

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Efecto del aditivo Terrasil en las propiedades físicas y mecánicas de los  
muros elaborados con tierra reforzada**

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

**AUTOR**

**Jhonny Jeampier Reynoza Lumbre**

**ASESOR**

**Jose Alberto Acero Martinez**

<https://orcid.org/0000-0003-4154-9510>

**Chiclayo, 2024**

**Efecto del aditivo Terrasil en las propiedades físicas y mecánicas  
de los muros elaborados con tierra reforzada**

PRESENTADA POR

**Jhonny Jeampier Reynoza Lumbre**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Segundo Guillermo Carranza Cieza

PRESIDENTE

Carlos Enrique Cumpa Vieyra

SECRETARIO

Jose Alberto Acero Martinez

VOCAL

## **Dedicatoria**

En primer lugar, la presente investigación va dedicada a Dios por guiar mi vida y bríndame sabiduría en cada etapa de mi vida.

En segundo lugar, a mis padres, Manuel y Janeth, por brindarme su apoyo incondicional y por aconsejarme para ser una buena persona.

A mi hermano Victor, por sus consejos y apoyo durante este proceso.

A mis tíos y abuelos que nunca me negaron su ayuda.

## **Agradecimientos**

Agradezco al Ing. Acero Martínez José Alberto por su tiempo en cada asesoría.

A mi familia y a todas las personas que voluntariamente contribuyeron durante el proceso de la presente investigación.

# REYNOZA LUMBRE JHONNY TESIS II.pdf

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	11%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="https://upc.aws.openrepository.com">upc.aws.openrepository.com</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="https://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>10</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>11</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>12</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>15</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>32</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>53</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>78</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>80</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>81</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>85</b>

## Lista de tablas

<i>Tabla 1: Cantidad de muestras del ensayo de compresión en unidad</i> .....	34
<i>Tabla 2: Cantidad de muestras del ensayo de tracción en unidad</i> .....	35
<i>Tabla 3: Cantidad de muestras del ensayo de compresión en muretes</i> .....	35
<i>Tabla 4: Cantidad de muestras del ensayo de tracción indirecta en muretes</i> .....	35
Tabla 5. Cantidad de muestras del ensayo de tracción indirecta en muretes con diferente asentado.....	36
<i>Tabla 6: Cantidad de muestras del ensayo de absorción</i> .....	36
<i>Tabla 7: Cantidad de muestras del ensayo de inundación simulada</i> .....	36
<i>Tabla 8: Cantidad de muestras del ensayo de tracción de mortero</i> .....	37
Tabla 9: Resultados de la prueba "Cinta de barro" .....	53
Tabla 10: Resultados de la prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca" .....	53
Tabla 11: Análisis granulométrico de la muestra.....	54
Tabla 12: Resultados de ensayo de consistencia.....	55
Tabla 13: Límites de Atterberg de la muestra.....	55
Tabla 14: Contenido de humedad de la muestra .....	56
Tabla 15: Resultados del ensayo de resistencia ante la compresión en unidad - Muestra + 0% de aditivo Terrasil.....	57
Tabla 16: Resultados del ensayo de resistencia ante la compresión en unidad - Muestra + 0.3% de aditivo Terrasil .....	57
Tabla 17: Resultados del ensayo de resistencia ante la compresión en unidad - Muestra + 0.5% de aditivo Terrasil .....	58
Tabla 18: Resultados del ensayo de resistencia ante la compresión en unidad - Muestra + 1% de aditivo Terrasil.....	58
Tabla 19: Resumen de los resultados del ensayo de compresión en unidades.....	59
Tabla 20: Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción en unidad - Muestra + 0% de aditivo Terrasil .....	59
Tabla 21: Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción en unidad - Muestra + 0.3% de aditivo Terrasil .....	60
Tabla 22: Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción en unidad - Muestra + 0.5% de aditivo Terrasil .....	60

Tabla 23: Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción en unidad - Muestra + 1% de aditivo Terrasil .....	61
Tabla 24: Resumen de los resultados del ensayo de tracción en unidades.....	61
Tabla 25: Resultados del ensayo de absorción en unidad - Muestra + 0% de aditivo Terrasil	62
Tabla 26: Resultados del ensayo de absorción en unidad - Muestra + 1% de aditivo Terrasil	62
Tabla 27: Resultados del ensayo de resistencia ante la compresión en muretes - Muestra + 0% de aditivo Terrasil.....	63
Tabla 28: Resultados del ensayo de resistencia ante la compresión en muretes - Muestra + 1% de aditivo Terrasil.....	63
Tabla 29: Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción indirecta en muretes asentados de sogas - Muestra + 0% de aditivo Terrasil .....	64
Tabla 30. Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción indirecta en muretes asentados de sogas - Muestra + 1% de aditivo Terrasil .....	64
Tabla 31. Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción indirecta en muretes asentados de canto - Muestra + 0% de aditivo Terrasil .....	65
Tabla 32. Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción indirecta en muretes asentados de cabeza - Muestra + 0% de aditivo Terrasil.....	65
Tabla 33: Características de las Cisternas .....	66
Tabla 34: Características de los Muros .....	66
Tabla 35: Tiempo de caída del muro sin adición de aditivo Terrasil.....	66
Tabla 36: Lectura de capilaridad del muro sin adición de aditivo Terrasil.....	67
Tabla 37: Tiempo de caída del muro con adición del 1% de aditivo Terrasil.....	67
Tabla 38: Lectura de capilaridad del muro con adición del 1% de aditivo Terrasil.....	68
Tabla 39: Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción del mortero - Muestra + 0% de aditivo Terrasil .....	69
Tabla 40: Resultados del ensayo de resistencia ante la tracción del mortero - Muestra + 1% de aditivo Terrasil .....	69
Tabla 41. Costo por unidad de tierra reforzada sin aditivo Terrasil.....	70
Tabla 42. Costo por unidad de tierra reforzada con aditivo Terrasil.....	70
Tabla 43. Costo por muro de tierra reforzada sin aditivo Terrasil .....	72
Tabla 44. Costo por muro de tierra reforzada con aditivo Terrasil .....	72

## Lista de Figuras

Figura 1: Proceso de incorporación del aditivo Terrasil en las unidades de tierra reforzada...	40
Figura 2: Lugar de fabricación de las unidades de tierra reforzada .....	42
Figura 3: Sitio de web de la empresa BREM S.A.C .....	42
Figura 4. Cantera de extracción de la tierra .....	43
Figura 5: Prueba "Cinta de Barro" .....	43
Figura 6: Prueba "Cinta de Barro" .....	44
Figura 7: Prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca" .....	44
Figura 8: Prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca" .....	45
Figura 9: Preparación de mezcla para muestras patrón.....	45
Figura 10: Preparación de mezcla dosificando el aditivo para muestras experimentales .....	46
Figura 11: Molde utilizado para la elaboración de las unidades de 10cm de arista de tierra reforzada.....	46
Figura 12: Molde utilizado para la elaboración de las unidades de 6"x12" de tierra reforzada .....	46
Figura 13: Preparación de la máquina para el ensayo de compresión en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.....	47
Figura 14: Preparación de la máquina para el ensayo de tracción en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo .....	47
Figura 15: Unidades de tierra reforzada del grupo control y experimental para ser ensayadas en el ensayo adaptado de absorción .....	48
Figura 16: Pesaje de las unidades en estado seco.....	48
Figura 17: Sumergimiento de las unidades de tierra reforzada en estado seco por 5 minutos.	48
Figura 18: Pesaje de las unidades saturadas.....	49
Figura 19: Murete seleccionado para realizar el ensayo a compresión.....	49
Figura 20: Ensayo de resistencia a la compresión del murete.....	49
Figura 21. Murete seleccionado para realizar el ensayo de tracción indirecta.....	50
Figura 22. Ensayo de tracción indirecta de murete .....	50
Figura 23: Ensayo de Inundación simulada .....	51

Figura 24: Caída de los muretes provocado por la inundación .....	51
Figura 25: Muestras para el ensayo de tracción del mortero.....	52
Figura 26: Ensayo de resistencia a la tracción del mortero.....	52
Figura 27. Curva Granulométrica.....	54
Figura 28: Carta de plasticidad.....	56
Figura 29. Comparación de costos por unidad de tierra reforzada.....	71
Figura 30. Comparación de costos por m2 de muro de tierra reforzada .....	73

## Resumen

En la actualidad, a nivel mundial, es común observar edificaciones a base de tierra reforzada, aunque en regiones que son susceptibles a los terremotos y debido a que puedan erosionarse por el agua, se ha convertido en una preocupación para la ingeniería.

La investigación se enfocó en la implementación del aditivo Terrasil en la fabricación de unidades de tierra reforzada con el propósito de mejorar las resistencias tanto de compresión como la de tracción y disminuir su nivel de absorción.

Se realizaron ensayos tanto "in situ" como en los laboratorios con el propósito de seleccionar la cantera de suelo apropiada. Se evaluaron las propiedades mecánicas, como las resistencias a la compresión y de tracción, de las unidades de tierra reforzada de acuerdo con lo descrito en la normativa de la E.080. Para evaluar la permeabilidad del material, se propusieron pruebas de absorción e inundación simulada.

Los resultados obtenidos revelaron un aumento en las resistencias de compresión y de tracción en 33% y 46%, respectivamente, en lo que respecta a las unidades, así como un aumento del 28% y 11% en el caso de los muretes. Además, se observó un incremento del 30% en el costo de asentar muretes con las unidades de tierra reforzada con el aditivo Terrasil.

En conclusión, al incluir el aditivo Terrasil en un 1% en relación con el agua, se logra mejorar las características mecánicas y disminuir el grado de absorción de las unidades de tierra reforzada, con un costo en la producción no tan elevado.

**Palabras clave:** Adobe, unidades de tierra reforzada, aditivo, Terrasil.

### **Abstract**

Currently, globally, it is common to observe buildings made of reinforced earth; however, in regions susceptible to earthquakes and erosion by water, this has become a concern for engineering. The research focused on the implementation of the additive Terrasil in the manufacturing of reinforced earth units with the aim of improving both compressive and tensile strengths while reducing their absorption level.

Both "in situ" and laboratory tests were conducted to select the appropriate soil quarry. The mechanical properties, such as compressive and tensile strengths, of the reinforced earth units were evaluated according to the standards described in E.080 regulations. To assess the material's permeability, absorption and simulated flooding tests were proposed.

The results showed an increase in compressive and tensile strengths by 33% and 46%, respectively, for the units, as well as a 28% and 11% increase for the small walls. Additionally, there was a 30% increase in the cost of constructing small walls with the reinforced earth units with the Terrasil additive.

In conclusion, including the Terrasil additive at a 1% ratio to water improves the mechanical characteristics and reduces the absorption rate of the reinforced earth units, with a production cost that is not significantly high.

**Keywords:** Adobe, reinforced earth units, additive, Terrasil