10.6.1 Test the specimens immediately after their removal from the moist closet in the case of 24-h specimens, and from storage water in the case of all other specimens. All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible tolerance prescribed as follows:

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	±½ h
3 days	±1 h
7 days	±3 h
28 days	±12 h

If more than one specimen at a time is removed from the moist closet for the 24-h tests, keep these specimens covered with a damp cloth until time of testing. If more than one specimen at a time is removed from the storage water for testing, keep these specimens in water at a temperature of 73.5 ± 3.5 °F or [23 ± 2 °C] and of sufficient depth to completely immerse each specimen until time of testing.

10.6.2 Wipe each specimen to a surface-dry condition, and remove any loose sand grains or incrustations from the faces that will be in contact with the bearing blocks of the testing machine. Check these faces by applying a straightedge (NOTE 8). If there is appreciable curvature, grind the face or faces to plane surfaces or discard the specimen. A periodic check of the cross-sectional area of the specimens should be made.

NOTE 8—*Specimen Faces*—Results much lower than the true strength will be obtained by loading faces of the cube specimen that are not truly plane surfaces. Therefore, it is essential that specimen molds be kept scrupulously clean, as otherwise, large irregularities in the surfaces will occur. Instruments for cleaning molds should always be softer than the metal in the molds to prevent wear. In case grinding specimen faces is necessary, it can be accomplished best by rubbing the specimen on a sheet of fine emery paper or cloth glued to a plane surface, using only a moderate pressure. Such grinding is tedious for more than a few thousandths of an inch (hundredths of a millimetre); where more than this is found necessary, it is recommended that the specimen be discarded.

10.6.3 Apply the load to specimen faces that were in contact with the true plane surfaces of the mold. Carefully place the specimen in the testing machine below the center of the upper bearing block. Prior to the testing of each cube, it shall be ascertained that the spherically seated block is free to tilt. Use no cushioning or bedding materials. Bring the spherically seated block into uniform contact with the surface of the specimen. Apply the load rate at a relative rate of movement between the upper and lower platens corresponding to a loading on the specimen with the range of 200 to 400 lbs/s [900 to 1800 N/s]. Obtain this designated rate of movement of the platen during the first half of the anticipated maximum load and make no adjustment in the rate of movement of the platen in the latter half of the loading especially while the cube is yielding before failure.

NOTE 9—It is advisable to apply only a very light coating of a good quality, light mineral oil to the spherical seat of the upper platen.

TABLE 2 Precision

	Test Age, Days	Coefficient of Variation 1s % <sup>A</sup>	Acceptable Range of Test Results d2s % <sup>A</sup>
<b>Portland Cements</b>			
Constant water-cement ratio:			
Single-lab	3	4.0	11.3
	7	3.8	10.2
Av		3.8	10.7
Multi-lab	3	6.8	19.2
	7	6.4	18.1
Av		6.6	18.7
<b>Blended Cements</b>			
Constant flow mortar:			
Single-lab	3	4.0	11.3
	7	3.8	10.7
Av	28	3.4	9.6
		3.8	10.7
Multi-lab	3	7.8	22.1
	7	7.6	21.5
Av	28	7.4	20.9
		7.6	21.5
<b>Masonry Cements</b>			
Constant flow mortar:			
Single-lab	7	7.9	22.3
	28	7.5	21.2
Av		7.7	21.8
Multi-lab	7	11.8	33.4
	28	12.0	33.9
Av		11.9	33.7

<sup>A</sup> These numbers represent, respectively, the (1s %) and (d2s %) limits as described in Practice C 670.

**11. Calculation**

11.1 Record the total maximum load indicated by the testing machine, and calculate the compressive strength as follows:

$$f_m = P/A \quad (1)$$

where:

- $f_m$  = compressive strength in psi or [MPa],
- $P$  = total maximum load in lbf or [N], and
- $A$  = area of loaded surface in<sup>2</sup> or [mm<sup>2</sup>].

Either 2-in. or [50-mm] cube specimens may be used for the determination of compressive strength, whether inch-pound or SI units are used. However, consistent units for load and area must be used to calculate strength in the units selected. If the cross-sectional area of a specimen varies more than 1.5 % from the nominal, use the actual area for the calculation of the compressive strength. The compressive strength of all acceptable test specimens (see Section 12) made from the same sample and tested at the same period shall be averaged and reported to the nearest 10 psi [0.1 MPa].

**12. Report**

12.1 Report the flow to the nearest 1 % and the water used to the nearest 0.1 %. Average compressive strength of all specimens from the same sample shall be reported to the nearest 10 psi [0.1 MPa].

**13. Faulty Specimens and Retests**

13.1 In determining the compressive strength, do not consider specimens that are manifestly faulty.

13.2 The maximum permissible range between specimens from the same mortar batch, at the same test age is 8.7 % of the average when three cubes represent a test age and 7.6 % when two cubes represent a test age (Note 10).

NOTE 10—The probability of exceeding these ranges is 1 in 100 when the within-batch coefficient of variation is 2.1 %. The 2.1 % is an average for laboratories participating in the portland cement and masonry cement

reference sample programs of the Cement and Concrete Reference Laboratory.

13.3 If the range of three specimens exceeds the maximum in 13.2, discard the result which differs most from the average and check the range of the remaining two specimens. Make a retest of the sample if less than two specimens remain after disregarding faulty specimens or disregarding tests that fail to comply with the maximum permissible range of two specimens.

NOTE 11—Reliable strength results depend upon careful observance of all of the specified requirements and procedures. Erratic results at a given test period indicate that some of the requirements and procedures have not been carefully observed; for example, those covering the testing of the specimens as prescribed in 10.6.2 and 10.6.3. Improper centering of specimens resulting in oblique fractures or lateral movement of one of the heads of the testing machine during loading will cause lower strength results.

**14. Precision and Bias**

14.1 *Precision*—The precision statements for this test method are listed in Table 2 and are based on results from the Cement and Concrete Reference Laboratory Reference Sample Program. They are developed from data where a test result is the average of compressive strength tests of three cubes molded from a single batch of mortar and tested at the same age. A significant change in precision will not be noted when a test result is the average of two cubes rather than three.

14.2 These precision statements are applicable to mortars made with cements mixed, and tested at the ages as noted. The appropriate limits are likely, somewhat larger for tests at younger ages and slightly smaller for tests at older ages.

14.3 *Bias*—The procedure in this test method has no bias because the value of compressive strength is defined in terms of the test method.

**15. Keywords**

15.1 compressive strength; hydraulic cement mortar; hydraulic cement strength; mortar strength; strength

**ANNEX**

(Mandatory Information)

**A1. ANALYSES OF TEST RESULTS FOR QUALIFICATION OF ALTERNATE COMPACTION METHODS**

A1.1 *Calculation of Average Within-Batch Standard Deviation and Elimination of Outliers*—Tabulate the results for each cement sample (or round) in separate spreadsheets. In the spreadsheet, list results of each batch in columns and complete the calculations as shown in Table A1.1.

A1.1.1 Eliminate any outliers from the test data and repeat the calculations until none of the values lie outside the normal range.

A1.1.2 Tabulate the cube strengths with all the outliers eliminated and complete the calculations as shown in Table A1.2.

A1.2 *Summary of Results*—Compile the results of the four

rounds and complete the calculations as shown in Table A1.3. The number of outliers shall not exceed 5 % of the total number of tests when rounded to the nearest whole number (for example, 4 rounds × 4 batches × 9 cubes = 144 tests × (5%/100) = 7.2 or 7).

A1.3 *Precision Qualification*—Calculate the relative within batch error (RWBE %) as shown in Table A1.3. This value must be less than 2.1 % to comply with the limit established in Note 10 of this specification.

A1.4 *Bias Qualification*—The test results compiled in Table A1.3 are evaluated against three limits to demonstrate an acceptable qualification. The limits have been established

TABLE A1.1 Example Using 9 Cube Batch

Round – 2 CCRL Sample # 140 Industry Average Strength, $X_i = 32.923$ Cast Date – 00/00/00					
7-Day Strengths, MPa					
A	B	C	D	E	
Batch No.	1	2	3	4	
Cube 1	33.0	34.3	34.4	33.2	
Cube 2	33.9	32.5	34.0	34.0	
Cube 3	33.4	34.0	34.1	33.8	
Cube 4	33.1	33.8	34.0	33.8	
Cube 5	33.0	33.4	34.2	34.0	
Cube 6	32.8	33.7	31.8	33.1	
Cube 7	33.6	32.6	33.9	32.8	
Cube 8	31.5	32.1	33.0	33.3	
Cube 9	33.6	34.3	33.4	34.4	
Average, $X_b$	33.10	33.42	33.65	33.60	
$SD_b$	0.70	0.82	0.81	0.52	
$N_b$	9	9	9	9	
$(N_b - 1)SD_b^2$	3.936	5.432	5.265	2.145	
			$N_i$	36	
			$X_i$	33.44	
			$SD_i$	0.692	
			MND	1.703	
Normal Range					
Max	34.81	35.12	35.35	35.30	
Min	31.40	31.71	32.95	31.89	
Outliers	None	None	Cube 6	None	

where:  
 $X_i$  = industry average strength (CCRL),  
 $X_b$  = average of tests values in a single batch,  
 $SD_b$  = standard deviation of a single batch =  $\sqrt{\frac{\sum_{batch} (X - X_b)^2}{N_b - 1}}$   
 $N_b$  = number of tests per batch,  
 $(N_b - 1)SD_b^2$  = an intermediate calculation,  
 $N_i$  = total number of tests per round,  
 $X_i$  = grand average of tests values obtained per round, MPa,  
 $SD_i$  = mean standard deviation of round =  $\sqrt{\frac{\sum_{batch} [(N_b - 1)SD_b^2]}{N_i - 1}}$   
MND = maximum normal deviation: use Excel® function "norminv(1-0.25/N<sub>i</sub>,0,SD<sub>i</sub>)" or equivalent, or use statistical tables to find the inverse integrated normal distribution for an integral value of (1-0.25/n<sub>i</sub>) in a normal distribution with  $\sigma = SD_i$ .

Normal Range:  
Maximum = ( $X_b + MND$ ).  
Minimum = ( $X_b - MND$ ).  
Outlier = any test value falling outside the calculated normal range.

statistically from analyses of historical CCRL data and are given in Table A1.4.

A1.5 Rationale for the Limits Given in A1.4:

A1.5.1 The multi-laboratory precision (1s%) for the average of n batches is given by:

$$s\%_{ML,n} = \sqrt{s\%_{ML}^2 - \left(1 - \frac{1}{n}\right) s\%_{SO}^2}$$

A1.5.2 The limit for deviation of the individual rounds (no failures being allowed when 4 rounds are performed) is 1.2 s%<sub>ML,n</sub>, as used in Test Methods C 114.

A1.5.3 The multi-laboratory precision (1s%) for the mean of 4 rounds is 0.5 s%<sub>ML,n</sub>.

TABLE A1.2 Test Data After the Elimination of Outliers (Example Using 9 Cube Batch)

Round – 2 CCRL Sample # 140 Industry Average Strength, $X_i = 32.923$ Cast Date – 00/00/00					
Raw Cube Data					
7-Day Strengths, MPa					
A	B	C	D	E	
Batch No.	1	2	3	4	
Cube 1	33.0	34.3	34.4	33.2	
Cube 2	33.9	32.5	34.0	34.0	
Cube 3	33.4	34.0	34.1	33.8	
Cube 4	33.1	33.8	34.0	33.8	
Cube 5	33.0	33.4	34.2	34.0	
Cube 6	32.8	33.7	31.8	33.1	
Cube 7	33.6	32.6	33.9	32.8	
Cube 8	31.5	32.1	33.0	33.3	
Cube 9	33.6	34.3	33.4	34.4	
Average, $X_{bv}$	33.29	33.42	33.89	33.60	
$SD_{bv}$	0.39	0.82	0.46	0.52	
$N_{bv}$	8	9	8	9	
$(N_{bv} - 1)SD_{bv}^2$	1.092	5.348	1.462	2.159	
			$N_{iv}$	34	
			$X_{iv}$	33.55	
			$X_i$	32.92	
			$SD_{iv}$	0.55	
			$E_r$ , MPa	0.63	
			$RE_r$ , %	1.91	

where:  
 $X_{bv}$  = average of valid test values obtained per batch, MPa,  
 $X_i$  = industry average strength (CCRL), MPa,  
 $SD_{bv}$  =  $\sqrt{\frac{\sum_{valid} (X - X_{bv})^2}{N_{bv} - 1}}$   
 $N_{bv}$  = number of valid tests per batch,  
 $(N_{bv} - 1)SD_{bv}^2$  = an intermediate calculation,  
 $N_{iv}$  = total number of valid tests of the round,  
 $X_{iv}$  = grand average of valid tests for the round, MPa,  
 $SD_{iv}$  = mean standard deviation of the round =  $\sqrt{\frac{\sum_{valid} [(N_{bv} - 1)SD_{bv}^2]}{N_{iv} - 1}}$   
 $E_r$  = error = ( $X_i - X_{iv}$ ), MPa, and  
 $RE_r$  = relative error for the round, % = 100( $E_r/X_{iv}$ ).

A1.5.4 The limit for deviation of the mean of 4 rounds (95 % confidence) is 1.96 times this, or 0.98 s%<sub>ML,n</sub>.

A1.5.5 The values for s%<sub>ML</sub> and s%<sub>SO</sub> for Cement Classes A and C (non-air-entrained cements for concrete and cements for mortar respectively) are the 7-day values in the current precision statement of Test Method C 109/C 109M. There appears to be no data for Cement Class B (air-entrained cements for concrete). Working on the assumption that the value of this quantity is related to the air content, the values adopted for Class B are the mean of the A- and C-values.

A1.5.6 For the applicable conditions, the equations above give the following:

Derivation of Limits for Table A1.4	A	B	C	A	B	C
Cement Class						
Batches per Round (n)	5	6	6	4	4	4
Single Operator s% (single batch)	3.6	5.75	7.9	3.6	5.75	7.9
Multi-Laboratory s% (single batch)	6.4	9.1	11.8	6.4	9.1	11.8
Multi-Laboratory s% (n batches)	5.5	7.4	9.3	5.6	7.6	9.6
Limit for deviation of a single round %	6.6	8.9	11.2	6.7	9.1	11.5
Limit for deviation of mean of four rounds %	5.4	7.3	9.2	5.5	7.5	9.4

 **C 109/C 109M – 08**

**TABLE A1.3 Summary of Results**

A	B	C	D	E	F	G	H	I
CCRL #	Day	$X_i$ , MPa	$X_{rv}$ , MPa	$RE_{rv}$ , %	$N_{rv}$	$SD_{rv}$	$(N_r-1)SD_r^2$	
Round 1	139	1	28.47	30.42	6.85	36	0.97	32.93
Round 2	140	2	32.92	33.55	1.91	34	0.55	9.98
Round 3	141	3	32.64	33.14	1.53	34	0.47	7.29
Round 4	142	4	32.24	33.01	2.39	36	0.51	9.10
						Max, $RE_{rv}$ , %		6.85
						Mean, $RE_{rv}$ , %		3.17
						GMWBE, MPa		0.65
						RWBE, %		2.01
						Max RWBE, % <sup>A</sup>		2.1
						Precision Test		Pass

where:

- $X_r$  = industry average strength, MPa,
- $X_{rv}$  = grand mean value of the valid tests of a round,
- $RE_{rv}$ , % = relative error =  $100(X_i - X_{rv})$ ,
- $N_{rv}$  = total number of valid tests of the round,
- $SD_{rv}$  = mean standard deviation of a round =

$$\sqrt{\frac{\sum_{Batch} [(N_{rv} - 1)SD_{rv}^2]}{N_{rv} - 1}}$$

- $(N_r-1)SD_r^2$  = intermediate calculation,
- $X_g$  = grand mean value of all valid tests (4 rounds),
- $N_g$  = total number of valid tests in 4 rounds,
- GMWBE = grand mean within-batch error, MPa =

$$\sqrt{\frac{\sum_{Round} [(N_{rv} - 1)SD_{rv}^2]}{N_g - 1}}$$

- RWBE = relative within batch error, % =  $100(\text{GMWBE} / X_g)$ , and
- Max RWBE = maximum allowed RWBE = 2.10 % (See Note 10).

<sup>A</sup> See Note 9.

**TABLE A1.4 Bias Qualification Requirements**

	6 Cube Batches (Min 6 Batches per Round)			9 Cube Batches (Min 4 Batches per Round)		
	A	B	C	A	B	C
Cement Classification (see 10.4.3.1)						
Max allowable relative error any 4 or 6 batches, MAREr %	6.6	8.9	11.2	6.7	9.1	11.5
Max allowable relative error mean of 4 rounds of 4 or 6 batches <5 % failures, GRE%	5.4	7.3	9.2	5.5	7.5	9.4
Minimum allowable confidence limit, % MACL %	95	95	95	95	95	95

 **C 109/C 109M – 08**

**TABLE A1.5 Bias Tests  
(Example Using 9-Cube Batches, Class A Cement)**

MREr %, the maximum relative error value of the four rounds	6.85
MAREr %, max allowable MREr from Table A1.4	6.7
	FAILS
GRE %, the average RER % of the four rounds	3.13
Maximum limit of MGREG % from Table A1.4	5.5
	PASS
Bias confidence limit, CL %	96.99
Minimum allowable confidence limit, MACL % (from Table A1.4)	95
	PASS

The above results indicate the data fails to show compliance.

where:

- MREr**, % = the maximum relative error, % obtained for any round (from values in column F, Table A1.3).
- MAREr**, % = the maximum allowable relative error, % of any Round (Table A1.4).
- GRE**, % = the grand average of the RER, % values of the four rounds.
- MAREg**, % = maximum allowed GRE, % value (average of column F, Table A1.3), and
- CL**, % = bias confidence limit, %, the confidence with which it can be stated that the error of the mean of 4 rounds is non-zero. Calculate this by use of Excel® function “=ttest(<range of industry means>,<range of values obtained>,-1,1)” or equivalent, or use statistical tables to find the confidence in a one-tailed, paired-value t-test on the set of round errors.

NOTE—The qualification method fails for bias if (1) the MREr exceeds the MAREr, % limit; or if (2) the GRE, % exceeds the MGREG limit and the CL, % exceeds 95 %.

**SUMMARY OF CHANGES**

Committee C01 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C 109/C 109M – 07<sup>e1</sup>, that may impact the use of this test method. (Approved December 1, 2008).

- (1) Revised 5.1.
- (2) Revised 9.3, added new 9.4, and revised Note 6.

Committee C01 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C 109/C 109M – 05, that may impact the use of this test method. (Approved August 15, 2007).

- (1) Revised 5.9.2.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*

# Normativa Standard ASTM C1403



Designation: C 1403 – 06

## Standard Test Method for Rate of Water Absorption of Masonry Mortars<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 1403; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

### 1. Scope<sup>9</sup>

1.1 This test method covers a standardized laboratory procedure for determining the relative water absorption by capillary uptake (wicking) characteristics of masonry mortars. This test method is not applicable for determining the effectiveness of water repellent coatings.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The inch-pound units given in parentheses are for information only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*<sup>2</sup>

**C 109/C 109M** Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)

**C 270** Specification for Mortar for Unit Masonry

**C 305** Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency

**C 511** Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes

**C 778** Specification for Standard Sand

**C 1180** Terminology of Mortar and Grout for Unit Masonry

**C 1437** Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C12 on Mortars and Grouts for Unit Masonry and is the direct responsibility of Subcommittee C12.02 on Research and Methods of Test.

Current edition approved Dec. 15, 2006. Published January 2007. Originally approved in 1999. Last previous edition approved in 2005 as C 1403 – 05.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

### 3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of terms used in this test method, refer to Terminology **C 1180**.

### 4. Significance and Use

4.1 This test method provides a laboratory procedure for determining the relative water absorption properties over time of mortars used for masonry construction. Because the specimens are made under laboratory conditions and do not take into account the effect of the masonry substrate or field mixing procedures, this method is not intended for field use. Data generated from this test method may be useful for determining the relative effectiveness of water repellent admixtures or the effect of other admixtures or mortar components on the water repellency of a mortar. However, use caution in interpreting the results. While the resistance of masonry to water penetration may be related to the water absorption of the mortar, it also depends on other factors, such as the workmanship, extent of bond, and the properties of the masonry units and mortar.

### 5. Apparatus

5.1 *Balance*—A balance sensitive to 0.1 g.

5.2 *Uptake Container*—A watertight container with a minimum cross sectional area that is at least 50 % greater than the total area of the specimens' test surface(s) and a minimum depth of 75 mm (3 in.). Provide a cover for the container to minimize evaporation.

5.2.1 Use specimen supports that allow a minimum of 3 mm (0.12 in.) clearance from the bottom of the container and that cover a maximum of 10 % of the area of the specimen's test surface. Use supports made of a material that does not float in water and that does not rust, expand, or contract as a result of water exposure.

5.2.2 The container shall be flat so that when a specimen is set on the supports the water level as specified in 7.4 shall not vary by more than 1 mm (0.04 in.) from one end of the specimen to the opposite end.

<sup>9</sup>A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2969, United States.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Apr 16 09:19:43 EDT 2009  
Downloaded/printed by  
Laurentian University pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

5.3 *Specimen Molds*—Metal 50-mm or 2-in. cube specimen molds with removable plastic water tight disposable liners. The plastic liners shall be rigid enough to retain their shape when free standing and filled with mortar.

5.4 *Spoon*—A metal spoon approximately 230 mm (9 in.) in length and with a bowl approximately 100 mm (4 in.) in length.

5.5 *Straightedge*—A steel straightedge not less than 150 mm (6 in.) long and approximately 1.5-3.0 mm ( $\frac{1}{16}$  to  $\frac{1}{8}$  in.) thick.

5.6 *Tamper*—A tamper made of a nonabsorptive, nonabrasive, nonbrittle material such as a rubber compound having a Shore A durometer hardness of  $80 \pm 10$ , or seasoned oak wood rendered nonabsorptive by immersion for 15 minutes in paraffin at approximately 200°C (392°F), and having a cross section of 13 by 25 mm (0.5 by 1.0 in.) and a convenient length of 127 to 152 mm (5 to 6 in.). The tamping face of the tamper shall be flat and at right angles to the length of the tamper.

5.7 *Trowel*, having a steel blade 100 to 150 mm (4 to 6 in.) in length, with straight edges.

5.8 *Tapping Stick*—A hardwood rod, having a diameter of 16 mm ( $\frac{5}{8}$  in.) and a length of 150 mm (6 in.).

5.9 *Timing Device*—A suitable timing device capable of indicating elapsed time up to 24 h to the nearest 1 min.

5.10 *Calipers*—Suitable calipers with parallel jaws for measuring the dimensions of the hardened specimens to the nearest 0.5 mm.

## 6. Specimen Preparation

6.1 Prepare mortar according to Practice C 305, adjusting the water as necessary to obtain a flow of  $110 \pm 5$  as determined by Test Method C 1437. Record the flow. If an admixture is being added to the mortar, the dosage rate, time of addition, and mixing sequence shall follow the manufacturer's recommendation. If there is no manufacturer's recommendation, add a liquid admixture with the water and add a dry admixture with the cementitious components. Record the type and amount of each material by weight used in the mortar. In addition, record the type and amount by weight or volume of any admixture used and when it was added to the mix. If applicable, record the kind of mortar (cement-lime, mortar cement, or masonry cement), the type (O, N, S, or M), and whether the mortar is made to the proportion or property specification of Specification C 270.

6.1.1 To test the behavior of mortar components independent of the qualities of the masonry sand use a blend of equal parts by weight of graded standard sand and standard 20 - 30 sand conforming to Specification C 778.

6.2 Prepare 50-mm or 2-in. cube specimens according to Test Method C 109/C 109M except the mortar shall be the mortar prepared in 6.1 and the molds shall be as specified in 5.3. Make a minimum of three replicate specimens from each mortar batch.

6.3 Immediately upon completion of casting, place the test specimens in a moist closet or moist room conforming to the requirements of Specification C 511. Keep all test specimens in their molds and in the moist closet or moist room for  $24 \pm 1$  h with their upper surfaces exposed to the moist air but protected from dripping water.

6.4 At  $24 \pm 1$  h from the time of mixing remove the specimens from the molds. Mark the side of each specimen indicating which surface is top, as cast. Cure the specimens in a moisture tight plastic bag at  $24 \pm 8^\circ\text{C}$  ( $75 \pm 15^\circ\text{F}$ ) for a total 28 days from the time of casting.

6.5 At the age of 28 days  $\pm 12$  h from the time of casting, remove the specimens from the plastic bag and dry in a ventilated oven at  $110$  to  $115^\circ\text{C}$  ( $230$  to  $240^\circ\text{F}$ ) for not less than 24 h and until two successive weighings at intervals of 2 h show an increment of loss not greater than 0.2 % of the last previously determined weight of the specimen. Remove the specimens from the oven and cool in ambient conditions ( $24 \pm 8^\circ\text{C}$  ( $75 \pm 15^\circ\text{F}$ )) and a relative humidity of less than 80 % for a minimum of 2 h and until the specimens reach ambient temperature. Begin testing within 24 h after reaching ambient temperature.

## 7. Procedure

7.1 Calculate the area of the test surface for each specimen from the length and width of the test surface. The test surface is the top face of the cube, as cast. Using calipers, measure the length of the cube test surface to the nearest 0.5 mm at three locations along its height and record as  $L_1$  the average length in millimetres to the nearest 0.5 mm. Using calipers, measure the width of the cube test surface to the nearest 0.5 mm at three locations along its height and record as  $L_2$  the average width in millimetres to the nearest 0.5 mm.

7.2 Record as  $W_0$  the initial weight in grams to the nearest 0.1 g of each individual specimen immediately prior to testing.

7.3 Place the uptake container on a flat level surface. Place all specimens in the uptake container(s) with their top faces, as cast, in contact with the specimen supports as illustrated in Fig. 1.

7.4 Add room temperature ( $24 \pm 8^\circ\text{C}$  ( $75 \pm 15^\circ\text{F}$ )) water to the uptake container(s) so that the specimens are partially immersed in  $3.0 \pm 0.5$  mm ( $0.12 \pm 0.02$  in.) of water. When adding water make sure not to splash water onto the specimens. Cover the uptake container(s) to minimize evaporation.

7.5 Monitor the specimens during the first 1 min and after  $5 \pm 1$  min to make sure the water level is adequate during the initial absorption phase. Add water as necessary to maintain the immersion depth as specified in 7.4. When adding water make sure not to splash water onto the specimens. Cover the uptake container(s) to minimize evaporation.

7.6 At 0.25, 1, 4, and 24 h, measure the weight in grams to the nearest 0.1 g of each specimen and record as  $W_T$  where  $T$  is the measurement time in hours. Wipe off surface water from each specimen with a damp cloth prior to each weighing (see Note 1). Complete the wipe within 10 s of removal from contact with the water and complete weighing within 1 min.

NOTE 1—The wipe-off cloth should be damp enough so it does not wick water off the specimen surface but not so damp that it is dripping water. Experience has shown that the cloth may need to be wrung out every 8 to 12 cubes to keep it from getting too wet.

7.7 After each weighing, replace the specimens into the uptake container(s) and add water as necessary to maintain the immersion depth specified in 7.4. When adding water, make sure not to splash water onto the specimens. Re-cover the uptake container(s).

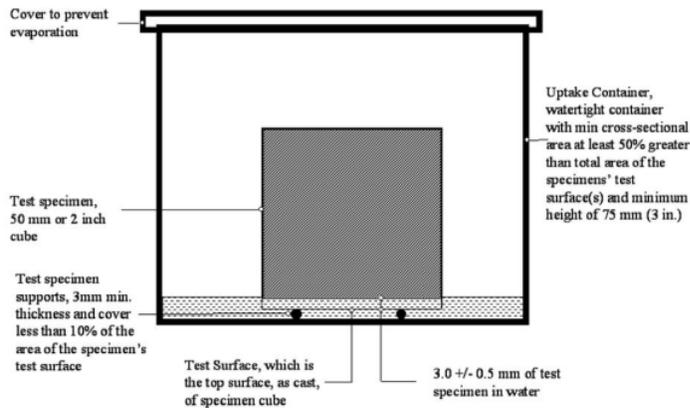


FIG. 1 Specimen Configuration During Testing

**8. Calculation**

8.1 Calculate and record as  $A_T$  the water absorption in grams/100 cm<sup>2</sup>, at each time period,  $T$ , for each specimen, as follows:

$$A_T = (W_T - W_0) \times 10\,000 / (L_1 \times L_2) \quad (1)$$

where:

$W_T$  = the weight of the specimen at time  $T$  in grams to the nearest 0.1 g.

$W_0$  = the initial weight of the specimen in grams to the nearest 0.1 g.

$L_1$  = the average length of the test surface of the mortar specimen cube in mm to the nearest 0.5 mm, and

$L_2$  = the average width of the test surface of the mortar specimen cube in mm to the nearest 0.5 mm.

8.2 Calculate and record as,  $A_T$  (avg), the average  $A_T$  for each set of three or more replicate specimens at each time interval.

**9. Report**

9.1 Report the mortar mixture, as follows:

9.1.1 The type and amount of each material by weight used in the mortar.

9.1.2 The type and amount by weight or volume of any admixture used in the mortar and when it was added to the mix.

9.1.3 The actual flow of the mortar batch(es), and

9.1.4 If applicable:

9.1.4.1 The kind of mortar (cement-lime, mortar cement, or masonry cement),

9.1.4.2 The type (O, N, S, or M) used, and

9.1.4.3 Whether the mortar was made to the proportion or property specification of Specification C 270.

9.2 Report the water absorption test results, as follows:

9.2.1 For each specimen, report:

9.2.1.1  $L_1$ , the average length of the test surface of the mortar specimen cube in mm to the nearest 0.5 mm,

9.2.1.2  $L_2$ , the average width of the test surface of the mortar specimen cube in mm to the nearest 0.5 mm,

9.2.1.3  $W_0$ , the initial weight of the specimen in g to the nearest 0.1 g,

9.2.1.4  $W_T$ , the weight of the specimen at each time  $T$  in g to the nearest 0.1 g, and

9.2.1.5  $A_T$ , the water absorption of the specimen at each time  $T$  in g/100 cm<sup>2</sup>.

9.2.2 For each set of three or more replicates, report:

9.2.2.1  $A_T$ (avg), the average water absorption at each time  $T$  in g/100 cm<sup>2</sup>.

**10. Precision and Bias**

10.1 A precision and bias statement is not available for this test method.

**11. Keywords**

11.1 absorption; absorption rate; masonry mortar; water repellent

 C 1403 – 06

SUMMARY OF CHANGES

Committee C12 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (C 1403 – 05) that may impact the use of this standard. (Approved Dec. 15, 2006.)

(1) Subsection 2.1 was revised and Section 3 was added to this test method. All subsequent sections were renumbered. reference Terminology C 1180 for definitions of terms used in

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*

Anexo 8: Resultados Turnitin

# INFORME DE TESIS - ACM

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	2%
3	<a href="http://repositorio.uct.edu.pe">repositorio.uct.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="http://repositorio.uniandes.edu.co">repositorio.uniandes.edu.co</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://tesis.ipn.mx">tesis.ipn.mx</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (PLA) basadas en la incorporación de derivados de	<1%

# la colofonia", Universitat Politecnica de Valencia, 2023

Publicación

---

9	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://oa.upm.es">oa.upm.es</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://futur.upc.edu">futur.upc.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://groups.google.com">groups.google.com</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

---

20	Submitted to Consorcio CIXUG Trabajo del estudiante	<1 %
21	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1 %
23	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
24	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
25	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	alldokument.com Fuente de Internet	<1 %
28	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to consultoriadeserviciosformativos Trabajo del estudiante	<1 %
30	geosi.uniandes.edu.co Fuente de Internet	<1 %
31	www.itu.int	

---

<1 %

32

Juan Cosa Martínez. "Utilización de mezclas de residuos para la obtención de cementos de activación alcalina: aplicación en morteros y suelos estabilizados", Universitat Politecnica de Valencia, 2022

Publicación

<1 %

33

[www.gruma.com.mx](http://www.gruma.com.mx)

Fuente de Internet

<1 %

34

[qdoc.tips](http://qdoc.tips)

Fuente de Internet

<1 %

35

[upc.aws.openrepository.com](http://upc.aws.openrepository.com)

Fuente de Internet

<1 %

36

Gustavo Moncada, Patricio Vildósola, Eduardo Fernandez, Juan Estay, Osmir B de Oliveira Junior, Javier Martin. "Aumento de longevidad de restauraciones de resinas compuestas y de su unión adhesiva. Revisión de tema", Revista Facultad de Odontología, 2015

Publicación

<1 %

37

T. Rivas, J. Iglesias, J. Taboada, J. A. Vilán. "Oxidación de sulfuros en pizarra ornamental: tratamientos protectores con siloxanos", *Materiales de Construcción*, 2011

Publicación

<1 %

38

Submitted to Universidad de Sevilla

Trabajo del estudiante

<1 %

39

[cronfa.swan.ac.uk](http://cronfa.swan.ac.uk)

Fuente de Internet

<1 %

40

S. A. Bernal, R. Mejía de Gutiérrez, F. Ruiz, H. Quiñones, J. L. Provis. "Desempeño a temperaturas altas de morteros y hormigones basados en mezclas de escoria/metacaolín activadas alcalinamente", *Materiales de Construcción*, 2012

Publicación

<1 %

41

Submitted to Universidad Abierta para Adultos

Trabajo del estudiante

<1 %

42

[repositorio.upao.edu.pe](http://repositorio.upao.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

43

"Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning", Springer Nature, 2010

Publicación

<1 %

44

Submitted to Technological University Of The Philippines

Trabajo del estudiante

<1 %

45

[www.repositorio.usanpedro.edu.pe](http://www.repositorio.usanpedro.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

46

[repositorio.unp.edu.pe](http://repositorio.unp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

47

[www.dspace.uce.edu.ec](http://www.dspace.uce.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

---

48

"Recent Advances in Structural Engineering and Construction Management", Springer Science and Business Media LLC, 2023

Publicación

<1 %

---

49

Submitted to Aliat Universidades

Trabajo del estudiante

<1 %

---

50

Submitted to Universidad de Córdoba

Trabajo del estudiante

<1 %

---

51

[hrcak.srce.hr](http://hrcak.srce.hr)

Fuente de Internet

<1 %

---

52

Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

---

53

Submitted to Universidad Internacional del Ecuador

Trabajo del estudiante

<1 %

---

54

[news.un.org](http://news.un.org)

Fuente de Internet

<1 %

---

55

[repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

56

[repositorio.unap.edu.pe](http://repositorio.unap.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

57

Antonio García Barberá. "Study of the Degradation of New Lubricant Oil Formulations with the Design and Demands of Current and Future Engines", Universitat Politecnica de Valencia, 2022

Publicación

<1 %

58

Submitted to National University of Ireland, Galway

Trabajo del estudiante

<1 %

59

[catalonica.bnc.cat](http://catalonica.bnc.cat)

Fuente de Internet

<1 %

60

[www.aguascalientes.gob.mx](http://www.aguascalientes.gob.mx)

Fuente de Internet

<1 %

61

[www.elhabanero.cubasi.cu](http://www.elhabanero.cubasi.cu)

Fuente de Internet

<1 %

62

"Relación entre la formación inicial, las creencias y las prácticas de instrucción matemática desplegadas por docentes en formación de educación básica.", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2020

Publicación

<1 %

63

Alexis Ahedo-Díaz, Miguel A. Luna-Muñoz, Raúl Miranda-Avilés, Mercedes Salazar-Hernández et al. "Caliche From Archaeological Zone of Guanajuato Mexico and Nearby Deposits: Geochemical and Mechanical

<1 %

# Characterizations", Journal of the American Institute for Conservation, 2023

Publicación

64

ESTHER M<sup>a</sup> BORRÁS GARCÍA. "Caracterización de material particulado atmosférico generado en reactores fotoquímicos y procedente de muestras ambientales.", Universitat Politecnica de Valencia, 2013

Publicación

<1 %

65

R. M. De Gutiérrez, S. Delvasto, R. Talero. "Una nueva puzolana para materiales cementicios de elevadas prestaciones", Materiales de Construcción, 2010

Publicación

<1 %

66

[docplayer.net](http://docplayer.net)

Fuente de Internet

<1 %

67

[dokumen.site](http://dokumen.site)

Fuente de Internet

<1 %

68

[pesquisa.bvsalud.org](http://pesquisa.bvsalud.org)

Fuente de Internet

<1 %

69

[research.wur.nl](http://research.wur.nl)

Fuente de Internet

<1 %

70

[www.grafiati.com](http://www.grafiati.com)

Fuente de Internet

<1 %

71

[www.intercom.es](http://www.intercom.es)

Fuente de Internet

<1 %

72

[www.nanocomp.ictp.csic.es](http://www.nanocomp.ictp.csic.es)

Fuente de Internet

<1 %

---

73

[www.termoarcilla.org](http://www.termoarcilla.org)

Fuente de Internet

<1 %

---

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo