



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

**DISEÑO DE PROTOTIPO DE PANEL PREFABRICADO A
BASE DEL ADOBILLO MEJORADO DE TIERRA,
EMPLEANDO CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD
AMBIENTAL**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

AUTOR: JAIR SEBASTIÁN ARÉVALO ORDOÑEZ

SOFÍA ALEJANDRA MINA BAUTISTA

DIRECTOR: ARQ. RAFAEL ENRIQUE BORJA POZO. MGs.

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

DISEÑO DE PROTOTIPO DE PANEL PREFABRICADO A BASE DEL
ADOBILLO MEJORADO DE TIERRA, EMPLEANDO CRITERIOS DE
SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

AUTOR: JAIR SEBASTIÁN ARÉVALO ORDOÑEZ

SOFÍA ALEJANDRA MINA BAUTISTA

DIRECTOR: ARQ. RAFAEL ENRIQUE BORJA POZO. MGs.

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORIA Y RESPONSABILIDAD

Jair Sebastián Arévalo Ordoñez y Sofia Alejandra Mina Bautista portadore(a)s de las cédulas de ciudadanía N° 0106505274 y 0104670971. Declaramos ser autore(a)s de la obra: **“Diseño de prototipo de panel prefabricado a base del adobillo mejorado de tierra, empleando criterios de sostenibilidad ambiental”**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 20 de septiembre de 2024

F: 
Jair Sebastián Arévalo Ordoñez
0106505274

F: 
Sofia Alejandra Mina Bautista
0104670971

CERTIFICACIÓN

Yo, Rafael Enrique Borja Pozo MGs, con C.I. 0301377628 en calidad de director de tesis certifico que el presente trabajo “Diseño de prototipo de panel prefabricado a base del adobillo mejorado de tierra, empleando criterios de sostenibilidad ambiental”, fue desarrollado los estudiantes Jair Sebastián Arévalo Ordoñez y Sofia Alejandra Mina Bautista, bajo mi supervisión.

Cuenca, 20 de septiembre de 2024



Rafael Enrique Borja Pozo

DIRECTOR

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante y fuente de inspiración en cada paso de mi vida. A Ti, Señor, te agradezco por darme la fuerza, sabiduría y perseverancia para completar este trayecto.

A mis padres Víctor y Susana, cuya paciencia, amor y sacrificio han sido el pilar fundamental en mi formación. Gracias por creer en mí y por enseñarme los valores que hoy me guían.

A mi esposa Daniela, por su amor incondicional, comprensión y apoyo. Eres mi compañera, mi inspiración y mi fortaleza en los momentos difíciles.

A mis hermanos, Israel, Josafath y Tamara por ser mis primeros amigos y por siempre estar ahí para mí. Gracias por su apoyo y por las palabras de aliento que me han motivado a seguir adelante. A mi tío Darwin, por su cariño y por ser una fuente constante de apoyo y sabiduría. Gracias por sus consejos y por estar presentes en mi vida.

A la familia de mi esposa, Juan, Carmen, Ma. Luisa, René por acogerme con los brazos abiertos y por su cariño y apoyo. Su afecto y consideración han sido de gran ayuda durante este proceso.

Jair Sebastián Arévalo Ordoñez

A Dios, por haberme otorgado la sabiduría y la fortaleza necesaria para conseguir esta meta profesional.

A mis padres, Carlos y Mónica, por ser el pilar fundamental de mi existencia, por brindarme su amor y su apoyo sin límites.

A mis hermanos Roberth e Ismael, por transmitirme su entusiasmo, amor y paciencia en todo momento.

A nuestros amigos, en especial a Diego, Miguel y Dayana por su camaradería y apoyo. Gracias por las risas, las conversaciones y por estar presentes.

A todos ustedes, dedico este trabajo con profundo amor y agradecimiento.

Sofía Alejandra Mina Bautista

AGRADECIMIENTOS

De manera muy particular, a la Universidad Católica de Cuenca, especialmente a cada uno de los docentes que supieron transmitir sus valiosos conocimientos a lo largo de la Carrera de Arquitectura.

Al Arq. MGs. Rafael Enrique Borja Pozo, Director de Tesis, por su invaluable asesoría, dedicación y compromiso en el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Juan Monje, Ing. Marcos Gonzales, Docentes del Laboratorio de Suelos UCACUE, por su desinteresado apoyo durante todo este proceso.

RESUMEN

Este proyecto de investigación aborda dos problemáticas clave: la valorización de la tierra como material de construcción tradicional y la explotación insostenible de recursos no renovables, que genera un alto consumo energético y emisiones de CO₂. A partir de lo mencionado surge el interés de desarrollar un documento investigativo y experimental centrado en la elaboración de elementos prefabricados a base de tierra, para la mampostería no portante en el interior de edificaciones de la ciudad de Cuenca. El punto de partida del objeto de investigación se basa en un análisis bibliográfico que permita conocer las características constructivas y arquitectónicas, incluyendo estrategias, materiales, dosificaciones y estabilizadores. El proyecto incluye una fase experimental con pruebas de laboratorio que evaluarán la resistencia a la compresión y la tracción por compresión diametral. Los resultados se contrastarán con los lineamientos de la Norma E-0.80 y la Norma Española UNE 41410, con el fin de validar y mejorar el adobillo tradicional mediante la dosificación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en proporciones del 10%, 20% y 30%, para validar su aplicación. Finalmente, con los resultados de dichos ensayos se realiza el diseño y la propuesta de paneles prefabricados de tierra como una solución viable y sostenible para la construcción de muros no portantes. Estos paneles representan una alternativa ecológica e innovadora en el ámbito de la autoconstrucción, ofreciendo un enfoque constructivo más amigable con el medio ambiente.

Palabras clave: Panel prefabricado, adobillo, mampostería no portante, sostenibilidad ambiental.

ABSTRACT

This research project addresses two fundamental problems: the valorization of land as a traditional construction material and the unsustainable exploitation of non-renewable resources, which generates high energy consumption and CO2 emissions. From the above, there is an interest in developing an investigative and experimental document focused on developing prefabricated earth-based elements for non-load-bearing masonry inside buildings in Cuenca. The starting point of the research object is based on a literature review that allows to learn about the construction and architectural characteristics, including strategies, materials, dosages, and stabilizers. The project includes an experimental phase with laboratory tests to evaluate compressive strength and diametric compression tensile. The results will be contrasted with the guidelines of Standard E-0.80 and the Spanish Standard UNE 41410 to validate and improve the traditional adobillo through the dosage of Construction and Demolition (C&D) Waste in proportions of 10%, 20%, and 30%, to validate your application. Finally, with the results of these tests, the design and proposal of prefabricated earth panels are conducted as a viable and sustainable solution for constructing non-load-bearing walls. These panels represent an ecological and innovative alternative in the field of self-construction, offering a more environmentally friendly construction approach.

Keywords: prefabricated panel, adobillo, non-load-bearing masonry, environmental sustainability

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABLAS.....	XIV
LISTA DE GRÁFICAS.....	XVII
LISTA DE ANEXOS.....	XVIII
CAPÍTULO I.....	- 3 -
1.1 INTRODUCCIÓN.....	- 3 -
1.2 ANTECEDENTES.....	- 4 -
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 5 -
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	- 6 -
1.5 OBJETIVOS.....	- 7 -
1.5.1 <i>Objetivo General</i>	- 7 -
1.5.2 <i>Objetivos Específicos</i>	- 7 -
1.6 METODOLOGÍA.....	- 8 -
1.6.1 <i>Fase 1: Revisión de información y selección de casos de estudio</i>	- 8 -
1.6.2 <i>Fase 2: Aplicación y evaluación de normativas</i>	- 9 -
1.6.3 <i>Fase 3: Desarrollo del prototipo de panel prefabricado</i>	- 10 -
CAPÍTULO II.....	- 14 -
2.1 ANTECEDENTES DE LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA.....	- 14 -
2.1.1 <i>La tierra como material de construcción</i>	- 14 -
2.1.2 <i>La tierra como material sostenible ambiental</i>	- 16 -
2.2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA.....	- 17 -
2.2.1 <i>Rueda de las técnicas de construcción en tierra</i>	- 18 -
2.2.2 <i>Técnicas tradicionales con tierra</i>	- 20 -
2.3 ADOBE COMO MATERIAL.....	- 21 -
2.3.1 <i>Composición del adobe</i>	- 22 -

2.3.2	<i>Proceso de fabricación del adobe</i>	- 23 -
a.	Mezclado	- 24 -
b.	Moldeado de adobes	- 25 -
c.	Secado y almacenamiento.....	- 26 -
2.3.3	<i>Propiedades del adobe</i>	- 26 -
2.3.4	<i>Tipos de adobe</i>	- 28 -
2.3.5	<i>Estabilizadores en el adobe</i>	- 28 -
a.	Origen de los estabilizadores	- 28 -
b.	Tipo de estabilizadores de la tierra	- 29 -
2.4	RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN RCD – ESTABILIZADOR_	- 30 -
2.4.1	<i>Clasificación de RCD</i>	- 30 -
2.4.2	<i>Modelo de gestión actual de los RCD en Cuenca</i>	- 32 -
2.5	CASOS REFERENTES DE ESTUDIO _____	- 35 -
2.5.1	<i>Caso referente 1</i>	- 36 -
2.5.2	<i>Caso referente 2</i>	- 37 -
2.5.3	<i>Caso referente 3</i>	- 38 -
2.5.4	<i>Caso referente 4</i>	- 39 -
2.5.5	<i>Cuadro resumen de ensayos físicos – mecánicos de los casos de estudio</i>	- 40 -
2.6	NORMATIVA _____	- 43 -
CAPÍTULO III		- 46 -
3.1	DETERMINACIÓN DE MATERIALES _____	- 47 -
3.1.1	<i>Selección de la tierra</i>	- 47 -
3.1.2	<i>Selección de los residuos de construcción y demolición RCD</i>	- 48 -
3.1.3	<i>Selección de la muestra tipo de abobe</i>	- 51 -
3.2	IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO _____	- 53 -
3.2.1	<i>Ensayos empíricos</i>	- 53 -
c.	Ensayo de lavado	- 53 -
d.	Ensayo de cohesión	- 54 -
e.	Ensayo de caída de bola	- 55 -
3.2.2	<i>Ensayos de consistencia del suelo</i>	- 56 -
a.	Límite líquido	- 56 -
b.	Límite Plástico	- 59 -
c.	Granulometría	- 61 -
d.	Ensayo de Proctor Estándar.....	- 64 -
3.3	DOSIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE MUESTRAS _____	- 69 -
3.3.1	<i>Dimensionamiento de muestras</i>	- 69 -
a.	Muestras cúbicas (Tipo I)	- 69 -
b.	Muestras cilíndricas (Tipo II).....	- 70 -

3.3.2 CANTIDAD DE MUESTRAS.....	- 70 -
3.3.3 Dosificaciones de las mezclas	- 72 -
a. Muestras cúbicas.....	- 72 -
b. Muestras cilíndricas.....	- 75 -
3.4 PRUEBAS DE LABORATORIO	- 78 -
3.4.1 Determinantes del ensayo de resistencia a la compresión	- 78 -
a. Elaboración y acondicionamiento de moldes.....	- 78 -
b. Metodología de análisis	- 79 -
c. Resultados.....	- 79 -
Ensayo de resistencia a la compresión de las adoberas.....	- 79 -
Ensayo de resistencia a la compresión con el 10% de RCD.....	- 85 -
Ensayo de resistencia a la compresión con el 20% de RCD.....	- 87 -
Ensayo de resistencia a la compresión con el 30% de RCD.....	- 89 -
d. Interpretación de resultados	- 91 -
Ensayo de resistencia a la compresión de las adoberas.....	- 91 -
Ensayo de resistencia a la compresión con el 10% de RCD.....	- 93 -
Ensayo de resistencia a la compresión con el 20% de RCD.....	- 95 -
Ensayo de resistencia a la compresión con el 30% de RCD.....	- 97 -
3.4.2 Determinantes del ensayo de resistencia a la tracción Indirecta por compresión diametral.....	- 99 -
a. Elaboración y acondicionamiento de moldes.....	- 99 -
b. Metodología de análisis	- 100 -
c. Resultados.....	- 101 -
Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 10% de RCD-	101
-	
Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 20% de RCD-	103
-	
Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 30% de RCD-	106
-	
d. Interpretación de resultados	- 108 -
Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 10% de RCD-	108
-	
Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 20% de RCD-	110
-	
Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 30% de RCD-	112
-	
3.4.3 Conclusión.....	- 114 -
CAPÍTULO IV	- 119 -
4.1 DISEÑO DEL PANEL PREFABRICADO	- 119 -
4.1.1 Selección del adobillo mejorado con RCD.....	- 119 -

4.1.2	<i>Dimensionamiento de la muestra</i>	- 120 -
a.	Muestras rectangulares	- 120 -
4.1.3	<i>Dosificación de la mezcla</i>	- 121 -
4.2	ELABORACIÓN DEL ADOBILLO MEJORADO CON RCD _____	- 122 -
4.2.1	<i>Proceso de producción del elemento constructivo</i>	- 122 -
4.3	ELABORACIÓN DEL PANEL PREFABRICADO _____	- 125 -
4.3.1	<i>Diseño de solera de montaje inferior</i>	- 126 -
a.	Selección de la madera	- 126 -
b.	Protección de la madera.....	- 127 -
c.	Madera tratada.....	- 127 -
d.	Protección mediante banda adhesivas	- 128 -
4.3.2	<i>Diseño de pie derecho lateral</i>	- 128 -
4.3.3	<i>Diseño de pie derecho intermedio</i>	- 129 -
4.3.1	<i>Diseño de pie derecho esquinero</i>	- 130 -
4.3.2	<i>Uso del adobillo mejorado con RCD</i>	- 130 -
4.3.3	<i>Diseño de dolerá de montaje superior</i>	- 131 -
4.4	PROCESO DE ARMADO DEL PANEL PREFABRICADO _____	- 131 -
4.4.1	<i>Armado de la solera de montaje inferior</i>	- 131 -
a.	Anclaje atornillable para hormigón CE1.....	- 131 -
b.	Perno de anclaje Hilti.....	- 132 -
c.	Perno zincado de anclaje y tuercas	- 133 -
4.4.2	<i>Armado del pie derecho / lateral</i>	- 133 -
a.	Tornillo de cabeza avellanada	- 133 -
b.	Placa angular universal	- 134 -
4.4.3	<i>Colocación de los adobillos mejorados con RCD</i>	- 135 -
4.4.4	<i>Armado de muro</i>	- 135 -
4.4.5	<i>Armado de la solera de montaje superior</i>	- 136 -
4.5	APLICACIÓN DE PANEL PREFABRICADO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR-	137 -
4.5.1	<i>Planos arquitectónicos de una vivienda unifamiliar de un piso</i>	- 137 -
4.5.2	<i>Aplicación de panel prefabricado en espacios internos</i>	- 144 -
CAPÍTULO V		- 151 -
5.1	CONCLUSIONES _____	- 151 -
5.2	RECOMENDACIONES _____	- 153 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		- 155 -
ANEXOS		- 159 -
ANEXO 1: INFORME DE LABORATORIO DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS-		159 -
ANEXO 2: INFORME DE LABORATORIO DE LOS ENSAYOS FÍSICOS/MECÁNICOS-		160 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Construcción en tierra - contexto mundial y local _____	- 4 -
Figura 2: Metodología de investigación _____	- 11 -
Figura 3: Manifestaciones de uso de técnicas constructivas en tierra _____	- 14 -
Figura 4: Construcción de edificaciones en altura en la ciudad de Shibam _____	- 15 -
Figura 5: Rueda de las técnicas de construcción con tierra _____	- 17 -
Figura 6: Uso del adobe en la construcción en Jalapa, Nicaragua _____	- 21 -
Figura 7: Fases del proceso de producción del adobe _____	- 23 -
Figura 8: Proceso de fabricación del adobe _____	- 24 -
Figura 9: Proceso de mezclado _____	- 25 -
Figura 10: Proceso de moldeado de adobes _____	- 25 -
Figura 11: Proceso de secado y almacenamiento _____	- 26 -
Figura 12: Ejemplos de propiedades del adobe _____	- 26 -
Figura 13: Estabilizadores físicos _____	- 29 -
Figura 14: Ejemplos de RCD en la construcción _____	- 30 -
Figura 15: Composición de los residuos de construcción y demolición _____	- 32 -
Figura 16: Escombrera Municipal de Cuenca _____	- 33 -
Figura 17: Croquis de la escombrera Llaaco, Cuenca _____	- 34 -
Figura 18: Registro fotográfico del caso referente 1 _____	- 36 -
Figura 19: Registro fotográfico del caso referente 2 _____	- 37 -
Figura 20: Registro fotográfico del caso referente 3 _____	- 38 -
Figura 21: Registro fotográfico del caso referente 4 _____	- 39 -
Figura 22: Ubicación de la selección de la tierra _____	- 47 -
Figura 23: Recolección de RCD en SV Concrete Lab, Cuenca _____	- 48 -
Figura 24: Proceso de triturado para la obtención de RCD _____	- 49 -
Figura 25: Proceso de tamizaje de RCD _____	- 50 -
Figura 26: Zona de extracción del material _____	- 51 -
Figura 27: Adoberas seleccionadas _____	- 52 -
Figura 28: Ensayo de lavado _____	- 53 -
Figura 29: Ensayo de cohesión _____	- 54 -
Figura 30: Ensayo de caída de bola _____	- 55 -
Figura 31: Límites de Atterberg _____	- 56 -
Figura 32: Procedimiento del límite líquido _____	- 57 -
Figura 33: Procedimiento del límite plástico _____	- 59 -
Figura 34: Procedimiento granulométrico _____	- 62 -

Figura 35: Procedimiento del ensayo de Proctor estándar _____	- 64 -
Figura 36: Encofrado cúbico metálico _____	- 69 -
Figura 37: Encofrado cilíndrico metálico _____	- 70 -
Figura 38: Formas de las muestras _____	- 70 -
Figura 39: Elaboración de cálculos en el CIITT _____	- 73 -
Figura 40: Elaboración de muestras cúbicas _____	- 74 -
Figura 41: Elaboración de muestras cilíndricas _____	- 77 -
Figura 42: Muestra Cúbica _____	- 78 -
Figura 43: Muestras cúbicas para ensayos de resistencia a la compresión _____	- 78 -
Figura 44: Prensa de compresión _____	- 79 -
Figura 45: Ensayo de resistencia a la compresión - Adoberas _____	- 80 -
Figura 46: Ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 10% de RCD _____	- 85 -
Figura 47: Ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 20% de RCD _____	- 87 -
Figura 48: Ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 30% de RCD _____	- 89 -
Figura 49: Muestra Cúbica _____	- 99 -
Figura 50: Muestras cilíndricas para ensayos de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral _____	- 99 -
Figura 51: Prensa de compresión _____	- 100 -
Figura 52: Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD _____	- 101 -
Figura 53: Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD _____	- 104 -
Figura 54: Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD _____	- 106 -
Figura 55: Diseño de encofrado rectangular _____	- 120 -
Figura 56: Elaboración de encofrado de madera _____	- 121 -
Figura 57: Proceso de elaboración del adobillo mejorado _____	- 122 -
Figura 58: Proceso de elaboración de adobillo mejorado _____	- 124 -
Figura 59: Panel prefabricado a base del adobillo mejorado de tierra _____	- 125 -
Figura 60: Madera del pino _____	- 126 -
Figura 61: Protección de la madera _____	- 127 -
Figura 62: Madera tratada _____	- 127 -
Figura 63: Protección de la madera mediante bandas adhesivas _____	- 128 -
Figura 64: Pie derecho lateral _____	- 129 -
Figura 65: Pie derecho intermedio _____	- 129 -
Figura 66: Pie derecho esquinero _____	- 130 -
Figura 67: Uso de adobillo mejorado con RCD _____	- 130 -
Figura 68: Solera de montaje superior _____	- 131 -

Figura 69: Tornillo de anclaje para hormigón CE1 _____	- 132 -
Figura 70: Perno de anclaje hilti _____	- 132 -
Figura 71: Perno zincado de anclaje y tuerca _____	- 133 -
Figura 72: Tornillo de cabeza avellanada _____	- 134 -
Figura 73: Placa angular universal _____	- 134 -
Figura 74: Colocación de adobillo mejorado con RCD _____	- 135 -
Figura 75: Armado del panel prefabricado _____	- 136 -
Figura 76: Solera de montaje superior _____	- 137 -
Figura 77: Aplicación de panel prefabricado en mampostería exterior-frontal _____	- 144 -
Figura 78: Aplicación de panel prefabricado en mampostería exterior-posterior _____	- 145 -
Figura 79: Aplicación de panel prefabricado en sala – parte de tierra cruda _____	- 145 -
Figura 80: Aplicación de panel prefabricado en sala – acabado final _____	- 146 -
Figura 81: Aplicación de panel prefabricado en cocina – áreas húmedas _____	- 146 -
Figura 82: Aplicación de panel prefabricado en paredes divisoras internas _____	- 147 -
Figura 83: Aplicación de panel prefabricado en pasillos relación interior / exterior _____	- 147 -
Figura 84: Armonía de entre material madera / tierra – patio interno _____	- 148 -
Figura 85: _____	- 148 -

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Técnicas de Construcción con Tierra</i> _____	- 18 -
<i>Tabla 2 Técnicas tradicionales con tierra</i> _____	- 20 -
<i>Tabla 3 Composición del adobe</i> _____	- 22 -
<i>Tabla 4 Composición granulométrica de la tierra</i> _____	- 23 -
<i>Tabla 5 Propiedades del adobe</i> _____	- 27 -
<i>Tabla 6 Tipos de adobe</i> _____	- 28 -
<i>Tabla 7 Origen de los estabilizadores</i> _____	- 28 -
<i>Tabla 8 Tipo de estabilizadores de la tierra</i> _____	- 29 -
<i>Tabla 9 Clasificación de residuos de construcción y demolición RCD</i> _____	- 31 -
<i>Tabla 10 Análisis de ensayos de compresión de los referentes</i> _____	- 40 -
<i>Tabla 11 Análisis de ensayos de tracción indirecta por compresión diametral de los referentes</i> _____	- 40 -
<i>Tabla 12 Análisis de ensayos de la resistencia del mortero a la tracción indirecta de los referentes</i> _____	- 41 -
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>	
<i>Tabla 13 Análisis de ensayos de capilaridad de los referentes</i> _____	- 41 -
<i>Tabla 14 Análisis de ensayos de abrasión de los referentes</i> _____	- 42 -
<i>Tabla 15 Análisis de ensayos de absorción de los referentes</i> _____	- 42 -
<i>Tabla 16 Características generales de los productores de adobe</i> _____	- 52 -
<i>Tabla 17 Resultado del límite líquido</i> _____	- 58 -
<i>Tabla 18 Resultado del límite plástico</i> _____	- 60 -
<i>Tabla 19 Índice de plasticidad y límite plástico</i> _____	- 60 -
<i>Tabla 20 Resultado de la Granulometría del suelo</i> _____	- 63 -
<i>Tabla 21 Cálculos previos al ensayo de Proctor estándar</i> _____	- 66 -
<i>Tabla 22 Resultado de compactación - Ensayo de Proctor estándar</i> _____	- 67 -
<i>Tabla 23 Resultado de humedad - Ensayo de Proctor estándar</i> _____	- 68 -
<i>Tabla 24 Cantidad de muestras</i> _____	- 71 -
<i>Tabla 25 Cantidad de material base</i> _____	- 72 -
<i>Tabla 26 Cantidad de material para el encofrado</i> _____	- 72 -
<i>Tabla 27 Cantidad de agua</i> _____	- 73 -
<i>Tabla 28 Resumen de la dosificación base</i> _____	- 73 -
<i>Tabla 29 Tipos de muestras cúbicas</i> _____	- 74 -
<i>Tabla 30 Cantidad de material base</i> _____	- 75 -
<i>Tabla 31 Cantidad de material para el encofrado</i> _____	- 75 -
<i>Tabla 32 Cantidad de agua</i> _____	- 76 -
<i>Tabla 33 Resumen de la dosificación base</i> _____	- 76 -
<i>Tabla 34 Tipos de muestras cúbicas</i> _____	- 77 -

Tabla 35 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la compresión de las adoberas	- 80 -
Tabla 36 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión - Adobera 1	- 81 -
Tabla 37 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión - Adobera 2	- 82 -
Tabla 38 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión - Adobera 3	- 83 -
Tabla 39 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión - Adobera 4	- 84 -
Tabla 40 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 10% de RCD	- 85 -
Tabla 41 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 10% de RCD	- 86 -
Tabla 42 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 20% de RCD	- 87 -
Tabla 43 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 20% de RCD	- 88 -
Tabla 44 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 30% de RCD	- 89 -
Tabla 45 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 30% de RCD	- 90 -
Tabla 46 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral al 10% de RCD	- 101 -
Tabla 47 Resultado general de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD	- 102 -
Tabla 48 Resultado de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD	- 102 -
Tabla 49 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral al 20% de RCD	- 103 -
Tabla 50 Resultado general de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD	- 104 -
Tabla 51 Resultado de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD	- 105 -
Tabla 52 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral al 30% de RCD	- 106 -
Tabla 53 Resultado general de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD	- 107 -
Tabla 54 Resultado de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD	- 107 -
Tabla 55 Resultado promedio del ensayo de resistencia a la compresión con 10% de RCD	- 119 -

*Tabla 56 Resultado promedio del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión
diametral con 10% de RCD _____ - 119 -*

Tabla 57 Cantidad de material para el encofrado rectangular _____ - 121 -

LISTA DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1 Límites de Atterberg</i>	- 61 -
<i>Gráfica 2 Curva granulométrica</i>	- 63 -
<i>Gráfica 3 Curva densidad seca vs humedad</i>	- 69 -
<i>Gráfica 4 Ensayo de resistencia a la compresión Adobera 1</i>	- 81 -
<i>Gráfica 5 Ensayo de resistencia a la compresión Adobera 2</i>	- 82 -
<i>Gráfica 6 Ensayo de resistencia a la compresión Adobera 3</i>	- 83 -
<i>Gráfica 7 Ensayo de resistencia a la compresión Adobera 4</i>	- 84 -
<i>Gráfica 8 Ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 10% de RCD</i>	- 86 -
<i>Gráfica 9 Ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 20% de RCD</i>	- 88 -
<i>Gráfica 10 Ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 30% de RCD</i>	- 90 -
<i>Gráfica 11 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión de las adoberas</i>	- 91 -
<i>Gráfica 12 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 10% de RCD</i>	- 93 -
<i>Gráfica 13 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 20% de RCD</i>	- 95 -
<i>Gráfica 14 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 30% de RCD</i>	- 97 -
<i>Gráfica 15 Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD</i>	- 103 -
<i>Gráfica 16 Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD</i>	- 105 -
<i>Gráfica 17 Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD</i>	- 108 -
<i>Gráfica 18 Resumen del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD</i>	- 109 -
<i>Gráfica 19 Resumen del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD</i>	- 111 -
<i>Gráfica 20 Resumen del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD</i>	- 113 -
<i>Gráfica 21 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión</i>	- 115 -
<i>Gráfica 22 Resumen del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral</i>	- 116 -

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: INFORME DE LABORATORIO DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS__ - 159 -

ANEXO 2: INFORME DE LABORATORIO DE LOS ENSAYOS FÍSICOS / MECÁNICOS__ - 159 -



01

- 1.1 INTRODUCCIÓN
- 1.2 ANTECEDENTES
- 1.3 PROBLEMÁTICA
- 1.4 JUSTIFICACIÓN
- 1.5 OBJETIVOS
- 1.6 METODOLOGÍA



CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La construcción en la actualidad representa un desafío significativo para la salud ambiental y la sostenibilidad del planeta. A medida que la urbanización y la demanda de infraestructuras aumenta, también lo hace la presión sobre los recursos naturales y el medio ambiente, es por eso por lo que en el presente trabajo se desarrollará un prototipo de bloque de adobillo mejorado con RCD (Residuos de construcción y demolición) con el fin de dar un nuevo uso a los materiales de construcción con un ciclo de vida finalizado. Debido a que la industria de la construcción es una de las principales fuentes de contaminación ambiental a nivel global. Desde la extracción de materias primas hasta la demolición de estructuras, cada etapa del ciclo de vida de un edificio puede contribuir significativamente a la degradación del medio ambiente. La emisión de gases de efecto invernadero durante la producción de materiales de construcción, como el cemento y adhesivos similares, es una preocupación importante, ya que estos materiales representan una parte considerable del total de emisiones globales.

Es por esta razón que la construcción con materiales a base de tierra representa una solución crucial en la búsqueda de prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. La presente investigación destaca la importancia de esta técnica en la reducción del impacto ambiental de la industria de la construcción, así como sus beneficios para la conservación de los recursos naturales. Exploraremos cómo el uso de materiales y técnicas constructivas como el adobillo y la implementación de RCD no solo promueve la eficiencia energética y la reducción de residuos, sino que también fomenta la conexión con la naturaleza y el desarrollo de comunidades más resilientes.

1.2 ANTECEDENTES

La arquitectura en tierra es un referente muy importante a lo largo de la historia de la construcción, por estar presente en los diferentes sistemas constructivos tanto ancestrales como modernos; pues se ha demostrado que es un material resistente y durable. El uso de la tierra fue uno de los recursos más empleados en la construcción de grandes núcleos urbanos desde Mesopotamia hasta Egipto y en numerosas civilizaciones europeas, especialmente en la zona meridional, africanas y americanas, según el Arq. Patrick de Sutter en su libro: "La utilización del adobe en la construcción" (Siguenza, 2014).

Desde sus inicios, la tierra como material constructivo ha sido utilizada en diferentes técnicas de construcción tradicional, entre las más importantes y reconocidos se encuentran, el adobe, el tapial y el bahareque. Sin embargo, con el pasar del tiempo estos sistemas constructivos han sido considerados como símbolo de pobreza y retraso cultural. Esta consideración, se debe al desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas constructivas las mismas que han sido lideradas por la modernidad surgida a mediados del Siglo XX, con la incorporación de materiales nuevos como el hormigón, acero y vidrio. Dentro de la arquitectura, el desarrollo de las técnicas constructivas siempre se encuentra en estado de evolución, por la necesidad de transformar los espacios arquitectónicos con el fin de mejorar la calidad de vida de la sociedad (Montenegro, 2019).

En el ámbito nacional, el Ecuador es un país que ha ido creciendo exponencialmente gracias a la industria de la construcción y en la actualidad la construcción en tierra se mantiene vigente como alternativa, debido a su bajo costo, su disponibilidad de materia prima, su equilibrio con el medio ambiente. Además de mantener una gran tradición en el uso de este material en las construcciones de edificaciones aledañas a los centros históricos como, el Centro Histórico de Quito y el Centro Histórico de Cuenca, los cuales fueron declarados por la UNESCO en 1999, como Patrimonio Cultural de la Humanidad al contar con 17% de uso este material. (Lara, 2017) (Ver Figura 1)

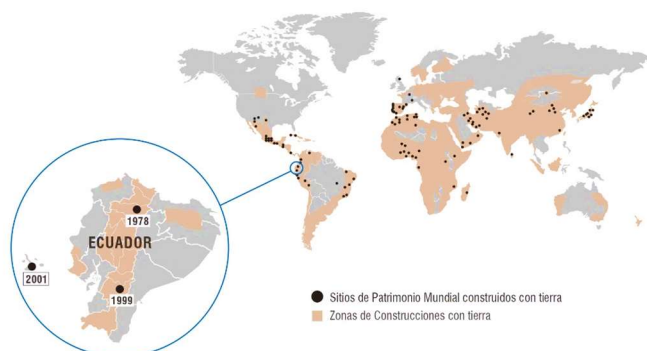


Figura 1: Construcción en tierra - contexto mundial y local

Fuente: Extraída de (Lara, 2017)

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El excesivo desarrollo de la ciudad ha provocado un aumento masivo de la población y la necesidad de crear espacios de habitación, trabajo y ocio. Estas necesidades se han unido para crear nuevas tecnologías y técnicas constructivas con la incorporación de materiales como: hormigón, acero y vidrio, dando como resultado formas y espacios ordenados ligados a la modulación desde el punto funcional y estético (Siguenza, 2014). Con el tiempo, la industrialización de estos materiales ha tenido un enorme impacto en el medio ambiente, ya que el uso de recursos naturales conlleva un alto consumo energético y emisiones de CO₂. Según, (Anink et al., 1997, p. 53), menciona que el sector de la construcción es el responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida y del 50% del total de los residuos generados.

De acuerdo a Montenegro (2019), el impacto en el medio ambiente generado por sector de la construcción está catalogado de la siguiente manera: Con un total de 2010 millones de toneladas de residuos que corresponden al ámbito de la construcción y la demolición, es decir, RCD; residuos provenientes de obras de excavación, construcción, reparación, remodelación, rehabilitación entre otras. En donde el 33% de estos desechos, no llegan a ser gestionados de forma eficiente conllevando a generar afectaciones al medio ambiente. Al respecto WCED (2012), la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en el Informe Brundtland presentado en 1987, explicó que los impactos ambientales son causados principalmente por actividades económicas, especialmente aquellas relacionadas al proceso de fabricación e industrialización de estos materiales. De esta manera, los avances tecnológicos y los procesos de industrialización han desprestigiado de las técnicas constructivas a base de tierra en el país.

La escasa competencia de las técnicas tradicionales en tierra dentro del gremio de la construcción es evidente; los nuevos procesos constructivos han expuesto a la arquitectura en tierra como un elemento de mala calidad, y sinónimo de pobreza (Lara, 2017). En el Ecuador, según el censo del año 2010, el Instituto Nacional de Estadística y Censos menciona que los métodos tradicionales utilizados en la construcción en tierra han sido sustituidos por nuevos sistemas constructivos. En el año 2001, sólo el 16.98% de las viviendas en la región Sierra eran construidas con adobe o tapial. Actualmente se sitúa en el 11,86%, lo que indica una tendencia a la baja (INEC, 2010).

1.4 JUSTIFICACIÓN

El uso de la tierra, es sin duda, uno de los materiales más empleados en la construcción de edificaciones que han evolucionado y prevalecido hasta la actualidad (Zazu, 2021). La arquitectura tradicional de este material no solo refleja la identidad de una región, su forma de construir y habitar, sino que también es un sistema constructivo sostenible, ambiental y saludable, comparado con la fabricación y uso de materiales industrializados como el hormigón, acero y vidrio. Siendo estos, los principales causantes de las altas emisiones de CO₂ y afectaciones al medio ambiente dejando en evidencia una nula eficiencia en el manejo de los residuos de RCD que corresponden al ámbito de la construcción y la demolición (Mejía, 2018).

En este contexto, es necesario repensar el diseño arquitectónico urbano de la ciudad de Cuenca a través del diseño de paneles prefabricados a base de tierra basados en la sección, modulación y construcción, mediante ensayos de resistencia a la compresión y de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral conforme las recomendaciones de la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada y la Norma Española UNE 41410, en donde se puedan generar criterios, estrategias y aplicaciones de diseño pasivo, en dicho panel. Así mismo, recuperar y mejorar estas técnicas constructivas ancestrales mediante el uso de RCD, brindando mayor confort, resistencia y durabilidad frente a la construcción industrializada.

Por lo tanto, es importante no sólo en la industria de la construcción, sino también en la sociedad en general promover conciencia sobre el impacto ambiental causado por la contaminación y del consumo energético por el uso de materiales modernos fabricados a partir de recursos no renovables siendo el concepto de arquitectura sustentable y sostenible todavía ajeno a nuestra sociedad (Abad et al., 2015). Adicionalmente, se abordará un ejemplo de aplicación de este panel, para una vivienda unifamiliar en la mampostería no portante con sus respectivos detalles constructivos y fotomontaje digitales.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un prototipo de panel prefabricado a base del adobillo de tierra, como nuevo elemento alternativo para mampostería no portante en un sistema constructivo, empleando criterios de sostenibilidad medioambiental en la ciudad de Cuenca

1.5.2 Objetivos Específicos

- I. Analizar los materiales y procesos constructivos del adobillo para la definición de sus propiedades que sirvan como un sistema constructivo alternativo para la elaboración muros no portantes.
- II. Evaluar la resistencia mecánica del adobillo a través de dosificaciones de sus materiales, para mejorar su capacidad aplicando ensayos de resistencia a la compresión y de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral mediante la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada.
- III. Proponer el diseño de un prototipo de panel que permita la modulación para la prefabricación, con la finalidad de mejorar la durabilidad y calidad del sistema constructivo en tierra, de acuerdo con las normativas existentes.

1.6 METODOLOGÍA

El objeto de estudio se enmarca en un diseño de investigación experimental a través de una metodología cuantitativa, para ello se determinó varias etapas que nos ayudara a desarrollar de manera clara el tema, a continuación, se detallan:

1.6.1 Fase 1: Revisión de información y selección de casos de estudio

Es necesario conocer el nivel de desarrollo que se ha alcanzado hasta el momento con el uso del adobillo en muros no portantes dentro de la industria de la construcción, por lo que es necesario recopilar una bibliografía para obtener los criterios necesarios en el diseño del panel prefabricado.

- I. **Recopilación bibliográfica:** Se seleccionará documentos sobre la aplicación de los sistemas constructivos en tierra, para determinar los materiales y criterios sostenibles ambientales del objeto de estudio.
- II. **Análisis de artículos científicos:** Se seleccionará y revisará artículos relacionados con sistemas constructivos en tierra estabilizados con RCD para evaluar el comportamiento mecánico de dicho material. Del mismo modo, investigaciones acerca de la sostenibilidad ambiental aplicada en arquitectura, con el propósito de determinar cómo este tipo de material puede contribuir al mejoramiento del medio ambiente.
- III. **Revisión de manuales de construcción:** Se seleccionará y buscará información sobre las estrategias de diseño pasivo en la arquitectura, para la creación y construcción de muros no portantes a base de tierra.
- IV. **Selección de proyectos:** Se analizará casos de estudio tanto a nivel mundial, como local, con el fin de encontrar similitudes en función a sus características constructivas, arquitectónicas y criterios de sostenibilidad ambiental, es decir, en los materiales utilizados, las dosificaciones empleadas y su composición.
- V. **Revisión de normativa:** Estudio de criterios y procesos que se debe considerar para la ejecución de pruebas de laboratorio según la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada y la Norma Española UNE 41410, para la creación de paneles.

1.6.2 Fase 2: Aplicación y evaluación de normativas

Se realizará ensayos según la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada y la Norma Española UNE 41410 con la finalidad de obtener información de las características y el comportamiento del material propuesto dentro de la investigación, para ello será necesario el uso de laboratorios y equipos de la Universidad Católica del Cuenca.

- I. **Aplicación del método experimental de pruebas de laboratorio:** Se realizará ensayos de resistencia a la compresión y de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral mediante la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, con el fin de determinar la resistencia máxima, en base a las dosificaciones de los materiales
- II. **Materiales y métodos de elaboración:** Se elaborará un molde rectangular de madera de laurel con las dimensiones internas de 40 x 20 x 13 cm, como lo establece en la normativa, para la elaboración de muestras.
- III. **Selección y dosificación de materiales:** Se recolectará muestras de materiales base de la zona, para la elaboración del adobillo. Del mismo modo, los materiales que conforman los RCD en las escombreras locales, para el mejoramiento del adobillo. De igual manera se indagará de qué manera contribuye tanto al medio ambiente como al adobillo, el uso y aplicación de RCD en la elaboración del material.
- IV. **Aplicación de equipo para realización del ensayo de resistencia a la compresión y el ensayo de resistencia a la tracción Indirecta por compresión diametral del laboratorio:** Se utilizará el equipo CONCRETO 2000X (máquina de ensayo de compresión de hormigón), con capacidad máxima de carga que va de 40 a 2.000 KN, velocidad de carga precisa de 2.032mm a 0.025mm por minuto, su método de control es tipo servo hidráulico. Cuenta con una placa superior e inferior con un diámetro de 220 mm.
- V. **Análisis, procesamiento y evaluación de datos:** Se evaluará los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, es decir, el de resistencia a la compresión y el de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral, para definir la dosificación y el diseño apropiado del adobillo como modulo. Así como el impacto ambiental que tendrá la elaboración de este.

1.6.3 Fase 3: Desarrollo del prototipo de panel prefabricado

Se desarrollará un modelo en base a los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, y se expondrá el diseño del panel prefabricado, implementando el uso de materiales presentes en la zona de la ciudad de Cuenca, con el fin que crear un diseño que sea de fácil y rápido montaje, óptimo y accesible.

- I. Propuesta del panel:** En base a los resultados se planteará el diseño de panel, con el fin de generar una alternativa de prefabricación que disminuya el impacto ecológico, utilizando técnicas de construcción tradicional.
- II. Elaboración del panel prefabricado en escala 1:1,** basado en la sección, modulación y construcción.
- III. Diseño de un anteproyecto de vivienda unifamiliar de una planta,** en donde se pueda observar la aplicación del panel en los muros no portantes.

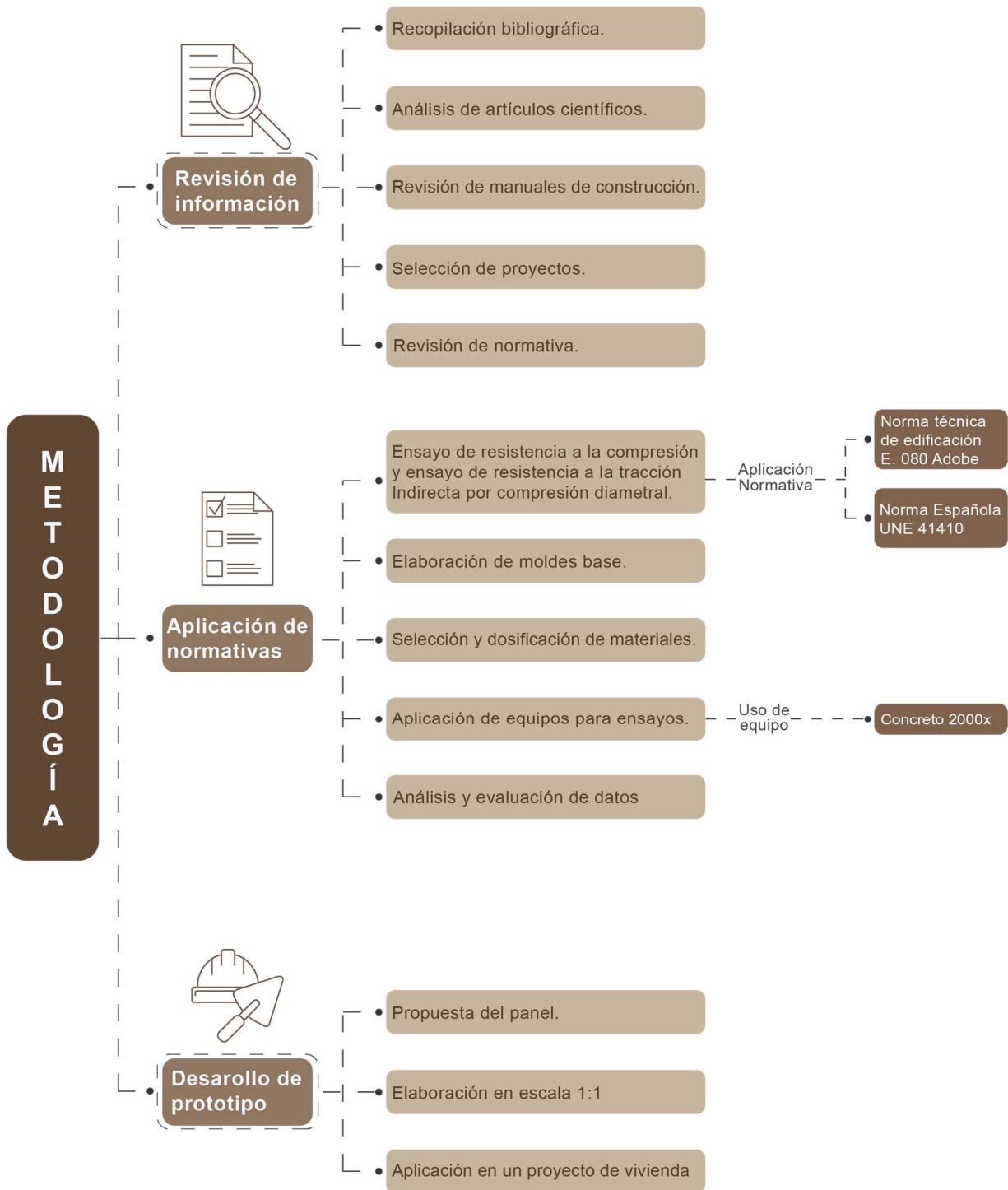


Figura 2: Metodología de investigación

Fuente: (Autores, 2024)



02

- 2.1 ANTECEDENTES DE LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA**
- 2.2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA**
- 2.3 ADOBE COMO MATERIAL**
- 2.4 RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN RCD**
- 2.5 CASOS REFERENTES DE ESTUDIO**
- 2.6 NORMATIVA**



CAPÍTULO II

En el presente capítulo se recopilará información sobre el uso de la tierra como material de construcción, haciendo énfasis en el adobe como proceso constructivo tradicional y las descripciones de como la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada clasifica las construcciones de edificaciones con las diferentes técnicas tradicionales y los requisitos para determinar las propiedades físico – mecánicas. Así mismo, se abordará las características del proceso de gestión de los escombros en la ciudad de Cuenca. Finalmente, se establecerá un análisis de casos referentes necesarios para la elaboración del panel prefabricado.

2.1 ANTECEDENTES DE LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA

2.1.1 La tierra como material de construcción

La construcción con tierra evolucionó a partir de la necesidad humana de buscar protección y refugio. Históricamente, las técnicas de construcción con tierra se remontan a más de 9.000 años. La tierra como material de construcción ha sido utilizada tanto en la construcción de soluciones habitacionales sencillas como en la edificación compleja de diversas civilizaciones precolombinas, al ser un material de fácil disponibilidad, debido a sus propiedades térmicas, acústicas y espaciales (Marzal, 2015). Asimismo, varios tratadistas de la antigüedad, uno de ellos, Marco Lucio Vitruvio Polion crearon tratados de arquitectura, en donde reconocían a la tierra como el material universal y sostenible e incluían sus sistemas constructivos (Sigüenza, 2014).

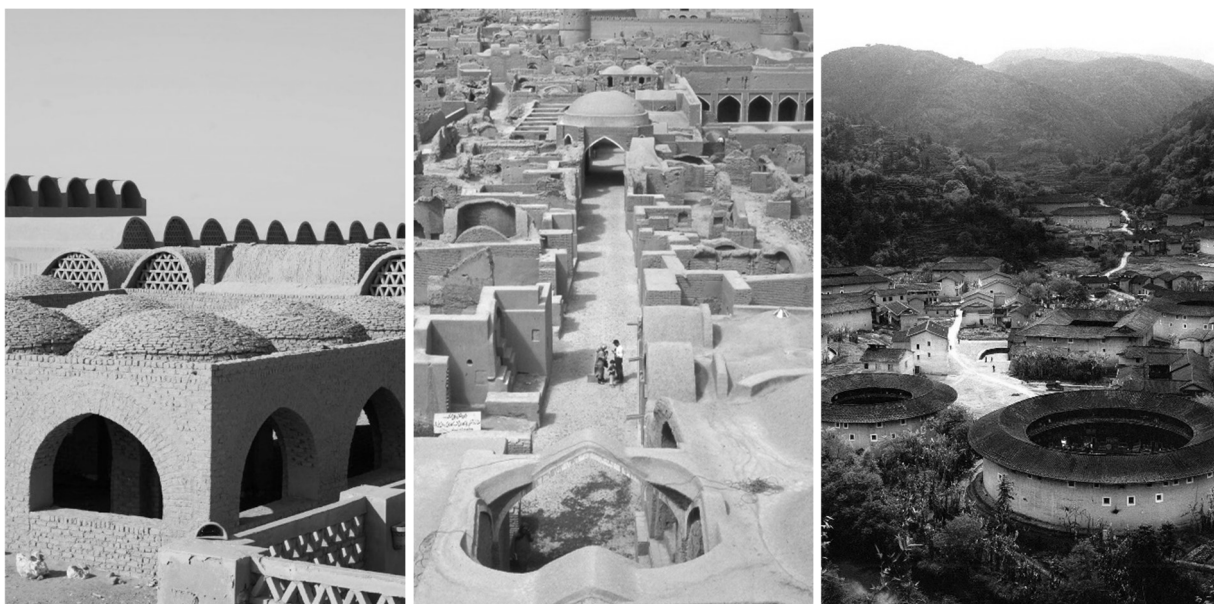


Figura 3: Manifestaciones de uso de técnicas constructivas en tierra

Fuente: Extraída de <https://hiddenarchitecture.net/journal/>

Existen varias manifestaciones de uso de estos sistemas constructivos, por ejemplo, en Asia, en el Oasis de Turfan, en China. (Ver Figura 3) En Yemen, en la ciudad de Shibam es una de las primeras en crear edificaciones de gran altura. (Ver Figura 4)

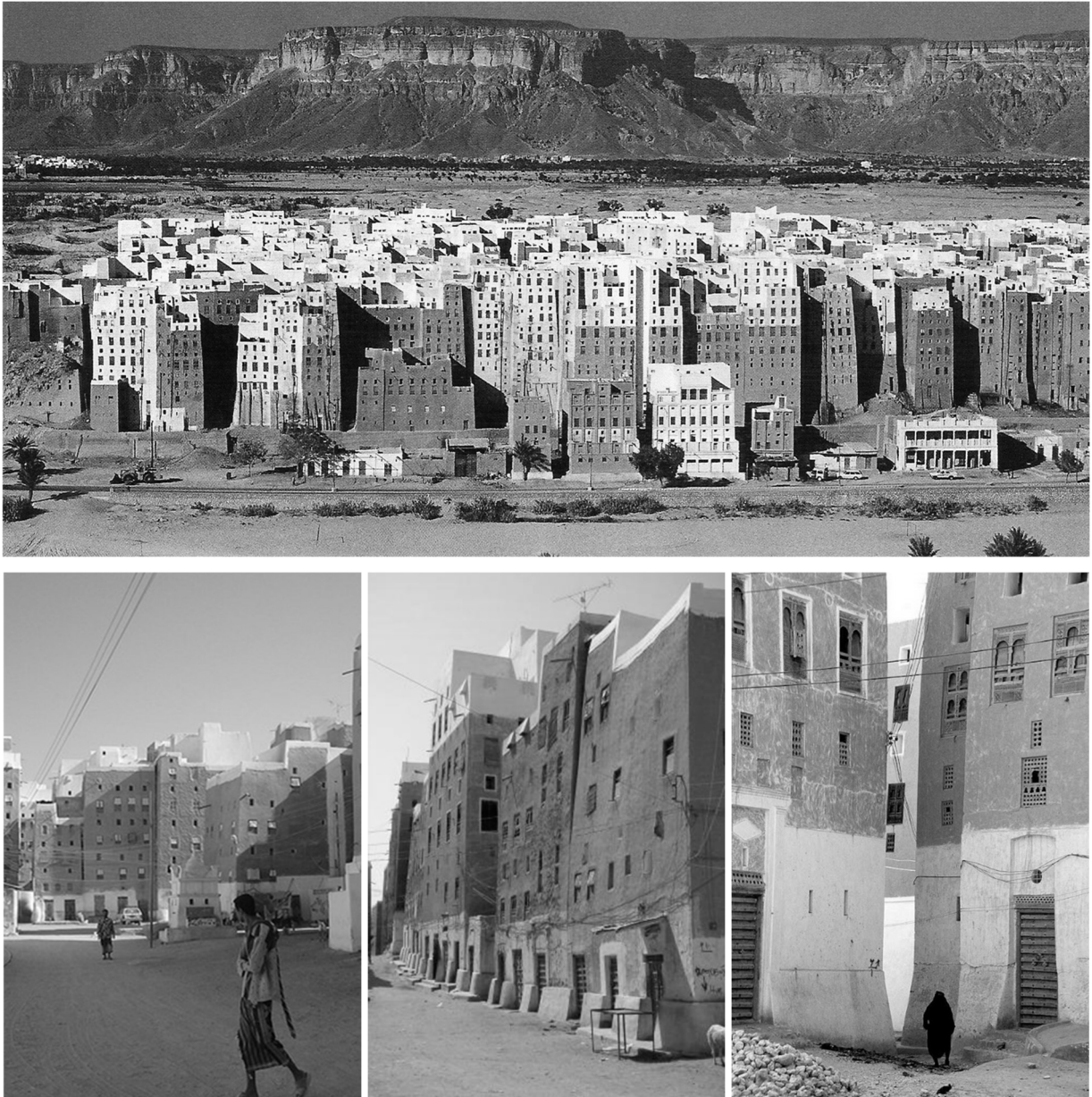


Figura 4: Construcción de edificaciones en altura en la ciudad de Shibam

Fuente: Extraída de <https://hiddenarchitecture.net/journal/>

Los sistemas de construcción tradicionales utilizan materiales y recursos naturales para lograr un equilibrio con el medio ambiente, el uso de la tierra aplicada en las diferentes técnicas como de adobe, bahareque, tapial, cob, bloque de tierra comprimida, superadobe y tabique adobillo (Minke, 2005). Siendo esta última, la técnica del tabique-adobillo que se caracteriza como una “*solución constructiva mixta*”, en la que se unen dos elementos constructivos, la tierra y la madera, generando una estructura portante (Dávila & Contreras, 2022).

2.1.2 La tierra como material sostenible ambiental

En la actualidad, en miras de mantener un medio ambiente equilibrado la Organización de las Naciones Unidas en el “*Documento final de la Cumbre Mundial 2005*” ONU (2005), señalan que la tierra como material de construcción “*debe promover el desarrollo económico, lograr la cohesión social y respetar el medio ambiente*” (ONU, 2005) . En esta línea, en los últimos años, han surgido tendencias como la arquitectura bioclimática que trata de contrarrestar los efectos de la contaminación de los materiales de construcción convencionales, por medio del uso de materiales sostenibles y ecológicos como la tierra, con lo cual, se han podido revalorizar e innovar en los procesos constructivos tradicionales.

Con la llegada de la arquitectura bioclimática, las ciudades iniciaron un período constante de reinterpretación, rediseño y evolución bajo conceptos de sostenibilidad, en donde se marca un nuevo pensamiento y un estilo de vida (Cervantes et al., 2009). Por consiguiente, se han implementado mecanismo como la bioconstrucción, con el objetivo de generar un nuevo enfoque en el diseño industrial de productos y procesos, así como la definición de estrategias que permitan construir sociedades sostenibles, es decir, el desarrollo de una construcción industrializada con materiales nobles (Cervantes, 2012). En consecuencia, la tierra es un material altamente durable y las diversas técnicas aplicadas en la construcción de edificaciones son plenamente sostenibles, permitiendo crear obras ecológicas, reversibles viéndose desde una perspectiva ambiental, económica, sociocultural y siguiendo los principios apoyados en los criterios bioclimáticos (Ghoreishi, 2011).

2.2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA

La tierra es el material de construcción natural más importante en el mundo de la arquitectura en tierra. Como se sabe, estos sistemas constructivos han ido evolucionando conforme a las necesidades del ser humano, con el fin obtener un hábitat confortable. Según, Tierno (2017) las técnicas de construcción en tierra son muy variadas: doce métodos de construcción son presentados a continuación en la “rueda de las técnicas”. Estas son clasificadas en función de la plasticidad del material tierra respecto a su aplicación en obra: seco, húmedo, plástico, viscoso o incluso líquido. (Ver Figura 5)

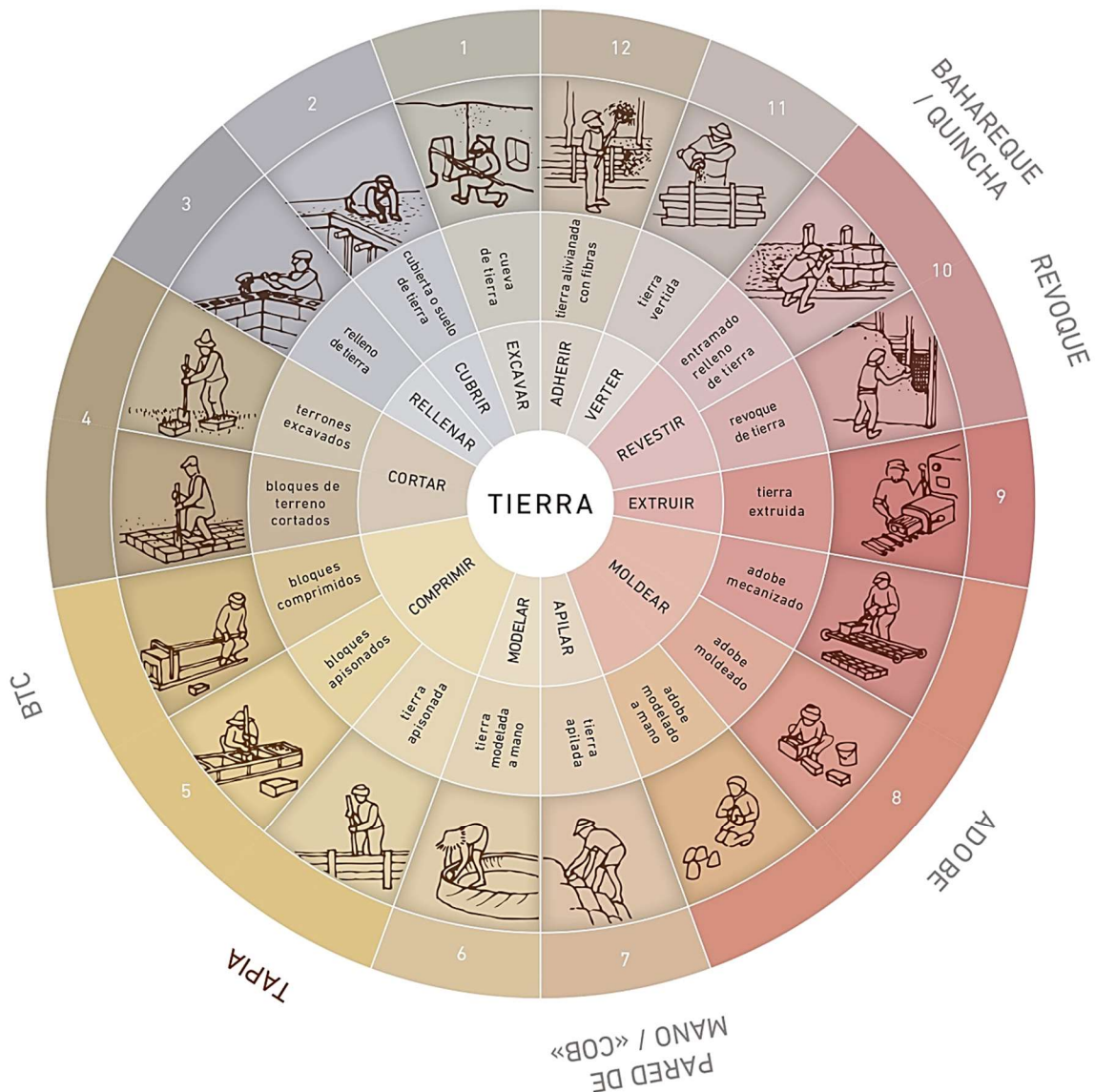


Figura 5: Rueda de las técnicas de construcción con tierra

Fuente: Extraída de (CRAterre, 1989)

2.2.1 Rueda de las técnicas de construcción en tierra

La rueda representa de manera sistemática las 12 técnicas de construcción en tierra que se ha empleado a lo largo de la historia. Estas técnicas han evolucionado de acuerdo los diferentes climas, distintos tipos de tierra, tecnología disponible y cultura tradicional (Tierno, 2017). (Ver Tabla 1)

Tabla 1 Técnicas de Construcción con Tierra

N°	Técnica	Descripción	Tipo de Plasticidad
1	Excavar	La referida técnica prevé la excavación de una o más habitaciones dentro de una colina o debajo del suelo aprovechando el propio suelo consolidado del sitio elegido.	Sólido y/o Seco
2	Cubrir	En la presente técnica la tierra cubre una estructura construida con otro material. El suelo ha sido utilizado tradicionalmente para cubrir techos en diferentes partes del mundo.	Sólido y/o Seco
3	Llenar	La mencionada técnica consiste en llenar de tierra un encofrado perdido. La tierra rellena materiales huecos empleados como envoltura.	Sólido y/o Seco
4	Cortar	Dicha técnica consiste en construir con bloques de tierra que son directamente recortados de la masa terrestre. La técnica se diferencia a segundo del tipo de tierra cortado.	Sólido y/o Seco
5	Compactar	BTC: La tierra fina y pulverizada, en estado húmedo, es comprimida dentro de prensas manuales o mecánicas. Tapia: La técnica consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra de 10 a 15 cm compactando cada una de ellas con un pisón.	Húmedo
6	Moldear	La tierra plástica es modelada con la mano para levantar muros por lo general delgados.	Plástico
7	Amontonar	Se trata de una variante pobre del adobe. Los muros se construyen con ayuda de bolas o de panes de tierra, moldeados a mano, que se colocan o amontonan en patrones de masonería, pero sin mortero.	Plástico





8	Modular	Los bloques de barro producidos a mano relleno de barro en moldes y secados al aire libre se denominan adobes.	Plástico
9	Extruir	La tierra es extruida por medio de una maquina extrusora. El equipo consiste en una sección de alimentación con dos cilindros que giran a la inversa mezclando y pasando el material a otra sección que contiene cuchillas rotatorias para mover y empujar hacia adelante el material. El material pasa por un tornillo sin fin que ejerce suficiente presión para forzar el material hacia afuera por la boquilla del extrusor.	Plástico
10	Dar forma	Esta técnica consiste en “Dar forma” a la masa de tierra. Relleno: En las viviendas de entramado tradicional, el barro se lanza en una estera de ramas, gajos, caña de bambú y se le da forma. Cob: Esferas de tierra que se lanzan sobre el muro. Aquí se compactan con los pies y se alisa la superficie exterior.	Líquido
11	Verter	La tierra vertida es como un hormigón de cemento y se trata de una tierra en estado líquido que se pone dentro de un molde y se deja secar.	Líquido
12	Aplicar	La tierra es aplicada en pequeñas capas para proteger, rellenar un soporte y permitir un acabado decorativo y ornamental. Un revoque es una capa de mortero compuesto de una mezcla de tierra fina, arena y otros aditivos, aplicados en estado viscoso sobre la superficie de un muro, tabiquería o techo.	Líquido

Fuente propia: En base a (Gatti, 2023)

2.2.2 Técnicas tradicionales con tierra

Las técnicas tradicionales con tierra son esenciales para la construcción de edificaciones, por ende, en la arquitectura, entre los más empleados está el adobe, el bahareque, el tapial y los bloques de tierra comprimida (BTC). Estos sistemas son un conjunto de técnicas, materiales y procesos que contribuye a una arquitectura sustentable que tiene afinidad con el ecosistema. (Ver Tabla 2)

Tabla 2 Técnicas tradicionales con tierra

Técnica Constructiva	Descripción	Fotografía
Adobe	Fabricación de pequeños elementos individuales (ladrillos, bloques o similares), que se unen con mortero para realizar una obra de fábrica.	
Bahareque	Recubrimiento o relleno de tierra en una estructura de un material diferente. En este caso, la tierra no es portante y la solidez del edificio depende principalmente de la estructura portante.	
Tapial	Amasado de la tierra y moldeo de muros de una pieza, dando lugar a una construcción monolítica.	
Bloques de tierra comprimido	Son ladrillos que se obtiene a través del prensado y tiene un índice bajo absorción de agua.	

Fuente propia: En base a (Siguenza, 2014)

2.3 ADOBE COMO MATERIAL

Según, Norma E.080 (2017) define al adobe como *“Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad”*, es decir, es un elemento compacto que está elaborado a base de la mezcla de tierra, agua y con el objetivo de mejorar sus propiedades. (Ver Figura 6)



Figura 6: Uso del adobe en la construcción en Jalapa, Nicaragua

Fuente: Extraída de <https://www.proserpiophotography.com/>

2.3.1 Composición del adobe

Al adobe, tradicionalmente es un material de construcción caracterizado por su elaboración a mano, este material está compuesto por tierra (arcilla y agregados como la arena y grava), fibras naturales y agua (Carazas & Rivero, 2002). (Ver Tabla 3)



Fuente propia: En base a (Carazas & Rivero, 2002).

Tabla 3 Composición del adobe

Componente	Descripción
Tierra	Material de construcción compuesto de cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa.
Arcilla	Está compuesta por minerales arcillosos que en contacto con el agua permite su amasado hasta formar el barro. Esta mezcla puede proveer la capacidad aglutinante y resistencia a la compresión. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm).
Limos	Es un material componente inerte con diámetro de las partículas comprendidos entre los 0.002 mm y 0.08 mm.
Arena y grava	La arena, constituido por partículas de entre 0.08 mm y 0.50 mm) y la grava entre 0.6 mm y 4.75 mm, son partículas inertes, sin cohesión y de alta resistencia que dan al adobe su capacidad portante.
Agua	Permite la integración de las partículas de la tierra proporcionando una mejor trabajabilidad a la mezcla para la construcción de adobes.
Fibras naturales	Materiales naturales como la paja y la arena gruesa, que controlan las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido.

Fuente propia: En base a (Norma E.080, 2017) & (Carazas & Rivero, 2002).

Las características físicas y mecánicas de un adobe entre otros factores dependerán de la dosificación de sus componentes, para ello existen varias composiciones granulométricas de la tierra adecuada para la fabricación de adobe. (Ver Tabla 4)

Tabla 4 Composición granulométrica de la tierra

Autores	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)
Barrios et al (1987)	35-45		55-65
Houben & Guillaud (1994)	5-29		
Graham Mc Henry (1996)	15-25		
Carazas Aedo (2002)	1 volumen de tierra arcillosa: 2 volúmenes de tierra arenosa		
HB 195 (2002)	10 - 40	10 - 30	30-75 (arena y grava)
Norma E.080 (2000)	10 - 20	15 - 25	55 - 70
Proyecto Hornero (2007)	50% de tierra arcillosa: 50 % de tierra arenosa		

Fuente propia: En base a (Neves & Borges, 2011)

2.3.2 Proceso de fabricación del adobe

Al adobe, es la mezcla de la tierra, agua y fibras vegetales (paja), para controlar las fisuras por retracción, este procedimiento generalmente se realiza a mano. (Ver Figura 7) El proceso de fabricación del adobe consiste en 3 fases la primera, el mezclado, después el moldeado y finalmente el secado y almacenamiento. (Aedo, 2002). (Ver Figura 8)



Figura 7: Fases del proceso de producción del adobe

Fuente: Extraída de <https://www.archilovers.com/>

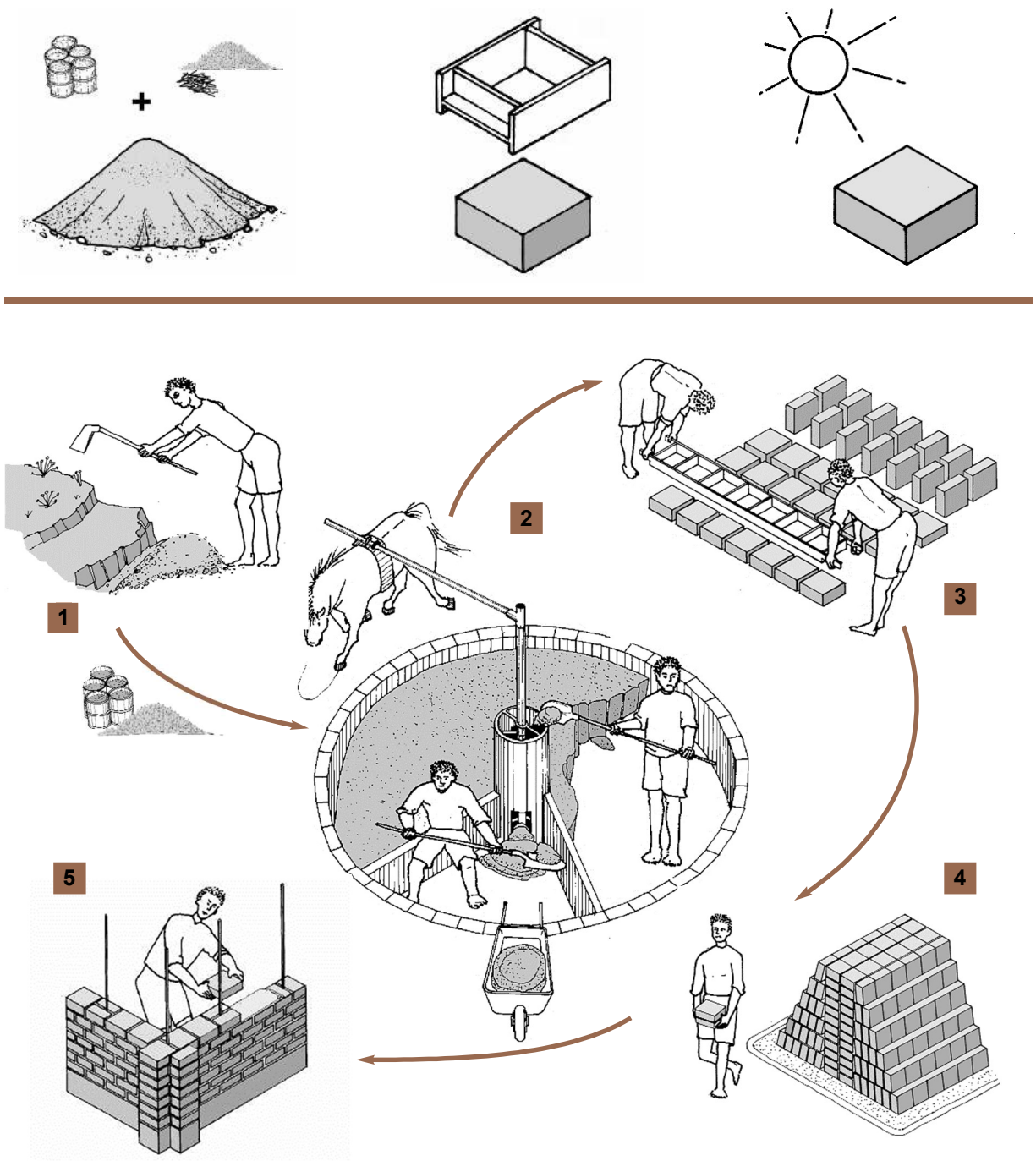


Figura 8: Proceso de fabricación del adobe

Fuente: Extraída de (Aedo, 2002)

a. Mezclado

La fabricación de adobes se inicia retirando de la tierra los áridos mayores a 2 cm. Se recomienda colarlo con zaranda N° 4; luego se debe calcular adecuadamente la cantidad de agua, batirlo, hasta forma el barro (Sotomayor, 2018). A ese barro se incorpora la paja, se realiza un primer y segundo

batido al cual se cubre y se deja reposar el barro, luego se bate nuevamente, esto permite una mayor integración y distribución del agua entre las partículas de arcilla para activar sus propiedades cohesivas (Peña, 2014). (Ver Figura 9)

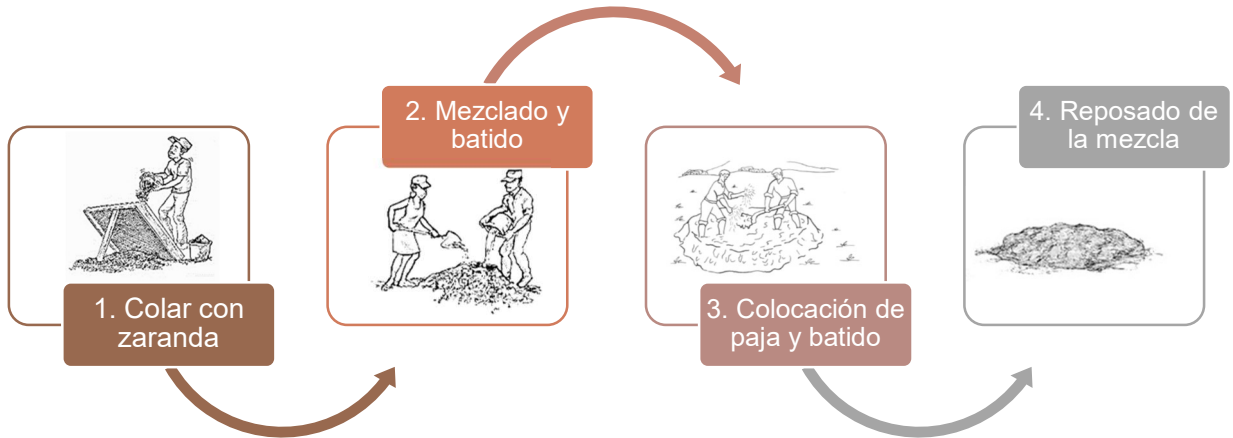


Figura 9: Proceso de mezclado

Fuente propia: En base a (Peña, 2014)

b. *Moldeado de adobes*

Una vez listo el barro se coloca en moldes limpios y humedecidos para desmoldar con facilidad, los moldes deben estar asentados en el suelo plano y limpio, luego se forma una bola con la mezcla y se la tira con fuerza al molde. Después, se rellena el molde, se compacta bien y se lo empareja con una madera mojada y finalmente se desencofra con cuidado, evitando que se deforme y se lo coloca sobre una superficie plana (Sotomayor, 2018). (Ver Figura 10)

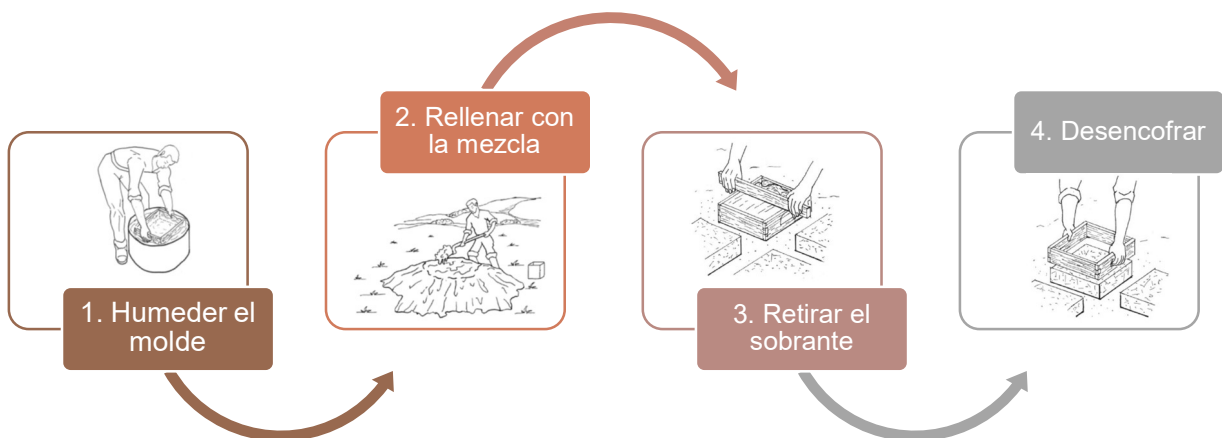


Figura 10: Proceso de moldeado de adobes

Fuente propia: En base a (Peña, 2014)

c. Secado y almacenamiento

Una vez desmoldado el adobe, se procede a su secado entre 20 a 40 días bajo cubierta evitando el sol directo para que no se produzca grietas. Después de unos 10 días, los adobes pueden ser apilados de canto procurando estibarlos adecuadamente para evitar pérdidas; los adobes deben seguir cubiertos y protegidos, se sugiere cubrirlos con plásticos en caso de lluvia. (Ver Figura 11)

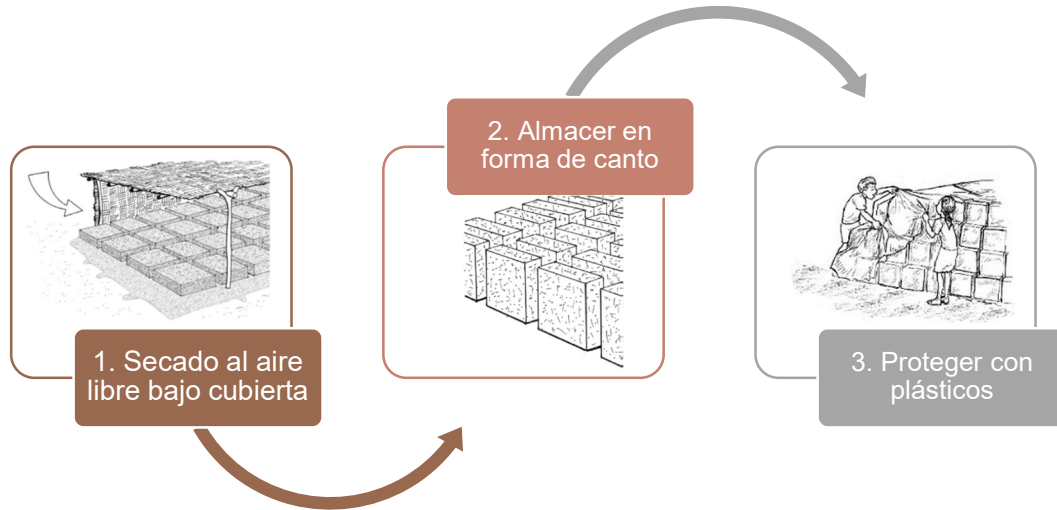


Figura 11: Proceso de secado y almacenamiento

Fuente propia: En base a (Peña, 2014)

2.3.3 Propiedades del adobe

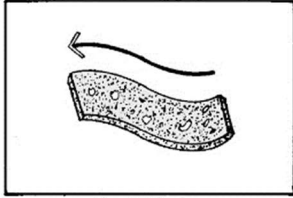
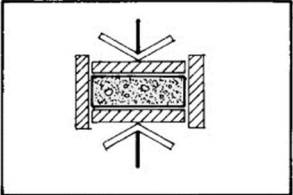
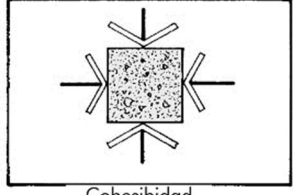
La tierra está constituida por diferentes partículas que pueden agruparse de acuerdo con sus componentes de varias dimensiones, los cuales juegan un papel importante en su comportamiento. (Ver Figura 12) Entre las propiedades, se encuentra la plasticidad, compactibilidad y cohesión. (Ver Tabla 5)



Figura 12: Ejemplos de propiedades del adobe

Fuente: Extraída de <https://www.archaeologysouthwest.org>

Tabla 5 Propiedades del adobe

Propiedades	Descripción	Representación Gráfica
Plasticidad	<p>Permite moldear ciertos suelos aplicando fuerzas externas y mantener las formas adquiridas, es decir, se deforman de manera permanente sin romperse. Según la cantidad del agua que contiene, la tierra puede comportarse como un líquido, como un sólido, como una sustancia viscosa o plástica</p>	 <p>Plasticidad</p>
Compactabilidad	<p>La compactabilidad de un suelo define su máxima capacidad para compactarse, ya que es un proceso de estabilización mecánico del suelo que mejora sus propiedades.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ embebida en agua: se constituye una masa plástica ▪ compactada: según el grado de humedad y fuerza de compactación, la tierra reduce su porosidad. 	 <p>Compactabilidad</p>
Cohesión	<p>La cohesión de un suelo es una expresión de la capacidad de sus granos para permanecer juntos cuando se aplica un esfuerzo de tracción sobre el material. La cohesión depende de las propiedades adhesivas o de cementación del mortero que une los granos entre sí.</p>	 <p>Cohesividad</p>

Fuente propia: En base a (Calderón, 2021) & (Carazas & Rivero, 2002).

2.3.4 Tipos de adobe

Los tipos de adobe se clasifican dependiendo el tipo de suelo y a las modificaciones que se le hagan a éste para la fabricación, estos varían según su forma, medidas, composición y método de elaboración (Alday, 2014). Estos se dividen en tres grupos detallados a continuación. (Ver Tabla 6)

Tabla 6 Tipos de adobe

Tipo de Adobe	Descripción
Adobe Compactado	Se da por medio de la compactación, generalmente al compactar el adobe tradicional este efecto hace que disminuya la porosidad de todo el bloque de adobe, mejorando su densidad, incrementando su resistencia mecánica y obteniendo un material más homogéneo.
Adobe Estabilizado	Es un adobe al que se le ha incorporado otros materiales con el único fin de mejorar sus propiedades, es decir, sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad.
Adobe no estabilizado	Se fabrican de forma tradicional, cuya elaboración es a mano y el proceso de secado natural al sol.

Fuente propia: En base a (Alday, 2014)

2.3.5 Estabilizadores en el adobe

Un estabilizante es un material que va a permitir mejorar sus propiedades de resistencia y de comportamiento, para lograrlo existen varios métodos de estabilización de la tierra como físico, químico, mecánico y orgánico, (Toure et al., 2017).

a. Origen de los estabilizadores

Los siguientes materiales estabilizadores de tierra están clasificados de acuerdo a su origen, a continuación se enumeraran los estabilizadores más comunes (Penadés, 2015). (Ver Tabla 7)

Tabla 7 Origen de los estabilizadores

Origen	Ejemplos
Mineral	Cemento, Cal, Yeso, Productos puzolánicos
Sintético	Resinas acrílicas, Resinas epoxi, Productos asfálticos, Silicato de sodio,
Fibras naturales	Cabuya, Cascara de arroz, Aserrín, Viruta

Fuente propia: En base a (Ruvalcaba, 2023)

b. Tipo de estabilizadores de la tierra

Con la estabilización de la tierra se mejora las características físicas y mecánicas y le otorga nuevas propiedades, asegurando la permanencia del material a lo largo del tiempo. Existen tres métodos para la estabilización de la tierra: estabilización física, estabilización mecánica, estabilización química (Muntohar, 2011). (Ver Tabla 8)

Los estabilizadores físicos, generalmente son los más usados dentro del sector de la construcción en tierra, ya que por su composición granulométrica su comportamiento es óptimo, resaltando así sus características técnicas. (Ver Figura 13)



Figura 13: Estabilizadores físicos

Fuente: Extraída de <https://www.pinterest.es/>

Tabla 8 Tipo de estabilizadores de la tierra

Tipo de Estabilizador	Descripción	Método
Química	Busca modificar la estructura granular, por lo que estos hacen es aumentar la cohesión, disminuye la excesiva plasticidad y la permeabilidad.	Adición de aditivos, minerales, sintéticos, puzolánicos, polímeros.
Física	Busca mejorar las propiedades físicas de la tierra, esto se puede dar por granulometría o por fibras.	Incrementar la cohesión Incrementar la resistencia a la compresión
Mecánica	Es una acción mecánica que consiste en aumentar la compacidad del material, esta puede ser, dinámica o mixta	Prensado de la tierra Vibrado de la tierra

Fuente propia: En base a (Norma Española UNE 41410, 2008)

2.4 RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN RCD – ESTABILIZADOR

Los residuos de construcción y demolición (RCD), como su nombre lo indica son residuos de la naturaleza fundamentalmente inerte generados en obras de excavación, nueva construcción, reparación, remodelación, rehabilitación y demolición de cualquier tipo de obra, sea esta, pública o privada (Pacheco & Fuentes, 2011). (Ver Figura 14)



Figura 14: Ejemplos de RCD en la construcción

Fuente: Extraída de <https://www.gregorypoole.com>

2.4.1 Clasificación de RCD

Los residuos de construcción y demolición deben someterse a un proceso de gestión y valorización de acuerdo con su clasificación y organización (Ghaffar et al., 2020). Se dividen en dos niveles, el Nivel I Origen, corresponde a los excedentes de excavación y movimientos de tierras; el Nivel II Naturaleza, corresponde a las actividades generadas en el sector de la construcción, demolición, reparación, entre otros (Santos Marián et al., 2011). (Ver Tabla 9)

Tabla 9 Clasificación de residuos de construcción y demolición RCD

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
RCD Aprovechables	Residuos mezclados	Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales no pasantes al tamiz # 200
	Residuos de material fino	Residuos finos no expansivos	Arcilla, limos y residuos inertes que sobrepasen el tamiz # 200
		Residuos finos expansivos	Arcillas y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200
	Otros residuos	Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, papel, siliconas, vidrios, cauchos
		Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio
		Residuos orgánicos	Residuos de tierra negra
		Residuos orgánicos vegetales	Residuos vegetales y otras especies bióticas
RCD No Aprovechable	Residuos peligrosos	Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos y patógenos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes
	Residuos especiales	No definida	Poliestireno, icopor, cartón, yeso (drywall)
	Residuos contaminados con otros residuos	Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos
		No definida	Residuos contaminados con otros residuos que hayan perdido las características propias de su aprovechamiento
Otros	Otros residuos	No definida	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reúso en obras

Fuente propia: En base a (Pacheco & Fuentes, 2011)

2.4.2 Modelo de gestión actual de los RCD en Cuenca

La industria de la construcción es una actividad de gran importancia en todos los países a tal punto que es el responsable del 75% del consumo de los recursos naturales de la tierra y sus residuos el 50%. Los RCD generados están compuestos de varios elementos como ladrillos, hormigón, yeso, metales, vidrio, plástico y madera entre otros (Cueva et al., 2022). (Ver Figura 15)

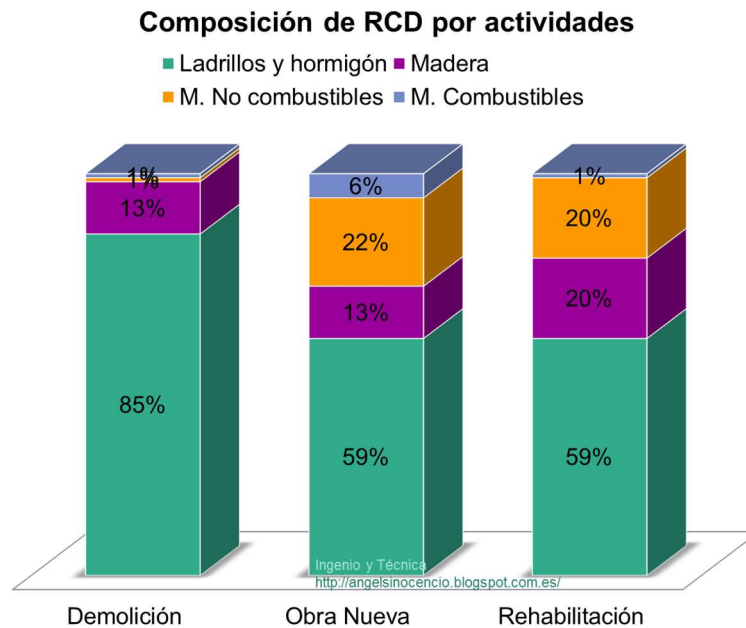
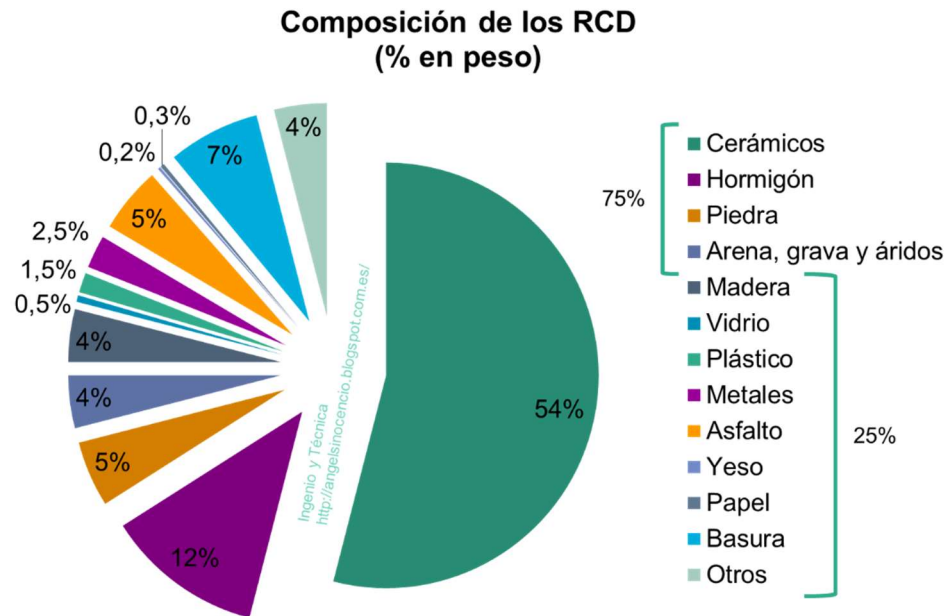


Figura 15: Composición de los residuos de construcción y demolición

Fuente: Extraída de <https://angelsinocencio.com/>

La ciudad de Cuenca es una de las ciudades que cuenta con varias constructoras que son de gran importancia y a su vez son grandes generadoras de residuos. Desde 2003, EMAC EP ha venido trabajando en varios proyectos para la disposición final de los residuos y desechos de construcción que se generan, manejados de forma técnica y segura, para evitar impactos como: (Ver Figura 16)

- Alteración a las orillas de ríos y quebradas.
- Taponamiento de quebradas y/o reducción de la sección de ríos.
- Alteración de la calidad de agua de los ríos, lo que perjudica a la flora y fauna.
- Deslizamiento de mazas.
- Desalojo indiscriminado de escombros en sitios no autorizados que pueden ocasionar daños ambientales y/o edificaciones.



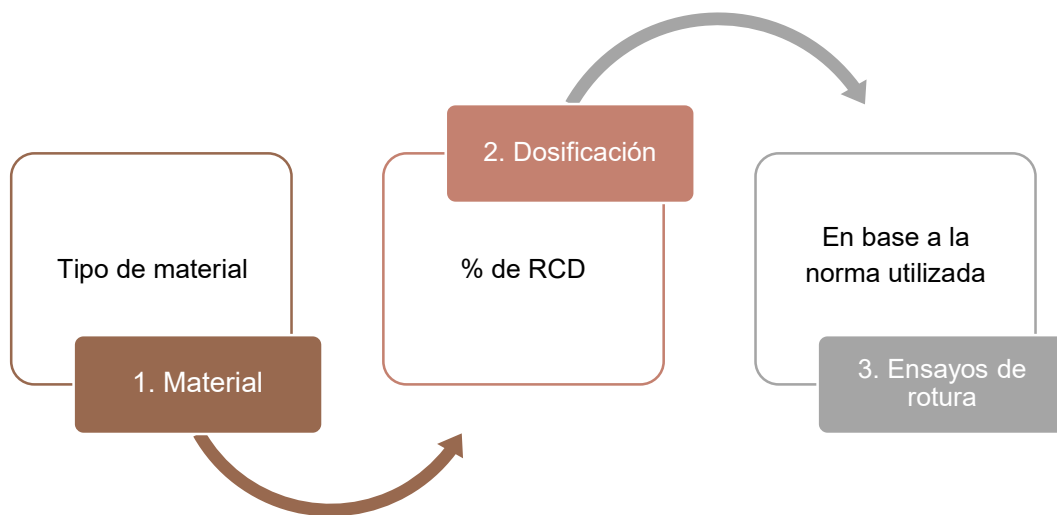
Figura 16: Escombrera Municipal de Cuenca

Fuente: Extraída de <https://emac.gob.ec/>

2.5 CASOS REFERENTES DE ESTUDIO

Los sistemas constructivos ancestrales son métodos de vital importancia en donde utilizan la tierra como uno de los principales materiales de construcción, que con el pasar de los años nos han permitido entender los conocimientos sobre las construcciones y como están han ido mejorando.

Por ello, es necesario conocer y analizar casos en donde el adobe ha sido mejorado con la adición de residuos de la construcción y demolición RCD como estabilizador, para determinar los parámetros a ser investigados como el **material, la dosificación y ensayos de rotura**. Esto conllevará a seguir un proceso para la elaboración de la propuesta, contribuyendo así, a la sostenibilidad y al aprovechamiento de la tierra como materia prima.



A continuación, después de una recopilación de información sobre esta investigación, se identificaron los siguientes casos referentes a nivel mundial y a nivel local.

Nivel mundial

- *“Análisis de las Propiedades físico-mecánicas del adobe estabilizado con fibras sintéticas de polipropileno y con RCD, Chulucanas 2021”*
- *“Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020”*
- *“Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional”*

Nivel Local

- *“Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador”*

2.5.1 Caso referente 1

Aponte & Rivas (2021), en su investigación titulada **“Análisis de las Propiedades físico-mecánicas del adobe estabilizado con fibras sintéticas de polipropileno y con RCD, Chulucanas 2021”**, publicado por la Universidad Cesar Vallejo, se han planteado como objetivo general, el determinar el análisis de las propiedades físico-mecánicas del adobe estabilizado con fibras sintéticas de polipropileno y con RCD, dependiendo los tipos de suelo con los que cuenta Chulucanas. La metodología empleada por los autores fue de carácter experimental, cuantitativo. Como resultados primeramente presentó que los ensayos de laboratorio para su clasificación del suelo cumplen con los parámetros establecido en la Norma E-0.80. También, que los adobes de dimensiones 10 x 10 x 10 cm, con agregados de RCD muestran coeficientes superiores en las diferentes dosificaciones. (Ver Figura 18)

En el **ensayo a la compresión** con un 0% de RCD, su primera muestra N°01, obtuvo una resistencia 18.99 Kg/cm²; con el 5% llegó a 19.51 Kg/cm²; con el 10% llegó a 20.97 Kg/cm²; con el 15% llegó a 24.03 Kg/cm². Con su muestra N°02, con un 0% obtuvo una resistencia 12.07 Kg/cm²; con el 5% llegó a 12.85 Kg/cm²; con el 10% llegó a 13.98 Kg/cm²; con el 15% llegó a 16.64 Kg/cm².

En el **ensayo de tracción indirecta por compresión diametral** con un 0% de RCD, su primera muestra N°01, obtuvo una resistencia 3.76 Kg/cm²; con el 5% llegó a 4.22 Kg/cm²; con el 10% llegó a 4.37 Kg/cm²; con el 15% llegó a 4.62 Kg/cm². Con su muestra N°02, con un 0% obtuvo una resistencia 3.64 Kg/cm²; con el 5% llegó a 4.18 Kg/cm²; con el 10% llegó a 4.22 Kg/cm²; con el 15% llegó a 4.56 Kg/cm².

En el **ensayo de la resistencia del mortero a la tracción indirecta** con un 0% de RCD, su primera muestra N°01, obtuvo una resistencia 0.95 Kg/cm²; con el 5% llegó a 1.06 Kg/cm²; con el 10% llegó a 1.25 Kg/cm²; con el 15% llegó a 1.49 Kg/cm². Con su muestra N°02, con un 0% obtuvo 0.808 Kg/cm²; con el 5% llegó a 0.987 Kg/cm²; con el 10% llegó a 1.137 Kg/cm²; con el 15% llegó a 1.370 Kg/cm².



Figura 18: Registro fotográfico del caso referente 1

Fuente: Extraída de (Aponte & Rivas, 2021)

2.5.2 Caso referente 2

Mejía (2018), en su investigación titulada **“Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador”**, publicado por la Universidad de Cuenca, se ha planteado como objetivo general, el elaborar un prototipo de Bloque de Tierra Comprimida (BTC) con suelos de la ciudad de Saraguro, provincia de Loja, con agregados de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), en sustitución de agregados vírgenes, que cumplan los requerimientos y estándares mecánicos para su utilización como mampuestos. La metodología empleada por el autor fue de carácter experimental, cuantitativo. Como resultados primeramente presentó que los ensayos de laboratorio para su clasificación del suelo cumplen con los parámetros establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 5324, ASSHTO, y ASTM C34. También, que los adobes de dimensiones 14 x 29 x 7cm, con agregados de RCD muestran coeficientes superiores en las diferentes dosificaciones. (Ver Figura 19)

En el **ensayo a la compresión** con un 45% de RCD, obtuvo una resistencia media de 7.91MPa; con el 50% llego a 8.12MPa; con el 60% llego a 5.95 MPa; con el 70% llego a 8.03 MPa; superiores a la que exige la norma ASTM C34 que es de 3.24 MPa en el ensayo a la compresión.

En el **ensayo a la abrasión**, las dosificaciones con el 70% de RCD son superiores llegando valores de 66.25 cm²/g a diferencia de los bloques que emplean arena tradicional cuyos valores varían entre 16.56 cm²/g y 27.17 cm²/g; siendo los bloques que tienen mejor comportamiento aquellos que contienen el 70% de RCD.

En el **ensayo de capilaridad**, obtuvieron como resultado que aquellos adobes que tienen el 45% y 50% de RCD de agregados presentaron un coeficiente de capilaridad entre 20 y 25, teniendo como dictamen poca capilaridad.



Figura 19: Registro fotográfico del caso referente 2

Fuente: Extraída de (Mejía, 2018)

2.5.3 Caso referente 3

Sernaque (2020), en su investigación titulada **“Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020”**, publicado por la Universidad César Vallejo, se ha planteado como objetivo general, el elaborar un bloque de tierra comprimido (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. La metodología empleada por el autor fue de carácter experimental, cuantitativo. Como resultados primeramente presentó que los ensayos de laboratorio para su clasificación del suelo cumplen con los parámetros establecido en la Norma E-0.80, ASSHTO. También, que los adobes de dimensiones 24.8 x 12.3 x 7 cm, con agregados de RCD muestran coeficientes superiores en las diferentes dosificaciones. (Ver Figura 20)

En el **ensayo a la compresión** con un 45% de RCD, obtuvo una resistencia 25 Kg/cm²; con el 50% llego a 46 Kg/cm²; con el 65% llego a 52 Kg/cm².

En el **ensayo a la absorción** con un 45% de RCD, el peso saturado fue de 3 686.67 gr y su peso seco de 3 453.33 gr dando como resultado un % 6.75 de absorción; con un 50% de RCD, el peso saturado fue de 3 686.67 gr y su peso seco de 3 473.33 gr dando como resultado un % 6.16 de absorción; y con un 65% de RCD, el peso saturado fue de 3 681.67gr y su peso seco de 3 486.67 gr dando como resultado un % 5.59 de absorción.



Figura 20: Registro fotográfico del caso referente 3

Fuente: Extraída de (Sernaque, 2020)

2.5.4 Caso referente 4

Vásquez et al. (2015), en su investigación titulada **“Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional”**, publicado por la Universidad EAFIT, se ha planteado como objetivo general, fue plantear una alternativa para contribuir en el camino hacia el reciclaje, fabricación, uso, reciclaje, para disminuir la extracción de materiales utilizando residuos que provienen de la construcción y demolición (RCD) en la fabricación del BTC. La metodología empleada por el autor fue de carácter experimental. (Ver Figura 21)

Como resultados primeramente presentó que los requerimientos físicos y mecánicos cumplen con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana. También, que los adobes de dimensiones 14 x 29 x 7cm, con agregados de RCD muestran coeficientes superiores en las diferentes dosificaciones.

En el **ensayo a la compresión** con un 50% de RCD, obtuvo una resistencia 3.69MPa; con el 60% llegó a 4.24MPa; con el 70% llegó a 5.74MPa.

En el **ensayo de abrasión** con un 50% de RCD, obtuvo un coeficiente de 14.80 cm²/g; con el 60% llegó a 16.20 cm²/g; con el 70% llegó a 31.73 cm²/g.

En el **ensayo de capilaridad**, obtuvieron como resultado que aquellos adobes que tienen el 70% de RCD de agregados presentaron un coeficiente de capilaridad entre 30 y 35, teniendo como dictamen poca capilaridad.

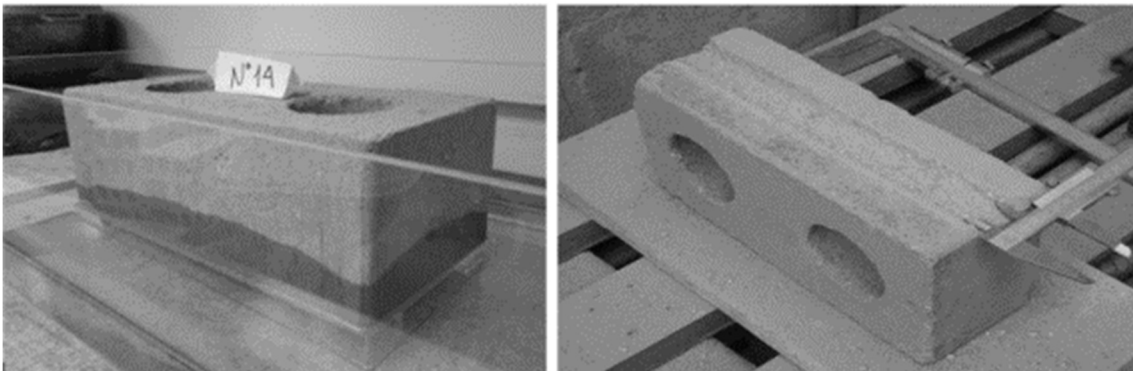


Figura 21: Registro fotográfico del caso referente 4

Fuente: Extraída de (Sernaque, 2020)

2.5.5 Cuadro resumen de ensayos físicos – mecánicos de los casos de estudio

Los adobes sometidos a los **ensayos de compresión** a los 28 días de su fabricación, a continuación, se mostrarán los resultados de los casos referentes visto anteriormente. La normativa técnica para bloques de tierra comprimida en Colombia y Brasil establece como resistencia mínima 2 MPa y en Perú la normativa de tierra reforzada establece como valor mínimo 1 MPa. (Ver Tabla 10)

Tabla 10 Análisis de ensayos de compresión de los referentes

Caso Referente	Análisis de ensayos de compresión	Observación
Caso 1: Aponte & Rivas (2021)	Con un 5 % RCD llego a 19.51 Kg/cm ² = 1.91 MPa Con un 10 % RCD llego a 20.97 Kg/cm ² = 2.05 MPa Con un 15 % RCD llego a 24.03 Kg/cm ² = 2.35 MPa	Cumple Cumple Cumple
Caso 2: Mejía (2018)	Con un 45 % RCD llego a 7.91 MPa Con un 50 % RCD llego a 8.12 MPa Con un 60 % RCD llego a 5.95 MPa Con un 70 % RCD llego a 8.03 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Caso 3: Sernaque (2020)	Con un 45 % RCD llego a 25 Kg/cm ² = 2.45 MPa Con un 50 % RCD llego a 46 Kg/cm ² = 4.51 MPa Con un 65 % RCD llego a 52 Kg/cm ² = 5.09 MPa	Cumple Cumple Cumple
Caso 4: Vásquez et al.(2015)	Con un 50 % RCD llego a 3.69 MPa Con un 60 % RCD llego a 4.24 MPa Con un 70 % RCD llego a 5.74 MPa	Cumple Cumple Cumple

Fuente: (Autores, 2024)

Los adobes sometidos al **ensayo de tracción indirecta por compresión diametral** a los 28 días de su fabricación, a continuación, se mostrarán los resultados de los casos referentes visto anteriormente. La normativa técnica E-0.80 establece como resistencia ultima 0.14 MPa = 1.42 Kg/cm². (Ver Tabla 11)

Tabla 11 Análisis de ensayos de tracción indirecta por compresión diametral de los referentes

Caso Referente	Análisis de ensayos de tracción indirecta por compresión diametral	Observación
Caso 1: Aponte & Rivas (2021)	Con un 5 % RCD llego a 4.22 Kg/cm ² Con un 10 % RCD llego a 4.37 Kg/cm ² Con un 15 % RCD llego a 4.62 Kg/cm ²	Cumple
Caso 2: Mejía (2018)	-----	-----
Caso 3: Sernaque (2020)	-----	-----
Caso 4: Vásquez et al.(2015)	-----	-----

Fuente: (Autores, 2024)

Los adobes sometidos al **ensayo de la resistencia del mortero a la tracción indirecta** a los 28 días de su fabricación, a continuación, se mostrarán los resultados de los casos referentes visto anteriormente. La normativa técnica E-0.80 establece como resistencia última 0.012 MPa = 0.12 Kg/cm². (Ver Tabla 12)

Tabla 12 Análisis de ensayos de la resistencia del mortero a la tracción indirecta de los referentes

Caso Referente	Análisis de ensayos de la resistencia del mortero a la tracción indirecta	Observación
Caso 1: Aponte & Rivas (2021)	Con un 5 % RCD llego a 1.06 Kg/cm ² Con un 10 % RCD llego a 1.25 Kg/cm ² Con un 15 % RCD llego a 1.49 Kg/cm ²	Cumple
Caso 2: Mejía (2018)	-----	-----
Caso 3: Sernaque (2020)	-----	-----
Caso 4: Vásquez et al.(2015)	-----	-----

La normativa Colombiana NTC 5324 no considera el ensayo de absorción por sumersión para BTC sin embargo considera el ensayo de absorción de agua por capilaridad para bloques utilizados en muros exteriores, categorizándolas según el coeficiente C_b: Bloques débilmente capilares: C_b ≤ 20 y Bloques poco capilares: C_b ≤ 40. (Ver Tabla 13)

Tabla 13 Análisis de ensayos de capilaridad de los referentes

Caso Referente	Análisis de ensayos de capilaridad	Observación
Caso 1: Aponte & Rivas (2021)	-----	-----
Caso 2: Mejía (2018)	Los adobes que contienen el 45% y 50% de RCD, nos indican que los coeficientes de capilaridad están entre 20 y 25 respectivamente, indicando que tienen menor absorción.	Dictamen poca capilaridad
Caso 3: Sernaque (2020)	-----	-----
Caso 4: Vásquez et al.(2015)	El estabilizante constituyó el 5% de la mezcla, con esta dosificación se observa que sin la incorporación de RCD las unidades no tienen clasificación ya que supera el 40% a excepción de la muestra que contiene 35% de suelo y 60% de arena dando un 23.82%, con la incorporación de RCD reducen el índice de capilaridad con excepción de la muestra que contiene 60% que está por encima de todas	Dictamen poca capilaridad

Fuente: (Autores, 2024)

Los adobes sometidos al **ensayo de abrasión** deben lograr un curado continuo de 7 días posteriores a la fabricación y 28 días determinar su resistencia, según dicta la norma. En lo referente al coeficiente de abrasión (Ca), cabe mencionar que en la Norma Técnica Colombiana NTC 5324 solo es contemplado el caso de bloques macizos. El coeficiente de abrasión mínima Ca (cm²/g): (Ver Tabla 14)

- BSC 20 = 2
- BSC 40 = 5
- BSC 60 = 7

Tabla 14 Análisis de ensayos de abrasión de los referentes

Caso Referente	Análisis de ensayos de abrasión	Observación
Caso 1: Aponte & Rivas (2021)	-----	-----
Caso 2: Mejía (2018)	Con un 70 % RCD llego a 66.25 cm ² /g	Supera por mucho los coeficientes para ser catalogados como BSC 60
Caso 3: Sernaque (2020)	-----	-----
Caso 4: Vásquez et al. (2015)	Con un 50 % RCD llego a 14.80 cm ² /g Con un 60 % RCD llego a 16.20 cm ² /g Con un 70 % RCD llego a 31,73 cm ² /g	Supera por mucho los coeficientes para ser catalogados como BSC 60

Fuente: (Autores, 2024)

Los adobes sometidos al **ensayo de absorción** deben alcanzar un estado de saturación de 24 horas de inmersión en agua. La normativa técnica E-0.80 establece que los valores estén por % absorción ≤ 22%. (Ver Tabla 15)

Tabla 15 Análisis de ensayos de absorción de los referentes

Caso Referente	Análisis de ensayos de absorción	Observación
Caso 1: Aponte & Rivas (2021)	-----	-----
Caso 2: Mejía (2018)	-----	-----
Caso 3: Sernaque (2020)	Con un 45 % RCD llego a % 6.75 Con un 50 % RCD llego a % 6.16 Con un 65 % RCD llego a % 5.59	Cumple, ya que los porcentajes son menores al 22%
Caso 4: Vásquez et al. (2015)	-----	-----

Fuente: (Autores, 2024)

2.6 NORMATIVA

La normativa adaptada para la presente investigación es la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada y el Reglamento Nacional de Construcciones de la Norma Técnica de Edificación NTE E-0.80. Estas como su nombre indica norma los diversos sistemas constructivos que se pueden usar en el país.

Dentro de la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, se establece los siguientes puntos respecto a las construcciones en tierra:

- Disposiciones generales
- Consideraciones generales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada
- Construcción de edificaciones de tapial reforzado
- Construcción de edificaciones de adobe reforzado
- Obras patrimoniales en tierra

Dentro del Reglamento Nacional de Construcciones de la Norma Técnica de Edificación NTE E-0.80, se establece los siguientes puntos con respecto a las construcciones en tierra:

- Alcance
- Requisitos generales
- Definiciones
- Unidad bloque de adobe
- Comportamiento sísmico de las construcciones de adobe
- Sistema estructural
- Morteros
- Esfuerzos admisibles
- Diseño de muros

Los requisitos adoptados para la presente investigación son para determinar las propiedades físico – mecánicas son las siguientes:

Requisitos Generales

Granulometría			
Tipo de Construcción	Dosificación granulométrica		
	% Arcilla	% Limo	% Arena
Adobe	10-20	15-25	55-70

Fuente propia: En base a (Reglamento Nacional de Construcciones, 2000)

Calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe

Forma y dimensiones
<ul style="list-style-type: none">▪ Los adobes podrán ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros con ángulos diferentes de 90°, de formas especiales.▪ El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso.▪ El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho.▪ La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.

Fuente propia: En base a (Reglamento Nacional de Construcciones, 2000)

Esfuerzos de rotura mínimos

Ensayos de laboratorio	
Ensayo	Descripción
Ensayo de resistencia a la compresión	<ul style="list-style-type: none">a) La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.b) La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente: $2 \text{ fo } 1.0 \text{MPa } 10.2 \text{ kgf / cm}$c) Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.
Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta por Compresión Diametral	<ul style="list-style-type: none">a) La resistencia se debe medir mediante el ensayo brasileño de tracción, en cilindros de 6" x 12" o 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo.b) La resistencia última es de $0.08 \text{MPa} = 0.81 \text{ kgf/cm}^2$.c) Las muestras deben tener humedad inicial de 20 % a 25 % para control de adobes y 10 % a 15 % para control de tapial, y un secado cubierto de sol y viento de 28 días, debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada

Fuente propia: En base a (Norma E.080, 2017)



03

- 3.1 DETERMINACIÓN DE MATERIALES
- 3.2 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO
- 3.3 DOSIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE MUESTRAS
- 3.4 PRUEBAS DE LABORATORIO



CAPÍTULO III

En el presente capítulo se determinarán los esfuerzos de rotura mínimo según la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, estos son: ensayo de la resistencia a la compresión y el ensayo de resistencia a la tracción Indirecta por compresión diametral. En cada uno de ello, se detallará el proceso que se llevó a cabo, incluyendo el % de RCD y se presentaran los resultados obtenidos. Finalmente, por medio de estos ensayos quedará claro el comportamiento que tiene el adobillo mejorado con RCD.

3.1 DETERMINACIÓN DE MATERIALES

3.1.1 Selección de la tierra

La tierra empleada para la presente investigación pertenece a la zona de expansión urbana del cantón Cuenca, debido a que esta ciudad se encuentre dentro de varias formaciones geológicas. Dentro de las que se destacan las formaciones Turi, Tarqui, Santa Rosa, además de los depósitos aluviales, depósitos coluviales, arcillas expansivas. (Ver Figura 22)

La selección de la tierra se encuentra ubicada al Sur del país Ecuador, en la provincia del Azuay, al norte del cantón Cuenca, en la parroquia de San Sebastián, en el sector de Racar, con las coordenadas $2^{\circ}52'06.5''S$ y $79^{\circ}02'12.9''O$. Esta zona cuenta con una altitud de 2683 msnm.

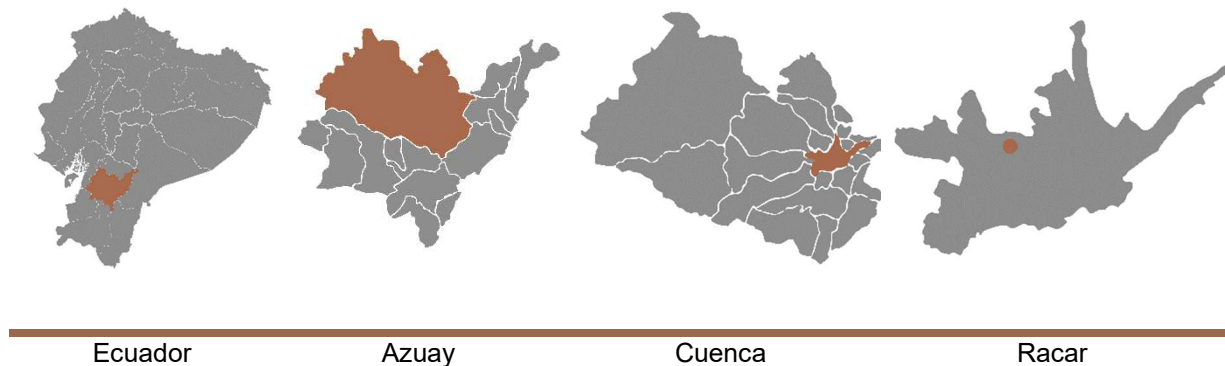


Figura 22: Ubicación de la selección de la tierra

Fuente: (Autores, 2024)

3.1.2 Selección de los residuos de construcción y demolición RCD

Los residuos de construcción y demolición RCD, que serán empleados pertenecen al grupo de residuos aprovechables en los cuales han utilizado como estabilizador el cemento portland tipo IP. En este caso, el RCD producto de la trituración de probetas de hormigón $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$; $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$; $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ del laboratorio *SV Concrete Lab* de la ciudad de Cuenca. (Ver Figura 23)



Figura 23: Recolección de RCD en SV Concrete Lab, Cuenca

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez recolectadas las probetas, se procede a triturarlas de manera mecánica como manual para obtener el RCD destinado a la aplicación en los adobillos. El material se ha triturado hasta conseguir un tamaño que pasa por el tamiz #4, con una apertura de 4 mm.

Esta granulometría es la adecuada según la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada para lograr la homogeneidad en el cuerpo y composición del adobillo. (Ver Figura 24)



Figura 24: Proceso de triturado para la obtención de RCD

Fuente: (Autores, 2024)

Para garantizar la homogeneidad de la masa del adobillo, todos los componentes triturados han sido probados a través del tamiz N° 1/2, N° 3/8, N°4, correspondiente al diámetro del RCD de 4mm, con el fin de evitar partículas de mayor tamaño que generen puntos críticos dentro de los elementos para los futuros de ensayos de rotura. (Ver Figura 25)

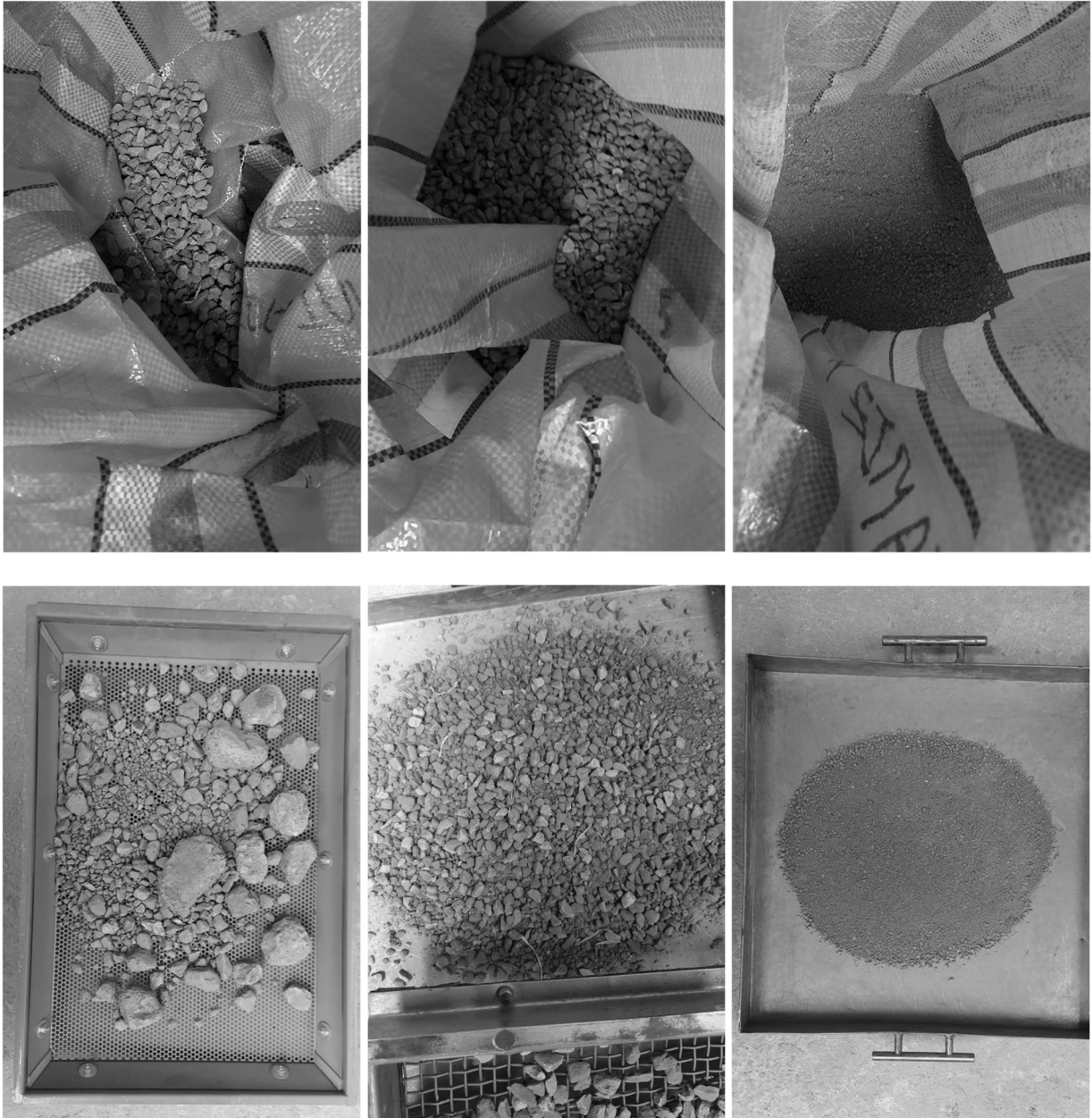


Figura 25: Proceso de tamizaje de RCD

Fuente: (Autores, 2024)

3.1.3 Selección de la muestra tipo de abobe

La selección de la muestra de un adobe tradicional fue adquirida en el sector de Racar debido a que es una zona rica en suelos con alto contenido de arcillas y depósitos estratigráficos ya que se encuentran dentro de la formación Turi.

En cuanto a la extracción del material, la Empresa Narváez Corp. nos proporcionó un total de 6 sacos impermeables de material previamente reposado y también con la paja extraída de la misma zona. (Ver Figura 26)



Figura 26: Zona de extracción del material

Fuente: (Autores, 2024)

Por otro lado, con el fin de determinar la resistencia que tiene los adobes tradicionales comercializados en Cuenca, los cuales posteriormente serán sometidos a ensayos de resistencia a la compresión, con el fin, de determinar si cumplen con la resistencia mínima según la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada.

Cada uno de los propietarios de la adobera 1 (A1) y adobera 2 (A2) coinciden con el proceso de elaboración del adobe, son en base a conocimientos empíricos que provienen de sus ancestros. Sin embargo, la adobera 3 (A3) y la adobera (A4) aprendieron a elaborar los adobes de manera intuitiva. La tierra usada en las 4 adoberas proviene de la misma zona. (Ver Tabla 16) y (Ver Figura 27)

Tabla 16 Características generales de los productores de adobe

Sitio	Propietario	Coordenadas UTM	Número de Muestras	Productividad
A1 Racar	Víctor Tacuri	-2.846872, -79.038669	4	Stock
A2 Sinincay	Rosa Sinchi	-2.847401, -79.030526	4	Stock
A3 Sinincay	Digna Contreras	-2.860378, -79.045888	4	Stock
A4 Balzay	Manuel Patín	-2.866346, -79.046261	4	Stock

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 27: Adoberas seleccionadas

Fuente: (Autores, 2024)

3.2 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO

3.2.1 Ensayos empíricos

Las pruebas de campo son aquellos ensayos que permiten conocer las características y parámetros del suelo con que se va a trabajar, con el fin de escoger el óptimo de acuerdo con los resultados. En base a ello, se elaborarán los siguientes ensayos in situ:

c. *Ensayo de lavado*

Objetivo
Detectar el porcentaje de arenas, limos o arcillas, que contiene el suelo.
Procedimiento
Se debe frotar en la mano una muestra de tierra húmeda y a continuación proceder a lavarse las manos
Resultados
<ul style="list-style-type: none">▪ Si las manos se sienten jabonosas y es difícil la limpieza rápida, esto quiere decir, que la tierra tiene un alto contenido de arcillas.▪ Si las manos se enjuagan fácilmente, quiere decir que tiene limos.
Registro Fotográfico
Ver Figura 28



Figura 28: Ensayo de lavado

Fuente: (Autores, 2024)

d. Ensayo de cohesión

Objetivo
Verificar el grado de plasticidad del material.
Procedimiento
Se amasa el material hasta que se tenga la consistencia como de la plastilina. Seguido se debe formar un rollo de 15 a 20 cm con un espesor 2,5 cm. Una vez, realizado el rollo en el filo de una superficie plana se va jalando de manera que se generen cortes.
Resultados
<ul style="list-style-type: none">▪ Cuando se rompe a una longitud menor a 15 cm, quiere decir que el material es arcilloso.▪ Cuando se rompe a una longitud entre 5 a 15cm, quiere decir que el suelo es apto para adobe.▪ Cuando se rompe a una longitud menor a 5cm, quiere decir que el suelo es arenoso.
Registro Fotográfico
Ver Figura 29



Figura 29: Ensayo de cohesión

Fuente: (Autores, 2024)

e. *Ensayo de caída de bola*

Objetivo
Determinar la capacidad aglutinante que tiene el suelo.
Procedimiento
Consiste en formar una bola de barro comprimida con las manos de 4cm de diámetro. Ya lista la bola se suelta de una altura de 1.50m sobre un piso duro
Resultados
<ul style="list-style-type: none">▪ Si la bola se aplana levemente y muestra muy pocas o ninguna fisura, tiene alta capacidad aglutinante.▪ Si la bola se desparrama en el piso, el suelo contiene muy poca arcilla▪ Si la bola de tierra se rompe, el suelo tiene pobre capacidad aglutinante
Registro Fotográfico
Ver Figura 30



Figura 30: Ensayo de caída de bola

Fuente: (Autores, 2024)

3.2.2 Ensayos de consistencia del suelo

Una vez extraídas las arcillas, se procede a realizar ensayos de clasificación, para determinar las propiedades y componentes del suelo. Estas pruebas de laboratorio permitirán obtener parámetros para la identificación de los suelos sin embargo es necesario conocer ciertas generalidades de los tipos de suelo. Según Albert Mauritz Atterberg, "a muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta como un sólido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido".

A continuación, se presenta una gráfica que explica tanto los estados de consistencia como límites de Atterberg de un Suelo: (Ver Figura 31)

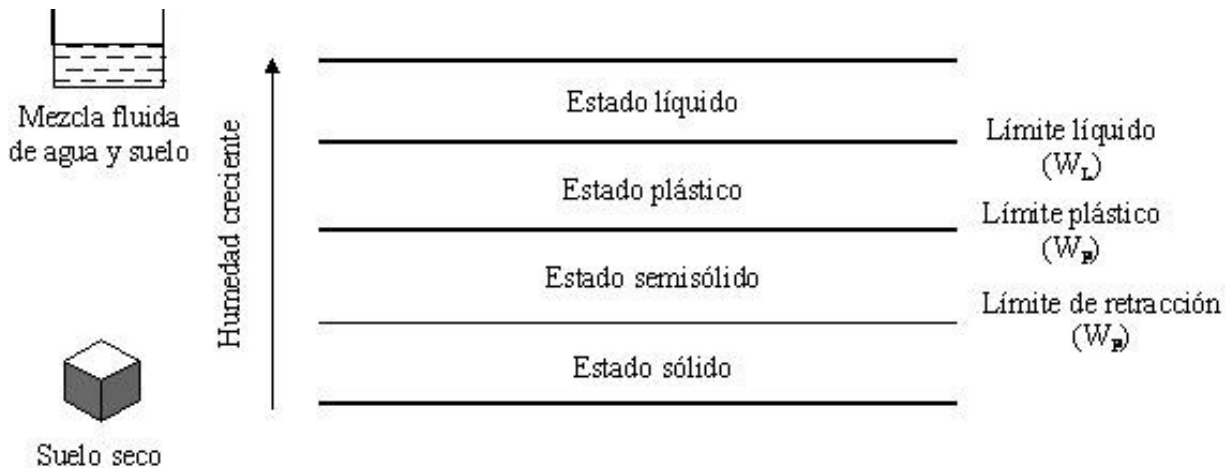


Figura 31: Límites de Atterberg

Fuente: Extraída de <https://estudiosgeotecnicos.info/>

a. Límite líquido

Se conoce como límite líquido, al contenido en humedad a partir de la cual el suelo se comporta como un líquido viscoso, es decir, sucede cuando el suelo pasa de estado líquido a plástico.

Ese tipo de ensayo radica en colocar el material en la cuchara de Casa Grande, separada en dos por la acción de una herramienta para hacer una ranura-patrón, y dejada caer desde la altura de un centímetro, sufra después de dejarla caer 25 veces un cierre de la ranura en una longitud de 12 mm en el fondo central de la ranura. (Ver Figura 32) y (Ver Tabla 17)

A este indicador se lo conoce como el límite líquido.

Herramientas y equipos

- Espátula: Con una hoja flexible de aproximadamente 75mm de largo y 20mm de ancho.
- Aparato de límite líquido: Taza de bronce montada en un dispositivo de apoyo fijado a una base de plástico duro.
- Acanalador o Ranurador: Combinación de acanalador y calibre
- Recipientes plásticos
- Recipientes de acero para horno
- Gotero
- Horno
- Balanza digital



Figura 32: Procedimiento del límite líquido

Fuente: (Autores, 2024)

Procedimiento

1. Tamizar el material y mezclarlo con agua hasta formar una masa homogénea.
2. Tamizar el material seco y mezclarlo con agua hasta formar una masa semiseca homogénea.
3. La mezcla se la coloca en la Chuchara de casa grande, con la ayuda de la espátula se la debe esparcir de manera homogénea.
4. Con el acanalador, se realiza una hendidura longitudinal en el medio de la mezcla.
5. Se procede a realizar los golpes hasta conseguir que las dos partes de la mezcla se unan. (intervalos de 35 a 40 golpes)
6. Una vez obtenida la unión de material, se procede a trazar 3 líneas transversales.
7. Se retira 1/6 del material de la copa de casa grande y colocarla en el recipiente metálico para horno.
8. Se añade una nueva mezcla y con la ayuda del gotero se agrega más agua entre 15 a 20 gotas para obtener la siguiente muestra y se repite la secuencia del ensayo, pero esta segunda muestra debe cerrarse entre 4 a 8 golpes menos que la anterior.
9. Se añade una nueva mezcla y con la ayuda del gotero se agrega más agua entre 10 a 25 gotas para obtener la siguiente muestra y se repite la secuencia del ensayo, pero esta tercera muestra debe cerrarse entre 4 a 8 golpes menos que la anterior.
10. Pesar los recipientes de acero con las muestras tomadas.
11. Colocar las muestras en el horno y dejar que se seque por 24 horas a una temperatura de 110°C
12. Pasada las 24 horas, se procede a pesar las muestras
13. Finalmente, los resultados se los representa en la gráfica de contenido de humedad contra número de golpes resultante resultantes del ensayo.

Tabla 17 Resultado del límite líquido

LÍMITE LÍQUIDO				
N.º Golpes	35	31	24	19
Recipiente N.º	B4	2	4	3
Recipiente + M. Húmeda	41.7	37.8	40.2	42.2
Recipiente + M. Seca	36.9	33.65	35.4	36.8
Peso Recipiente	21.9	20.9	21.1	20.9
% Humedad	32.0%	32.5%	33.6%	34.0%
% Promedio de humedad (LL)	33.25%			

Fuente: (Autores, 2024)

b. Límite Plástico

Se conoce como límite plástico, al contenido en humedad por debajo de la cual el suelo se comporta como un sólido. Así mismo, este tipo de ensayo sirve para determinar la calidad de la tierra y nos permite saber si esta es arcillosa, arenosa o arcillo arenosa. (Ver Figura 33) Se pretende determinar el Índice de Plasticidad (PL) que es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. (Ver Tabla 18)

Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad se calcula con la siguiente formula:

$$IP = LL - LP (\%)$$

Donde: IP= Índice de Plasticidad; LL= Límite Líquido; LP= Límite Plástico

Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none">▪ Espátula: Con una hoja flexible de aproximadamente 75mm de largo y 20mm de ancho▪ Recipientes plásticos▪ Recipientes metálicos para horno▪ Horno▪ Gotero▪ Balanza digital▪ Tamiz N°40▪ Balanza digital

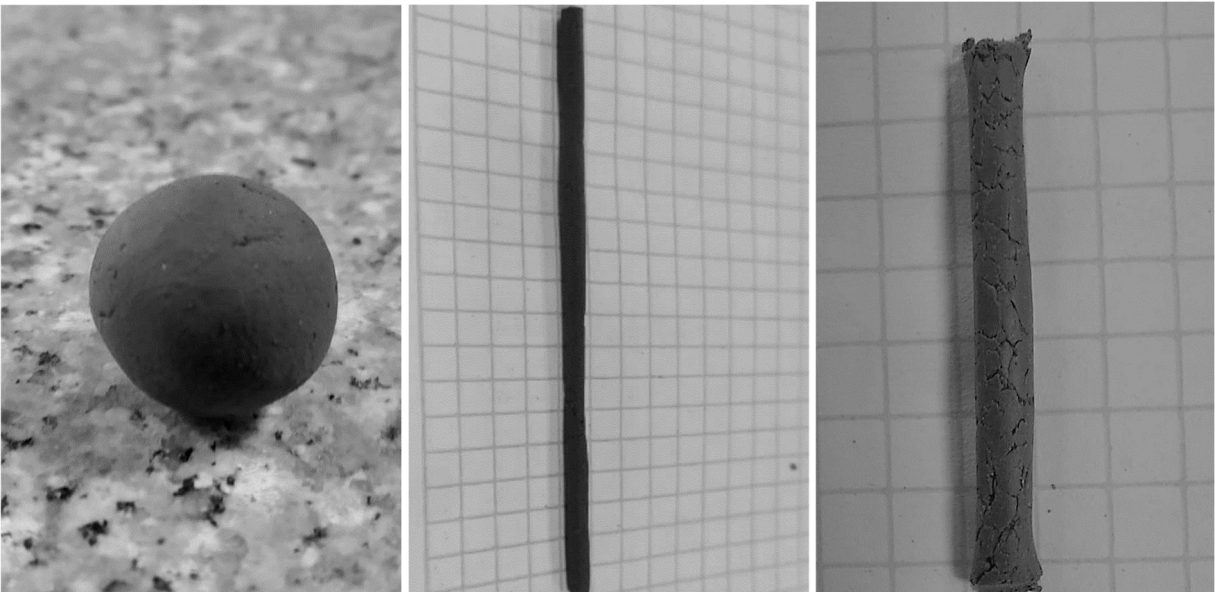


Figura 33: Procedimiento del límite plástico

Fuente: (Autores, 2024)

Procedimiento	
1.	Secar el material a utilizar
2.	Tamizar el material y mezclarlo con agua hasta formar una masa homogénea.
3.	Tomar una porción de la mezcla y hacer una esfera pequeña
4.	Con la palma de la mano sobre una superficie lisa, a la esfera se la empieza a hacer un rollito de 3mm de diámetro dejándole secar hasta que se generan fisuras en toda su longitud.
5.	Se procede a cortar el rollo en pequeños pedazos con un largo de tres a cuatro centímetros.
6.	Se pesan los recipientes metálicos a utilizar.
7.	Se toma la muestra, se coloca en los recipientes de 3 a 4 rollos por recipiente.
8.	Pesar los recipientes con la muestra.
9.	Colocar las muestras en el horno y dejar que se seque por 24 horas a una temperatura de 110°
10.	Pasada las 24 horas, se procede a pesar las muestras
11.	Finalmente, los resultados se los representa en la gráfica de contenido de humedad contra número de golpes resultante resultantes del ensayo.

Tabla 18 Resultado del límite plástico

LÍMITE PLÁSTICO				
Recipiente N.º	1	R7	2	P3
Recipiente + M. Húmeda	14.2	14.3	15.8	13.5
Recipiente + M. Seca	13.7	13.8	15.37	13
Peso Recipiente	11	11	12.9	10.3
% Humedad	18.5%	17.9%	17.4%	18.5%
% Límite plástico promedio (LP)	%18.08			

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez ensayada la muestra, en donde se obtuvo los siguientes resultados. En base a los datos obtenidos de los límites de Atterberg, se procede a generar la gráfica de plasticidad en donde se ubicarán los valores del índice de plasticidad y límite líquido. (Ver Tabla 19)

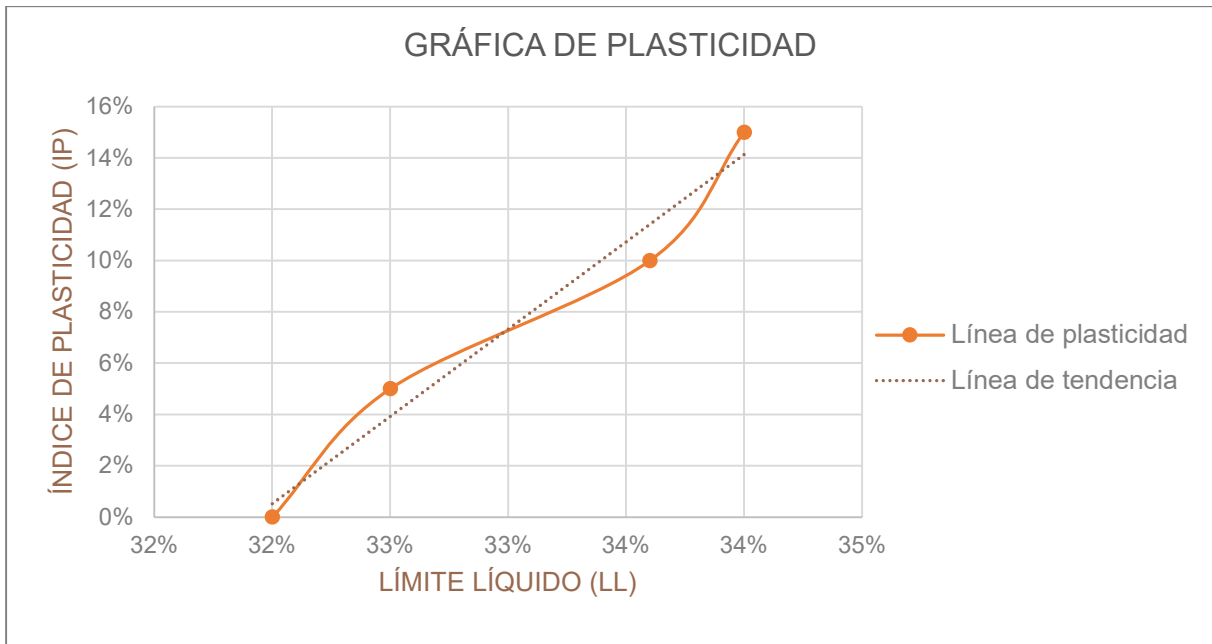
Tabla 19 Índice de plasticidad y límite plástico

Límite Líquido (%) (LL)	Límite Plástico (%) (LP)	Índice de Plasticidad (%) IP = LP - LL
33.25	18.08	15.17

Fuente: (Autores, 2024)

Como resultado de los límites de Atterberg, se puede observar cómo ha sido el comportamiento del material y las muestras ensayas. Con el propósito de obtener la gráfica de plasticidad, se han ensayado un total de 5 muestras con el fin de obtener valores más acertados. (Ver Gráfica 1)

Gráfica 1 Límites de Atterberg



Fuente: (Autores, 2024)

c. Granulometría

En el análisis granulométrico se intenta de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una porción de suelo dada, es decir, sirve para determinar la proporción de los componentes principales (arena, limo y arcilla) del suelo. (Ver Figura 34)

Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balanza digital ▪ Balanza tres escalas ▪ Horno de secado que sea capaz de mantener una temperatura alrededor de $180\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}$ ▪ Tamizadora ▪ Juego de tamices ▪ Tapa del juego de tamices ▪ Fondo del juego de tamices ▪ Recipientes metálicos ▪ Cepillo de acero y brocha

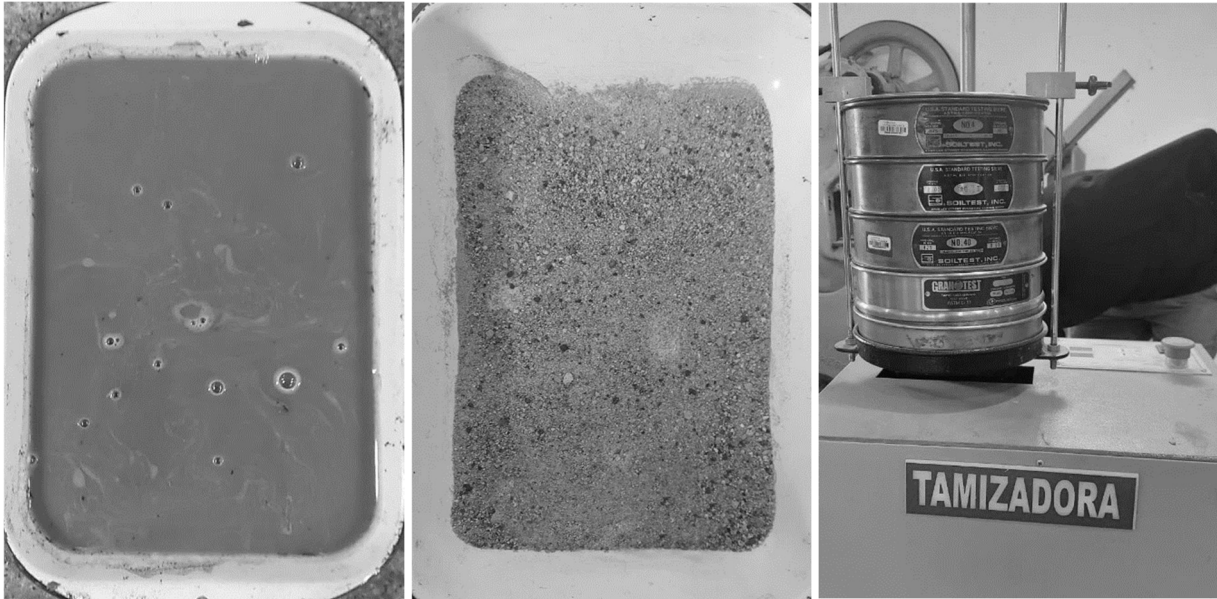


Figura 34: Procedimiento granulométrico

Fuente: (Autores, 2024)

Procedimiento
<ol style="list-style-type: none"> 1. Medir 5000gr de material, sin contar con el peso de la bandeja, para esto se emplea una balanza de tres escalas es necesario previamente encerar la balanza. 2. Lavar el material pesado, para ello se vierte agua hasta que cubra el material. 3. Se refriega el material y se vierte en el agua sucia con cuidado sobre un tamiz N°200 4. Una vez que se haya evacuado el agua sucia, se llena nuevamente con agua limpia y se repite el mismo proceso anterior hasta que el agua permanezca limpia. 5. Colocar la mezcla lavada en el horno y dejar que se seque por 24 horas a 180° 6. Una vez seca la muestra, esta se coloca en los tamices N.º 4, N.º 10, N.º40, N.º 200 en forma descendente. 7. Se coloca la tapa de tamices y se procede a colocarlos en la máquina tamizadora por unos 3 minutos, es decir, 180 segundos. 8. Quitar con cuidado los tamices y obtener el peso del material que quedó retenido en cada tamiz, incluido el fondo. 9. De ser necesario, utilizar el cepillo de acero en los tamices N° 4, N° 10 y la brocha para retirar el material del tamiz N°200 y el fondo, con el fin de obtener todo el material. 10. Anotar y sumar los pesos y comparar con el peso total obtenido en un principio. 11. Calcular el porcentaje de material retenido y el porcentaje que pasa en cada tamiz. En cada tamiz dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos por el peso de la muestra original

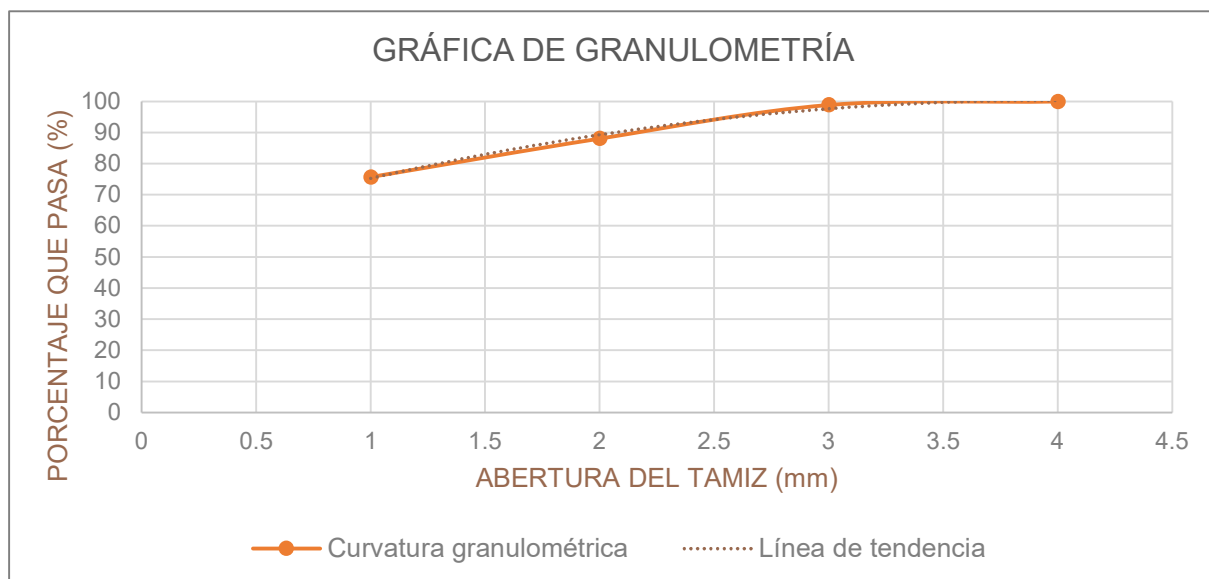
Tabla 20 Resultado de la Granulometría del suelo

GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
Tamiz N.º	Abertura (mm)	Peso Retenido (gramos)	Peso Ret. Acumulado (gramos)	% Retenido	% Pasa
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.0%	100.0%
1"	25.4	0.00	0.00	0.0%	100.0%
3/4"	19.1	0.00	0.00	0.0%	100.0%
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.0%	100.0%
N.º 4	4.76	0.20	0.20	0.0%	100.0%
10	2	8.50	8.70	1.1%	98.9%
40	0.42	82.90	91.60	11.9%	88.1%
200	0.074	95.00	186.60	24.3%	75.7%
FONDO		2.20	188.80		
TOTAL		188.80			
Peso antes del ensayo (gramos)		800	Peso húmedo antes del lavado (gramos)		800.00
Peso después del ensayo (gramos)		188.80	Peso seco antes del lavado (gramos)		769.35
% Humedad		4.0%	Peso seco después del lavado (gramos)		188.80

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez obtenidos los resultados de la clasificación del suelo, se procede a graficar los valores con el fin de obtener la curva granulométrica. Esta curva permitirá determinar el tipo de suelo y la clasificación de las gravas y arenas limosas y arcillosas con la que se está trabajando. (Ver Tabla 20) y (Ver Gráfica 2)

Gráfica 2 Curva granulométrica



Fuente: (Autores, 2024)

d. Ensayo de Proctor Estándar

El ensayo Proctor estándar es una prueba de laboratorio diseñada para determinar las características de compactación de los suelos. (Ver Figura 35)

El objetivo principal de este ensayo es establecer la relación entre el contenido de agua de un tipo de suelo y su densidad seca máxima (densidad seca óptima), utilizando herramientas especializadas que aseguran que esta compactación se realice bajo una energía específica. Para ello, es necesario realizar los cálculos correspondientes previo a la ejecución del ensayo. (Ver Tabla 21)

Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none">▪ Probeta graduada▪ Recipientes metálicos para horno▪ Bandeja metálica▪ Balanza digital▪ Horno a temperatura constante $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$▪ Enrazador▪ Pisón con una altura de caída de martillo de 304.8mm▪ Molde de 4 pulgadas o 101.6mm (con collarín y base)



Figura 35: Procedimiento del ensayo de Proctor estándar

Fuente: (Autores, 2024)

Procedimiento

1. Secar el material a utilizar al aire libre o al horno
2. Triturar y tamizar el material
3. Pesar los envases metálicos a utilizar
4. Pesar los envases metálicos con el material a utilizar
5. Ingresar los envases metálicos en el horno por 24 horas
6. Determinar su humedad natural con la ayuda de la formula $\text{Humedad \%} = (a-b/b-c) \times 100$, donde; a= masa en gramos del suelo húmedo, b= masa en gramos del suelo seco en el horno, c= peso del recipiente.
7. Determinar la cantidad de material seco a utilizar en base a un peso de 2500 gr con la formula $w_s = \frac{w_H}{1 + \frac{\%W_{Nat}}{100}}$ en donde; w_H = Peso húmedo del suelo, $\%W_{Nat}$ = Porcentaje de humedad natural obtenido.
8. Determinar la cantidad de agua inicial a agregar en el material con la formula $w_w = \frac{w_s \cdot \%w}{100}$ en donde; w_s = cantidad de material a utilizar, $\%w$ = porcentaje de intervalos con los que se trabajará.
9. Esto nos ayudará a determinar una mejor aproximación de que porcentaje de agua agregar al material a utilizar.
10. Agregamos el 3%, 6%, 9%, 12% y 15% de agua para cada una de las muestras.
11. Mezclamos las muestras del material con agua de una manera homogénea
12. Pesamos el molde cilíndrico sin el collarín.
13. Agregamos el material al molde cilíndrico estandarizado y compactamos con la ayuda del pisón o martillo de 5.50-lbf. De esta manera el suelo es sometido a un esfuerzo de compactación de 12400 ft-lbf.
14. El paso anterior se repite tres veces debido a que el molde se debe llenar y apisonar en tres capas.
15. Posteriormente se retira el collarín y se enraza.
16. Se pesa nuevamente el molde con el material dentro.
17. Una vez realizado este proceso se toma una muestra del centro del cilindro.
18. Calcular el contenido de humedad que posee la muestra.

Tabla 21 Cálculos previos al ensayo de Proctor estándar

CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE HUMEDAD			
Muestra	Fórmula	Muestra	Fórmula
Muestra 1	$\%w = \frac{217.56 - 211.82}{211.82 - 69.99} \times 100$	Muestra 2	$\%w = \frac{218.80 - 212.24}{212.24 - 65.25} \times 100$
Resultado	$\%w = 4,05\%$	Resultado	$\%w = 4,46\%$
Promedio de resultados			$\%WNAT = 4.25\%$
CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIAL SECO Y AGUA A UTILIZAR			
Material Seco		Agua	
Material húmedo pasante del tamiz #4 = 2500 gr		Material húmedo a usar 2398.08 gr	
$w_s = \frac{w_H}{1 + \frac{\%Wnat}{100}}$		$w_w = \frac{\omega_s \cdot \%w}{100}$	
$w_s = \frac{2500}{1 + \frac{4.25}{100}}$		$w_w = \frac{2398.08 \cdot 3}{100}$	
$w_s = 2398.08 \text{ gr}$		$w_w = 71.94 \text{ cc} \rightarrow w_w = 70 \text{ cc}$	
CÁLCULO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE HUMEDAD A AGREGAR			
% W Teórica	% Intervalos	C.C.	
4.25 %	0	-	
7.25 %	3	70	
10.25 %	6	140	
13.25 %	9	210	
16.25 %	12	280	
19.25 %	15	350	
22.25 %	18	420	
25.25 %	21	490	

Fuente: (Autores, 2024)

Como resultado del ensayo de Proctor estándar, se pudo determinar el porcentaje máximo de compactación y el porcentaje de humedad que tiene el suelo. (Ver Tabla 22) y (Ver Tabla 23)

En este caso, el número de muestras para realizar la curva de compactación han sido de 5, con el fin de obtener valores más acertados. (Ver Gráfica 3)

Tabla 22 Resultado de compactación - Ensayo de Proctor estándar

COMPACTACIÓN					
Muestra	1	2	3	4	5
Humedad añadida en %	16.25%	19.25%	22.25%	25.25%	31.25%
Agua aumentada en c.c.	210cc	280cc	350cc	420cc	560cc
Numero de molde	1	A45	2	3	4
Peso del molde cilíndrico + suelo húmedo (P1)	5745.5	5939	6047.5	6139.5	6028.5
Peso del molde cilíndrico (P2)	4290.5	4290.5	4290.5	4290.5	4290.5
Peso del suelo húmedo P1-P2=P3	1455	1648.5	1757	1849	1738
Volumen del molde sin el collarín	926	926	926	926	926
Densidad humedad D1=P3/V. kg/m³	1.57	1.78	1.90	2.00	1.88

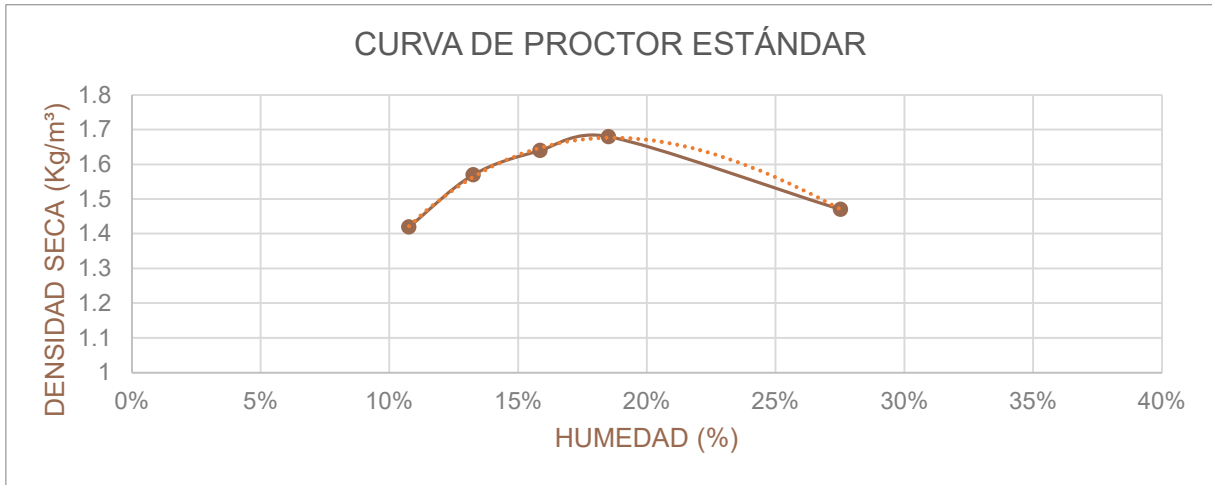
Fuente: (Autores, 2024)

Tabla 23 Resultado de humedad - Ensayo de Proctor estándar

HUMEDAD (%)										
Muestra	1		2		3		4		5	
Número del tarro	6	S12	T23	T14	02K	4	3	N	7	J1
Peso del tarro + suelo húmedo	195.8	190.7	137.1	141.7	147	243.1	123.6	156.5	181.9	239.6
Peso del tarro + suelo seco	183.3	178.5	127.3	128.5	132.8	219	108.13	141.1	151.9	206.4
Peso del agua	12.5	12.2	9.8	13.2	14.2	24.1	15.47	15.4	30	33.2
Peso del tarro	67.51	64.7	52.94	29.47	43.34	66.76	29.08	52.86	43.2	85.5
Peso del suelo seco	115.79	113.8	74.36	99.03	89.46	152.24	79.05	88.24	108.7	120.9
Contenido de agua en %	10.80%	10.72%	13.18%	13.33%	15.87%	15.83%	19.57%	17.45%	27.60%	27.46%
Contenido promedio de agua en %	10.76%		13.25%		15.85%		18.51%		27.53%	
Densidad seca kg/m³	1.42		1.57		1.64		1.68		1.47	

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 3 Curva densidad seca vs humedad



Fuente: (Autores, 2024)

3.3 DOSIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE MUESTRAS

3.3.1 Dimensionamiento de muestras

a. Muestras cúbicas (Tipo I)

En base a la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, las muestras empleadas para los ensayos de resistencia a la compresión indican que deben ser en cubos de 0.1 m de arista. Para cumplir con lo especificado en la normativa, se ha realizado un encofrado metálico. (Ver Figura 36)



Figura 36: Encofrado cúbico metálico

Fuente: (Autores, 2024)

b. Muestras cilíndricas (Tipo II)

En base a la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, las muestras empleadas para los ensayos de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral. Con el fin de cumplir con lo especificado en la normativa, se ha empleado un cilindro normado. (Ver Figura 37)



Figura 37: Encofrado cilíndrico metálico

Fuente: (Autores, 2024)

3.3.2 CANTIDAD DE MUESTRAS

Conforme la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, se debe realizar 6 muestras por cada ensayo de resistencia a la compresión y descartar 2 muestras, obteniendo un promedio de resistencia de los 4 restantes. Para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral el número de las muestras es la misma cantidad del primer ensayo. Elaborando un total de 21 muestras cúbicas y 18 muestras cilíndricas. (Ver Figura 38) y (Ver Tabla 24)



Figura 38: Formas de las muestras

Fuente: (Autores, 2024)

Tabla 24 Cantidad de muestras

Forma	Nomenclatura		Nº de muestras	Descripción
	1 M1 2 M1 3 M1	4 M1 5 M1 6 M1	6	Muestra base con 10 % de RCD
	1 M2 2 M2 3 M2	4 M2 5 M2 6 M2	6	Muestra base con 20 % de RCD
	1 M3 2 M3 3 M3	4 M3 5 M3 6 M3	6	Muestra base con 30 % de RCD
	1 M1_C 2 M1_C 3 M1_C	4 M1_C 5 M1_C 6 M1_C	6	Muestra base con 10 % de RCD
	1 M2_C 2 M2_C 3 M2_C	4 M2_C 5 M2_C 6 M2_C	6	Muestra base con 20 % de RCD
	1 M3_C 2 M3_C 3 M3_C	4 M3_C 5 M3_C 6 M3_C	6	Muestra base con 30 % de RCD

Fuente: (Autores, 2024)

3.3.3 Dosificaciones de las mezclas

a. Muestras cúbicas

En la fabricación de las muestras de adobe como punto de partida, se realiza los cálculos pertinentes para determinar la cantidad de material que entra en el cubo, la cantidad de agua a utilizar, la cantidad de fibra natural y el porcentaje de RCD. (Ver Figura 39) y (Ver Tabla 25, 26, 27, 28)

Tabla 25 Cantidad de material base

Datos	Fórmula	Aplicación	Resultado
$\gamma_{dmax} = 1.7 \text{ g/cm}^3$	$\gamma_{dmax} = \frac{\gamma_H}{1 + \frac{\%W_{opt}}{100}}$	$\gamma_H = \frac{1.7 \text{ g/cm}^3}{1 + \frac{19}{100}}$	$\gamma_H = 2.023 \text{ g/cm}^3$
$\%W_{Opt} = 19\%$			
Volumen del encofrado = 1000 cm^3			
$\%W_{Nat} = 4.25\%$			

Fuente: (Autores, 2024)

Tabla 26 Cantidad de material para el encofrado

Datos	Fórmula	Aplicación	Resultado
$\gamma_H = 2.023 \text{ g/cm}^3$	$\gamma_H = \frac{W}{V}$	$W = 2.023 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3$	W=2023g
Volumen del encofrado = 1000 cm^3			

Datos	Fórmula	Aplicación	Resultado
$W = 2023$	$W_s = \frac{W}{1 + \frac{\%W_{Nat}}{100}}$	$W_s = \frac{2023}{1 + \frac{14.4}{100}}$	Ws=1768.36g
$\%W_{Nat} = 14.4$			

Fuente: (Autores, 2024)

Tabla 27 Cantidad de agua

Datos	Fórmula	Aplicación	Resultado
$Ws = 1768.36$			
$\%W_{Nat} = 14.4$	$W_c = \frac{(Ws) * (\%W_{deseada} - \%W_{nat})}{100}$	$WC = \frac{(1768.36) * (24 - 14.4)}{100}$	$Ws = 169.76cc$
$\%W = 24$			

Fuente: (Autores, 2024)

Tabla 28 Resumen de la dosificación base

Material	Tierra	Agua	Paja	Total
Cantidad a utilizar por encofrado	1846 gr	170 cc	7 gr	2023 gr

Fuente: (Autores, 2024)

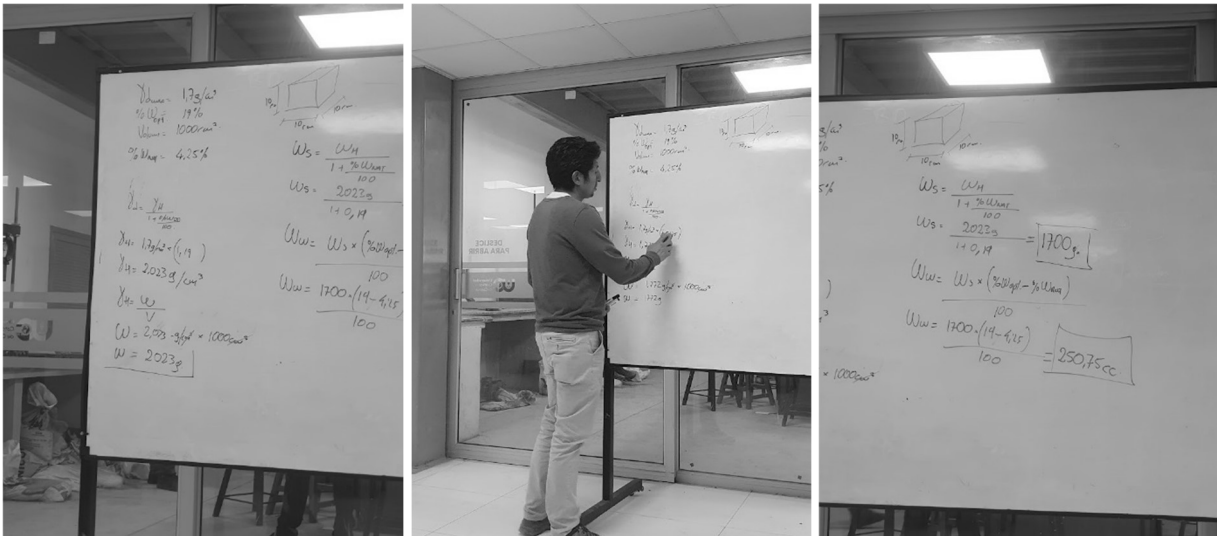
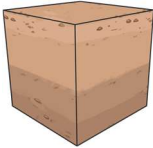

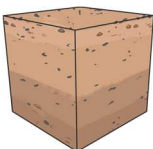
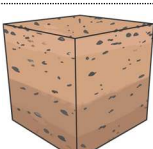


Figura 39: Elaboración de cálculos en el CIITT

Fuente: (Autores, 2024)

A continuación, se presentará la composición de cada muestra. (Ver Figura 40) y (Ver Tabla 29)

Tabla 29 Tipos de muestras cúbicas

N°	Mezcla	Descripción	Representación	Composición
1	Mezcla 0	Adobe base		Tierra: 1846 gr Agua: 170 cc Paja: 7 gr
2	Mezcla 1	Mezcla base con el 10% de RCD		Tierra: 1661.5 gr Agua: 170 cc Paja: 7 gr RCD: 184.5 gr
3	Mezcla 2	Mezcla base con el 20% de RCD		Tierra: 1477 gr Agua: 170 cc Paja: 7 gr RCD: 369 gr
4	Mezcla 3	Mezcla base con el 30% de RCD		Tierra: 1292 gr Agua: 170 cc Paja: 7 gr RCD: 554 gr

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 40: Elaboración de muestras cúbicas

Fuente: (Autores, 2024)

b. Muestras cilíndricas

En la fabricación de las muestras de adobe como punto de partida, se realiza los cálculos pertinentes para determinar la cantidad de material que entra en el cubo, la cantidad de agua a utilizar, la cantidad de fibra natural y el porcentaje de RCD. (Ver Tabla 30, 31, 32, 33)

Tabla 30 Cantidad de material base

Datos	Fórmula	Aplicación	Resultado
$\gamma_{dmax} = 1.7 \text{ g/cm}^3$	$\gamma_{dmax} = \frac{\gamma_H}{1 + \frac{\%W_{opt}}{100}}$	$\gamma_H = \frac{1.7 \text{ g/cm}^3}{1 + \frac{19}{100}}$	$\gamma_H = 2.023 \text{ g/cm}^3$
$\%W_{Opt} = 19\%$			
Volumen del encofrado = 1634.26 cm^3			
$\%W_{Nat} = 10.4\%$			

Fuente: (Autores, 2024)

Tabla 31 Cantidad de material para el encofrado

Datos	Fórmula	Aplicación	Resultado
$\gamma_H = 2.023 \text{ g/cm}^3$	$\gamma_H = \frac{W}{V}$	$W = 2.023 \text{ g/cm}^3 \times 1634.26 \text{ cm}^3$	$W = 3306.11 \text{ g}$
Volumen del encofrado = 1634.26 cm^3			

Datos	Fórmula	Aplicación	Resultado
$W = 3306.1$	$W_s = \frac{W}{1 + \frac{\%W_{Nat}}{100}}$	$W_s = \frac{3306.1}{1 + \frac{10.4}{100}}$	$W_s = 2994.65 \text{ g}$
$\%W_{Nat} = 10.4$			

Fuente: (Autores, 2024)

Tabla 32 Cantidad de agua

Datos	Fórmula	Aplicación	Resultado
$W_s = 2994.65g$			
$\%W_{Nat} = 10.4$	$WC = \frac{(W_s) * (\%W_{deseada} - \%W_{nat})}{100}$	$WC = \frac{(2994.65) * (24 - 10.4)}{100}$	Ws=407.27cc
$\%W = 24$			

Fuente: (Autores, 2024)





Tabla 33 Resumen de la dosificación base

Material	Tierra	Agua	Paja	Total de Material
Cantidad a utilizar por encofrado	2888.1 gr	410 cc	8 gr	3306.1 gr

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez calculado la cantidad de cada elemento que conforman la preparación de las muestras, a continuación, se presentará la composición de cada una de ellas. (Ver Figura 41) y (Ver Tabla 34)

Tabla 34 Tipos de muestras cúbicas

N°	Mezcla	Descripción	Representación	Composición
1	Mezcla 4	Adobe base		Tierra: 2888.1 gr Agua: 410 cc Paja: 8 gr
2	Mezcla 5	Mezcla base con el 10% de RCD		Tierra: 2599.3 gr Agua: 410 cc Paja: 8 gr RCD: 288.8
3	Mezcla 6	Mezcla base con el 20% de RCD		Tierra: 2310.5 gr Agua: 410 cc Paja: 8 gr RCD: 577.6
4	Mezcla 7	Mezcla base con el 30% de RCD		Tierra: 2021.7 gr Agua: 410 cc Paja: 8 gr RCD: 866.4

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 41: Elaboración de muestras cilíndricas

Fuente: (Autores, 2024)

3.4 PRUEBAS DE LABORATORIO

3.4.1 Determinantes del ensayo de resistencia a la compresión

a. *Elaboración y acondicionamiento de moldes*

Siguiendo el procedimiento indicado en la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, se prepararán las muestras cúbicas con las dimensiones 10x10x10cm, obteniendo un total de 21 probetas, cumpliendo con las dosificaciones mencionadas en la sección 3.3.3 (Ver Figura 42) y (Ver Figura 43)

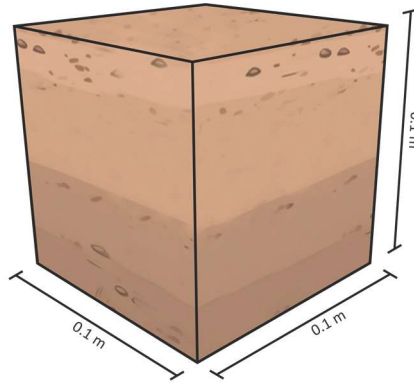


Figura 42: Muestra Cúbica

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 43: Muestras cúbicas para ensayos de resistencia a la compresión

Fuente: (Autores, 2024)

b. Metodología de análisis

La ejecución de estos ensayos se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica (CIITT) perteneciente a la Universidad Católica de Cuenca. Siguiendo la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada.

- La velocidad de carga aplicada a este ensayo fue de 2mm/min, teniendo en cuenta que su resistencia última debe ser mayor o igual a 10.2 kgf/cm².
- El promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) del adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 1.0MPa = 10.2 kgf/cm².

El equipo utilizado para este ensayo es la prensa de compresión, ya que permite obtener datos de carga y deformación inmediatos a través de sensores, estos datos son indispensables para generar el gráfico esfuerzo - deformación para cada una de las muestras propuestas en esta investigación. (Ver Figura 44)



Figura 44: Prensa de compresión

Fuente: (Autores, 2024)

c. Resultados

Ensayo de resistencia a la compresión de las adoberas

Para evaluar la resistencia a la compresión se siguió el procedimiento mencionado en la metodología de análisis. Los adobes seleccionados por cada adobera fueron de 4 unidades. Previamente, a ensayarse cada una de las muestras se debe tomar las dimensiones, sacar el volumen, el peso y la densidad. Las dimensiones de cada muestra fueron tomadas con un calibrador vernier con una precisión de 0,001cm. (Ver Tabla 35) y (Ver Figura 45)

Tabla 35 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la compresión de las adoberas

Nomenclatura	Dimensiones			Volumen	Peso	Densidad
	Altura	Largo	Ancho			
ADOBERA 1						
A1.1	13	13	11	1741.93	2653	1.52
A1.2	13	12	10	1506.38	2557	1.70
A1.3	12	11	13	1642.36	2708.5	1.65
A1.4	12	11	12	1616.71	2799.5	1.73
ADOBERA 2						
A2.1	10.9	10.6	10.2	1178.51	1811.5	1.54
A2.2	10.1	10.4	9.7	1018.89	1712.5	1.68
A2.3	9.8	10.6	10.5	1090.74	1679	1.54
A2.4	10.5	9.8	9.6	987.84	1647	1.67
ADOBERA 3						
A3.1	11.5	11	11.7	1480.05	2396	1.62
A3.2	11.9	11.7	11.8	1642.91	2452	1.49
A3.3	11.5	12.2	11.2	1571.36	2488.5	1.58
A3.4	10.8	11.8	11.5	1465.56	2379	1.62
ADOBERA 4						
A4.1	11.7	12.6	12.2	1798.52	2862.5	1.59
A4.2	12.7	12.4	12.2	1921.26	3001	1.56
A4.3	12.8	12.3	12	1889.28	2918	1.54
A4.4	12.2	12	12.2	1786.08	2871.5	1.61

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 45: Ensayo de resistencia a la compresión - Adoberas

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez obtenidas las medidas de los adobes, se procede a realizarse el ensayo, las muestras sometidas a este ensayo fueron un total de 16 muestras. A continuación, se presentará las tablas con su respectiva grafica de cada una de las adoberas.

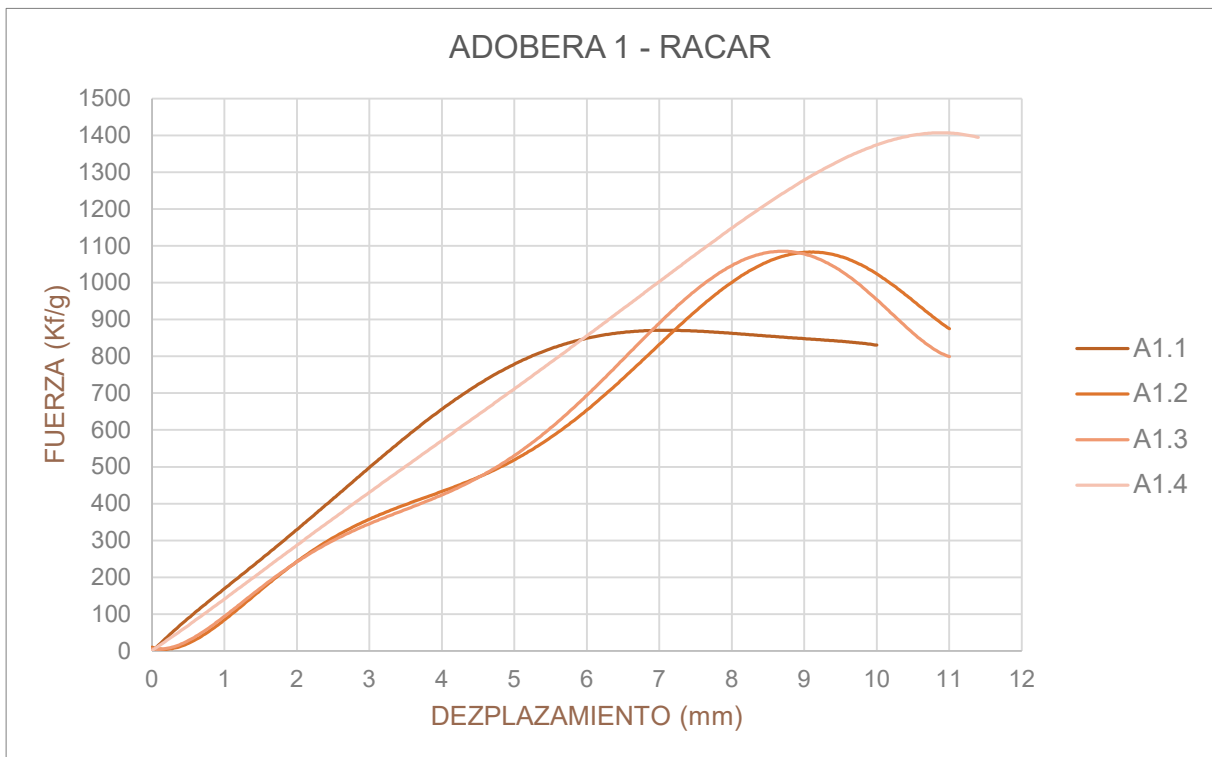
Adobera 1 – Racar: (Ver Tabla 36) y (Ver Gráfica 4)

Tabla 36 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión - Adobera 1

Suelo		Estabilizante				Días de secado	
Adobera 1 Racar		-				40 días	
A1.1		A1.2		A1.3		A1.4	
Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²
830	6.0	1100	9.1	1100	8.4	1400	11
Resistencia Total en kgf/cm ²							
						8.6	kgf/cm ²
						0.86	MPa

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 4 Ensayo de resistencia a la compresión Adobera 1



Fuente: (Autores, 2024)

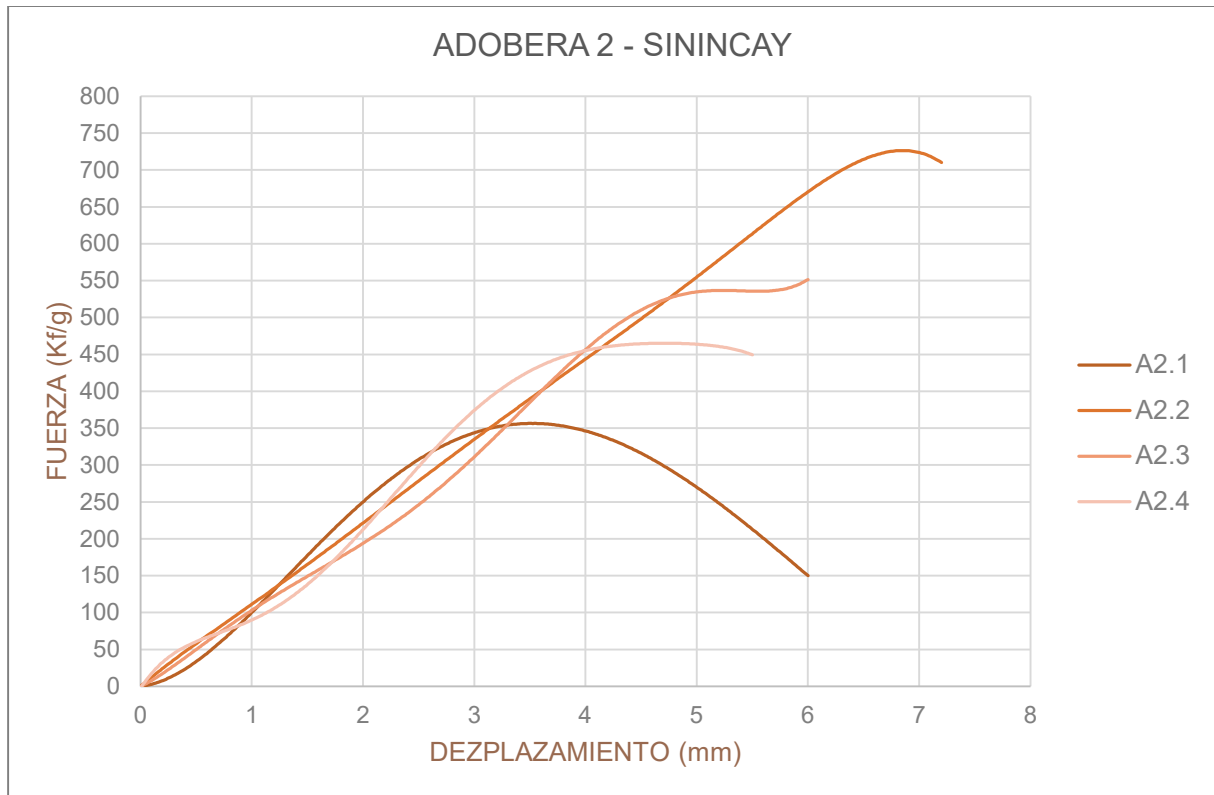
Adobera 2 – Sinincay: (Ver Tabla 37) y (Ver Gráfica 5)

Tabla 37 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión - Adobera 2

Suelo		Estabilizante				Días de secado	
Adobera 2 Sinincay		-				40 días	
A2.1		A2.2		A2.3		A2.4	
Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²
350	3.2	710	7.1	540	4.8	460	4.8
Resistencia Total en kgf/cm ²							
						5.0	kgf/cm ²
						0.50	MPa

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 5 Ensayo de resistencia a la compresión Adobera 2



Fuente: (Autores, 2024)

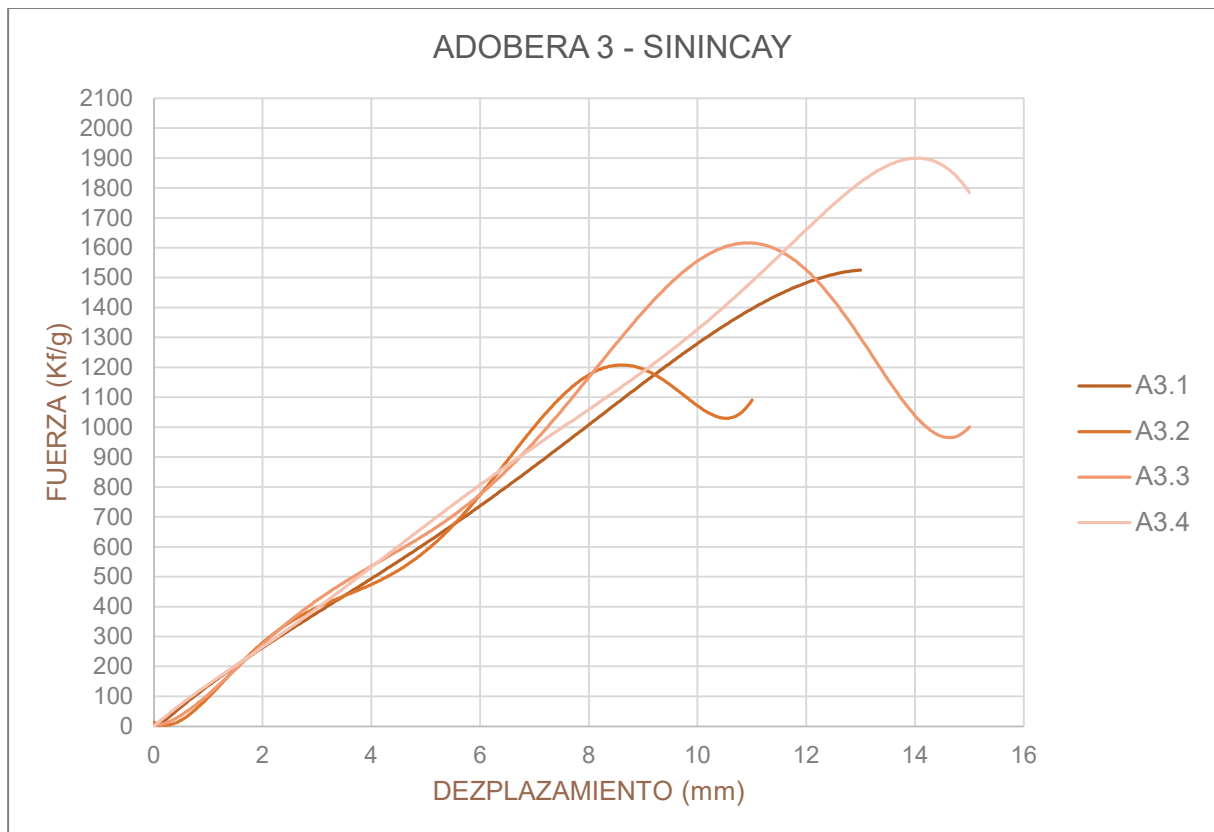
Adobera 3 – Balzay: (Ver Tabla 38) y (Ver Gráfica 6)

Tabla 38 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión - Adobera 3

Suelo		Estabilizante				Días de secado	
Adobera 3 Sinincay		-				40 días	
A3.1		A3.2		A3.3		A3.4	
Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²
1500	12	1200	9.0	1600	11	1900	14
Resistencia Total en kgf/cm ²							
						11.5	kgf/cm ²
						1.15	MPa

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 6 Ensayo de resistencia a la compresión Adobera 3



Fuente: (Autores, 2024)

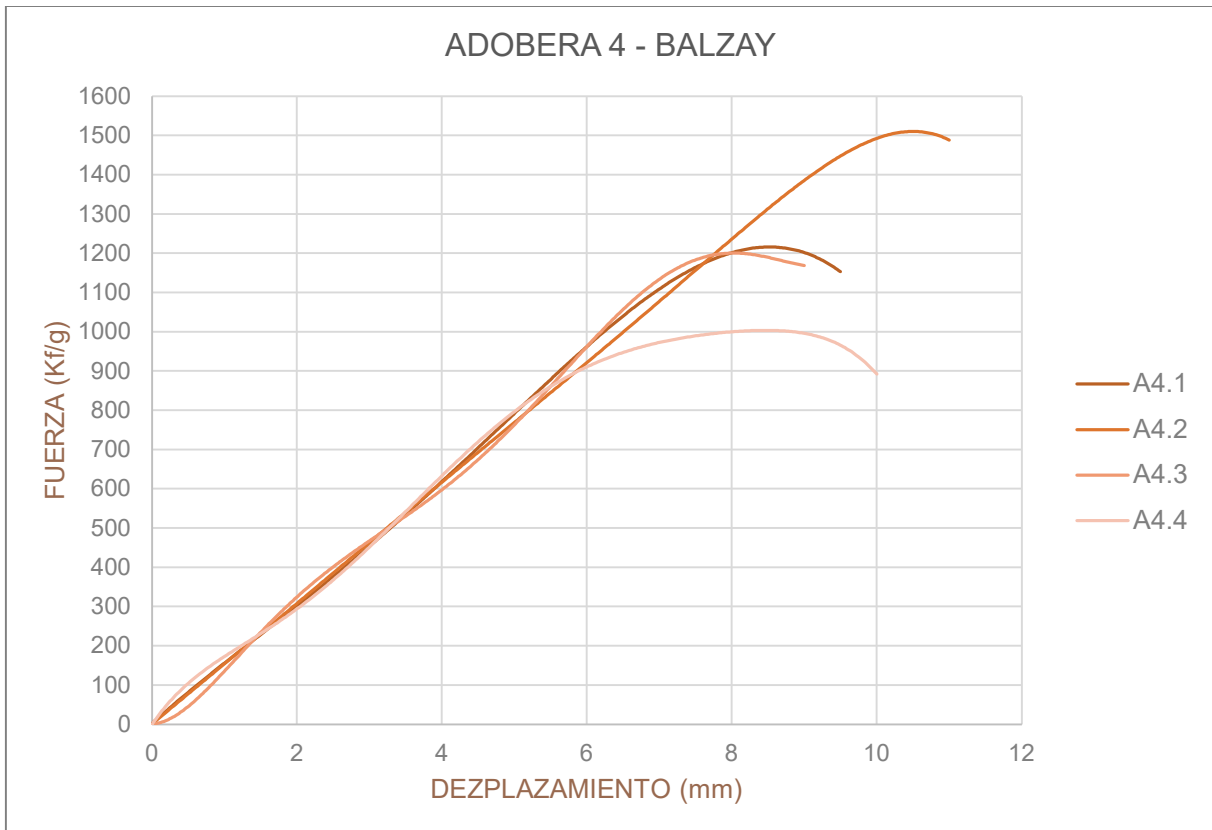
Adobera 4 – Sinincay: (Ver Tabla 39) y (Ver Gráfica 7)

Tabla 39 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión - Adobera 4

Suelo		Estabilizante				Días de secado	
Adobera 4 Balzay		-				40 días	
A4.1		A4.2		A4.3		A4.4	
Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²	Kg/f	kgf/cm ²
1200	7.7	1500	9.7	1200	8.1	980	6.7
Resistencia Total en kgf/cm ²							
						8.1	kgf/cm ²
						0.81	MPa

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 7 Ensayo de resistencia a la compresión Adobera 4



Fuente: (Autores, 2024)

Ensayo de resistencia a la compresión con el 10% de RCD

Para evaluar la resistencia a la compresión se siguió el procedimiento mencionado en la metodología de análisis. Con el fin de valorar el tiempo de secado normal (bajo cubierta), los ensayos fueron realizados a los 15 días posteriores a su elaboración. La valoración del tiempo obedeció a la disponibilidad de la prensa de compresión.

Previo a la realización de este ensayo, se tomó los siguientes datos. (Ver Tabla 40)

Tabla 40 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 10% de RCD

Nomenclatura	Dimensiones			Volumen	Peso	Densidad
	Altura	Largo	Ancho			
1M1	9.9	9.9	9.8	960.5	1617.4	1.68
2M1	10	9.9	9.1	900.9	1605.3	1.78
3M1	9.9	9.9	9.8	960.5	1622.9	1.69
4M1	10	10.1	9.8	929.2	1624.8	1.75
5M1	9.9	9.9	10	980.1	1621.8	1.65
6M1	10	9.8	9.9	970.2	1590.5	1.64

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez obtenidos los datos de las dimensiones, volumen, peso y densidad de cada muestra, se procede a elaborar en ensayo. Este consiste en determinar la magnitud de la carga máxima a compresión que puede tomar la muestra antes de su rotura.

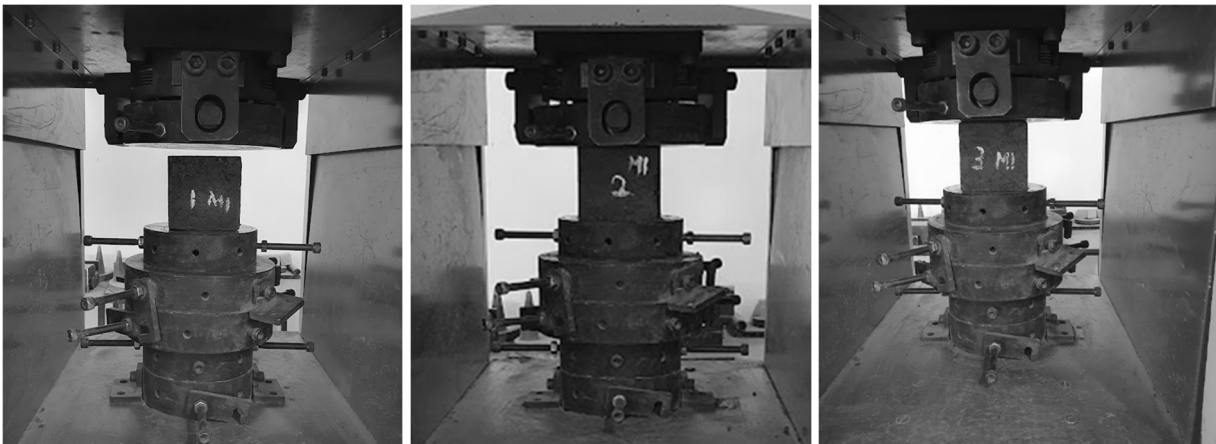


Figura 46: Ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 10% de RCD

Fuente: (Autores, 2024)

En base a ello, la muestra es ajustada en el punto céntrico de la prensa, es decir, entre la placa superior y la placa inferior, con el fin de asegurar la continuidad de la carga. La velocidad ejercida en este ensayo es constante de 2mm/min. (Ver Figura 46)

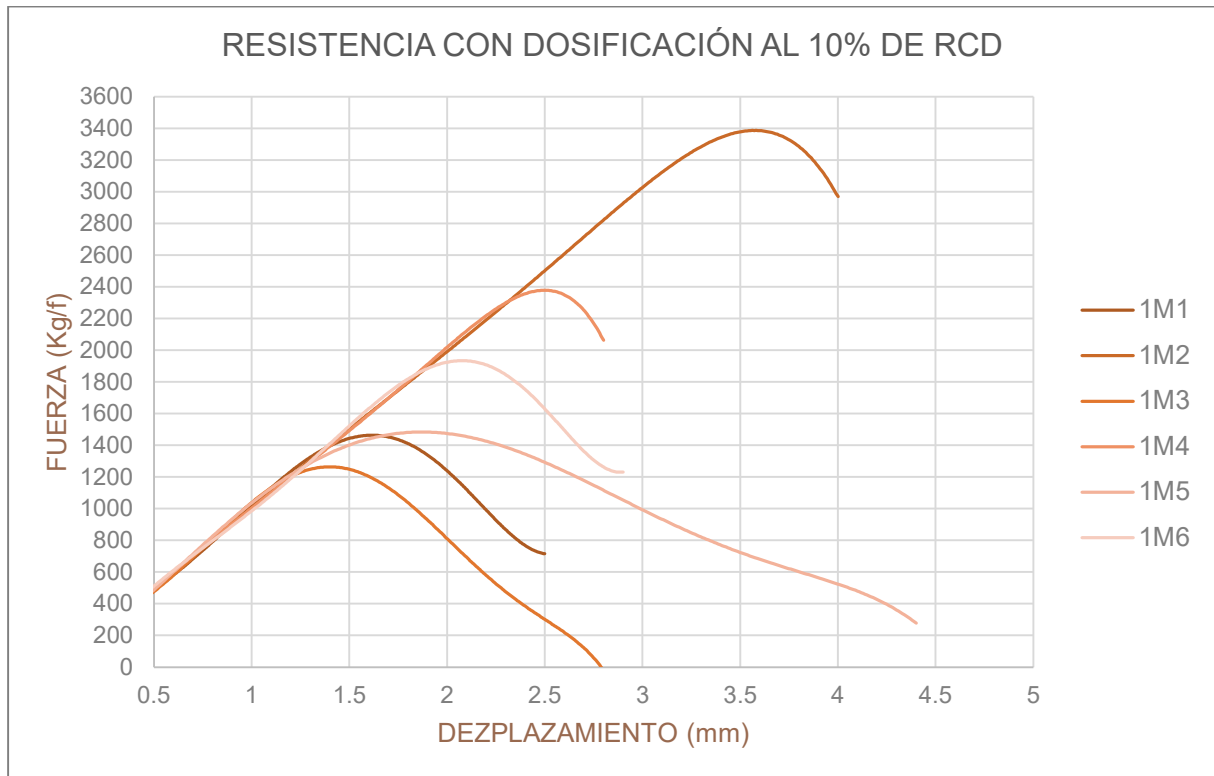
RCD 10%: (Ver Tabla 41) y (Ver Gráfica 8)

Tabla 41 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 10% de RCD

Suelo		Estabilizante		Días se secado	
Racar		RCD 10%		15 días	
1M1	2M1	3M1	4M1	5M1	6M1
16 kgf/cm ²	34 kgf/cm ²	13 kgf/cm ²	24 kgf/cm ²	16 kgf/cm ²	20 kgf/cm ²
1500 kg/f	3400 kg/f	1300 kg/f	2400 kg/f	1500 kg/f	2000 kg/f
Resistencia Total en kgf/cm ²			Resiste Total de las 4 mejores kgf/cm ²		
20.50			23.50		
kgf/cm ²			kgf/cm ²		
2.05			2.35		
MPa			MPa		

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 8 Ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 10% de RCD



Fuente: (Autores, 2024)

Ensayo de resistencia a la compresión con el 20% de RCD

Para evaluar la resistencia a la compresión se siguió el procedimiento mencionado en la metodología de análisis. Con el fin de valorar el tiempo de secado normal (bajo cubierta), los ensayos fueron realizados a los 15 días posteriores a su elaboración. La valoración del tiempo obedeció a la disponibilidad de la prensa de compresión.

Previo a la realización de este ensayo, se tomó los siguientes datos. (Ver Tabla 42)

Tabla 42 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 20% de RCD

Nomenclatura	Dimensiones			Volumen	Peso	Densidad
	Altura	Largo	Ancho			
1M2	9.6	9.6	10	921.6	1624.6	1.76
2M2	9.7	9.8	9.9	941.09	1598.5	1.70
3M2	9.8	9.9	10	970.2	1592.9	1.64
4M2	9.8	9.8	9.9	950.8	1621	1.70
5M2	9.6	9.6	9.9	912.38	1605.3	1.76
6M2	9.8	9.8	9.9	950.8	1611.2	1.69

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez obtenidos los datos de las dimensiones, volumen, peso y densidad de cada muestra, se procede a elaborar en ensayo. Este consiste en determinar la magnitud de la carga máxima a compresión que puede tomar la muestra antes de su rotura.



Figura 47: Ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 20% de RCD

Fuente: (Autores, 2024)

En base a ello, la muestra es ajustada en el punto céntrico de la prensa, es decir, entre la placa superior y la placa inferior, con el fin de asegurar la continuidad de la carga. La velocidad ejercida en este ensayo es constante de 2mm/min. (Ver Figura 47)

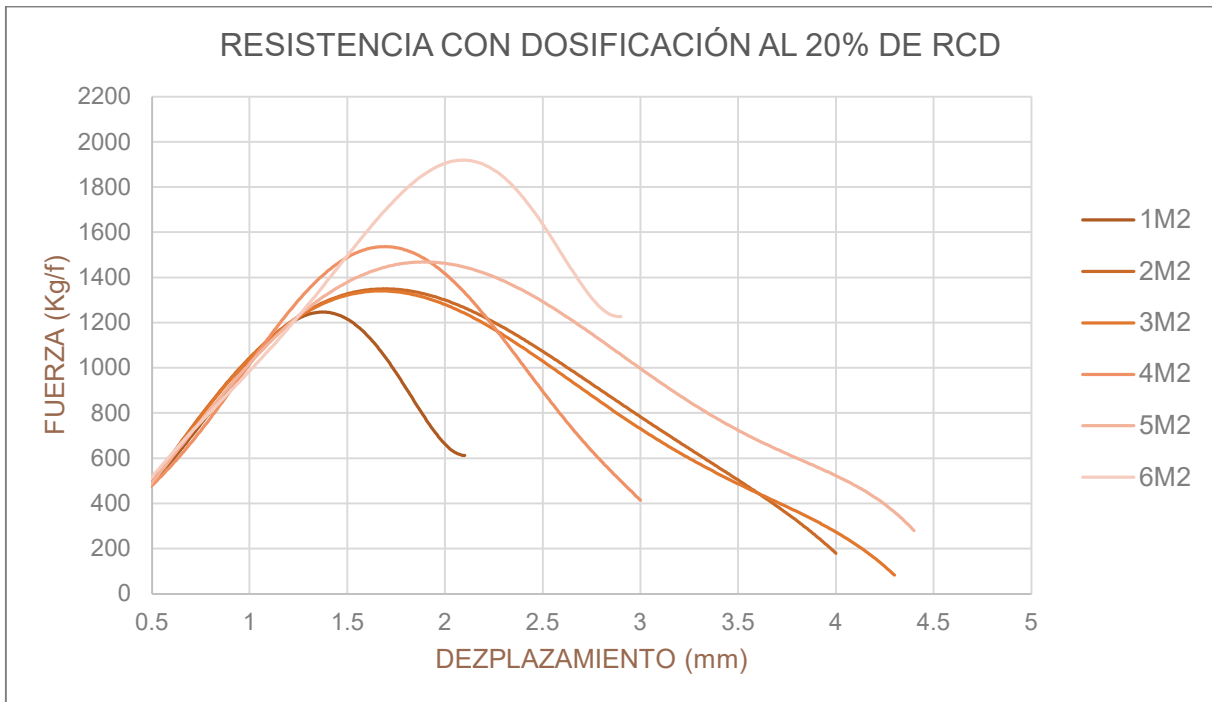
RCD 20%: (Ver Tabla 43) y (Ver Gráfica 9)

Tabla 43 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 20% de RCD

Suelo		Estabilizante		Días se secado	
Racar		RCD 20%		15 días	
1M2	2M2	3M2	4M2	5M2	6M2
14 kgf/cm ²	15 kgf/cm ²	15 kgf/cm ²	16 kgf/cm ²	14 kgf/cm ²	17 kgf/cm ²
1300 kg/f	1400 kg/f	1400 kg/f	1600 kg/f	1300 kg/f	1600 kg/f
Resistencia Total en kgf/cm ²			Resiste Total de las 4 mejores kgf/cm ²		
15.17			15.50		
kgf/cm ²			kgf/cm ²		
1.52			1.55		
MPa			MPa		

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 9 Ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 20% de RCD



Fuente: (Autores, 2024)

Ensayo de resistencia a la compresión con el 30% de RCD

Para evaluar la resistencia a la compresión se siguió el procedimiento mencionado en la metodología de análisis. Con el fin de valorar el tiempo de secado normal (bajo cubierta), los ensayos fueron realizados a los 15 días posteriores a su elaboración. La valoración del tiempo obedeció a la disponibilidad de la prensa de compresión.

Previo a la realización de este ensayo, se tomó los siguientes datos. (Ver Tabla 44)

Tabla 44 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 30% de RCD

Nomenclatura	Dimensiones			Volumen	Peso	Densidad
	Altura	Largo	Ancho			
1M3	9.9	9.9	10	980.1	1693.2	1.73
2M3	9.8	9.8	10	960.4	1631.3	1.70
3M3	9.8	9.8	9.6	921.98	1636.4	1.77
4M3	9.9	9.9	9.9	970.3	1622.7	1.67
5M3	9.9	9.9	9.8	960.5	1620	1.69
6M3	9.8	9.8	9.8	941.19	1629.5	1.73

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez obtenidos los datos de las dimensiones, volumen, peso y densidad de cada muestra, se procede a elaborar en ensayo. Este consiste en determinar la magnitud de la carga máxima a compresión que puede tomar la muestra antes de su rotura.

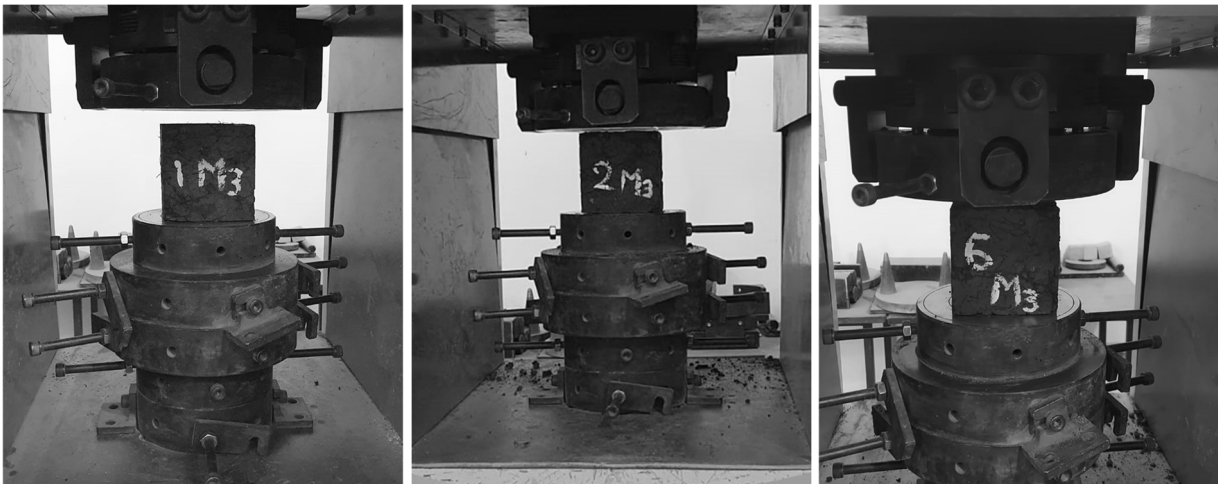


Figura 48: Ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 30% de RCD

Fuente: (Autores, 2024)

En base a ello, la muestra es ajustada en el punto céntrico de la prensa, es decir, entre la placa superior y la placa inferior, con el fin de asegurar la continuidad de la carga. La velocidad ejercida en este ensayo es constante de 2mm/min. (Ver Figura 48)

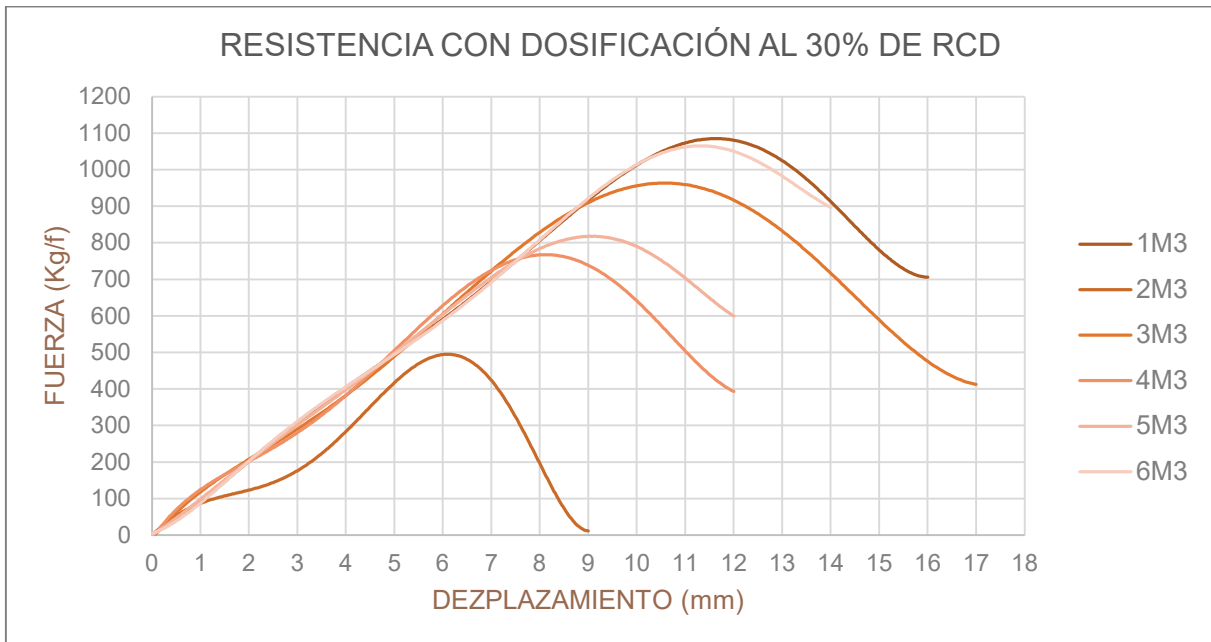
RCD 30%: (Ver Tabla 45) y (Ver Gráfica 10)

Tabla 45 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión con la dosificación al 30% de RCD

Suelo		Estabilizante		Días se secado	
Racar		RCD 30%		15 días	
1M3	2M3	3M3	4M3	5M3	6M3
11 kgf/cm ²	5.4 kgf/cm ²	1 kgf/cm ²	7.9 kgf/cm ²	8.4 kgf/cm ²	11 kgf/cm ²
1100 kg/f	520 kg/f	960 kg/f	770 kg/f	830 kg/f	1100 kg/f
Resistencia Total en kgf/cm ²			Resiste Total de las 4 mejores kgf/cm ²		
8.95			10.10		
0.90			1.01		
kgf/cm ²			kgf/cm ²		
MPa			MPa		

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 10 Ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 30% de RCD



Fuente: (Autores, 2024)

d. Interpretación de resultados

Ensayo de resistencia a la compresión de las adoberas

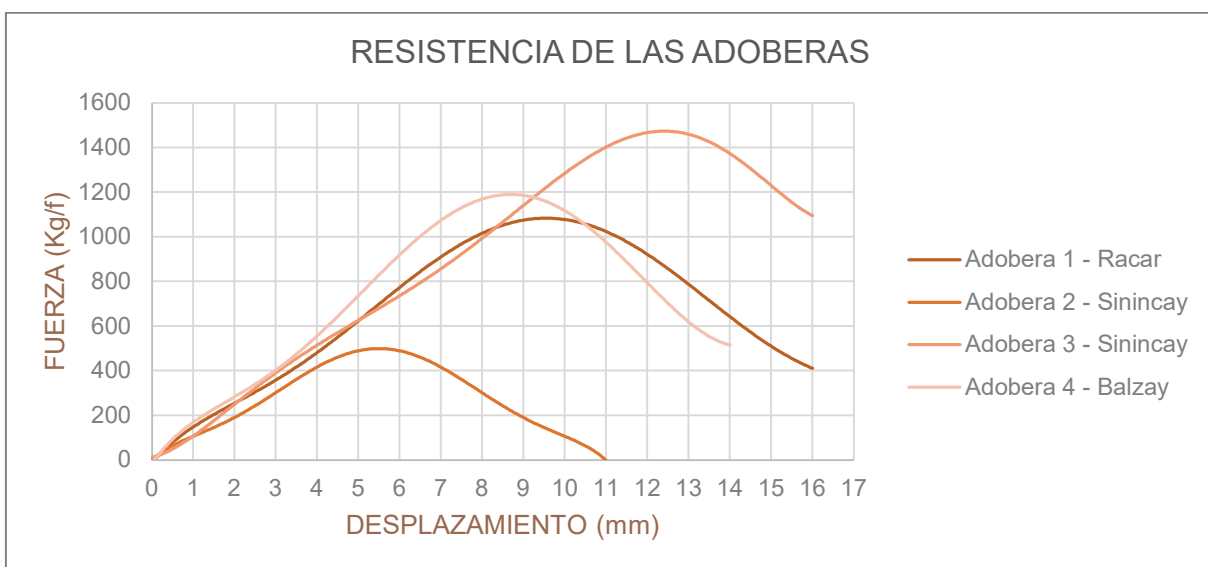
Conforme a los resultados obtenidos en los ensayos, se puede deducir que las muestras de la Adobera A2 soportaron cargas de 5 kgf/cm² siendo la más menor. Para la Adobera A1 y Adobera A4, los valores soportan cargas en un rango de 8 kgf/cm² a 8.6 kgf/cm². En cuanto a la Adobera A3, es la única que soporto una carga de 11.3 kgf/cm² = 1.13 MPa.

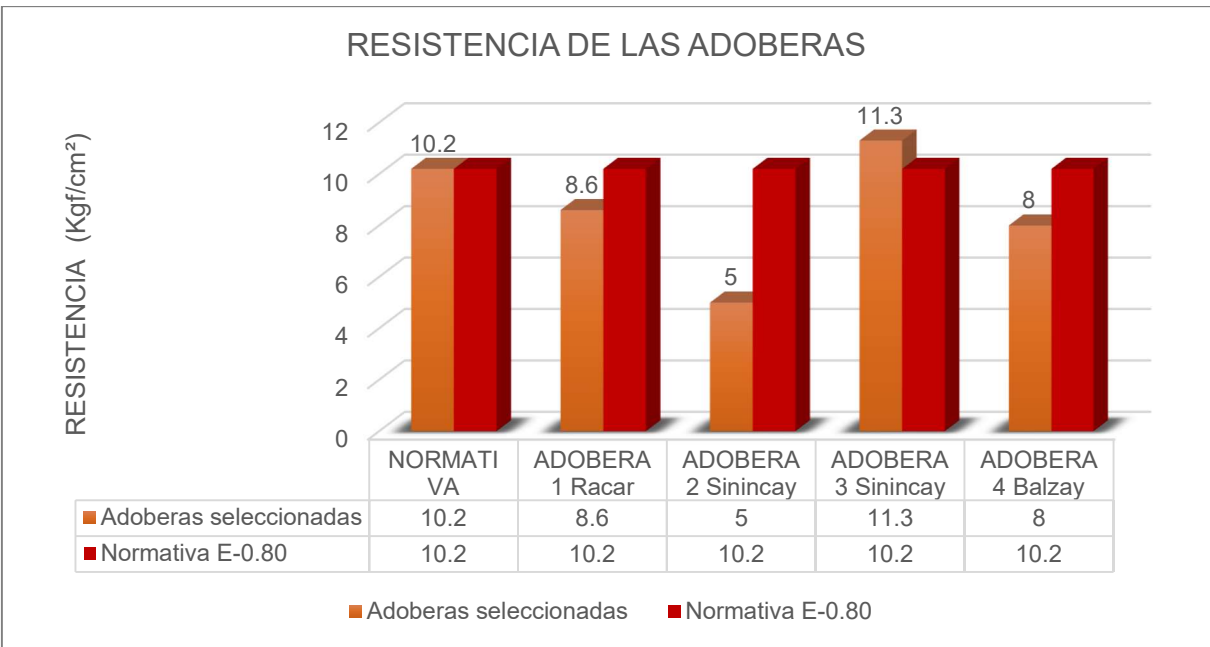
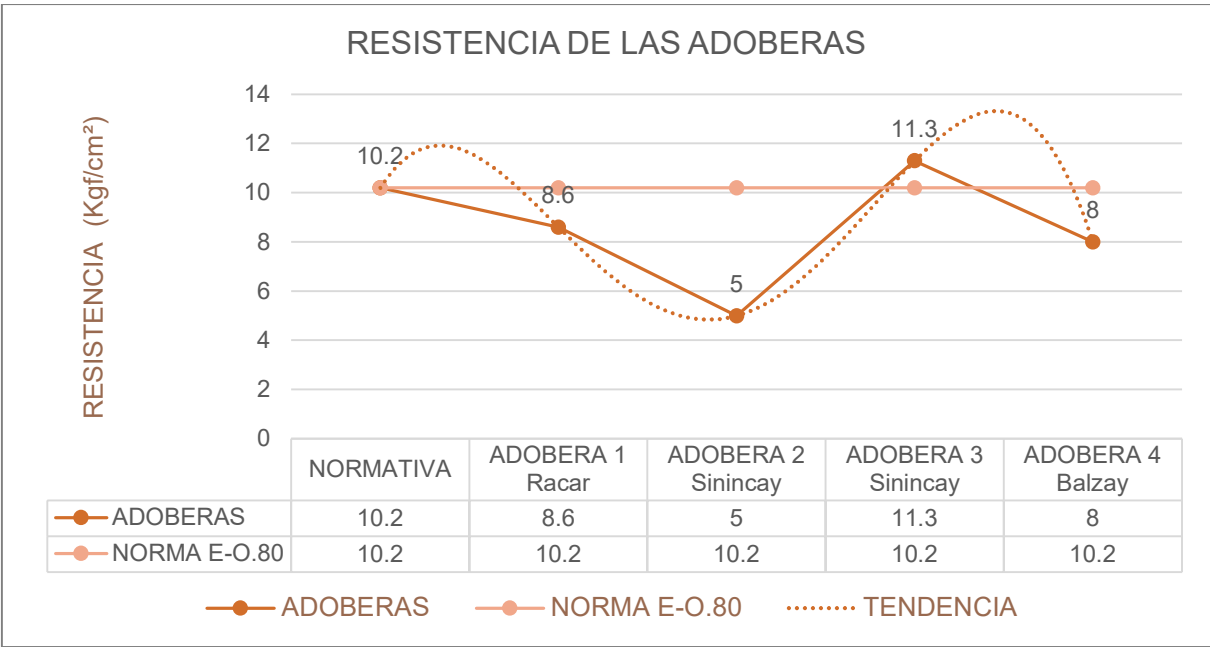
A1 = 8.6 kgf/cm ²	A2 = 5kgf/cm ²	A3 = 11.3 kgf/cm ²	A4 = 8 kgf/cm ²
Resistencia última Normativa	1.0MPa = 10.2 kgf/cm ²	Resistencia última Obtenida	1.13MPa = 11.3kgf/cm ²

A las muestras ensayadas de cada adobera, se deduce que la tierra ante las cargas de compresión se acomoda para seguir soportando carga, en la presente grafica se puede observar que la Adobera A3 muestran un comportamiento escalonado, es decir, cada cierto tramo de desplazamiento presenta grandes deformaciones conforme se va dando cargas pequeñas para después registrar incrementos grandes de carga hasta llegar a su máxima resistencia.

Finalmente, con los resultados obtenidos de los ensayos se calculó la resistencia ultima a compresión que según la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, debe ser mínimo de 1 MPa, comparando los resultados obtenidos para cada adobera, se concluye que las muestras de la Adobera A1, Adobera A2 y la Adobera A4, no cumplen con la resistencia mínima. En la Adobera A3, se registra que el valor más alto es de 1.13 MPa (11.3 kgf/cm²), es decir, cumple lo estipulado. (Ver Gráfica 11)

Gráfica 11 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión de las adoberas





Fuente: (Autores, 2024)

Ensayo de resistencia a la compresión con el 10% de RCD

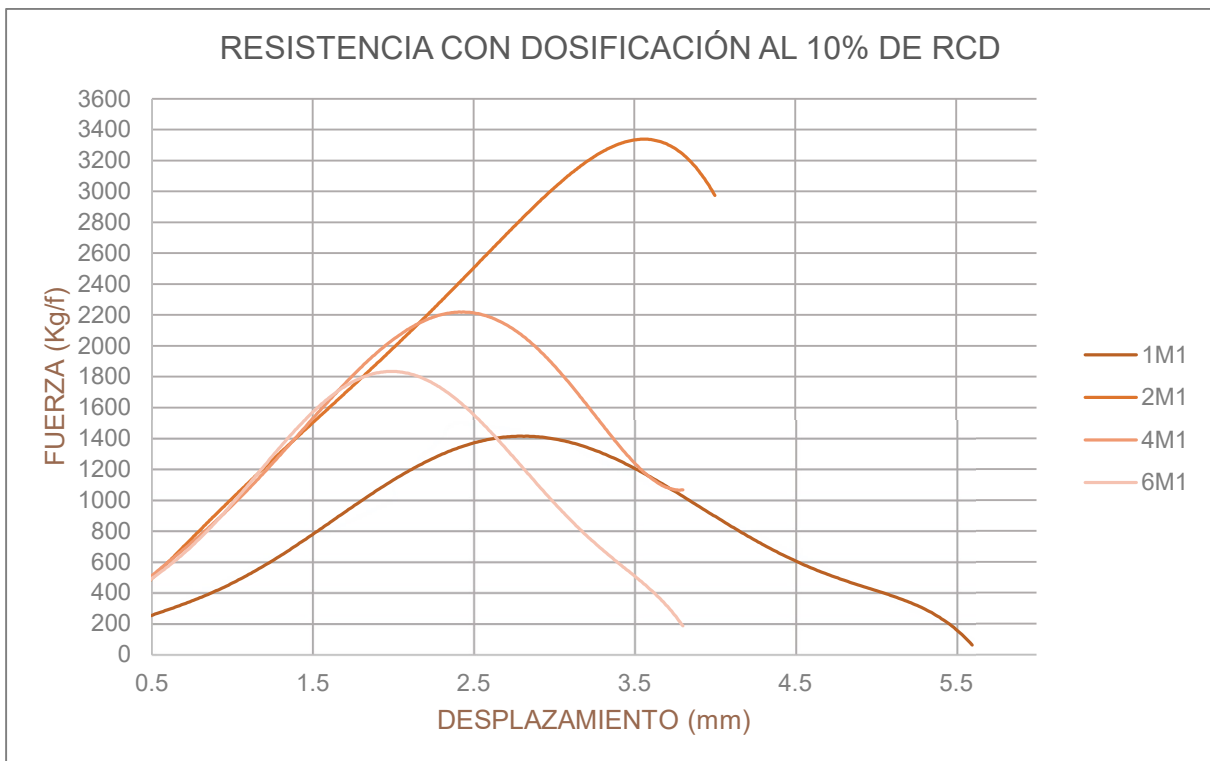
Conforme a los resultados obtenidos en los ensayos, se puede deducir que las muestras con la dosificación al 10% de RCD, soportaron cargas desde 13 kgf/cm² hasta 34 kgf/cm², valores que tienden a incrementar en la relación de esfuerzo – deformación.

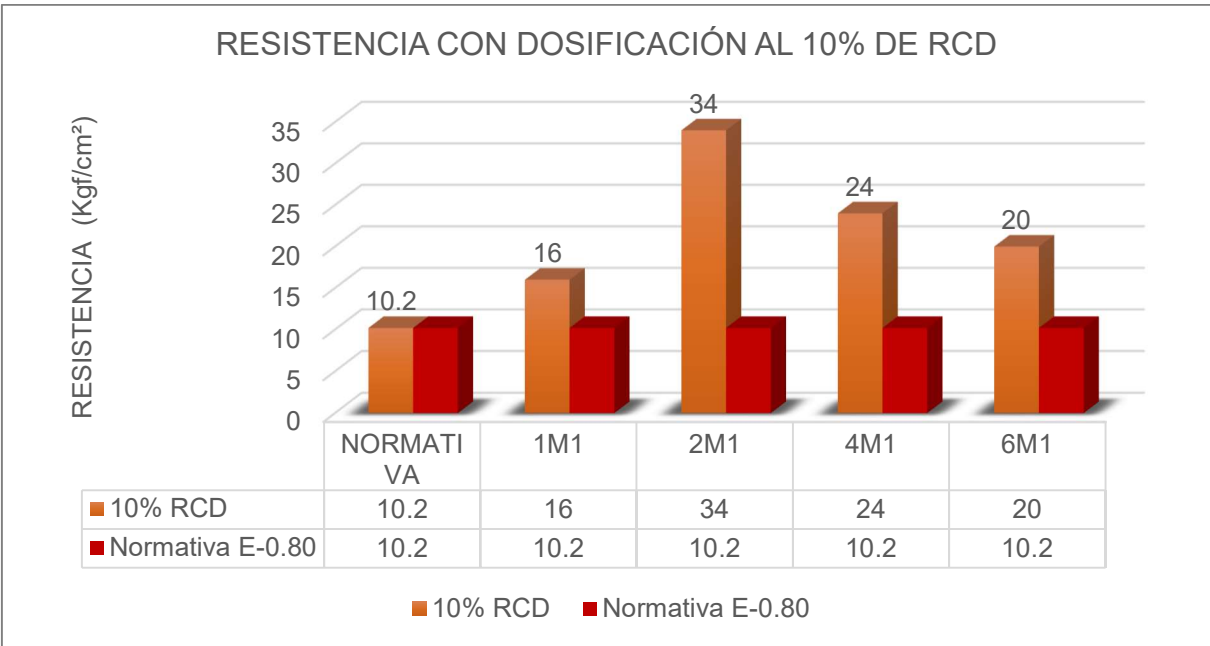
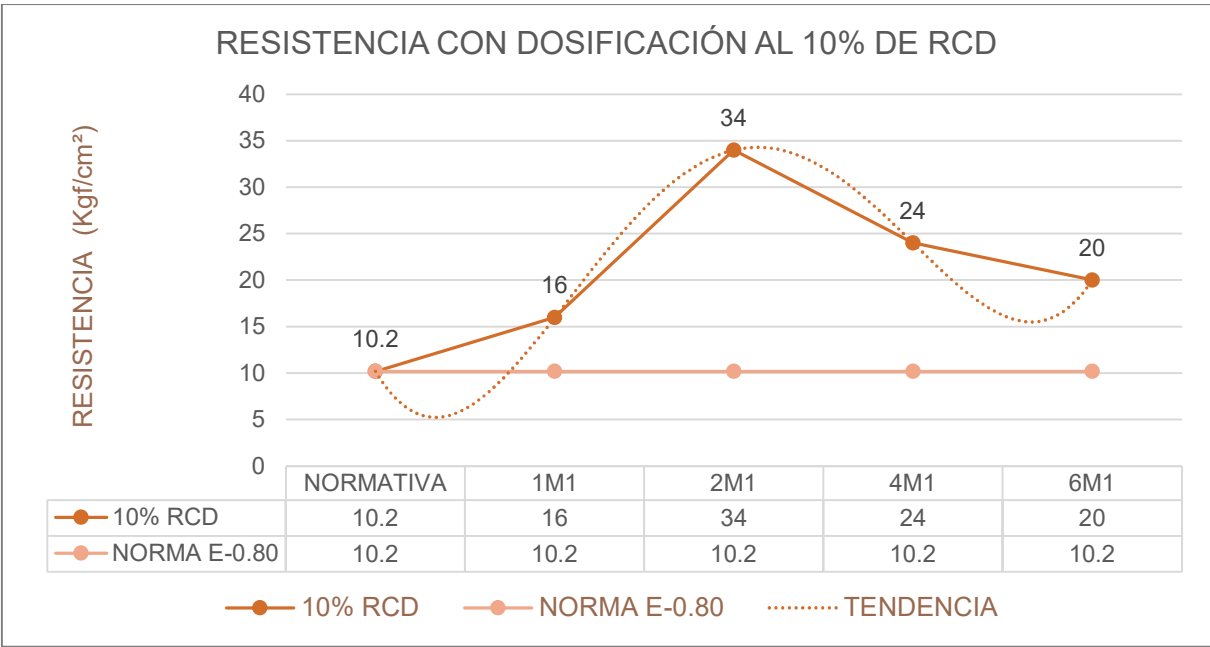
1M1= 16 kgf/cm²	2M1= 34kgf/cm²	4M1= 24 kgf/cm²	6M1= 20 kgf/cm²
PROMEDIO		23.50 kgf/cm ²	2.35 MPa

La Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, requiere el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) del adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 1.0MPa = 10.2 kgf/cm². Con el fin de cumplir lo estipulado en la normativa, las muestras que han obtenido una mayor resistencia a la compresión son la 1M1, 2M1, 4M1, 6M1; descartando la 3M1 Y 5M1. De las muestras seleccionas, se obtuvo el promedio de resistencia a la compresión de 2.35 MPa (23.50 kgf/cm²).

En la Grafica 12 se puede observar que la curva de comportamiento de las muestras con 10% de RCD a pesar de presentar unos picos altos y bajos mantiene una clara tendencia a estabilizarse, obteniendo un promedio de 2.35 MPa (23.50 kgf/cm²), mostrando así, que el porcentaje manejado tiene un mejor comportamiento a la compresión.

Gráfica 12 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 10% de RCD





Fuente: (Autores, 2024)

Ensayo de resistencia a la compresión con el 20% de RCD

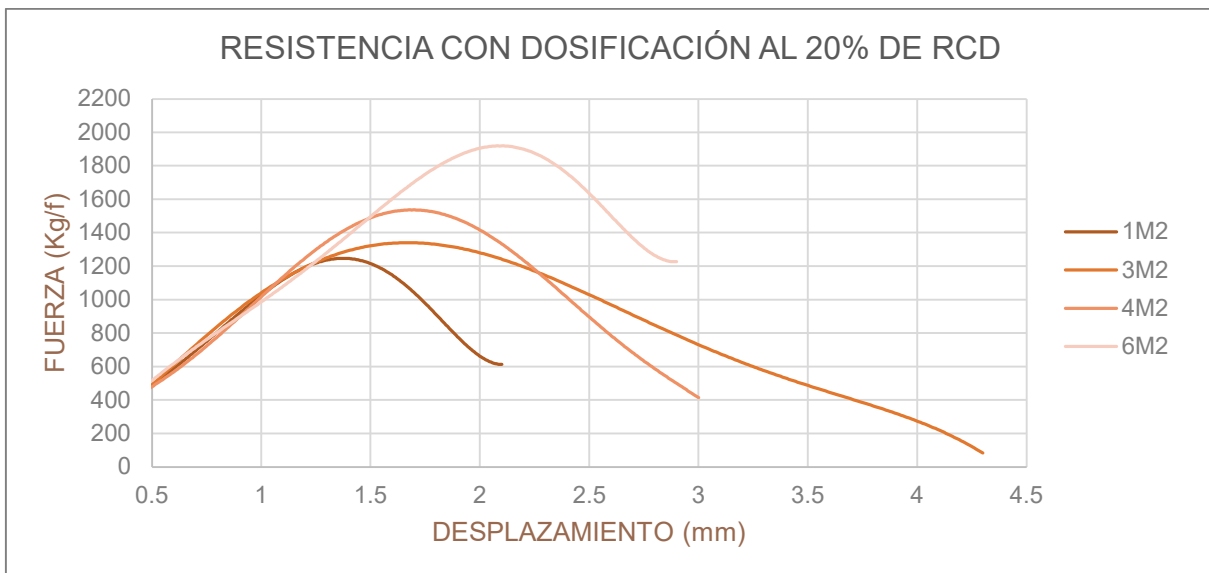
Conforme a los resultados obtenidos en los ensayos, se puede deducir que las muestras con la dosificación al 20% de RCD, soportaron cargas desde 14 kgf/cm² hasta 17 kgf/cm², valores que tienden a incrementar en la relación de esfuerzo – deformación.

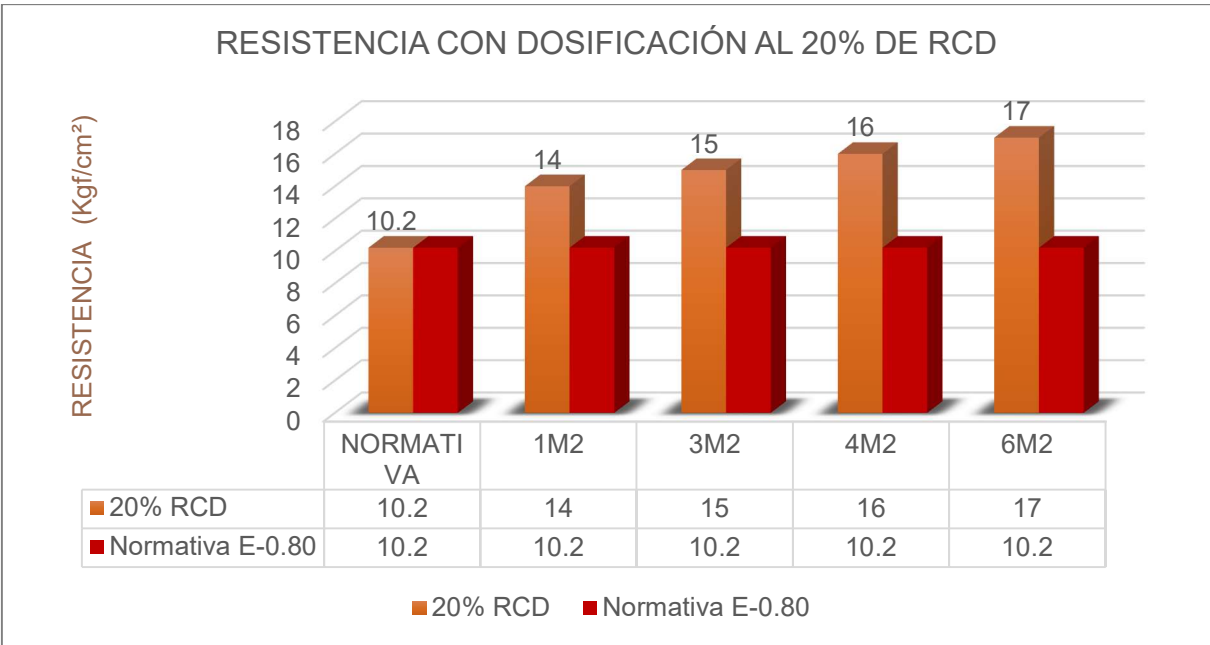
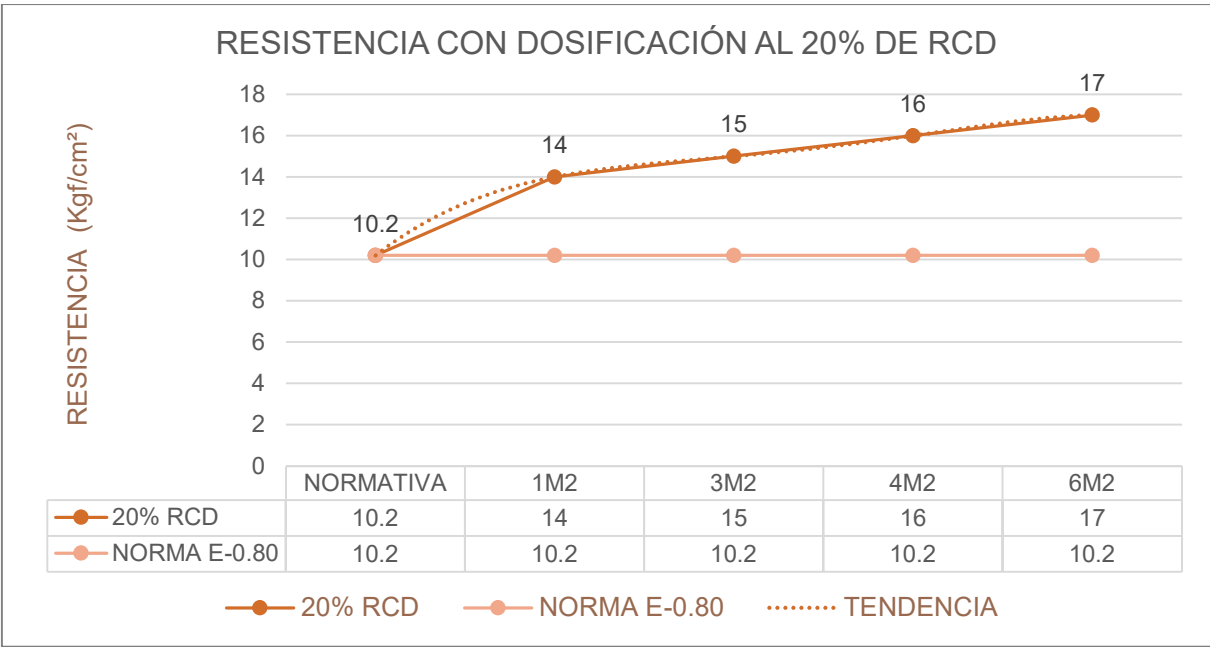
1M2= 14 kgf/cm ²	3M2= 15kgf/cm ²	4M2= 16 kgf/cm ²	6M2= 17 kgf/cm ²
PROMEDIO		15.50 kgf/cm ²	1.55 MPa

La Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, requiere el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) del adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 1.0MPa = 10.2 kgf/cm². Con el fin de cumplir lo estipulado en la normativa, las muestras que han obtenido una mayor resistencia a la compresión son la 1M2, 3M2, 4M2, 6M2; descartando la 2M2 Y 5M2. De las muestras seleccionas, se obtuvo el promedio de resistencia a la compresión de 1.55 MPa (15.50 kgf/cm²).

En la Grafica 13 se puede observar que la curva de comportamiento de las muestras con 20% de RCD mantiene una clara tendencia a estabilizarse, obteniendo un promedio de 1.55 MPa (15.50 kgf/cm²).

Gráfica 13 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 20% de RCD





Fuente: (Autores, 2024)

Ensayo de resistencia a la compresión con el 30% de RCD

Conforme a los resultados obtenidos en los ensayos, se puede deducir que las muestras con la dosificación al 30% de RCD, soportaron cargas desde 5.4 kgf/cm² hasta 11 kgf/cm², valores que tienden a disminuir en la relación de esfuerzo – deformación.

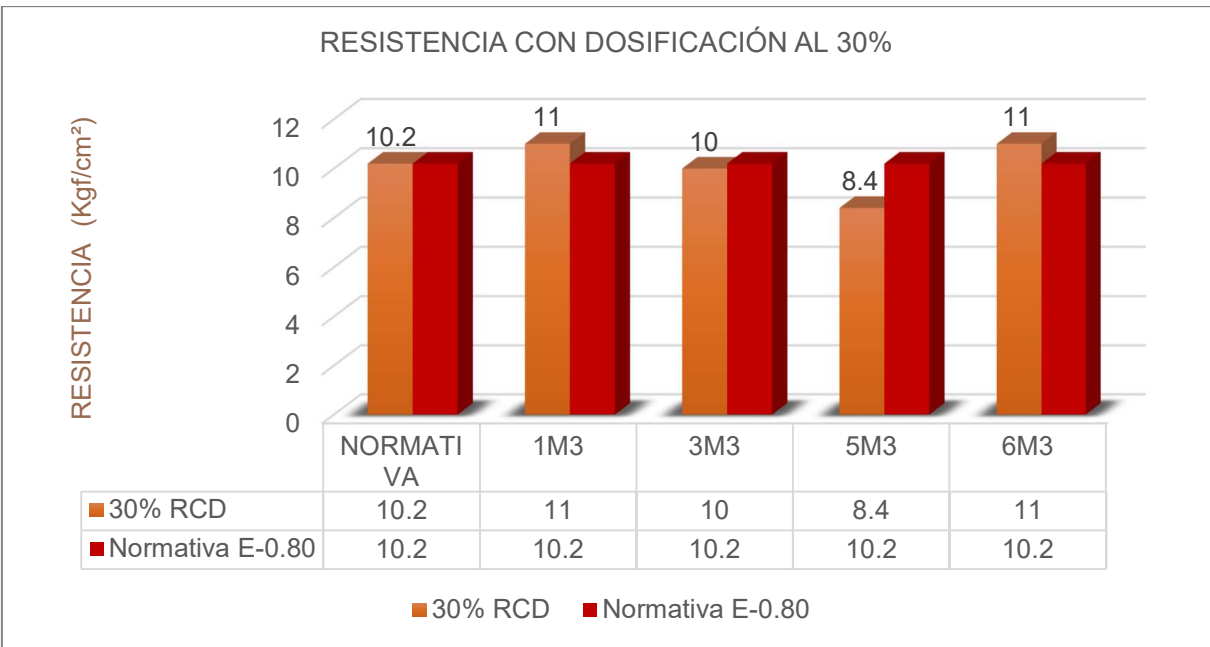
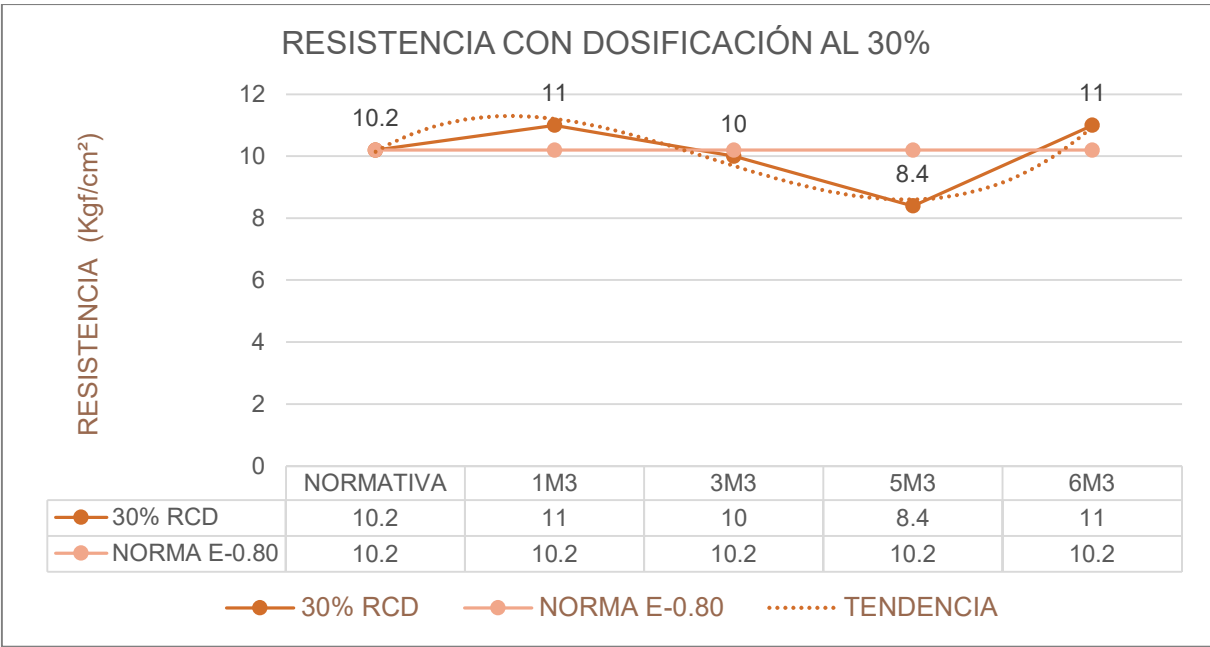
1M3= 11 kgf/cm ²	3M3= 10kgf/cm ²	5M3= 8.4 kgf/cm ²	6M3= 11 kgf/cm ²
PROMEDIO		10.10 kgf/cm ²	1.01 MPa

La Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, requiere el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) del adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 1.0MPa = 10.2 kgf/cm². Con el fin de cumplir lo estipulado en la normativa, las muestras que han obtenido una mayor resistencia a la compresión son la 1M3, 3M3, 5M3, 6M3; descartando la 2M3 Y 4M3. De las muestras seleccionas, se obtuvo el promedio de resistencia a la compresión de 1.01 MPa (10.10 kgf/cm²).

En la Grafica 14 se puede observar que la curva de comportamiento de las muestras con 30% de RCD a pesar de presentar unos picos altos y bajos mantiene una clara tendencia a estabilizarse, obteniendo un promedio de 1.01 MPa (10.10 kgf/cm²).

Gráfica 14 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión con dosificación al 30% de RCD





Fuente: (Autores, 2024)

3.4.2 Determinantes del ensayo de resistencia a la tracción Indirecta por compresión diametral

a. *Elaboración y acondicionamiento de moldes*

Siguiendo el procedimiento indicado en la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, se prepararán las muestras en cilindros usando los moldes metálicos para hormigones sugeridos por el ASTM, con las dimensiones de 20cm de altura y 10 cm de diámetro, obteniendo un total de 18 probetas, cumpliendo con las dosificaciones mencionadas en la sección 3.3.3. (Ver Figura 49) y (Ver Figura 50)



Figura 49: Muestra Cúbica

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 50: Muestras cilíndricas para ensayos de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral

Fuente: (Autores, 2024)

b. Metodología de análisis

La ejecución de estos ensayos se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica (CIITT) perteneciente a la Universidad Católica de Cuenca. Siguiendo la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada.

- La velocidad de carga aplicada a este ensayo fue de 5mm/min, teniendo en cuenta que su resistencia última debe ser de $0.08\text{MPa} = 0.81\text{ kgf/cm}^2$.
- El promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) del adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es $0.08\text{MPa} = 0.81\text{ kgf/cm}^2$.

El equipo utilizado para este ensayo es la prensa de compresión, ya que permite obtener datos de carga y deformación inmediatos a través de sensores, estos datos son indispensables para generar el gráfico esfuerzo - deformación para cada una de las muestras propuestas en esta investigación. La carga fue aplicada a una velocidad de 0,5mm/min, misma que fue calibrada previo a los ensayos definitivos. (Ver Figura 51)



Figura 51: Prensa de compresión

Fuente: (Autores, 2024)

c. Resultados

Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 10% de RCD

Para evaluar la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral se siguió el procedimiento mencionado en la metodología de análisis. Con el fin de valorar el tiempo de secado normal (bajo cubierta), los ensayos fueron realizados a los 28 días posteriores a su elaboración. La valoración del tiempo obedeció a la disponibilidad de la prensa de compresión. Previo a la realización de este ensayo, se tomó los siguientes datos con la ayuda de un calibrador vernier con una precisión de 0,001cm. (Ver Tabla 46)

Tabla 46 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral al 10% de RCD

Nomenclatura	Dimensiones		Volumen	Peso	Densidad
	Altura	Diámetro			
1M1_C	19.3	9.9	1485.66	2820	1.90
2M1_C	19.3	9.9	1485.66	2830.5	1.91
3M1_C	19.3	9.8	1455.80	2803.5	1.93
4M1_C	19.7	9.9	1516.45	2943.5	1.94
5M1_C	19.5	9.8	1470.88	2755.6	1.87
6M1_C	19.3	9.8	1455.80	2747.6	1.89

Fuente: (Autores, 2024)

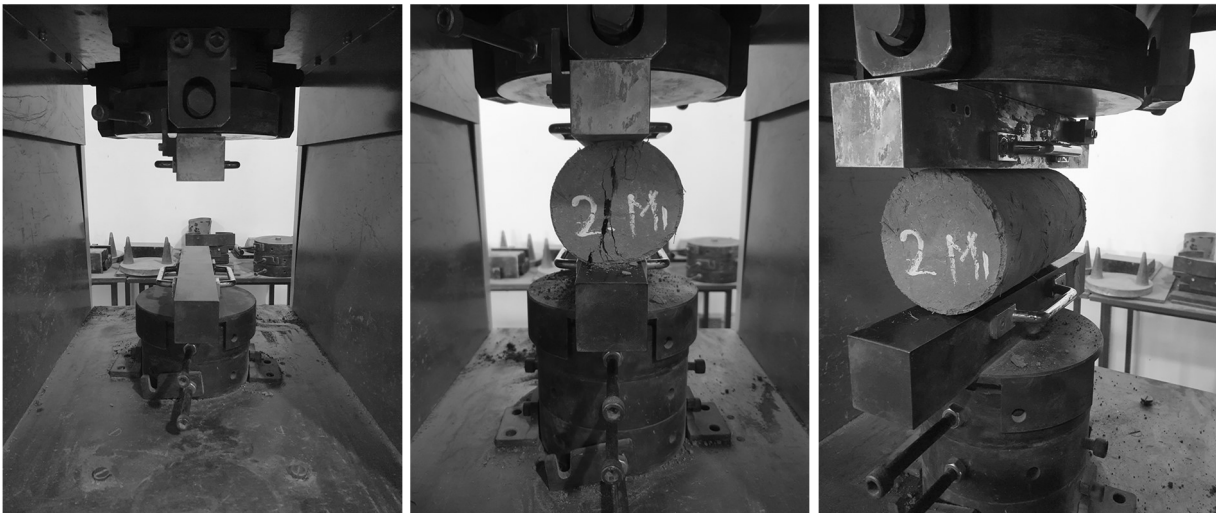


Figura 52: Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez obtenidos los datos de las alturas, diámetros, volumen, peso y densidad de cada muestra, se procede a elaborar en ensayo. Este consiste en determinar la magnitud de la carga máxima a la tracción indirecta por compresión diametral que puede tomar la muestra antes de su rotura. Para ello, se coloca dos pesas una en la parte superior y la otra en la parte inferior, la muestra es ajustada en el punto céntrico de la prensa, con el fin de asegurar la continuidad de la carga. La velocidad ejercida en este ensayo es constante de 2mm/min. (Ver Figura 52)

RCD 10%: (Ver Tabla 47) y (Ver Gráfica 15)

Tabla 47 Resultado general de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD

Suelo		Estabilizante		Días se secado	
Racar		RCD 10%		28 días	
1M1_C	2M1_C	3M1_C	4M1_C	5M1_C	6M1_C
550 kgf	550 kgf	570 kgf	580 kgf	575 kgf	580 kgf

Fuente: (Autores, 2024)

Al obtener los valores de las cargas en Kgf, en el ensayo de tracción indirecta por compresión diametral se debe aplicar la siguiente formula, con el fin de obtener en kgf/cm².

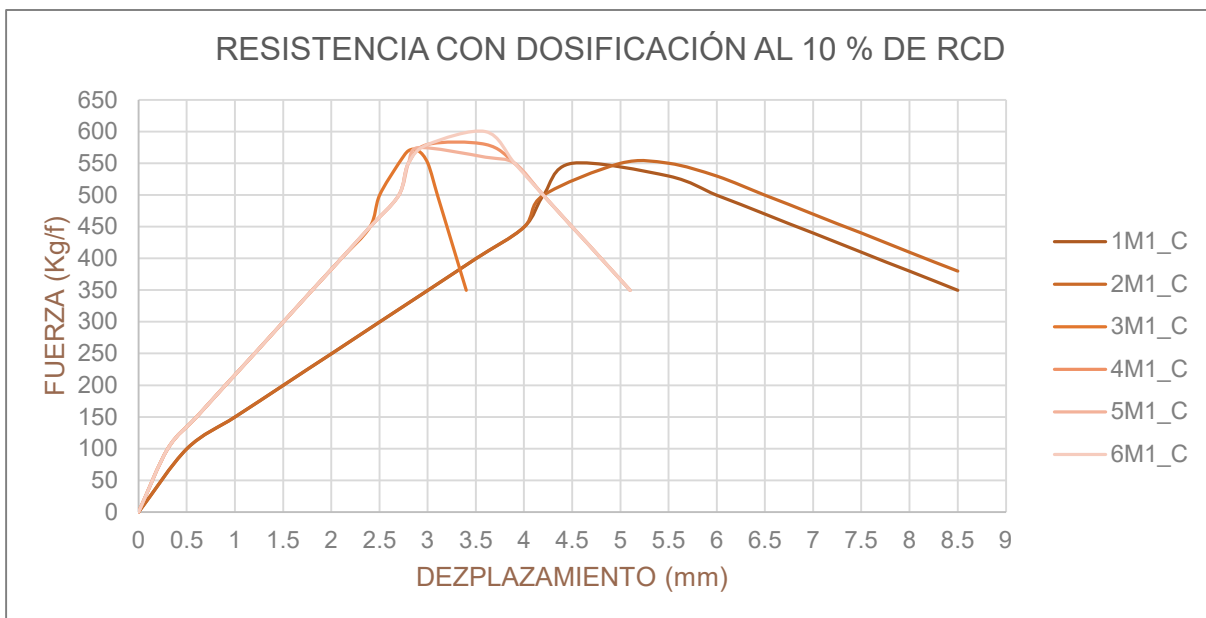
$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

Tabla 48 Resultado de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD

Suelo		Estabilizante		Días se secado	
Racar		RCD 10%		28 días	
1M1_C	2M1_C	3M1_C	4M1_C	5M1_C	6M1_C
550 kgf	550 kgf	570 kgf	580 kgf	575 kgf	580 kgf
1.83 kgf/cm²	1.83 kgf/cm²	1.92 kgf/cm²	1.89 kgf/cm²	1.92 kgf/cm²	1.95 kgf/cm²
Resistencia Total en kgf/cm²			Resiste Total de las 4 mejores kgf/cm²		
1.89		kgf/cm ²	1.92		kgf/cm ²
0.19		MPa	0.19		MPa

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 15 Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD



Fuente: (Autores, 2024)

Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 20% de RCD

Para evaluar la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral se siguió el procedimiento mencionado en la metodología de análisis. Con el fin de valorar el tiempo de secado normal (bajo cubierta), los ensayos fueron realizados a los 28 días posteriores a su elaboración. Previo a la realización de este ensayo, se tomó los siguientes datos. Las dimensiones de cada muestra fueron tomadas con un calibrador vernier con una precisión de 0,001cm. (Ver Tabla 48)

Tabla 49 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral al 20% de RCD

Nomenclatura	Dimensiones		Volumen	Peso	Densidad
	Altura	Diámetro			
1M2_C	19.5	9.9	1501.05	2823.5	1.88
2M2_C	19.2	9.9	1477.96	2838.5	1.92
3M2_C	18.9	9.9	1454.87	2784	1.91
4M2_C	19.2	9.8	1448.25	2885.25	1.99
5M2_C	19.3	9.8	1455.80	2796.66	1.92
6M2_C	19	9.9	1462.56	2785.5	1.90

Fuente: (Autores, 2024)

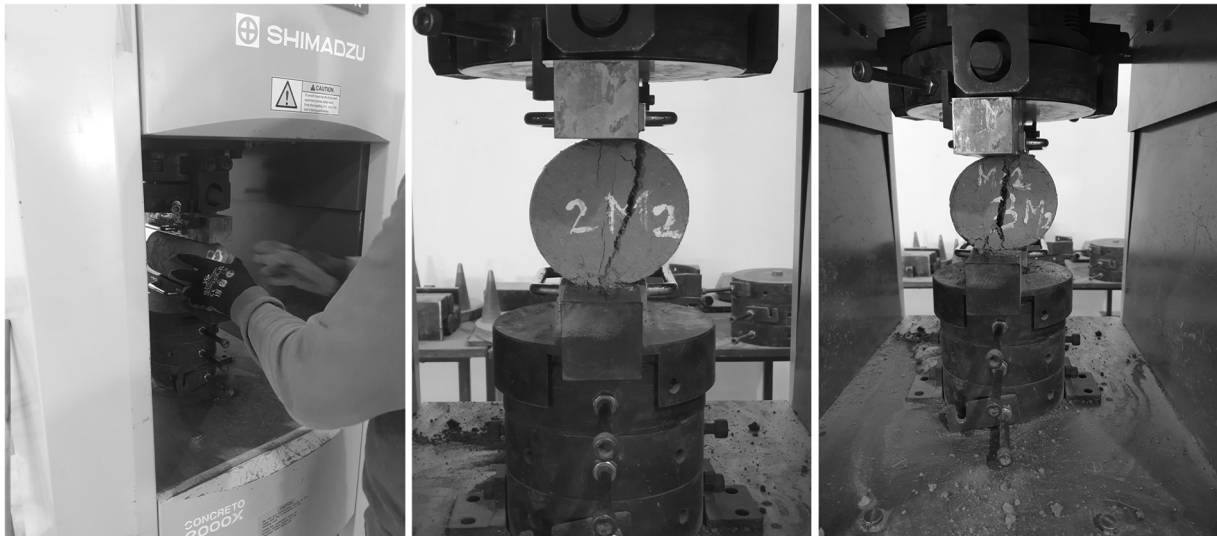


Figura 53: Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez obtenidos los datos de las alturas, diámetros, volumen, peso y densidad de cada muestra, se procede a elaborar en ensayo. Este consiste en determinar la magnitud de la carga máxima a la tracción indirecta por compresión diametral que puede tomar la muestra antes de su rotura. Para ello, se coloca dos pesas una en la parte superior y la otra en la parte inferior, la muestra es ajustada en el punto céntrico de la prensa, con el fin de asegurar la continuidad de la carga. La velocidad ejercida en este ensayo es constante de 2mm/min. (Ver Figura 53)

RCD 20%: (Ver Tabla 49) y (Ver Gráfica 16)

Tabla 50 Resultado general de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD

Suelo		Estabilizante		Días se secado	
Racar		RCD 20%		28 días	
1M2_C	2M2_C	3M2_C	4M2_C	5M2_C	6M2_C
370 kgf	380 kgf	440 kgf	450 kgf	390 kgf	430 kgf

Fuente: (Autores, 2024)

Al obtener los valores de las cargas en Kgf, en el ensayo de tracción indirecta por compresión diametral se debe aplicar la siguiente formula, con el fin de obtener en kgf/cm².

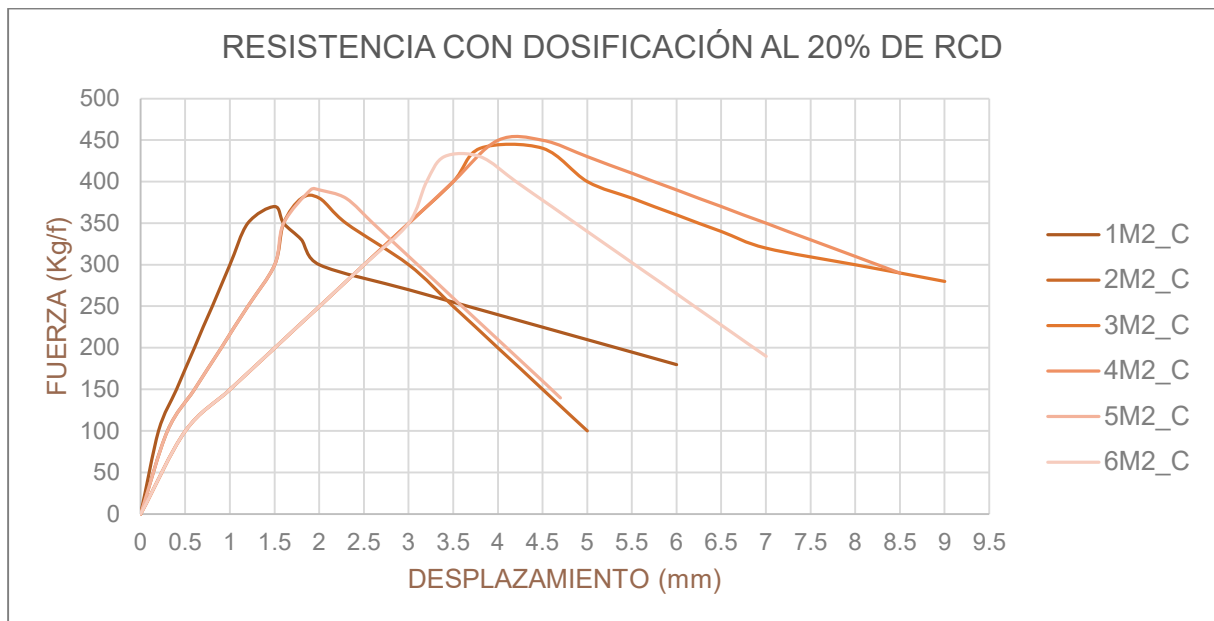
$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

Tabla 51 Resultado de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD

Suelo		Estabilizante		Días se secado	
Racar		RCD 20%		28 días	
1M2_C	2M2_C	3M2_C	4M2_C	5M2_C	6M2_C
370 kgf	380 kgf	440 kgf	450 kgf	390 kgf	430 kgf
1.22 kgf/cm ²	1.27 kgf/cm ²	1.50 kgf/cm ²	1.52 kgf/cm ²	1.31 kgf/cm ²	1.46 kgf/cm ²
Resistencia Total en kgf/cm ²			Resiste Total de las 4 mejores kgf/cm ²		
1.38			kgf/cm ²		
0.14			MPa		
			1.45		
			kgf/cm ²		
			0.14		
			MPa		

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 16 Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD



Fuente: (Autores, 2024)

Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 30% de RCD

Para evaluar la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral se siguió el procedimiento mencionado en la metodología de análisis. Con el fin de valorar el tiempo de secado normal (bajo cubierta), los ensayos fueron realizados a los 28 días posteriores a su elaboración. Previo a la realización de este ensayo, se tomó los siguientes datos. Las dimensiones de cada muestra fueron tomadas con un calibrador vernier con una precisión de 0,001cm. (Ver Tabla 50)

Tabla 52 Cuadro de dimensiones para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral al 30% de RCD

Nomenclatura	Dimensiones		Volumen	Peso	Densidad
	Altura	Diámetro			
1M3_C	19.9	9.9	1531.84	2846	1.86
2M3_C	19.8	9.9	1524.15	2868	1.88
3M3_C	19.8	9.9	1524.15	2820	1.85
4M3_C	19.9	9.9	1531.84	2821	1.84
5M3_C	19.8	9.9	1524.15	2847.5	1.87
6M3_C	19.7	9.9	1516.45	2843.5	1.88

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 54: Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD

Fuente: (Autores, 2024)

Una vez obtenidos los datos de las alturas, diámetros, volumen, peso y densidad de cada muestra, se procede a elaborar en ensayo. Este consiste en determinar la magnitud de la carga máxima a la tracción indirecta por compresión diametral que puede tomar la muestra antes de su rotura. Para ello, se coloca dos pesas una en la parte superior y la otra en la parte inferior, la muestra es ajustada en el punto céntrico de la prensa, con el fin de asegurar la continuidad de la carga. La velocidad ejercida en este ensayo es constante de 2mm/min. (Ver Figura 54)

RCD 30%: (Ver Tabla 51) y (Ver Gráfica 17)

Tabla 53 Resultado general de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD

Suelo		Estabilizante		Días se secado	
Racar		RCD 30%		28 días	
1M3_C	2M3_C	3M3_C	4M3_C	5M3_C	6M3_C
350 kgf	380 kgf	320 kgf	330 kgf	380 kgf	310 kgf

Fuente: (Autores, 2024)

Al obtener los valores de las cargas en Kgf, en el ensayo de tracción indirecta por compresión diametral se debe aplicar la siguiente formula, con el fin de obtener en kgf/cm².

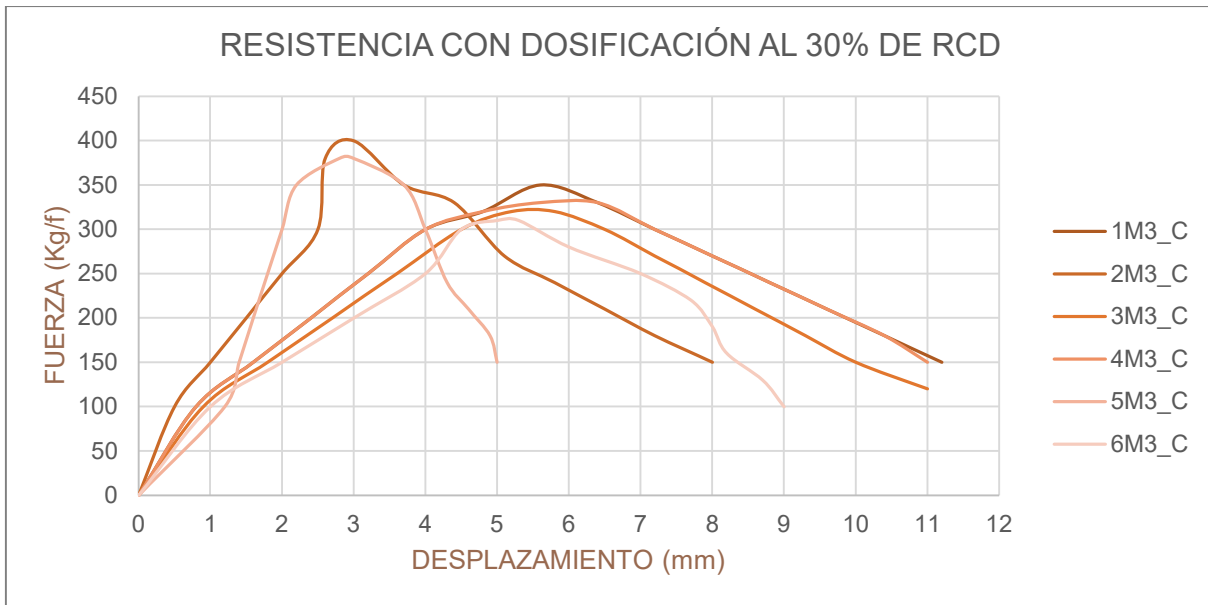
$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

Tabla 54 Resultado de ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD

Suelo		Estabilizante		Días se secado	
Racar		RCD 30%		28 días	
1M3_C	2M3_C	3M3_C	4M3_C	5M3_C	6M3_C
350 kgf	380 kgf	320 kgf	330 kgf	380 kgf	310 kgf
1.13 kgf/cm²	1.23 kgf/cm²	1.04 kgf/cm²	1.07 kgf/cm²	1.23 kgf/cm²	1.01 kgf/cm²
Resistencia Total en kgf/cm²			Resiste Total de las 4 mejores kgf/cm²		
1.12		kgf/cm ²	1.17		kgf/cm ²
0.11		MPa	0.12		MPa

Fuente: (Autores, 2024)

Gráfica 17 Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD



Fuente: (Autores, 2024)

d. Interpretación de resultados

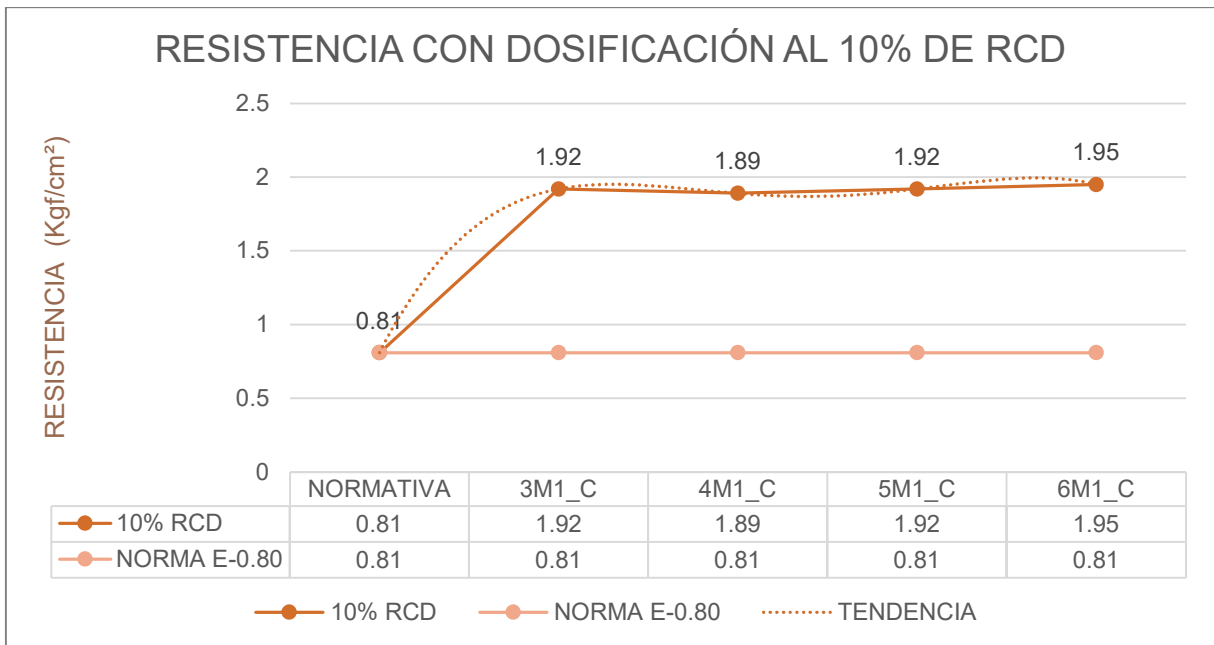
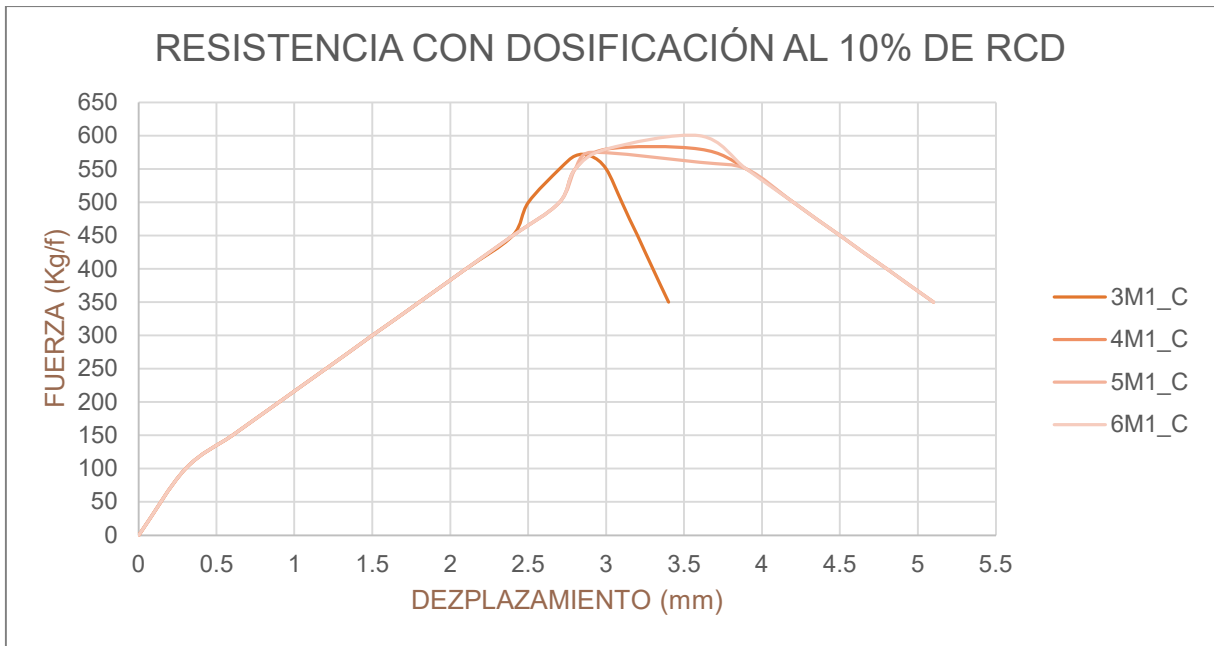
Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 10% de RCD

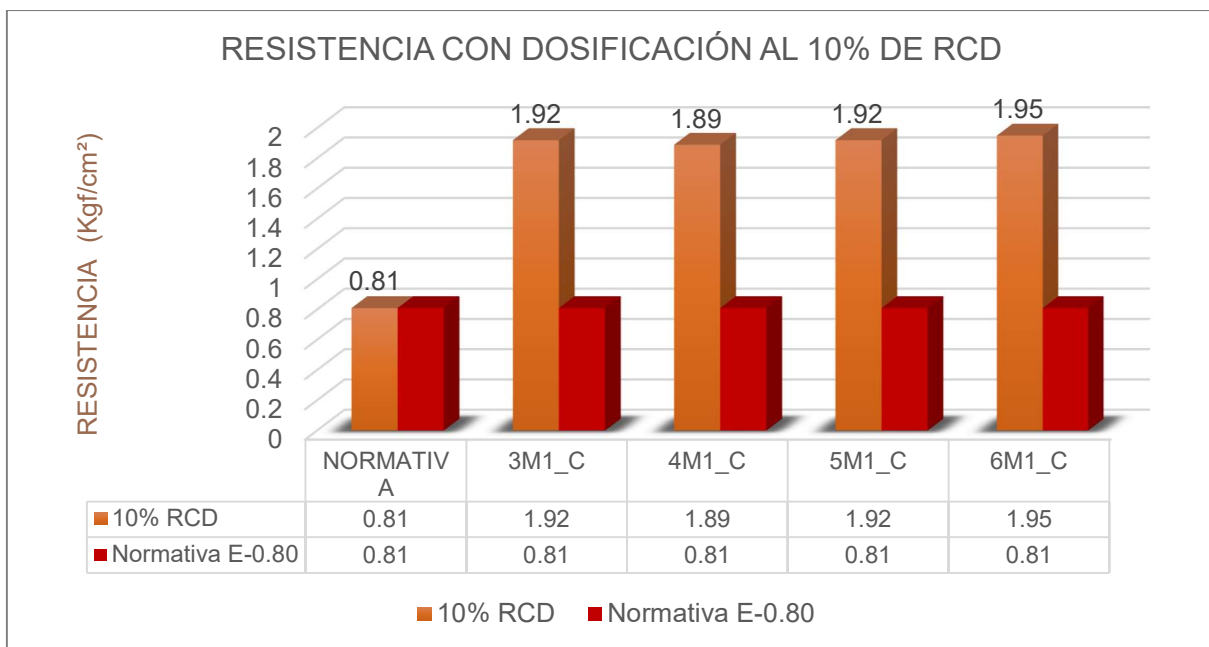
Conforme a los resultados obtenidos en los ensayos, se puede deducir que las muestras con la dosificación al 10% de RCD, soportaron cargas desde 570 kgf/cm² hasta 580 kgf/cm², valores que tienden a incrementar en la relación del esfuerzo de compresión vs el esfuerzo a cortante.

3M1_C= 1.92 kgf/cm²	4M1_C= 1.89 kgf/cm²	5M1_C= 1.92 kgf/cm²	6M1_C= 1.95 kgf/cm²
PROMEDIO		1.92 kgf/cm ²	0.19 MPa

La Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, requiere el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) del adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 0.08MPa = 0.81 kgf/cm². Con el fin de cumplir lo estipulado en la normativa, las muestras que han obtenido una mayor resistencia a la compresión son la 3M1_C, 4M1_C, 5M1_C, 6M1_C; descartando la 1M1_C y 2M1_C. De las muestras seleccionadas, se obtuvo el promedio de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral de 0.19 MPa (1.92 kgf/cm²), donde se puede deducir que, a mayor esfuerzo a compresión, mayor es el esfuerzo a cortante.

Gráfica 18 Resumen del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 10% de RCD





Fuente: (Autores, 2024)

En la Grafica 18 se puede observar que la curva de comportamiento de las muestras con 10% de RCD a pesar de presentar unos picos altos y bajos mantiene una clara tendencia a estabilizarse, obteniendo un promedio de 0.19 MPa (1.92 kgf/cm²), mostrando así, que el porcentaje manejado tiene un mejor comportamiento a la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral.

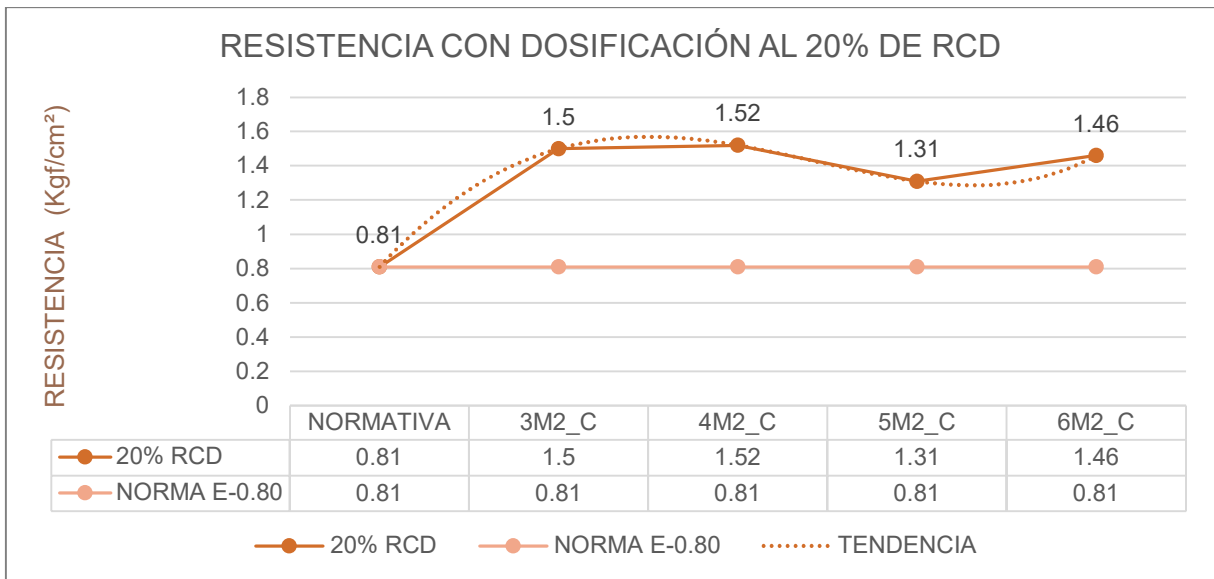
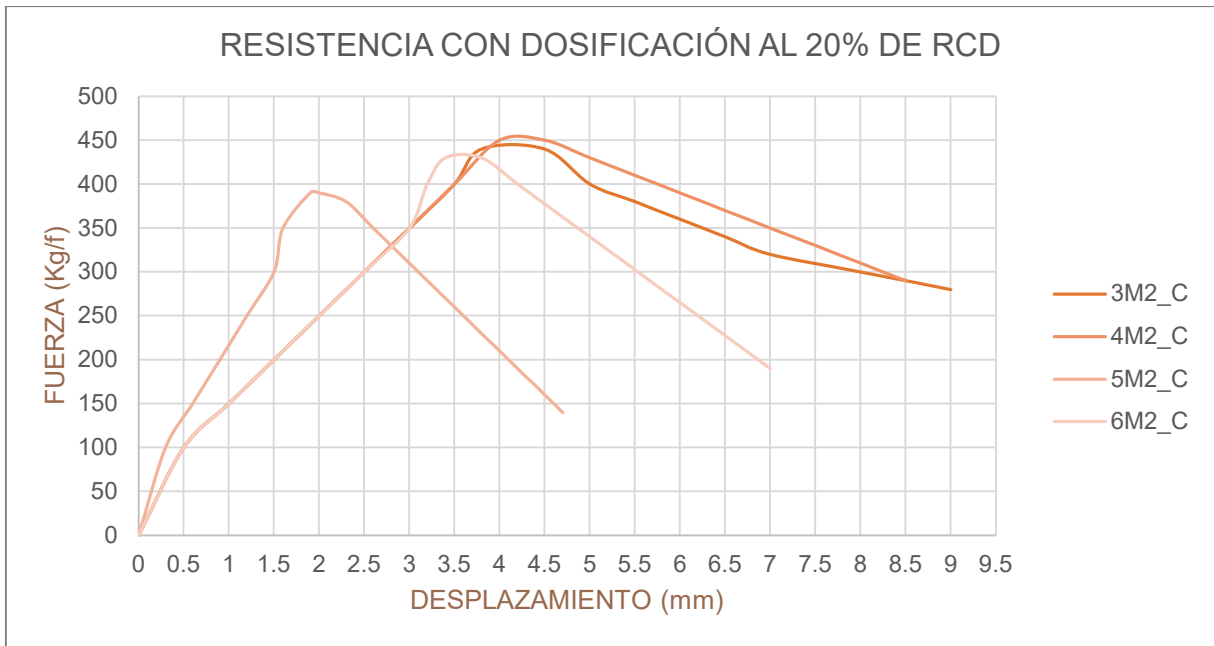
Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 20% de RCD

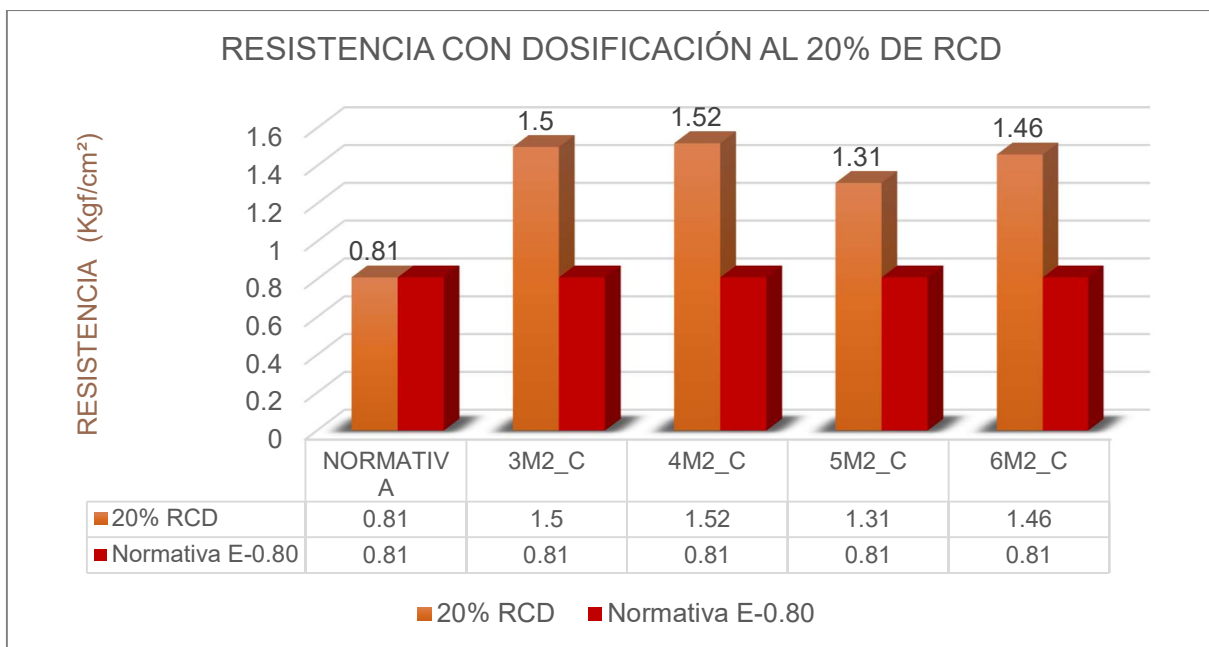
Conforme a los resultados obtenidos en los ensayos, se puede deducir que las muestras con la dosificación al 20% de RCD, soportaron cargas desde 390 kgf/cm² hasta 450 kgf/cm², valores que tienden a incrementar en la relación de esfuerzo – deformación.

3M2_C = 1.50 kgf/cm²	4M2_C = 1.52 kgf/cm²	5M2_C = 1.31 kgf/cm²	6M2_C = 1.46 kgf/cm²
PROMEDIO		1.45 kgf/cm ²	0.14 MPa

La Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, requiere el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) del adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 0.08MPa = 0.81 kgf/cm². Con el fin de cumplir lo estipulado en la normativa, las muestras que han obtenido una mayor resistencia a la compresión son la 3M2_C, 4M2_C, 5M2_C, 6M2_C; descartando la 1M2_C y 2M2_C. De las muestras seleccionadas, se obtuvo el promedio de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral de 0.14 MPa (1.45 kgf/cm²), donde se puede deducir que, a mayor esfuerzo a compresión, mayor es el esfuerzo a cortante.

Gráfica 19 Resumen del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 20% de RCD





Fuente: (Autores, 2024)

En la Grafica 19 se puede observar que la curva de comportamiento de las muestras con 20% de RCD a pesar de presentar unos picos altos y bajos mantiene una clara tendencia a estabilizarse, obteniendo un promedio de 0.14 MPa (1.45 kgf/cm²), mostrando así, que el porcentaje manejado tiene un mejor comportamiento a la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral.

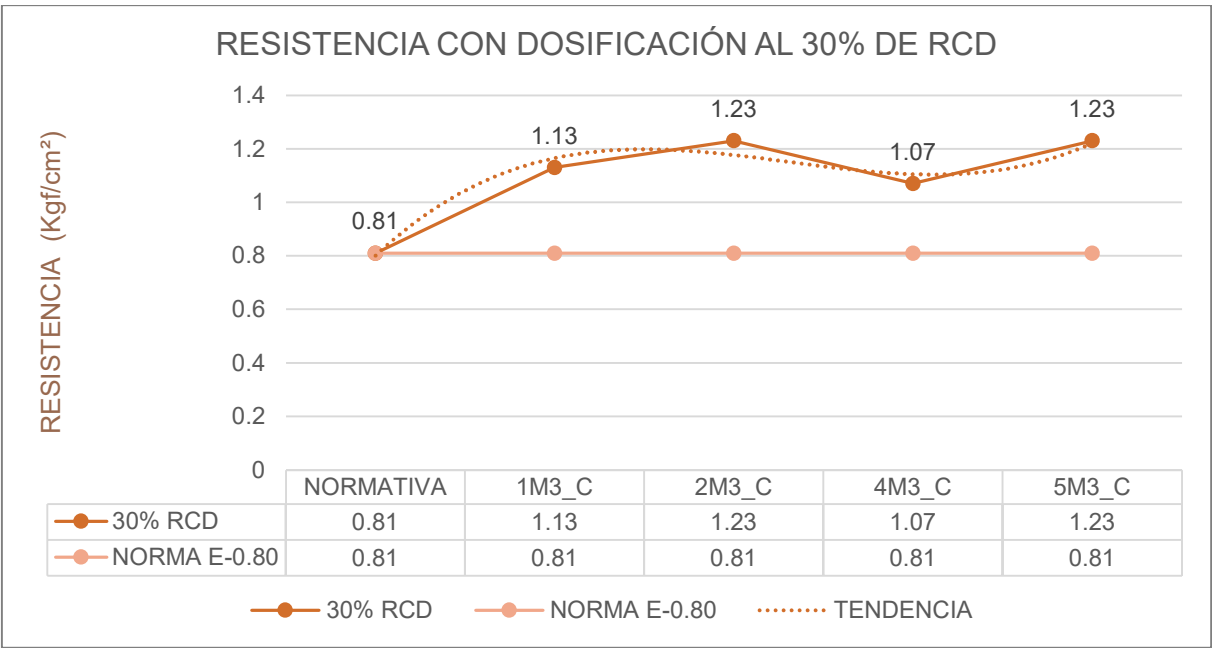
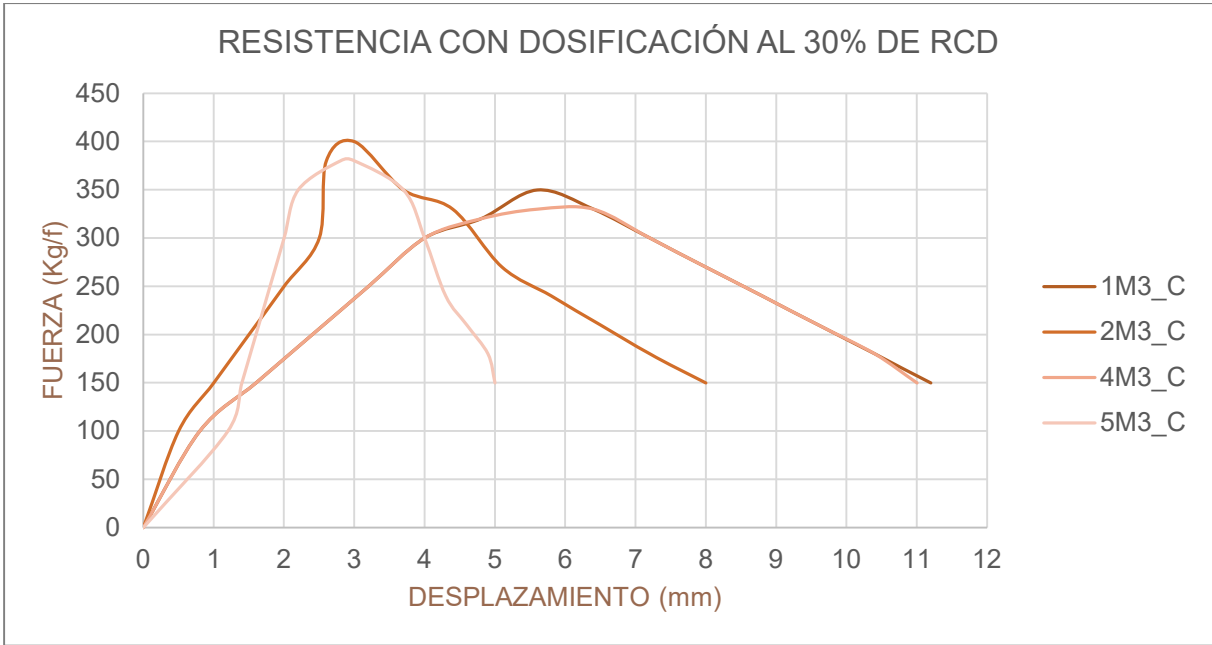
Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con el 30% de RCD

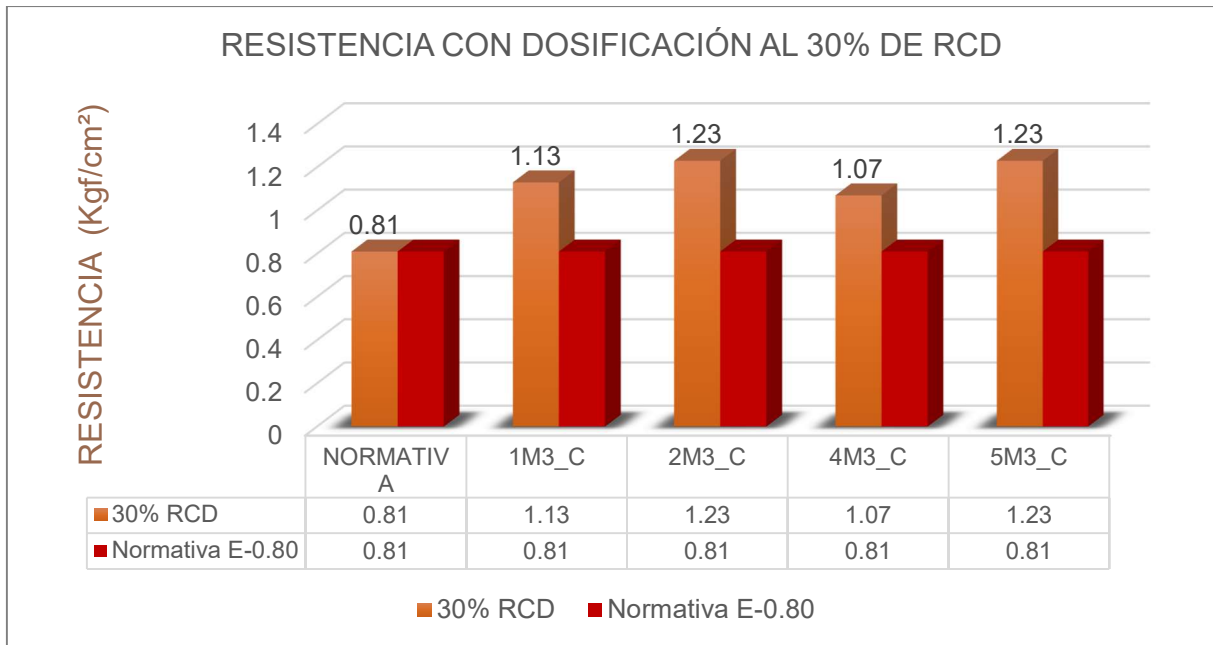
Conforme a los resultados obtenidos en los ensayos, se puede deducir que las muestras con la dosificación al 30% de RCD, soportaron cargas desde 330 kgf/cm² hasta 380 kgf/cm², valores que tienden a disminuir en la relación de esfuerzo – deformación.

1M3_C = 1.13 kgf/cm²	2M3_C = 1.23 kgf/cm²	4M3_C = 1.07 kgf/cm²	5M3_C = 1.23 kgf/cm²
PROMEDIO		1.17 kgf/cm ²	1.01 MPa

La Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, requiere el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) del adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 0.08MPa = 0.81 kgf/cm². Con el fin de cumplir lo estipulado en la normativa, las muestras que han obtenido una mayor resistencia a la compresión son la 1M3_C, 2M3_C, 4M3_C, 5M3_C; descartando la 3M3_C y 6M3_C. De las muestras seleccionadas, se obtuvo el promedio de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral de 0.12 MPa (1.17 kgf/cm²), donde se puede deducir que, a mayor esfuerzo a compresión, mayor es el esfuerzo a cortante.

Gráfica 20 Resumen del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con la dosificación al 30% de RCD





Fuente: (Autores, 2024)

En la Grafica 20 se puede observar que la curva de comportamiento de las muestras con 30% de RCD a pesar de presentar unos picos altos y bajos mantiene una clara tendencia a estabilizarse, obteniendo un promedio de 0.12 MPa (1.17 kgf/cm²), mostrando así, que el porcentaje manejado tiene un mejor comportamiento a la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral

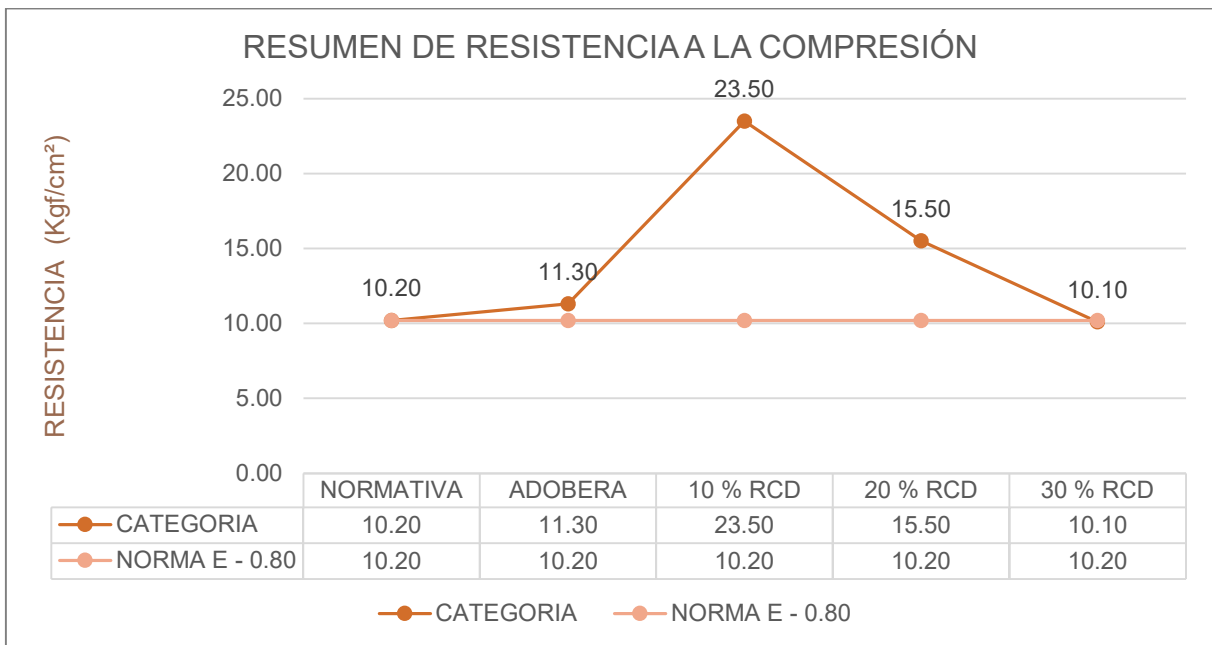
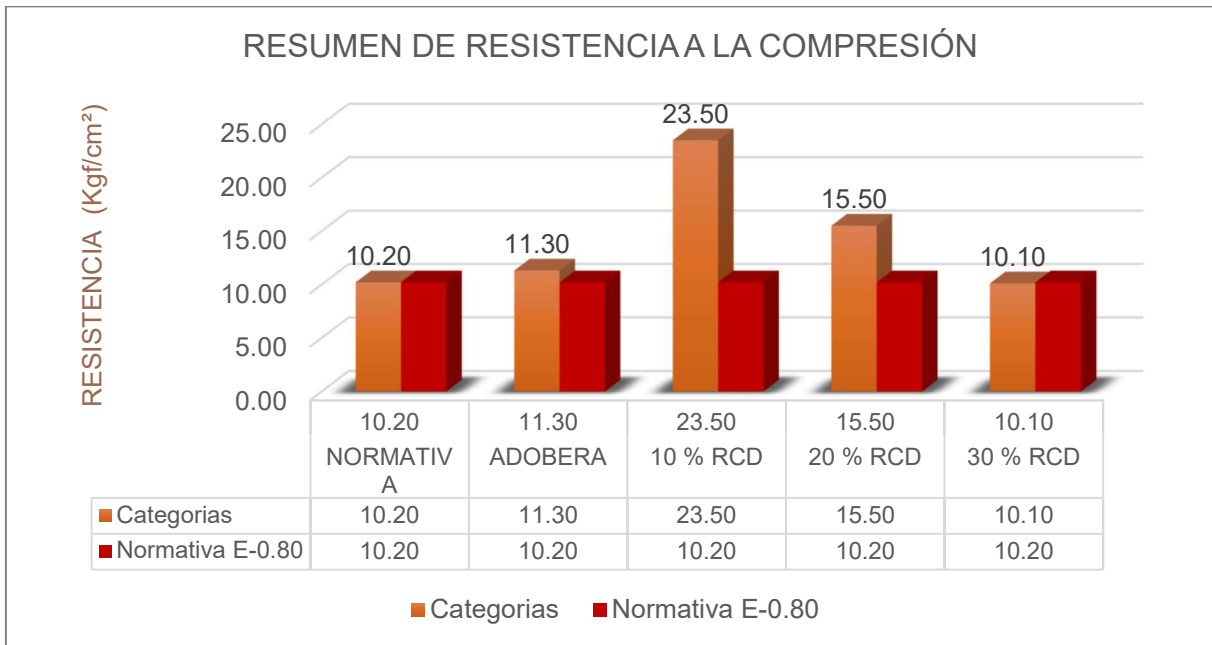
3.4.3 Conclusión

Luego de la culminación de los ensayos se puede establecer que los adobes agregados de RCD tienen un coeficiente de resistencia a la compresión y a la tracción indirecta, sobrepasando los estándares exigidos en la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada.

En el caso del ensayo de resistencia a la compresión, la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, exige que el adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 1.0 MPa = 10.2 kgf/cm². (Ver Grafica 21)

En la dosificación con 10% de RCD se obtuvo una media de 2.35MPa = 23.5 kgf/cm², para la dosificación con 20% se obtuvo 1.55 MPa = 15.5 kgf/cm², para la dosificación con 30% se obtuvo 1.01 MPa y para las adoberas seleccionadas se obtuvo una media de 1.13 MPa= 11.3 kgf/cm².

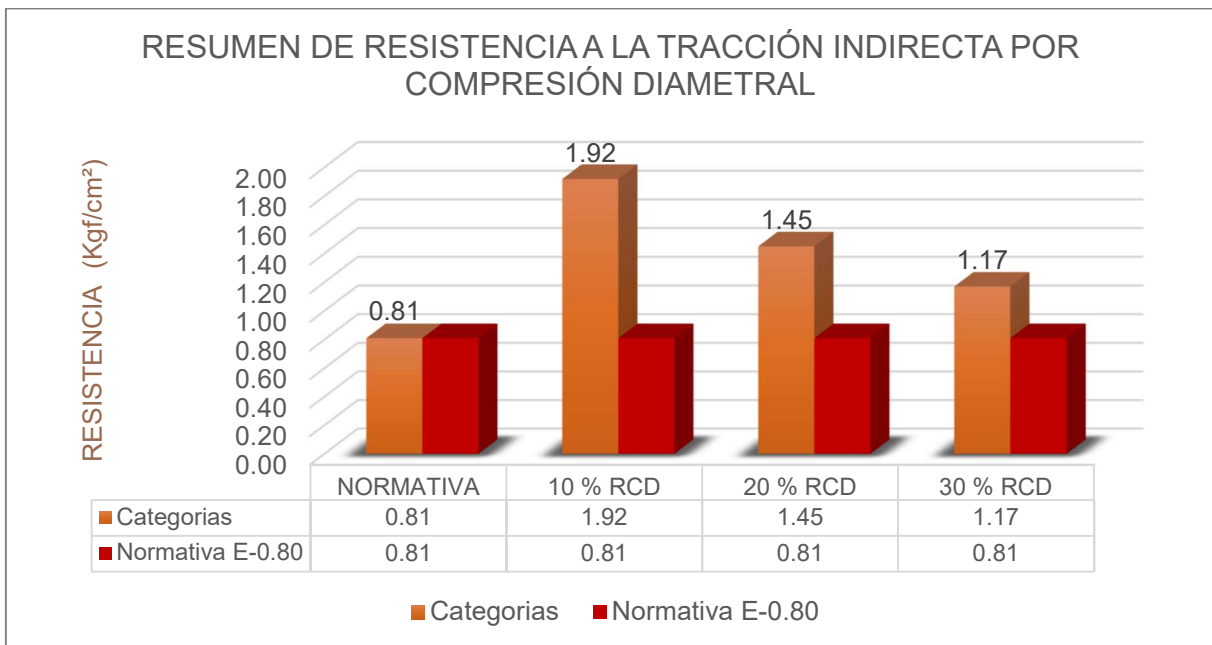
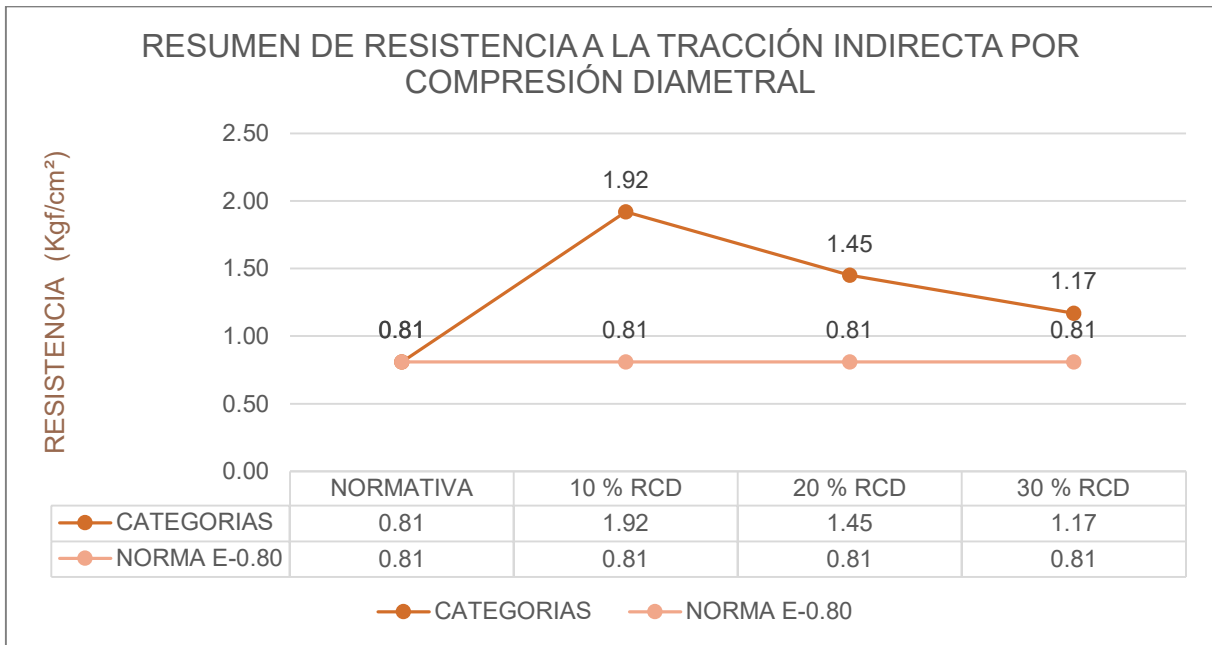
Gráfica 21 Resumen del ensayo de resistencia a la compresión



Fuente: (Autores, 2024)

En el caso del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral, la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, exige que adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 0.08MPa = 0.81 kgf/cm². En la dosificación con 10% de RCD se obtuvo una media de 0.19 MPa = 1.92 kgf/cm², para la dosificación con 20% se obtuvo 0.14 MPa = 1.45 kgf/cm²., para la dosificación con 30% se obtuvo 0.12 MPa = 1.17 kgf/cm². (Ver Grafica 22)

Gráfica 22 Resumen del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral



Fuente: (Autores, 2024)

En consecuencia, el adobe que contiene el 10% de RCD, tiene mayores valores y curvas de comportamiento más estables en los ensayos realizados. Sin embargo, los porcentajes de 20 y 30 de RCD, no receptan mayor resistencia en su dosificación, lo que tiene a disminuir su comportamiento.



04

**4.1 DISEÑO DEL PANEL
PREFABRICADO**

**4.2 ELABORACIÓN DEL
ADOBILLO MEJORADO CON
RCD**

**4.3 ELABORACIÓN DEL PANEL
PREFABRICADO**

**4.4 PROCESO DE ARMADO
DEL PANEL PREFABRICADO**

**4.5 APLICACIÓN DE PANEL
PREFABRICADO EN UNA
VIVIENDA UNIFAMILIAR**



CAPÍTULO IV

En el presente capítulo se empleará los resultados obtenidos en los ensayos de la resistencia a la compresión y el ensayo de resistencia a la tracción Indirecta por compresión diametral, realizados en el capítulo anterior, con el fin de determinar la composición y dosificación óptima. Posteriormente, se describirá la metodología a elaboración en el diseño de panel prefabricado con el % promedio de RCD. Finalmente, se aplicará el diseño del panel en una vivienda unifamiliar de una planta a nivel de anteproyecto.

4.1 DISEÑO DEL PANEL PREFABRICADO

4.1.1 Selección del adobillo mejorado con RCD

En base a los resultados de los ensayos realizados, el primero de resistencia a la compresión y el segundo el ensayo de resistencia a la tracción Indirecta por compresión diametral, en ambos casos los valores obtenidos superan lo establecido en la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada. A continuación se describen los resultados considerados como importantes para la elaboración del panel prefabricado a base de tierra.

En el caso del ensayo de resistencia a la compresión, exige que el adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 1.0 MPa = 10.2 kgf/cm². En la dosificación con 10% de RCD se obtuvo una media de 2.35MPa = 23.5 kgf/cm². (Ver Tabla 52)

Tabla 55 Resultado promedio del ensayo de resistencia a la compresión con 10% de RCD

1M1= 16 kgf/cm ²	2M1= 34kgf/cm ²	4M1= 24 kgf/cm ²	6M1= 20 kgf/cm ²
PROMEDIO		23.50 kgf/cm ²	2.35 MPa

Fuente: (Autores, 2024)

En el caso del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral, exige que adobe debe ser igual o mayor a la resistencia última, que es 0.08MPa = 0.81 kgf/cm². En la dosificación con 10% de RCD se obtuvo una media de 57.63 MPa. (Ver Tabla 53)

Tabla 56 Resultado promedio del ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral con 10% de RCD

3M1_C= 1.92 kgf/cm ²	4M1_C= 1.89 kgf/cm ²	5M1_C= 1.92 kgf/cm ²	6M1_C= 1.95 kgf/cm ²
PROMEDIO		1.92 kgf/cm ²	0.19 MPa

Fuente: (Autores, 2024)

4.1.2 Dimensionamiento de la muestra

a. Muestras rectangulares

Se determinó elaborar un elemento modular, es decir, el cual puede ser utilizado en los diferentes espacios de una vivienda. En la presente propuesta, con el fin de facilitar el proceso de fabricación y un rápido secado se elaboró encofrados de madera de 40 x 20 x 17 cm. (Ver Figura 55) y (Ver Figura 56)

Para la elaboración del adobillo mejorado con RCD se recomienda utilizar un encofrado de madera de eucalipto cepillada de 2 cm de espesor. Este encofrado estará compuesto por:

- Dos tabloncillos laterales de 40 cm de largo por 20 cm de alto.
- Dos tabloncillos de cierre de 17 cm de largo por 20 cm de alto, ubicados en la parte frontal y posterior del encofrado.
- Cada tablón de cierre incluirá una tira de madera de 5 cm de largo por 3 cm de grosor y 20 cm de alto.

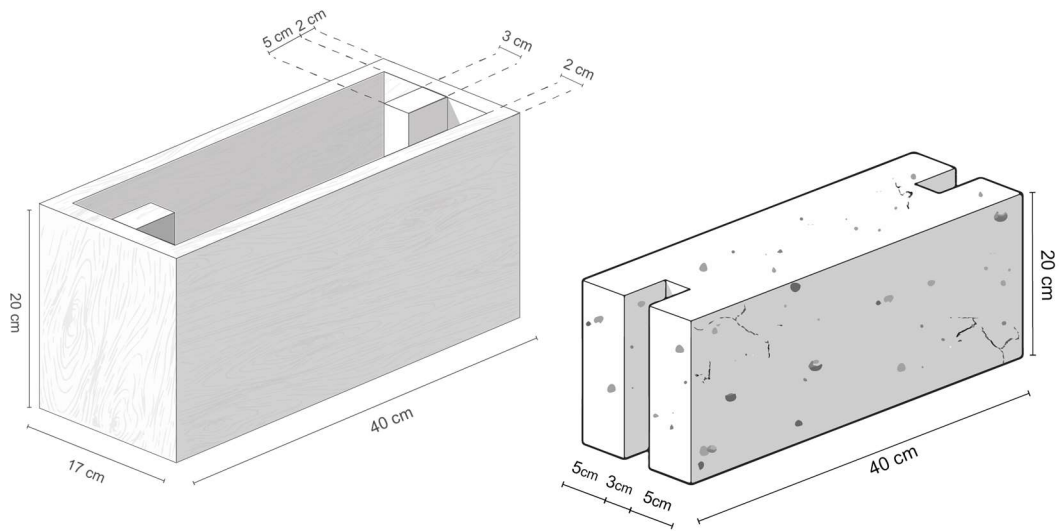


Figura 55: Diseño de encofrado rectangular

Fuente: (Autores, 2024)

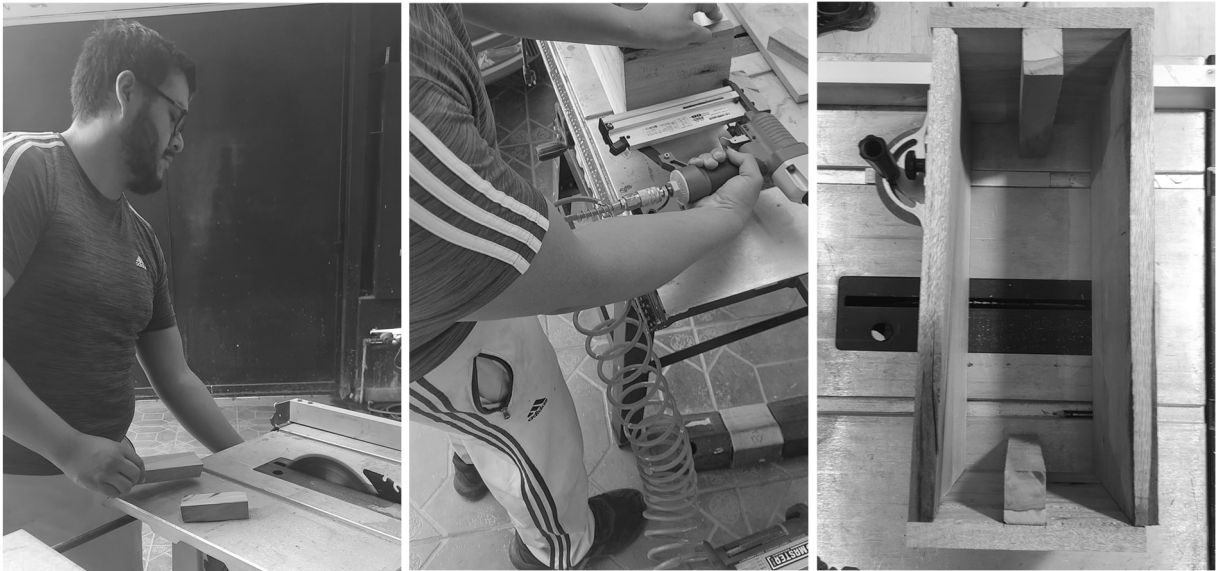


Figura 56: Elaboración de encofrado de madera

Fuente: (Autores, 2024)

4.1.3 Dosificación de la mezcla

Con las medidas base del encofrado, se realizará los cálculos pertinentes para determinar la cantidad de material que entraría, la cantidad de agua a utilizar, la cantidad de fibra natural y el porcentaje de RCD. (Ver Tabla 54)

Tabla 57 Cantidad de material para el encofrado rectangular

Nomenclatura	Dimensiones			Volumen
	Altura	Largo	Ancho	
Encofrado	20	40	13	10400 cm ³
Tiras internas	20	5	3	600 cm ³
Volumen				9800 cm³

Descripción	Cantidad
Densidad máxima	1.7 g/cm ³
% humedad óptima	19 %
Volumen	9800 cm ³
% Humedad natural	8.89 %

Descripción	Cantidad
Suelo arcilloso	15010.88 cm ³
Agua	1840.71 cc
Paja	991.27 gr
RCD	1982.54 gr
Material total por encofrado	19825.40 gr

Fuente: (Autores, 2024)

4.2 ELABORACIÓN DEL ADOBILLO MEJORADO CON RCD

4.2.1 Proceso de producción del elemento constructivo

Con la dosificación y formulación de los componentes determinados para la fabricación del panel prefabricado, se procede a la elaboración de los adobillos mejorados con 10% de RCD. A continuación, el siguiente proceso. (Ver Figura 57) y (Ver Figura 58)

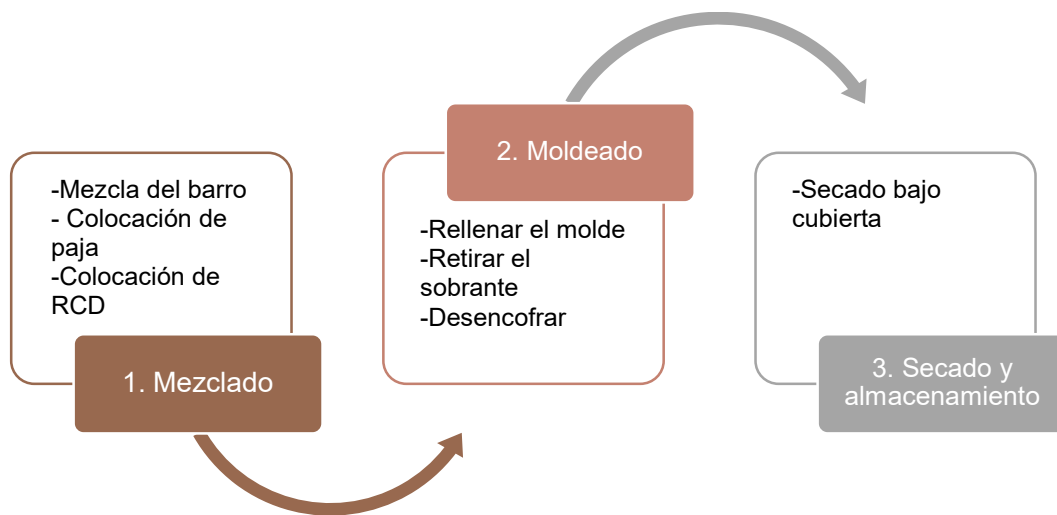


Figura 57: Proceso de elaboración del adobillo mejorado

Fuente: (Autores, 2024)

1. Se deja reposar el barro por 2 meses.
2. En una superficie plana, se colocan las cantidades calculadas anteriormente, es decir, el barro, la paja, el RCD y el agua hasta lograr una mezcla homogénea.
3. Se cubre la mezcla con un plástico y se lo deja reposar.
4. Se bate nuevamente la mezcla, para que esta tenga una mayor integración de todos los materiales.

5. En los moldes de madera, se coloca aceite quemado para desmoldar con facilidad.
6. Se vierte la mezcla en el molde en tres capas, cada una debidamente apisonado con un palo de madera y se iguala al nivel.
7. Una vez rellenado el molde con la mezcla, se debe retirar el sobrante de la misma.
8. Se desencofra 1 hora después de su conformación
9. Se deja reposar y secar a los adobillos durante un mínimo de 20 días, bajo cubierta.
10. Cada semana se voltea el adobillo para garantizar el correcto secado en todas sus caras.



1. Reposo del barro



2. Incorporación de paja



3. Incorporación de RCD



4. Mezclado y reposo de la mezcla



5. Colocación de desmoldante



6. Vertido de la mezcla por capas



7. Vertido de la mezcla a nivel del molde



8. Compactado de la mezcla con un palo de madera



9. Retiro de sobrante de mezcla con una madera



10. Resane de la mezcla



11. Reposo de los adobes - 1 hora



12. Secado y almacenado bajo cubierta

Figura 58: Proceso de elaboración de adobillo mejorado

Fuente: (Autores, 2024)

4.3 ELABORACIÓN DEL PANEL PREFABRICADO

Se ha propuesto la elaboración de un panel prefabricado a base del adobillo mejorado de tierra, tras la obtención de los adobillos mejorados con RCD. A continuación, se detallará el procedimiento que conlleva este panel y sus partes. (Ver Figura 59)

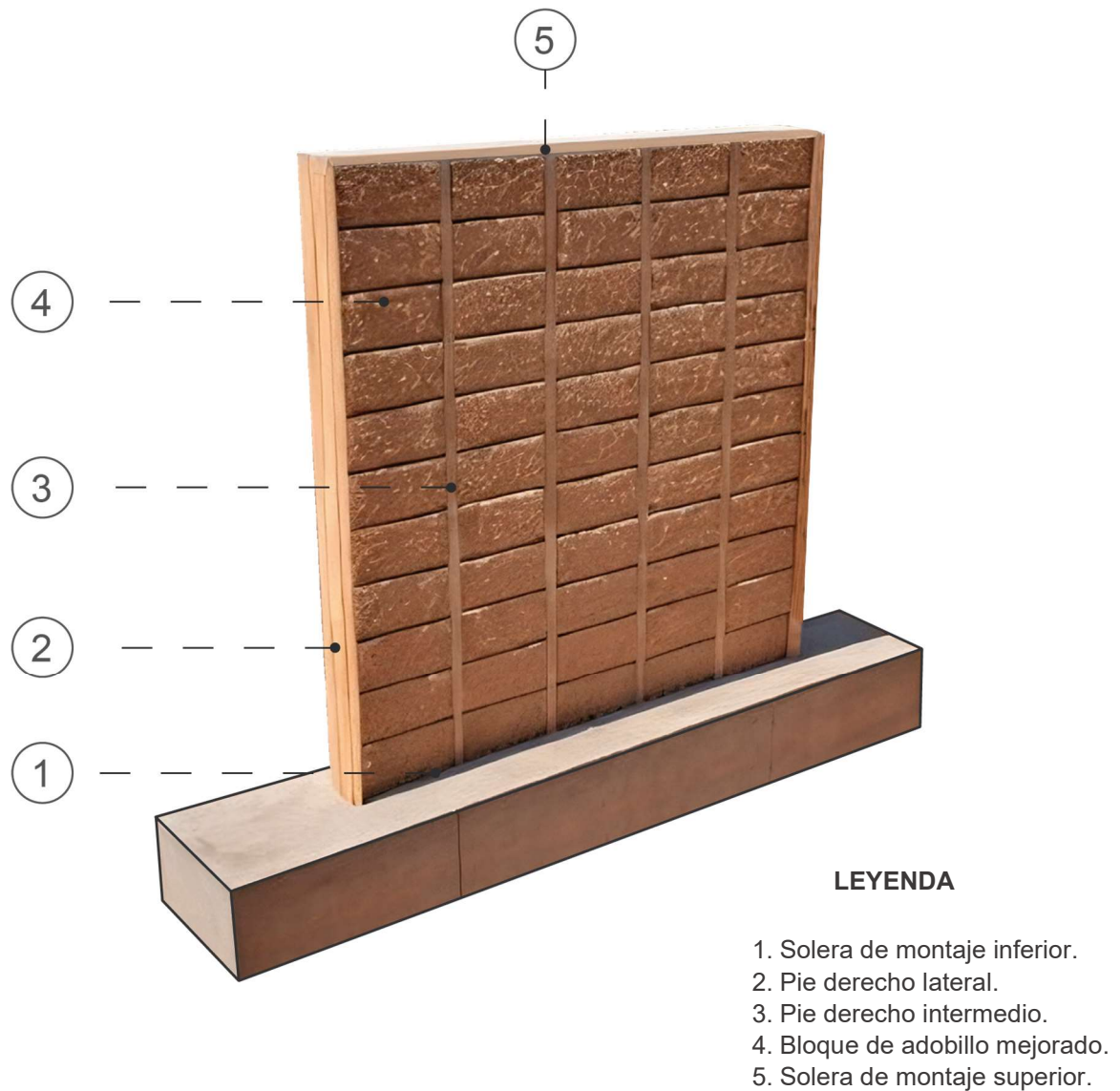


Figura 59: Panel prefabricado a base del adobillo mejorado de tierra

Fuente: (Autores, 2024)

4.3.1 Diseño de solera de montaje inferior

Implementación de una solera inferior guía de madera, que se conectará y emplazará en una viga de fundición de hormigón. Esta solera permitirá la implementación de diferentes tipos de anclajes, tales como tornillos de expansión, pernos de anclaje zincados y tuercas, o un anclaje atornillable para hormigón CE1, entre otros. La madera inferior deberá contar con protección contra la humedad mediante una barrera hidrófuga, como láminas continuas impermeables, bandas bituminosas o butílicas

a. Selección de la madera

Se recomienda utilizar madera tratada de roble o pino con medidas mínimas. (Ver Figura 60)

Ancho	Grosor	Largo
130 mm	45 mm	Dependerá del tamaño de la zona en donde se colocará.

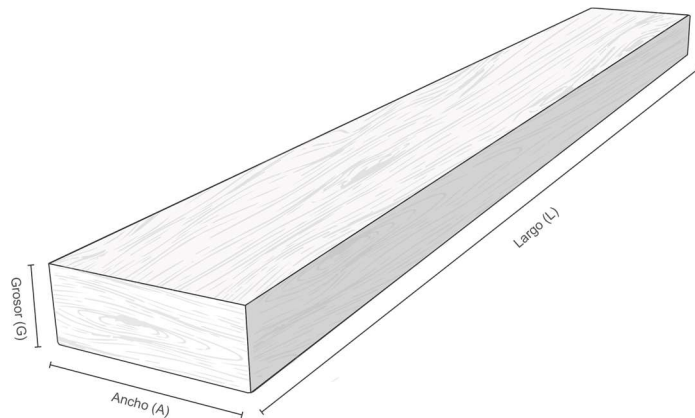


Figura 60: Madera del pino

Fuente: (Autores, 2024)

b. *Protección de la madera*

Es esencial proteger la madera de los diversos agentes externos a los que estará expuesta, especialmente de la humedad y las infiltraciones del exterior, ya que es propensa a absorber humedad del suelo por capilaridad. (Ver Figura 61)

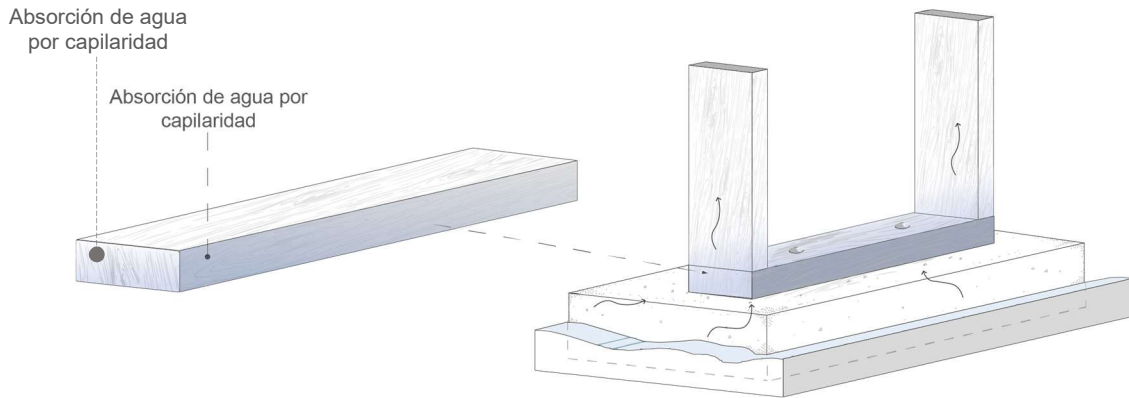


Figura 61: Protección de la madera

Fuente: (Autores, 2024)

c. *Madera tratada*

La primera recomendación para la protección del armado del marco de madera es utilizar madera tratada. En este caso, se sugiere el uso de madera impregnada con CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) por su excelente relación costo-utilidad. Esta madera es muy resistente gracias a su protección contra la humedad y las plagas. (Ver Figura 62)

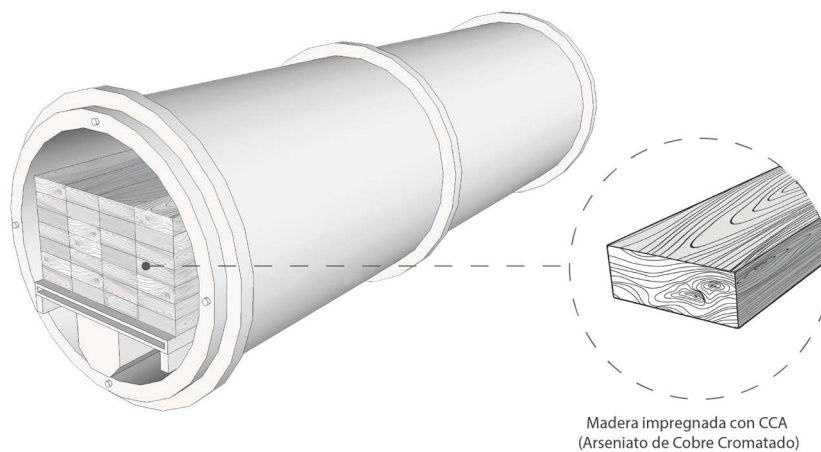


Figura 62: Madera tratada

Fuente: (Autores, 2024)

d. *Protección mediante banda adhesivas*

El uso de aislantes adhesivos para madera también es viable debido a su facilidad de aplicación y su contribución a la impermeabilización y sellado de la fijación al suelo. Se recomienda utilizar una banda butílica autoadhesiva enfoscable o una lámina bituminosa autoadhesiva, con medidas mínimas de 330 mm de ancho y 1 mm de espesor. Esta se colocará en la zona de la madera que tendrá contacto con el suelo, ayudando así a impermeabilizar y sellar la fijación al mismo. (Ver Figura 63)

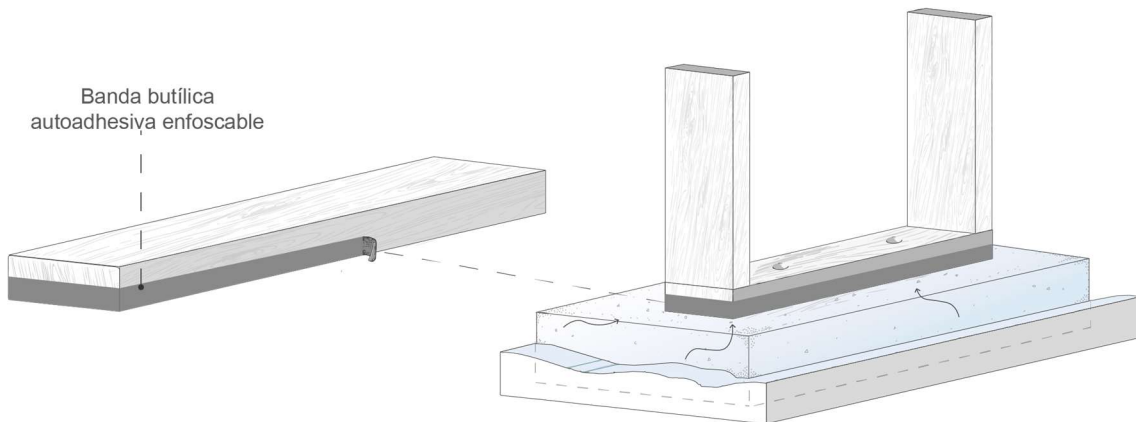


Figura 63: Protección de la madera mediante bandas adhesivas

Fuente: (Autores, 2024)

4.3.2 Diseño de pie derecho lateral

En la propuesta del módulo tipo, existen diferentes tipos de parantes o pies derechos: los parantes laterales, intermedios, de conexión. Los parantes laterales se conectarán con las paredes o servirán para las conexiones en las esquinas. Los parantes intermedios se utilizarán para la conexión entre módulo y módulo. Estos parantes tendrán diferentes medidas y formas, dependiendo del tipo de parante a utilizar.

El pie derecho lateral se encuentra compuesto por la unión de dos elementos, estos son 1 tablón de madera con medidas de 13 cm de ancho y 5 cm de grosor, el largo dependerá de las necesidades de la construcción. El otro elemento es una tira de madera con medidas de 3 cm de grosor por 5 cm de ancho. (Ver Figura 64)

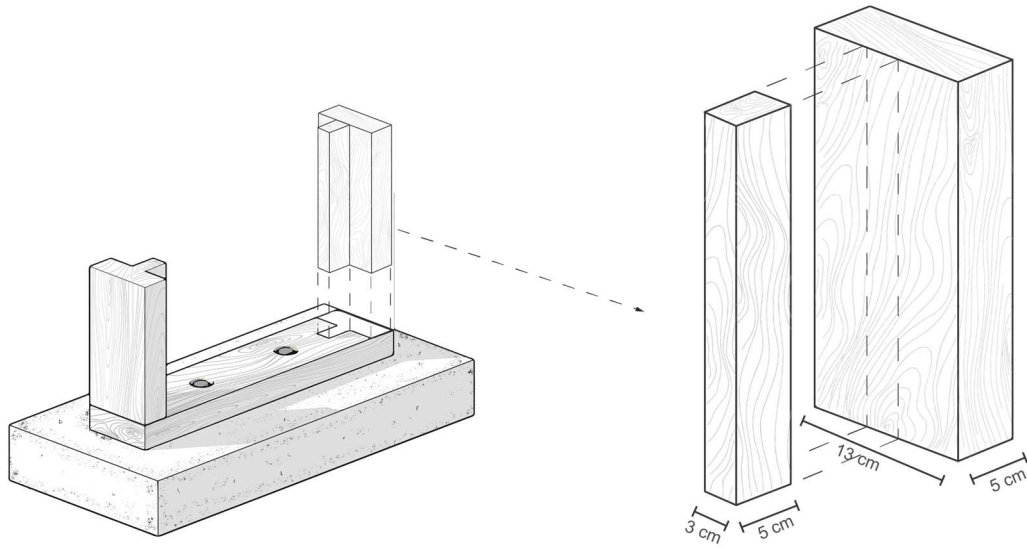


Figura 64: Pie derecho lateral

Fuente: (Autores, 2024)

4.3.3 Diseño de pie derecho intermedio

El pie derecho intermedio es un elemento divisor que servirá de soporte y guía vertical para los adobillos. Este parante se compone de tres elementos: un tablón de madera de 13 cm de ancho y 5 cm de grosor, y dos tiras de madera colocadas en la parte central de sus caras laterales. Estas tiras tienen unas medidas de 3 cm de grosor y 5 cm de ancho, y servirán como guía para los adobillos. (Ver Figura 65)

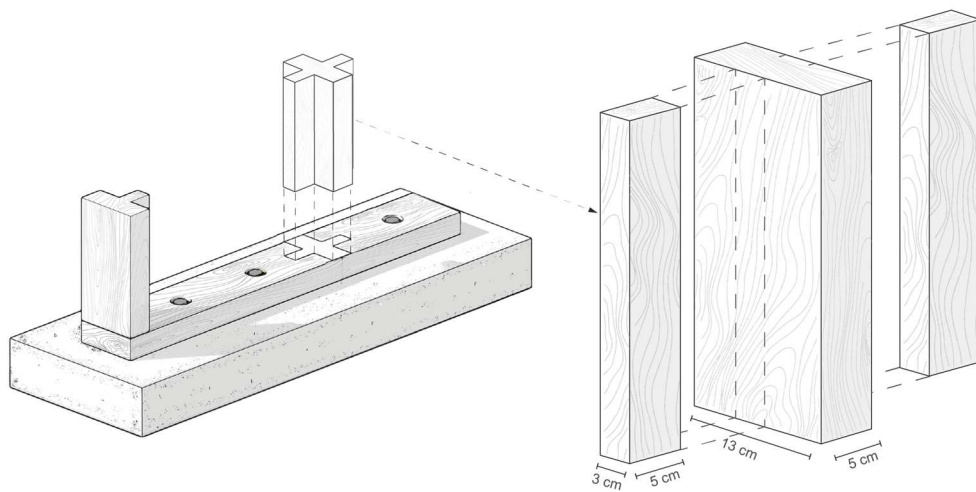


Figura 65: Pie derecho intermedio

Fuente: (Autores, 2024)

4.3.1 Diseño de pie derecho esquinero

El pie derecho esquinero se propone para la unión de dos o más módulos que provengan de diferentes direcciones. Este elemento se compone de dos o más componentes, dependiendo de las necesidades de armado. Los componentes incluyen una columneta de madera de 15 cm x 15 cm y tiras de madera de 3 cm de grosor por 5 cm de ancho. Su anclaje será directamente al suelo. (Ver Figura 66)

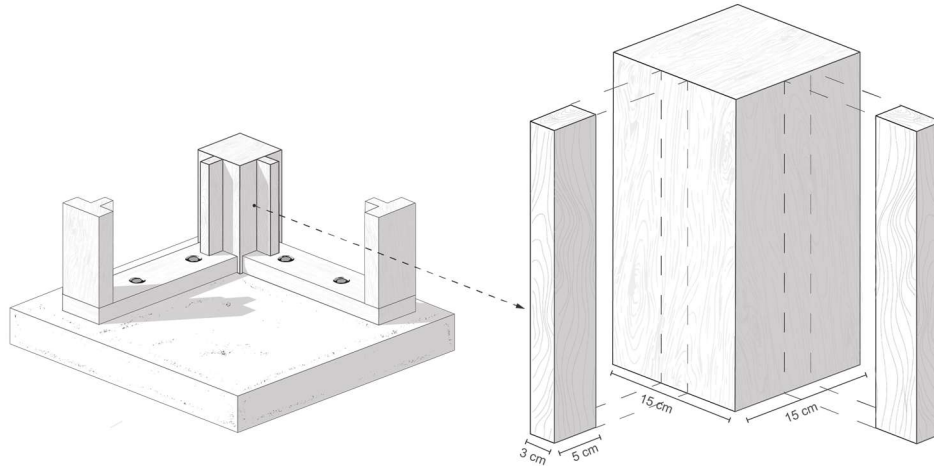


Figura 66: Pie derecho esquinero

Fuente: (Autores, 2024)

4.3.2 Uso del adobillo mejorado con RCD

Una vez secados los adobillos mejorados con RCD, se procede a ser utilizados en el montaje del panel prefabricado. Su proceso de elaboración, esta detallado anteriormente en la 4.2.1. (Ver Figura 67)

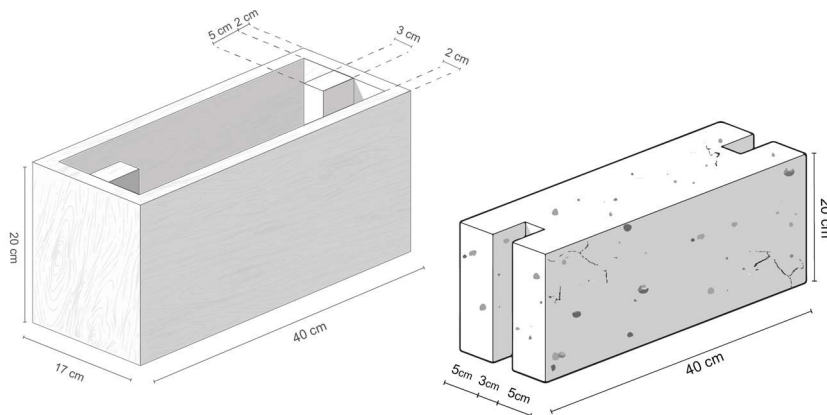


Figura 67: Uso de adobillo mejorado con RCD

Fuente: (Autores, 2024)

4.3.3 Diseño de dolerá de montaje superior

La solera de montaje superior es un elemento ubicado en la parte alta de la estructura del entramado. Este elemento brinda soporte a la estructura y facilita la sujeción de los componentes de la cubierta. Se recomienda utilizar una solera con un grosor mínimo de 45 mm y un ancho de 13 cm. La longitud de la solera dependerá de las necesidades específicas del diseño. (Ver Figura 68)

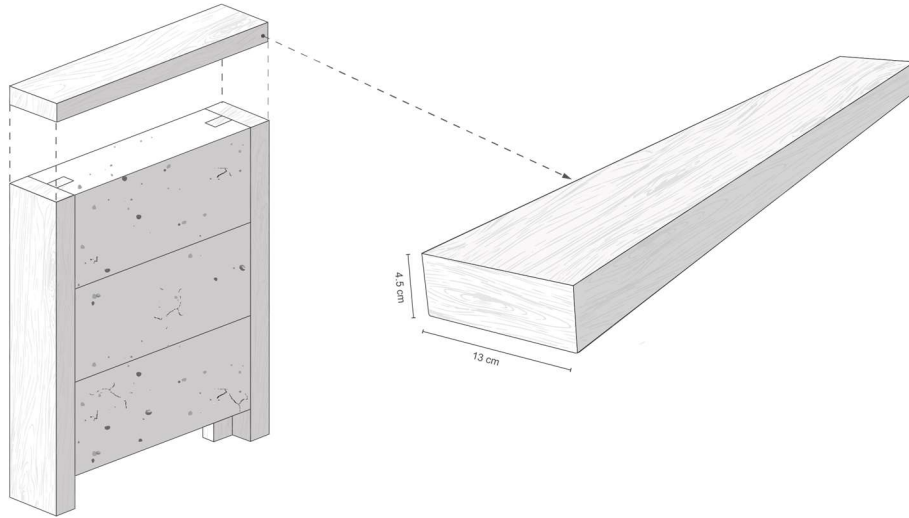


Figura 68: Solera de montaje superior

Fuente: (Autores, 2024)

4.4 PROCESO DE ARMADO DEL PANEL PREFABRICADO

4.4.1 Armado de la solera de montaje inferior

Para la colocación de la solera inferior se proponen tres métodos de aplicación debido a su versatilidad y facilidad de implementación.

Estos métodos pueden realizarse durante o después de la fundición del contrapiso de hormigón.

a. Anclaje atornillable para hormigón CE1

Posterior al curado de contrapiso de hormigón se realizará el replanteo de la posición de los muros a colocar, esto con el objetivo de verificar en que zona irá cada elemento, en este caso se utilizará en la madera una broca de pala, para que la cabeza del tornillo quede al ras de la madera. Se recomienda utilizar tornillos para hormigón con falsa arandela, con un diámetro mínimo de 8 mm y una longitud mínima de 80 mm. (Ver Figura 69)

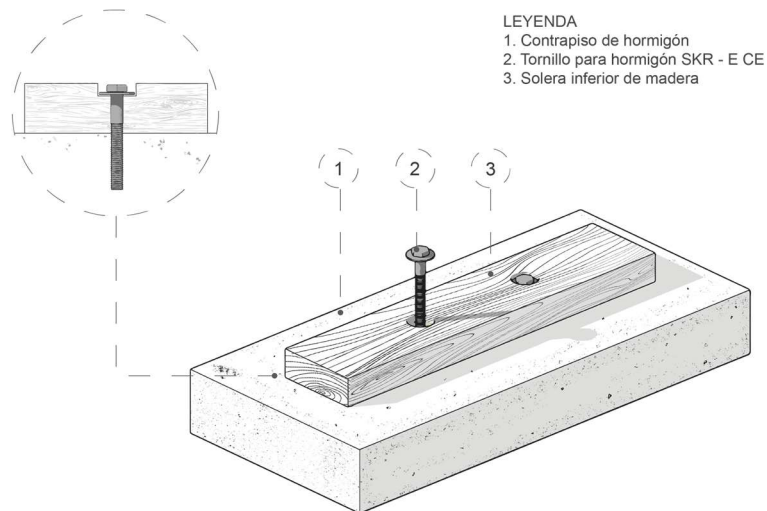


Figura 69: Tornillo de anclaje para hormigón CE1

Fuente: (Autores, 2024)

b. Perno de anclaje Hilti

Este método de anclaje se realiza mediante el uso de pernos de anclaje tipo Hilti, que son pernos de expansión diseñados para ajustarse dentro del hormigón. Para asegurar que el perno quede al ras de la madera, se utiliza una broca de pala. Este método se lleva a cabo después de la fundición y curado del contrapiso de hormigón. Se recomienda utilizar pernos de anclaje Hilti con un diámetro mínimo de 8 mm y una longitud mínima de 80 mm. (Ver Figura 70)

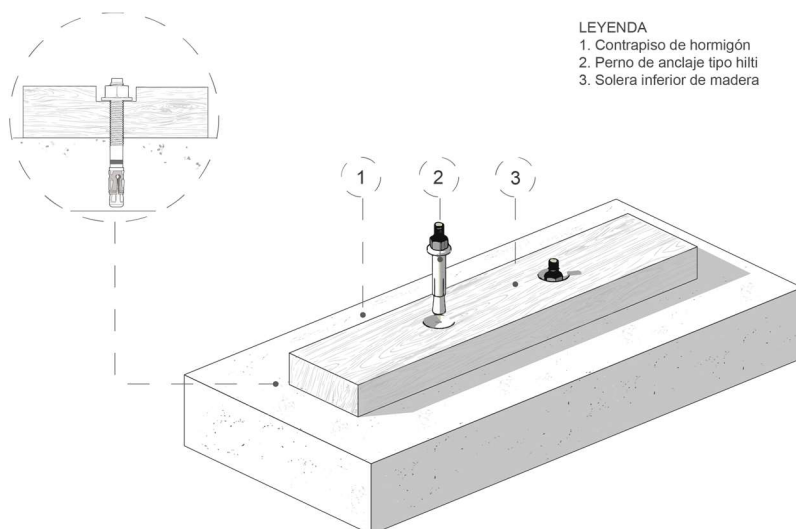


Figura 70: Perno de anclaje hilti

Fuente: (Autores, 2024)

c. **Perno zincado de anclaje y tuercas**

El perno zincado es un método de anclaje que se lleva a cabo durante la fundición del contrapiso de concreto. En este proceso, se coloca el elemento en la posición donde se ubicará la solera de anclaje inferior. Una vez colocado, comienza el curado, y el elemento queda firmemente sujeto al contrapiso. El perno de anclaje tendrá una longitud mínima de 80mm. (Ver Figura 71)

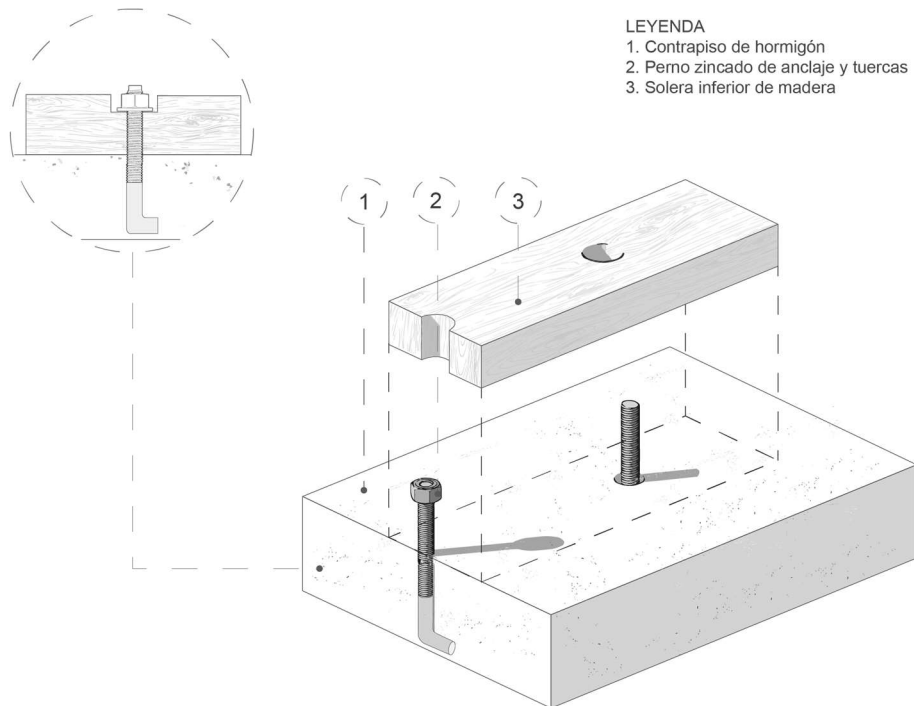


Figura 71: Perno zincado de anclaje y tuerca

Fuente: (Autores, 2024)

4.4.2 Armado del pie derecho / lateral

En lo que respecta a la colocación de columnetas, existen diferentes métodos, destacándose principalmente dos tipos:

a. **Tornillo de cabeza avellanada**

Se propone la colocación de las columnetas mediante la implementación de tornillos avellanados. Se recomienda utilizar tornillos con un diámetro mínimo de 3.5 mm y una longitud mínima de 50 mm. Para la aplicación de los tornillos, se sugiere que se coloquen en la cara lateral de las columnetas en un ángulo aproximado de 50° a 60°. (Ver Figura 72)

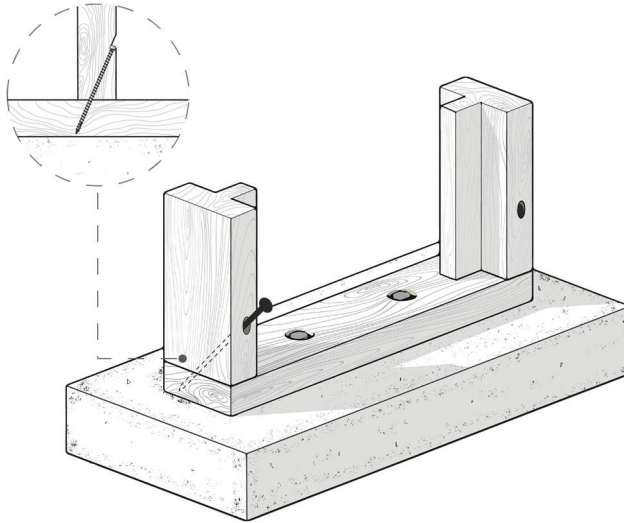


Figura 72: Tornillo de cabeza avellanada

Fuente: (Autores, 2024)

b. Placa angular universal

En este caso se utilizará una placa angular universal para soportar fuerzas de corte y tracción, de un grosor mínimo de 4mm, altura de 120mm y 240 mm de largo. Para la sujeción al suelo, se recomienda utilizar tornillos para concreto con un diámetro mínimo de 8 mm y una longitud de 80 mm. De igual manera, para la sujeción a la madera, se emplearán tornillos negros para madera con una longitud mínima de 40 mm. (Ver Figura 73)

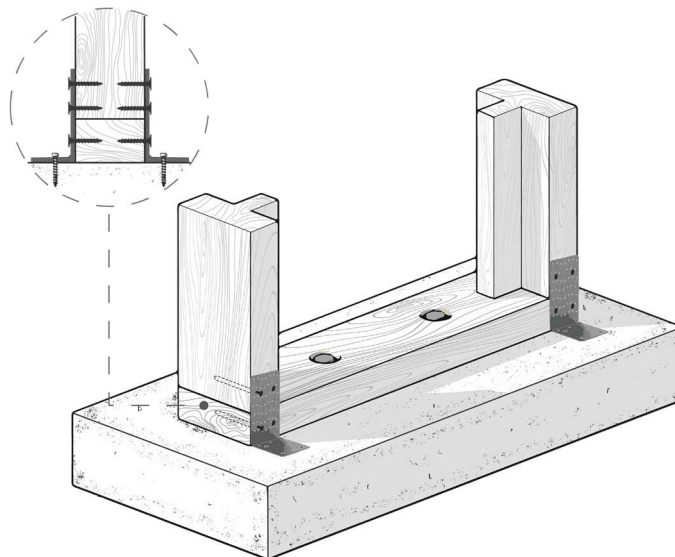


Figura 73: Placa angular universal

Fuente: (Autores, 2024)

4.4.3 Colocación de los adobillos mejorados con RCD

Una vez realizada la estructura base de madera se colocará los adobillos mejorados entre los pies derechos, en este caso se dejará una distancia de 40 cm entre cada columneta. (Ver Figura 74)

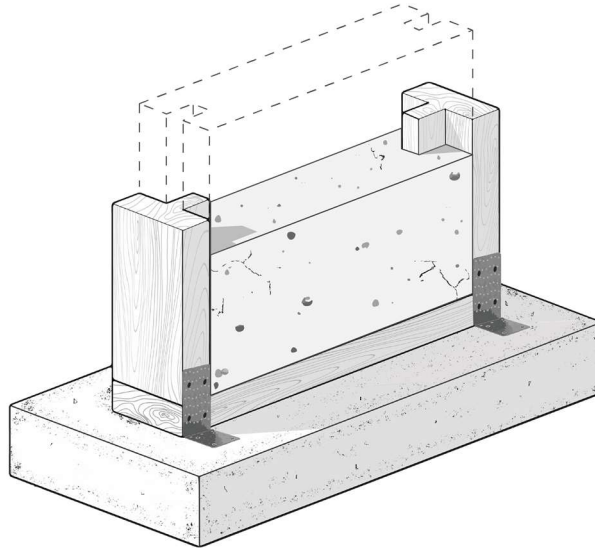


Figura 74: Colocación de adobillo mejorado con RCD

Fuente: (Autores, 2024)

4.4.4 Armado de muro

Para la construcción de la pared de adobillo, se colocará la cantidad de módulos necesaria para cubrir el área deseada. Estos elementos han sido diseñados de manera modular para adaptarse fácilmente a espacios estándar. (Ver Figura 75)

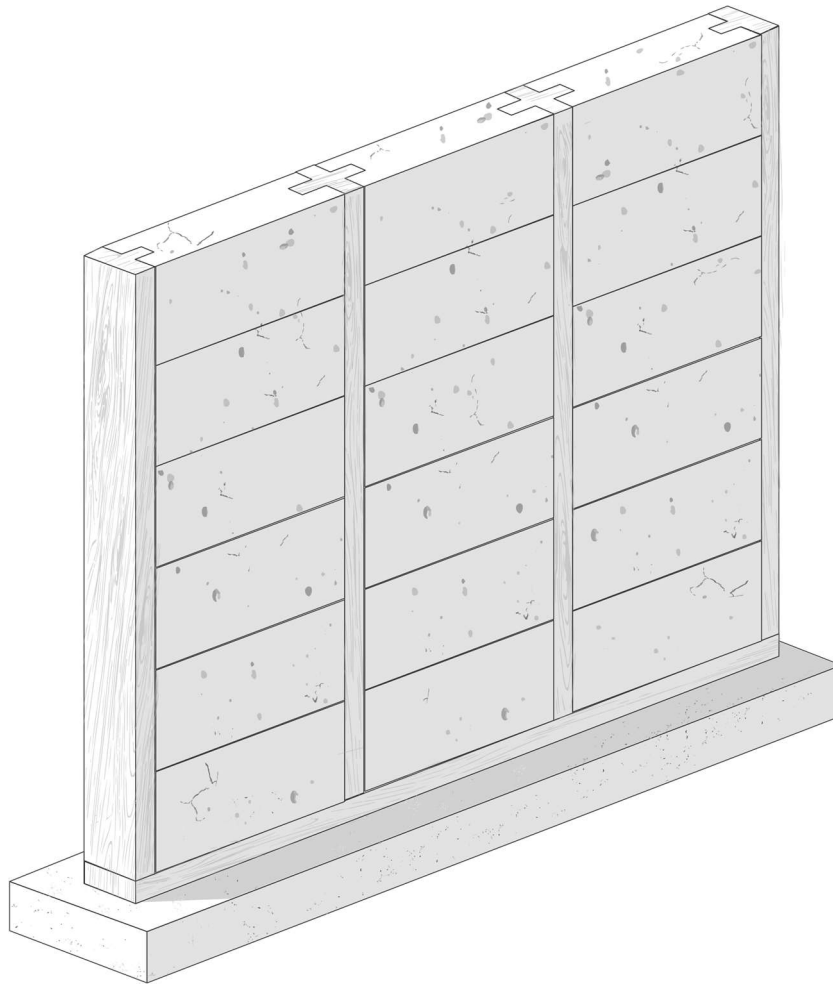


Figura 75: Armado del panel prefabricado

Fuente: (Autores, 2024)

4.4.5 Armado de la solera de montaje superior

Una vez construido el muro con la altura y las dimensiones deseadas, se colocará la solera de montaje superior. Este elemento aporta estabilidad a la pared y facilita la instalación de componentes en la parte superior, como la cubierta. (Ver Figura 76)

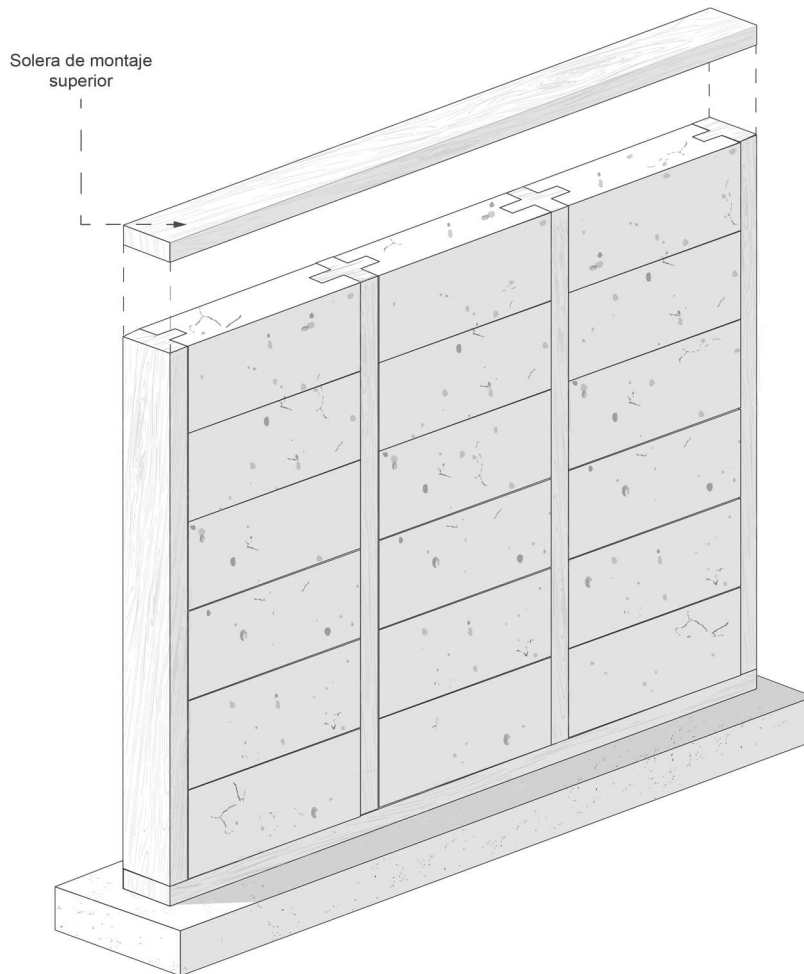


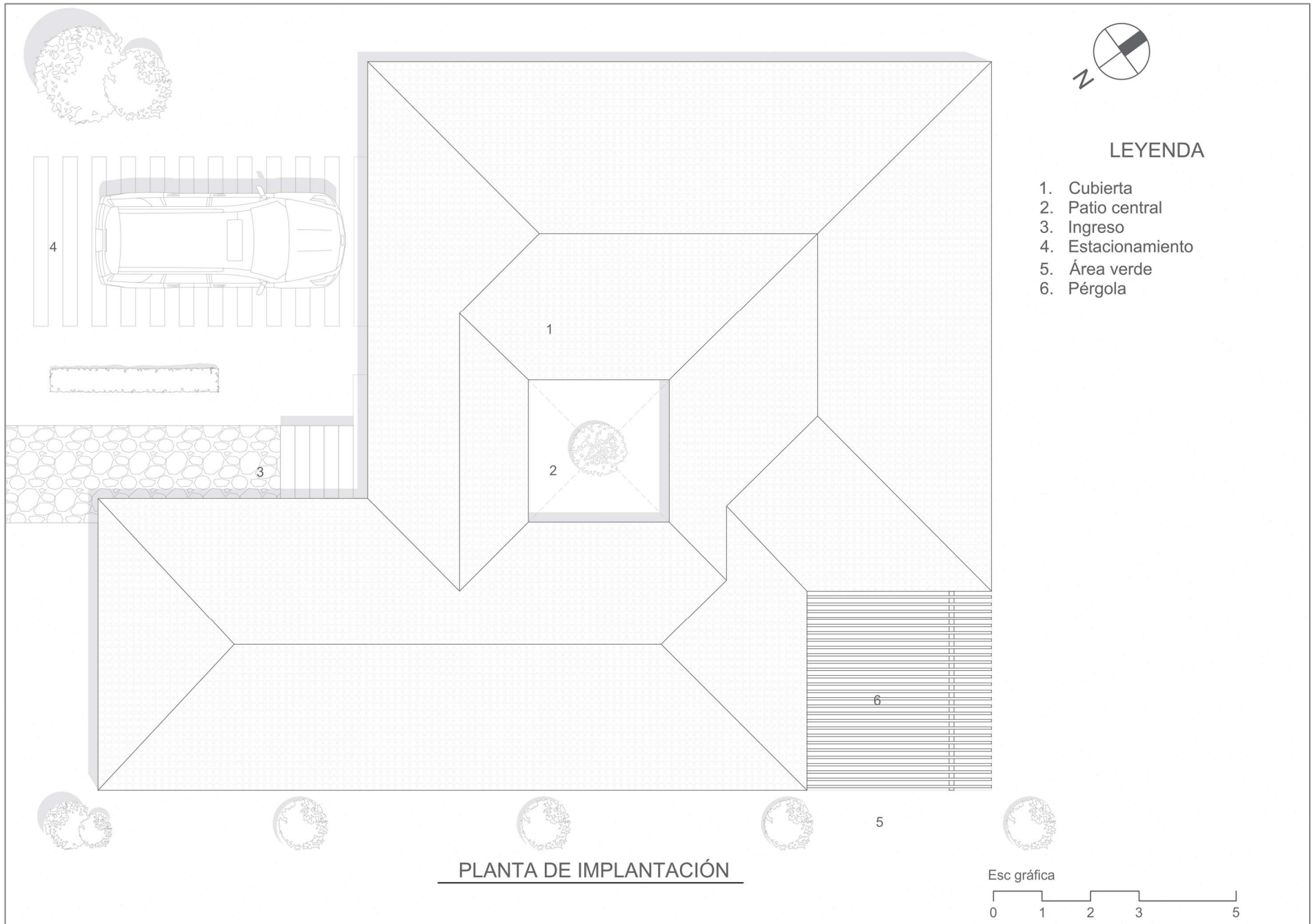
Figura 76: Solera de montaje superior

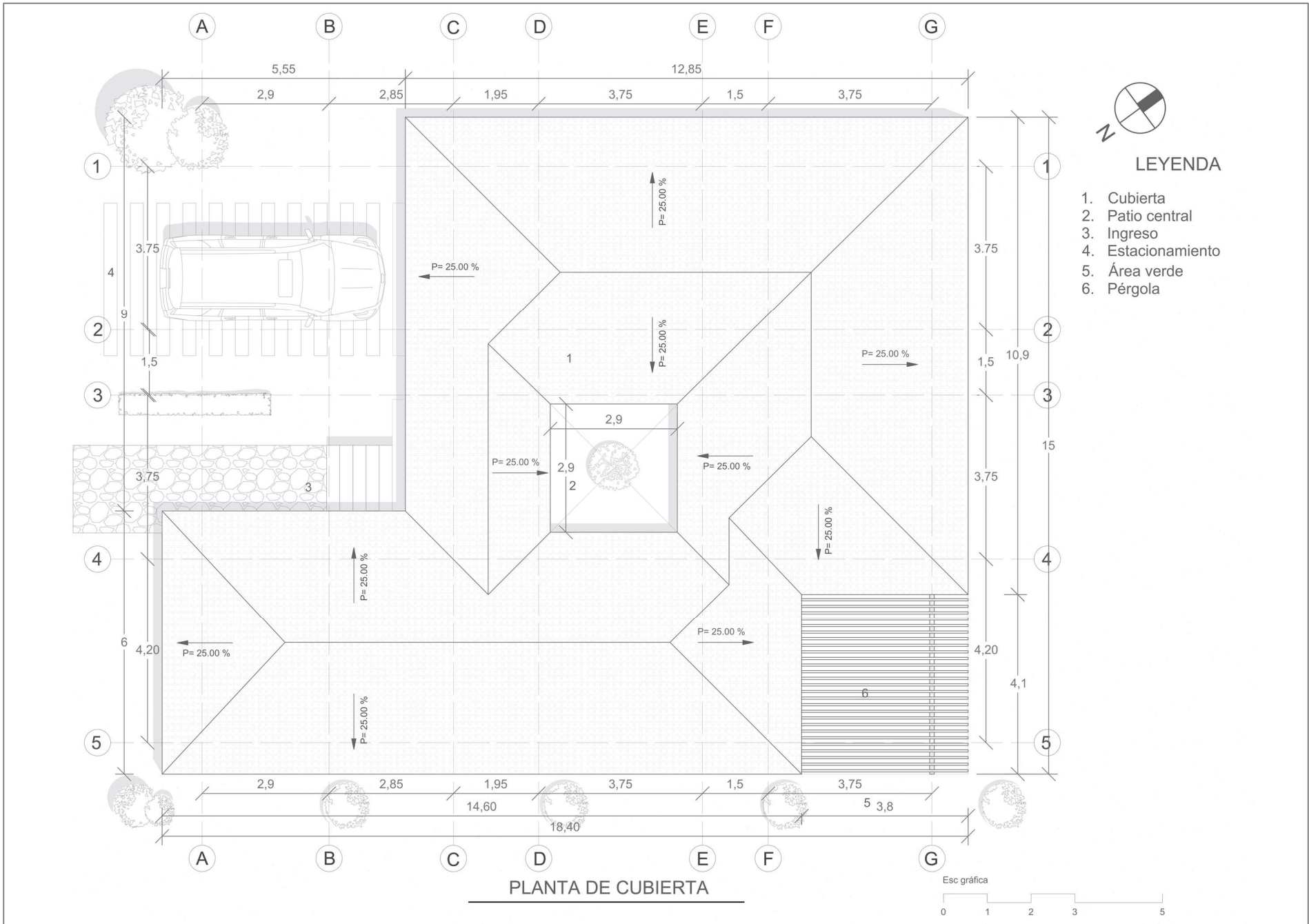
Fuente: (Autores, 2024)

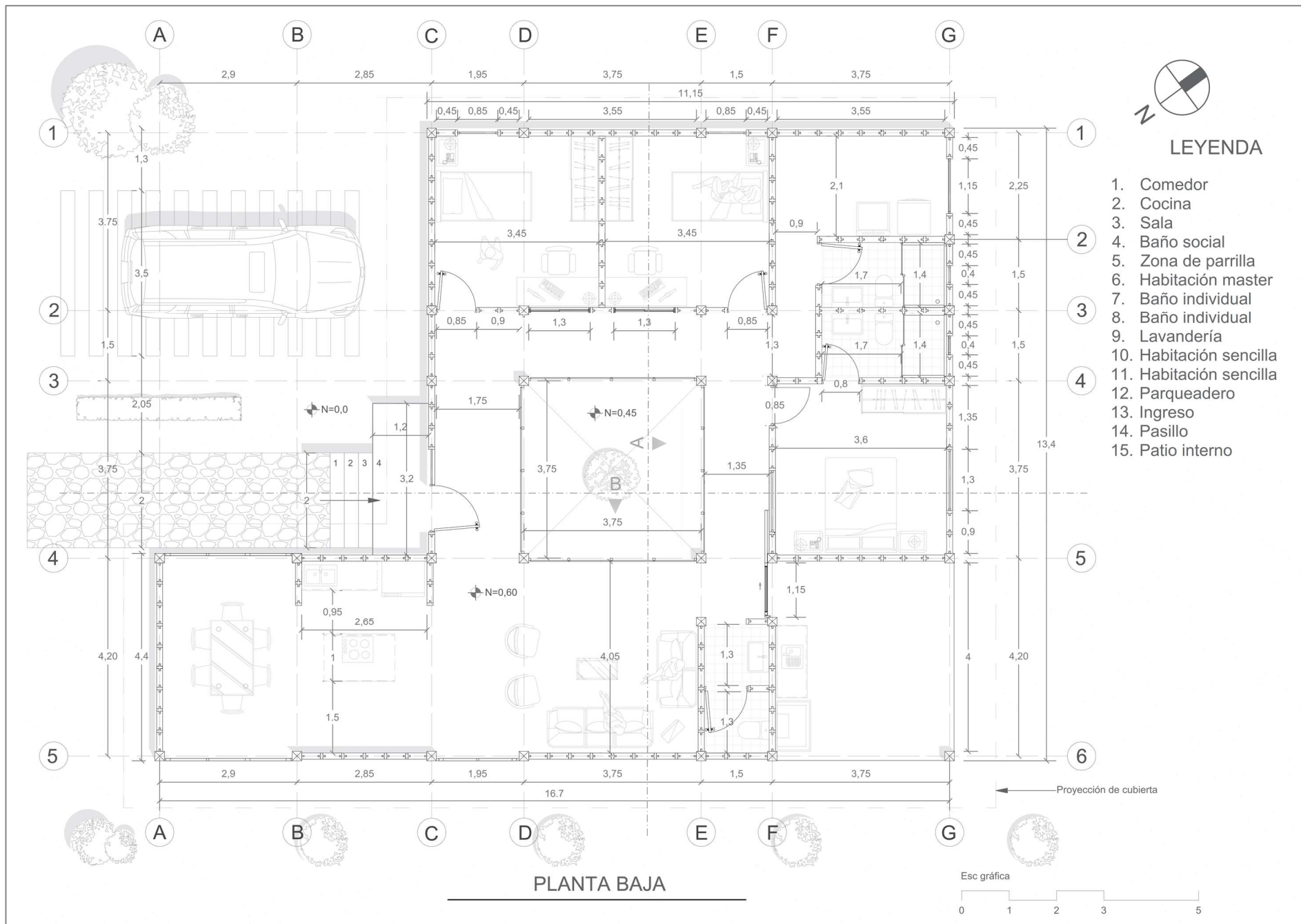
4.5 APLICACIÓN DE PANEL PREFABRICADO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

4.5.1 Planos arquitectónicos de una vivienda unifamiliar de un piso

A continuación, se presenta la información gráfica necesaria para el uso de los paneles prefabricados en muros no portantes en una vivienda unifamiliar de un piso.



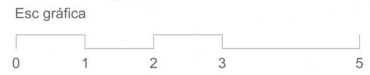


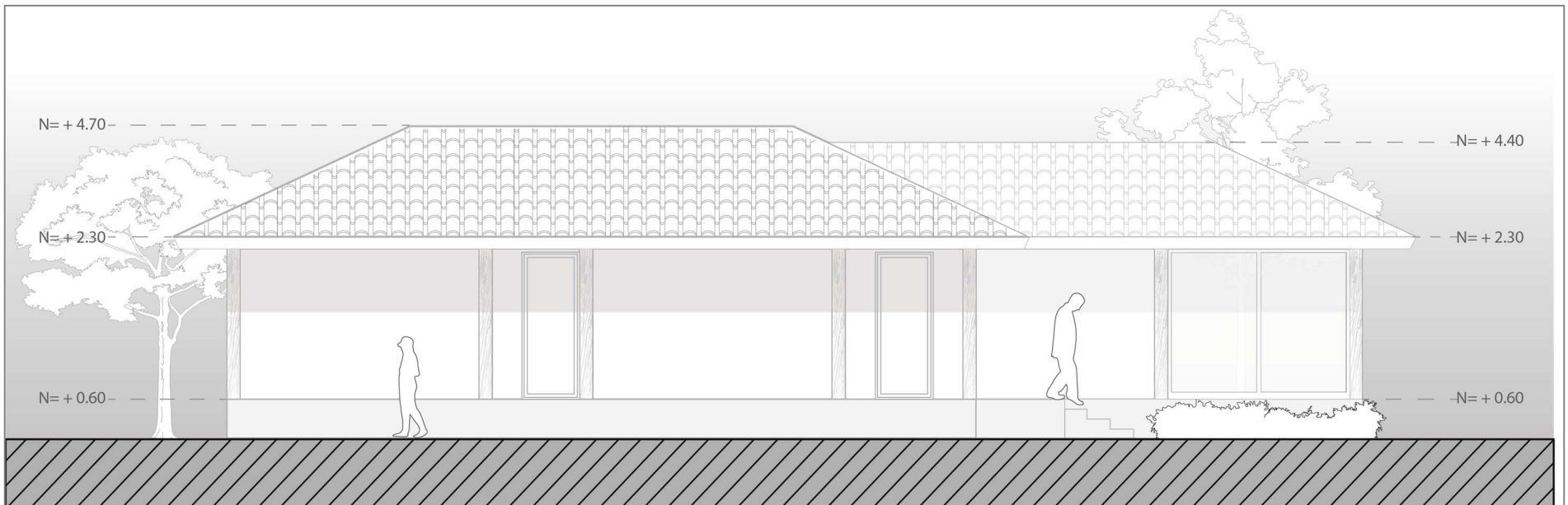


LEYENDA

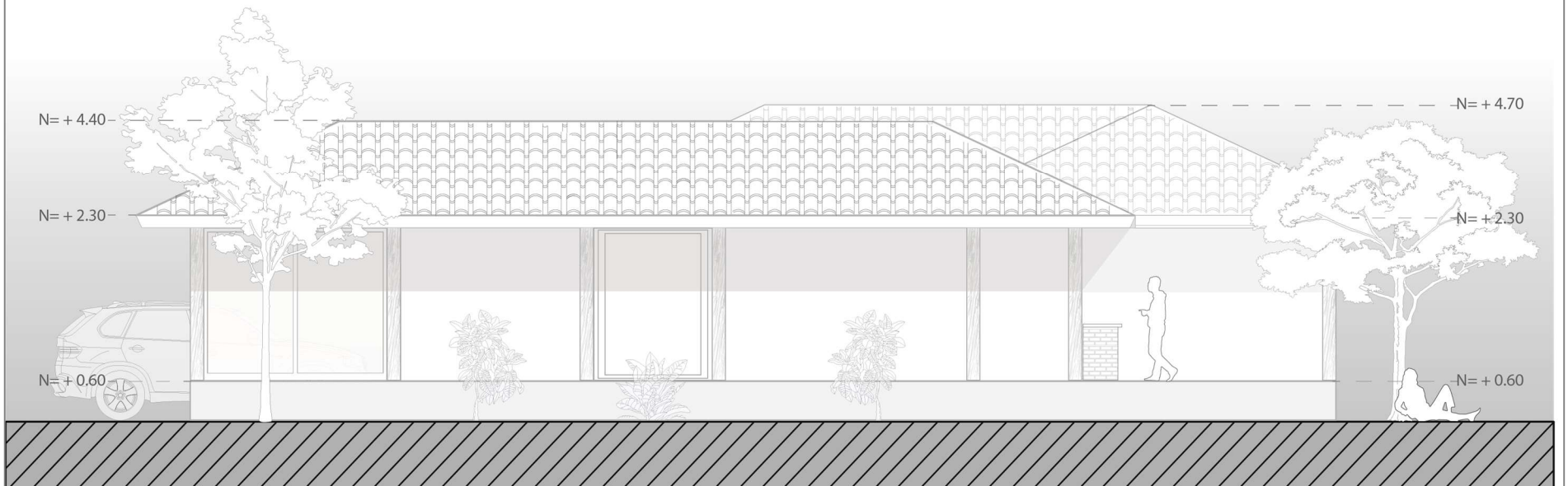
- 1. Comedor
- 2. Cocina
- 3. Sala
- 4. Baño social
- 5. Zona de parrilla
- 6. Habitación master
- 7. Baño individual
- 8. Baño individual
- 9. Lavandería
- 10. Habitación sencilla
- 11. Habitación sencilla
- 12. Pasillero
- 13. Ingreso
- 14. Pasillo
- 15. Patio interno

PLANTA BAJA



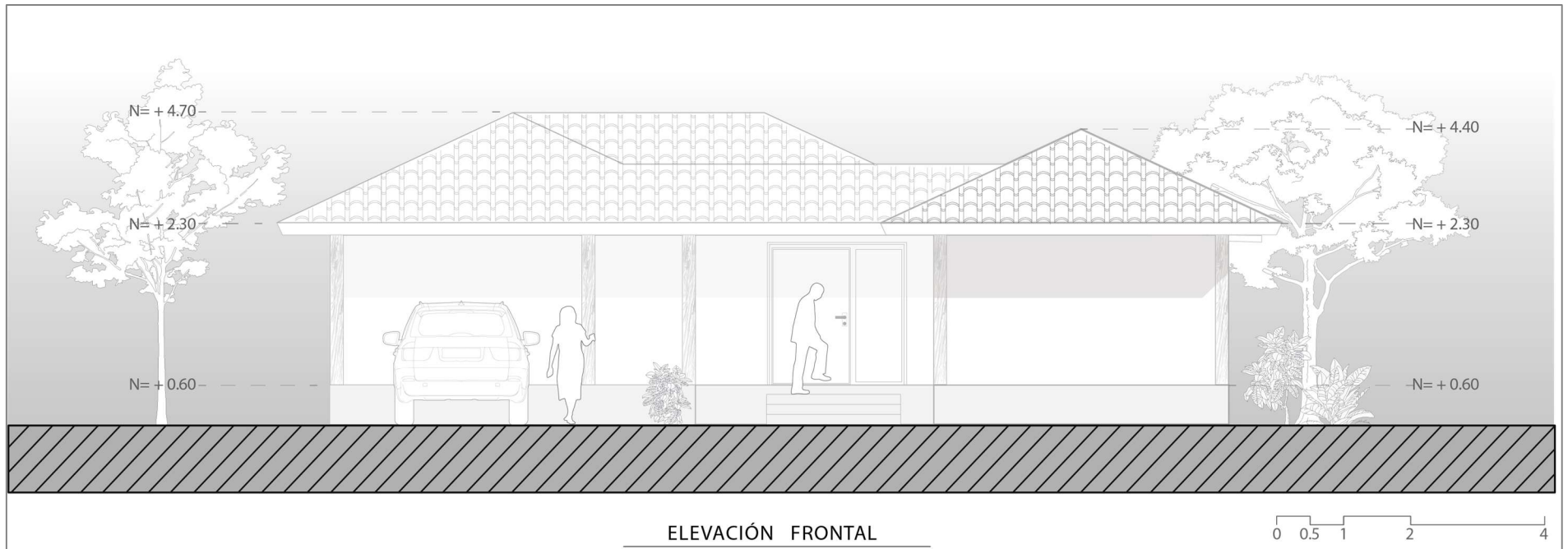


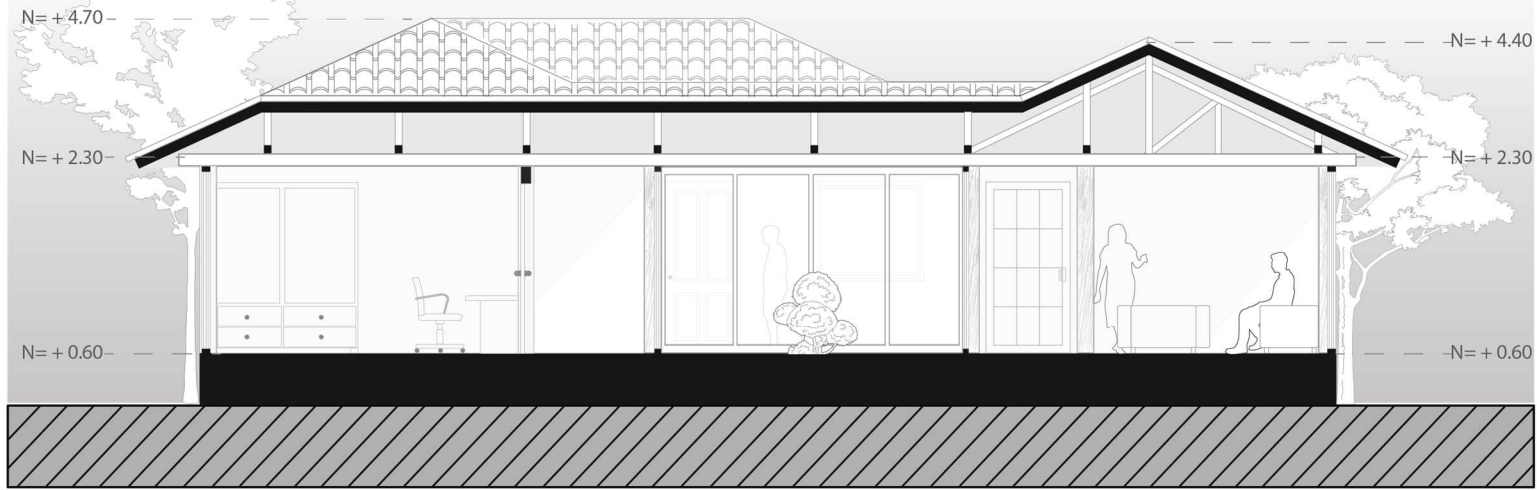
ELEVACIÓN LATERAL ESTE



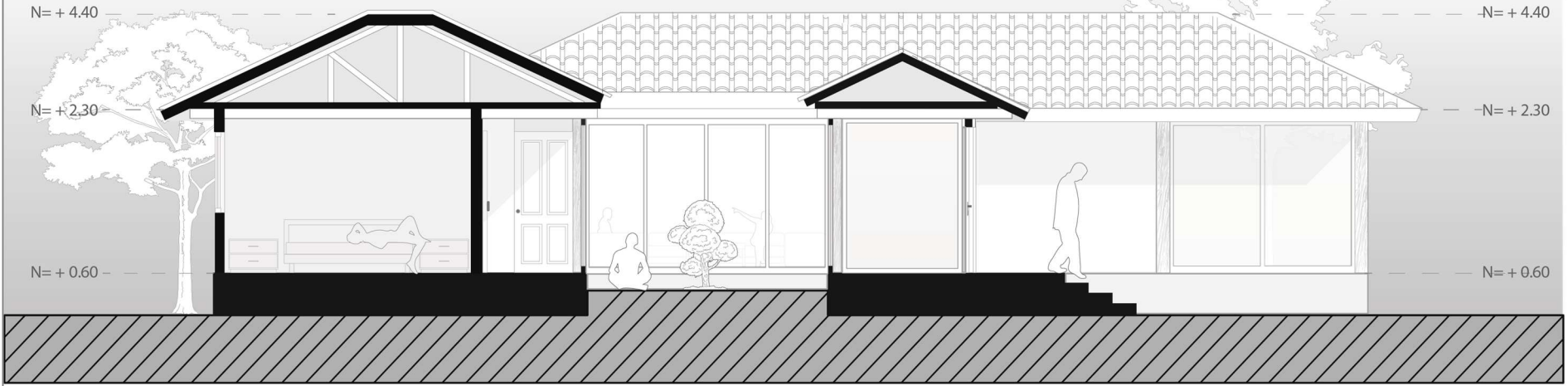
ELEVACIÓN LATERAL OESTE







CORTE A-A



CORTE B-B

4.5.2 Aplicación de panel prefabricado en espacios internos

Basadas en los planos arquitectónicos de la sección 4.5.1 a continuación, se visualizará la aplicación de los paneles prefabricados. A través del uso de herramientas digitales en el diseño virtual arquitectónico.



Figura 77: Aplicación de panel prefabricado en mampostería exterior-frontal

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 78: Aplicación de panel prefabricado en mampostería exterior-posterior

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 79: Aplicación de panel prefabricado en sala – parte de tierra cruda

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 80: Aplicación de panel prefabricado en sala – acabado final

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 81: Aplicación de panel prefabricado en cocina – áreas húmedas

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 82: Aplicación de panel prefabricado en paredes divisoras internas

Fuente: (Autores, 2024)

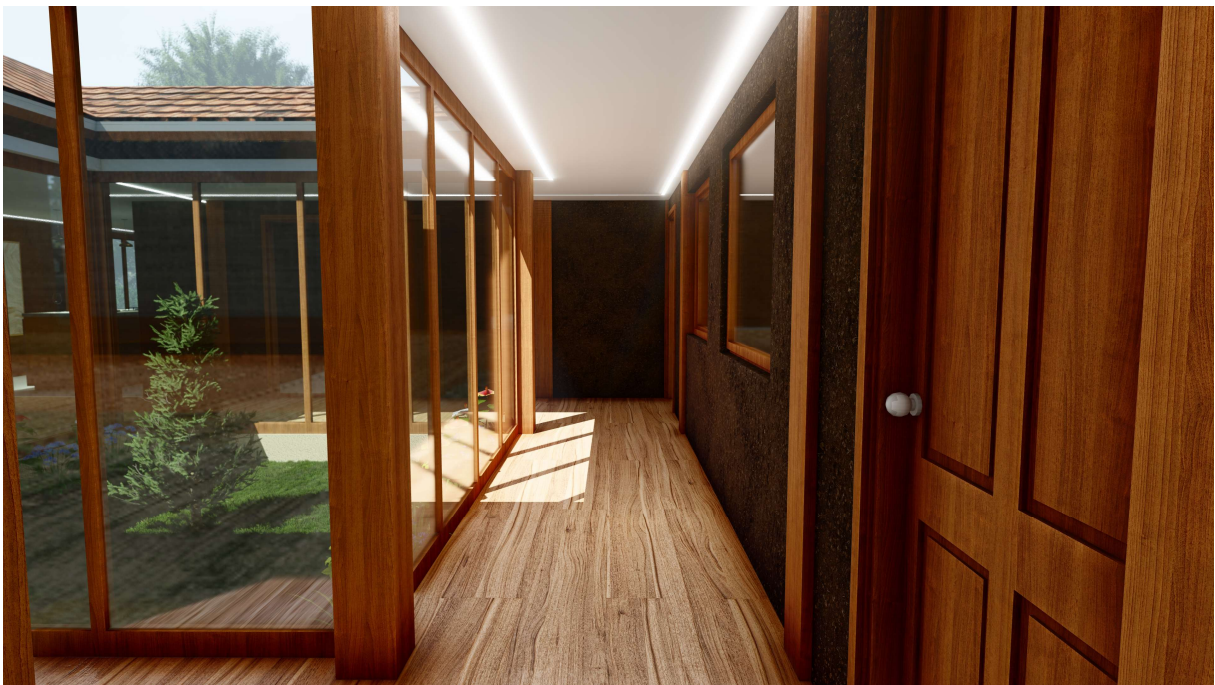


Figura 83: Aplicación de panel prefabricado en pasillos relación interior / exterior

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 84: Armonía de entre material madera / tierra – patio interno

Fuente: (Autores, 2024)



Figura 85:

Aplicación de panel prefabricado – muros con acabado final

Fuente: (Autores, 2024)



05

- 5.1 CONCLUSIONES
- 5.2 RECOMENDACIONES



CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos establecidos y dando importancia a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se llega las siguientes conclusiones:

En términos generales y según el objetivo principal de la investigación: Se concluye que la industria de la construcción es uno de los sectores más representativos en el crecimiento a nivel mundial, dado que es el responsable del consumo de más 50% con la extracción de materiales y producción de los residuos de la construcción y demolición (RCD). El estudio de los sistemas constructivos en tierra y el análisis de conceptos enfocados a la sostenibilidad ambiental y el aprovechamiento de los RCD, demostró ser viable tanto para la elaboración de los adobes como para la construcción de muros no portantes, puesto que este material es abundante y de bajo impacto ambiental. Al emplear procesos constructivos tradicionales mejorados, es posible reducir la huella de carbono ofreciendo una alternativa constructiva, que se acople a los diseños arquitectónicos actuales, convirtiéndose en un elemento alternativo y sostenible para la ciudad de Cuenca.

En lo que corresponde a la parte experimental: Se concluye que los esfuerzos de rotura mínimo según la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada, han permitido determinar la dosificación y la composición de los elementos para la elaboración del adobillo mejorado con RCD. Los resultados obtenidos en los ensayos indican que, el comportamiento de los adobillos con RCD ante las exigencias físicas y mecánicas de la normativa son las siguientes:

En el ensayo realizado a la compresión de los adobes adquiridos en las diferentes zonas de la ciudad de Cuenca, los resultados obtenidos fueron negativos, permitiendo identificar que estas adoberas no cumplen con las especificaciones mínimas establecidas por la normativa ante las construcciones con tierras reforzada.

En el caso de los ensayos de resistencia a la compresión y los ensayos de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral, los resultados sugieren que el empleo de RCD en un 10% dentro de la mezcla del adobillo es una solución efectiva para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del material, lo que resulta en un sistema constructivo más resistente, durable y sostenible. Además de acogerse a las especificaciones mínimas de diseño y construcción con tierra reforzada para la mampostería. Esta optimización no solo contribuye al rendimiento estructural de los paneles prefabricados, sino que también promueve una construcción más amigable con el medio ambiente en la ciudad de Cuenca.

En lo que respecta al diseño del panel prefabricado: Se concluye que el diseño y su implementación no solo favorece un sistema constructivo mejorado y responsable con el medio ambiente, sino que también aporta a soluciones accesibles y eficientes arquitectónicamente al momento de armar. La propuesta del panel genera una gran flexibilidad en el diseño, permitiendo que los módulos se adapten a los espacios, ya que cuenta con dimensiones estándar, es decir, 50 x 20 cm y un espesor de 13 cm. (el alto dependerá de la altura de piso 2,40 m piso – techo terminado)

El prototipo de panel prefabricado de adobillo de tierra constituye una alternativa innovadora y sostenible para la construcción de mampostería no portante. Al aprovechar materiales locales y emplear técnicas de prefabricación de la zona, se mejoran las propiedades mecánicas y se garantiza la durabilidad del sistema. Esta propuesta ofrece una solución de bajo impacto ambiental y eficiente, alineada con los principios de sostenibilidad y las normativas vigentes.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, los paneles prefabricados a base de tierra contribuyen a la reducción de la huella de carbono, ya que su fabricación requiere menos energía comparada con las nuevas técnicas constructivas combinadas con materiales como el hormigón, acero y vidrio. Asimismo, la reutilización de tierra y la integración de técnicas de construcción ancestral con tecnología moderna refuerzan la importancia de la sostenibilidad cultural y ambiental.

5.2 RECOMENDACIONES

Si bien la dosificación de adobillo mejorado con RCD, presento óptimas características dentro de la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con tierra reforzada se recomienda que:

- a) Profundizar los temas de investigación de alternativas sostenibles para aplicaciones con RCD (Residuos de Construcción y Demolición) en la elaboración de adobes, con el fin de reducir la cantidad de residuos generados por la construcción y mejorar su capacidad de carga.
- b) Realizar un análisis previo de los materiales a utilizar, como pruebas de suelo, clasificación, ensayos de Proctor estándar, entre otros, para garantizar su idoneidad y seguridad en la elaboración de los adobes.
- c) Integrar un 10% de residuos de construcción y demolición (RCD) en la mezcla base de tierra para la fabricación de adobes. Este porcentaje ha demostrado mejorar la resistencia mecánica del adobe, sin comprometer su trabajabilidad ni durabilidad.
- d) Los RCD deben estar previamente triturados y tamizados desde el tamiz N° 1/4 (6.35mm) hasta los que queden en el tamiz N° 4 (4.75mm) para garantizar una granulometría uniforme, lo que facilita su integración con la tierra y mejora la cohesión del material.
- e) Implementar un modelo de gestión de los RCD antes de utilizarlos en la mezcla. Para lo cual se recomienda, considerar la categoría de residuos pétreos, tales como hormigones, cerámicos, ladrillos, bloques, entre otros. Pertenecientes al grupo de residuos de construcción aprovechables.
- f) Evitar el uso residuos no aprovechables que contengan elementos contaminantes, como pinturas, metales o plásticos, debido a que podrían afectar la calidad del adobe.
- g) Realizar ajustes en el proceso de mezcla para garantizar una distribución homogénea de los RCD en la matriz de tierra. Esto puede lograrse mediante el uso de maquinaria adecuada o procesos manuales que aseguren una mezcla uniforme.
- h) Implementar controles de calidad en cada etapa de la producción del adobe, incluyendo el monitoreo de la humedad de la mezcla y el tiempo de curado, para optimizar las características físicas del producto final.
- i) Realizar ensayos periódicos de resistencia a la compresión y tracción indirecta sobre los adobes fabricados con RCD, para asegurar que cumplan con los estándares de la Norma E-0.80 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada.
- j) Llevar un registro de los resultados de estos ensayos para identificar posibles variaciones en la calidad del producto y ajustar las proporciones de la mezcla si fuera necesario.
- k) Promover el uso de adobes mejorados con RCD en proyectos constructivos sostenibles, que busquen reducir su huella ecológica y contribuir al desarrollo sostenible ambiental.

- l) Capacitar al personal que trabaja en adoberas, sobre el manejo y uso de RCD en la producción de adobes, brindando información acerca de las ventajas mecánicas y ambientales que aporta esta técnica, así como sobre los procedimientos correctos de procesamiento y mezcla.
- m) Fomentar la cultura de sostenibilidad entre los trabajadores y personal de construcción, destacando los beneficios ambientales de utilizar RCD y las oportunidades de negocio que ofrece la producción de adobes mejorados.
- n) Finalmente, se recomienda realizar una campaña de promoción dirigida a arquitectos, constructores y consumidores, destacando las ventajas de los adobes mejorados con RCD en términos de resistencia, durabilidad y sostenibilidad ambiental. Esto puede incrementar la demanda de este producto innovador en el mercado local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M., Aguirre, J., & Pañega, F. (2015). Diseño de paneles prefabricados en tierra. *Universida de Cuenca*, 1–220.
- Aedo, W. (2002). Adobe: Guía de construcción parasísmica. *CRATerre*, 1–37.
- Alday, P. (2014). *Efecto de los estabilizadores en las propiedades físicas del adobe* (Issue 12030204039). Universidad Andres Bello.
- Anink, D., Boonstra, C., & Mak, J. (1997). *Handbook of Sustainable Building: An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment*. BuildingGreen. <https://www.buildinggreen.com/newsbrief/handbook-sustainable-building-environmental-preference-method-selection-materials-use>
- Aponte, R., & Rivas, D. (2021). Análisis de las propiedades físico mecánicas del adobe estabilizado con fibras de polipropileno y con RCD. In *Universidad Cesar Vallejo*.
- Calderón, J. (2021). La “Tierra”: Un Material Compuesto. *Diseño Arte Y Arquitectura*, 6609(10), 167–179. <https://doi.org/10.33324/daya.v1i10.383>
- Carazas, W., & Rivero, A. (2002). Guía de construcción parasísmica. *CRATerre*, 1–28.
- Cervantes, G, Sosa, R., Rodriguez, G., & Robles, F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Symbiosis*, 13(1), 63–70. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46713055007.pdf>
- Cervantes, Gemma. (2012). Ecología Industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales. *Sostenibilidad, Tecnología Y Humanismo*, 58–78.
- CRAterre. (1989). *CRAterre :: Inicio*. Building Cultures and Sustainable Development. https://craterre.org/?new_lang=en_GB
- Cueva, O., Castillo, B., Cueva, M., & Rodríguez, D. (2022). Gestión de residuos de construcción y demolición frente al cambio climático. *Polo Del Conocimiento*, 7(8), 625–640. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>
- Dávila, V., & Contreras, J. (2022). *El Adobillo: Cultura constructiva de Valparaíso*.
- EMAC EP. (2024). *Recolección de Desechos y Residuos Sólidos*. Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca. <https://emac.gob.ec/servicio-de-recoleccion-de-desechos-y-residuos-solidos/>
- Gatti, F. (2023). *El desafío sísmico de las técnicas con tierra armada* (pp. 1–487). Universitat Politècnica de Catalunya.

- Ghaffar, S. H., Burman, M., & Braimah, N. (2020). Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118710. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118710>
- Guillén Marzal, P. (2015). Arquitectura de tierra de nueva planta. Estudio de limitaciones constructivas. In *Universidad Politécnica de Valencia*.
- INEC. (2010). *Población y Demografía* |. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Kusha Ghoreishi, K. (2011). Ecomateriales y construcción sostenible gestión de las industrias de la eco-innovación. *E.O.I.*, 12. <https://isfcolombia.uniandes.edu.co/images/documentos/5dejulioecomateriales1.pdf>
- Lara, L. (2017). Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina ecuatoriana. *AUC Revista de Arquitectura - Universidad Católica Santiago de Guayaquil*, 38, 31–41.
- Mejía, P. (2018). BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN COMO SUSTITUCIÓN DE LOS AGREGADOS TRADICIONALES EN LA CIUDAD DE SARAGURO, LOJA, ECUADOR [Universidad de Cuenca]. In *Universidad de Cuenca*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/29382>
- Minke, G. (2005). *Manual Construcción En Tierra* (Agosto, 20).
- Montenegro, M. (2019). Caracterización del adobe reforzado con fibras naturales y artificiales para la recuperación de construcciones tradicionales en la Comuna de Zuleta. *Universidad Central Del Ecuador Facultad De Arquitectura Y Urbanismo*, 1–122. <https://bit.ly/3CBP4Pg>
- Muntohar, A. S. (2011). Engineering characteristics of the compressed-stabilized earth brick. *Construction and Building Materials*, 25(11), 4215–4220. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2011.04.061>
- Neves, C., & Borges, O. (2011). Técnicas de construcción con Tierra. *Red Iberoamericana Proterra*.
- Norma E.080. (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. *El Peruano.*, 1, 24. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf
- Norma Española UNE 41410. (2008). Bloques de tierra comprimida para muros y taboques/Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. *Aenor*, 28.

- ONU. (2005). EL DOCUMENTO FINAL DE LA CUMBRE MUNDIAL DE 2005. *Organización de Las Naciones Unidas*, 10(January), 133–139.
- Pacheco, C., & Fuentes, L. (2011). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 10(10), 94–104. <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewArticle/1584/4490>
- Peña, E. (2014). Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Difusión de la Vivienda Popular Sismo-resistente. *¡Mi Casa 10!*, 1, 34. https://mitigation.eeri.org/wp-content/uploads/Manual_Popular_Adobe.pdf
- Penadés, J. (2015). *Análisis y estudio del microcemento*. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/48297>
- Reglamento Nacional de Construcciones. (2000). REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES NTE E.080. *Norma Técnica de Edificación NTE*, 5. <https://centrocidart.files.wordpress.com/2013/10/norma-peruana-de-adobe.pdf>
- Ruvalcaba, M. (2023). *ADOBE ESTABILIZADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Santos Marián, D., Monercillo Delgado, B., & García Martínez, A. (2011). Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición. *Tornapunta Ediciones, S.L.U., 2ª Edición*, 26. <https://libreria.fundacionlaboral.org/extpublicaciones/gestionresiduos2.pdf>
- Sernaque, P. (2020). Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. *Repositorio Institucional - UCV*, 1–134. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52173>
- Siguenza, J. (2014). Estudio del sistema constructivo superadobe, y su aplicación en la vivienda rural. *Universida de Cuenca*, 1–275.
- Sotomayor, L. A. (2018). “El Adobe” Diseño y proceso constructivo de una vivienda de adobe en Cauquenes. *Universidad Andres Bello*, 1–110. http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/7447/a123593_Sotomayor_L_El_adobe_diseño_y_proceso_2018_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Tierno, A. (2017). Soluciones Constructivas High-Tech basadas en tierra. *Universidad Politécnica de Madrid*, 32.
- Toure, P. M., Sambou, V., Faye, M., & Thiam, A. (2017). Mechanical and thermal characterization of stabilized earth bricks. *Energy Procedia*, 139, 676–681. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.11.271>
- Vásquez, A., Botero, L., & Carvajal, D. (2015). Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional. *Ingeniería y Ciencia*, 11(21), 197–220. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.11.21.10>
- WCED. (2012). 1987: Informe Brundtland. *Federal Office for Spatial Development ARE*, 1–247. https://doi.org/10.9774/gleaf.978-1-907643-44-6_12
- Zazu, B. (2021). Innovación en los sistemas mixtos con tierra. *Unidad Politécnica de Madrid*, 1–78.

ANEXOS

ANEXO 1: INFORME DE LABORATORIO DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS



Universidad
Católica
de Cuenca

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

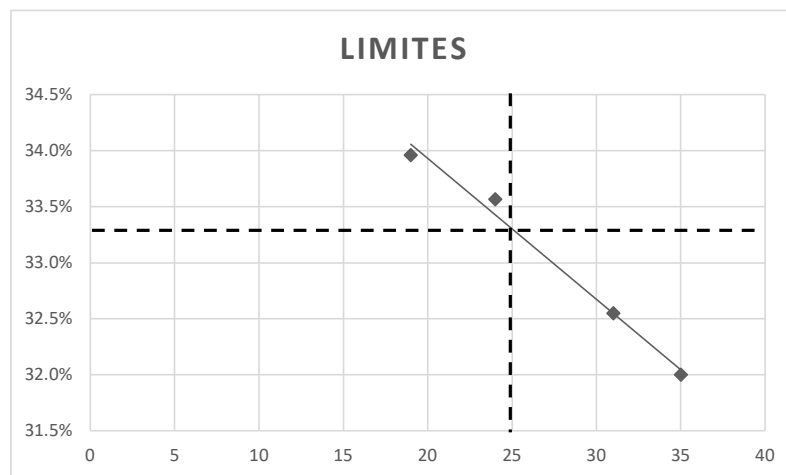
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS

PROYECTO:	TESIS DE GRADO
MUESTRA:	
SOLICITADO POR:	Arévalo Ordoñez Jair Sebastián - Mina Bautista Sofia Alejandra
FECHA:	17/05/2024

LÍMITE LÍQUIDO

Nº Golpes	35	31	24	19
Recipiente Nº	B4	2	4	3
Recipiente + M. Húmeda	41.7	37.8	40.2	42.2
Recipiente + M. Seca	36.9	33.65	35.4	36.8
Peso Recipiente	21.9	20.9	21.1	20.9
% Humedad	32.0%	32.5%	33.6%	34.0%



LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente Nº	1	R7	2	P3
Recipiente + M. Húmeda	14.2	14.3	15.8	13.5
Recipiente + M. Seca	13.7	13.8	15.37	13
Peso Recipiente	11	11	12.9	10.3
% Humedad	18.5%	17.9%	17.4%	18.5%

LÍMITE LIQUIDO	18.08%
LÍMITE PLASTICO	33.25%
INDICE DE PLASTICIDAD	15.17%



Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

LABORATORISTA



Universidad
Católica
de Cuenca

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

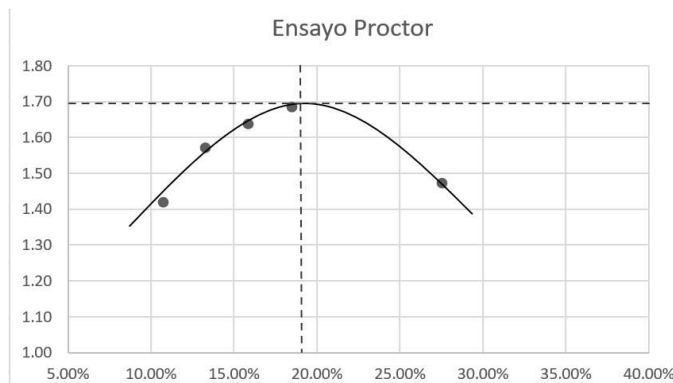
PROYECTO:	TESIS DE GRADO
MUESTRA:	
SOLICITADO POR:	Arévalo Ordoñez Jair Sebastián - Mina Bautista Sofia Alejandra
FECHA:	28/05/2024

MUESTRA	1	2	3	4	5
HUMEDAD AÑADIDA EN %	16.25%	19.25%	22.25%	25.25%	31.25%
AGUA AUMENTADA EN C.C	210cc	280cc	350cc	420cc	560cc
NUMERO DEL MOLDE	1	A45	2	3	4
PESO DEL MOLDE CILINDRICO + SUELO HUMEDO (P1)	5745.5	5939	6047.5	6139.5	6028.5
PESO DEL MOLDE CILINDRICO (P2)	4290.5	4290.5	4290.5	4290.5	4290.5
PESO DEL SUELO HUMEDO P1-P2=P3	1455	1648.5	1757	1849	1738
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARIN	926	926	926	926	926
DENSIDAD HUMEDA D1=P3/V. Kg/m3	1.57	1.78	1.90	2.00	1.88

CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA	1		2		3		4		5	
NUMERO DEL TARRO	6	S12	T23	T14	02K	4	3	N	7	J1
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO	195.8	190.7	137.1	141.7	147	243.1	123.6	156.5	181.9	239.6
PESO DEL TARRO + SUELO SECO	183.3	178.5	127.3	128.5	132.8	219	108.13	141.1	151.9	206.4
PESO DEL AGUA	12.5	12.2	9.8	13.2	14.2	24.1	15.47	15.4	30	33.2
PESO DEL TARRO	67.51	64.7	52.94	29.47	43.34	66.76	29.08	52.86	43.2	85.5
PESO DEL SUELO SECO	115.79	113.8	74.36	99.03	89.46	152.24	79.05	88.24	108.7	120.9
CONTENIDO DE AGUA EN %	10.80%	10.72%	13.18%	13.33%	15.87%	15.83%	19.57%	17.45%	27.60%	27.46%
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	10.76%		13.25%		15.85%		18.51%		27.53%	
DENSIDAD SECA Kg/m3	1.42		1.57		1.64		1.68		1.47	

DENSIDAD SECA MÁXIMA	1,7 g/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA	19%



Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

LABORATORISTA



Universidad
Católica
de Cuenca

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

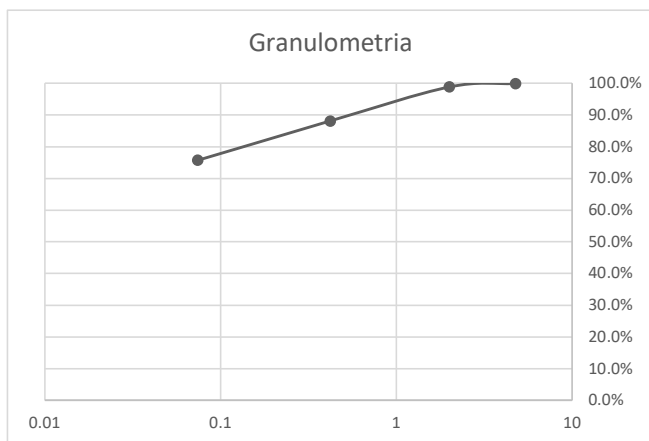
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS

PROYECTO: TESIS DE GRADO
MUESTRA:
SOLICITADO POR: Arévalo Ordoñez Jair Sebastián - Mina Bautista Sofia Alejandra
FECHA: 19/05/2024

TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA
3"	76.2	0.00	0.00	0.00%	100%
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00%	100%
2"	50.8	0.00	0.00	0.00%	100%
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00%	100%
1"	25.4	0.00	0.00	0.00%	100%
3/4"	19.1	0.00	0.00	0.00%	100%
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00%	100%
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00%	100%
Nº 4	4.76	0.20	0.20	0.02%	99.98%
10	2	8.50	8.70	1.1%	98.85%
40	0.42	82.90	91.60	11.9%	88.10%
200	0.074	95.00	186.60	24.3%	75.70%
FONDO		2.2	188.8		
TOTAL		188.8			

Peso antes del ensayo (gramos) =	800	Peso húmedo antes del lavado (gramos) =	800
Peso después del ensayo (gramos) =	188.8	Peso seco antes del lavado (gramos) =	769.35
% Humedad =	4%	Peso seco después del lavado (gramos) =	188.8



Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

LABORATORISTA

ANEXO 2: INFORME DE LABORATORIO DE LOS ENSAYOS FÍSICOS/MECÁNICOS



Universidad
Católica
de Cuenca

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: TESIS DE GRADO

MUESTRA:

SOLICITADO POR: Arévalo Ordoñez Jair Sebastián - Mina Bautista Sofia Alejandra

FECHA: 28/06/2024

RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ADOBERA 1	
MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1A1	6
2A1	9.1
3A1	8.4
4A1	11
PROMEDIO Kg/cm²	8.63
PROMEDIO MPA	0.86

ADOBERA 2	
MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1A2	3.2
2A2	7.1
3A2	4.8
4A2	4.8
PROMEDIO Kg/cm²	4.98
PROMEDIO MPA	0.50

ADOBERA 3	
MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1A3	11.1
2A3	9
3A3	11
4A3	14
PROMEDIO Kg/cm²	11.28
PROMEDIO MPA	1.13

ADOBERA 4	
MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1A4	7.7
2A4	9.4
3A4	8.1
5A4	6.7
PROMEDIO Kg/cm²	7.98
PROMEDIO MPA	0.80



Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

LABORATORISTA



Universidad
Católica
de Cuenca

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN**

PROYECTO: TESIS DE GRADO
MUESTRA:
SOLICITADO POR: Arévalo Ordoñez Jair Sebastián - Mina Bautista Sofia A
FECHA: 08/06/2024

RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROBETAS CON 10% DE AGREGADO DE RCD	
MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1M1	16
2M1	34
3M1	13
4M1	24
5M1	16
6M1	20
PROMEDIO Kg/cm²	20.5
PROMEDIO MPA	2.05

PROBETAS CON 20% DE AGREGADO DE RCD	
MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1M2	14
2M2	15
3M2	15
4M2	16
5M2	14
6M2	17
PROMEDIO Kg/cm²	15.17
PROMEDIO MPA	1.52

PROBETAS CON 30% DE AGREGADO DE RCD	
MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1M3	11
2M3	5.4
3M3	10
4M3	7.9
5M3	8.4
6M3	11
PROMEDIO Kg/cm²	8.95
PROMEDIO MPA	0.895



Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

LABORATORISTA



Universidad
Católica
de Cuenca

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: TESIS DE GRADO
MUESTRA:
SOLICITADO POR: Arévalo Ordoñez Jair - Mina Bautista Sofia
FECHA: 26/06/2024

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR
COMPRESIÓN DIAMETRAL**

PROBETAS CILÍNDRICAS CON 10% DE AGREGADO DE RCD

MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1M1	1.83
2M1	1.83
3M1	1.92
4M1	1.89
5M1	1.92
6M1	1.95
PROMEDIO Kg/cm²	1.89
PROMEDIO MPA	0.19

PROBETAS CILÍNDRICAS CON 20% DE AGREGADO DE RCD

MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1M1	1.22
2M1	1.27
3M1	1.5
4M1	1.52
5M1	1.32
6M1	1.46
PROMEDIO Kg/cm²	1.38
PROMEDIO MPA	0.14

PROBETAS CILÍNDRICAS CON 30% DE AGREGADO DE RCD

MUESTRA	RESISTENCIA Kg/cm ²
1M1	1.13
2M1	1.23
3M1	1.04
4M1	1.07
5M1	1.23
6M1	1.01
PROMEDIO Kg/cm²	1.12
PROMEDIO MPA	0.11



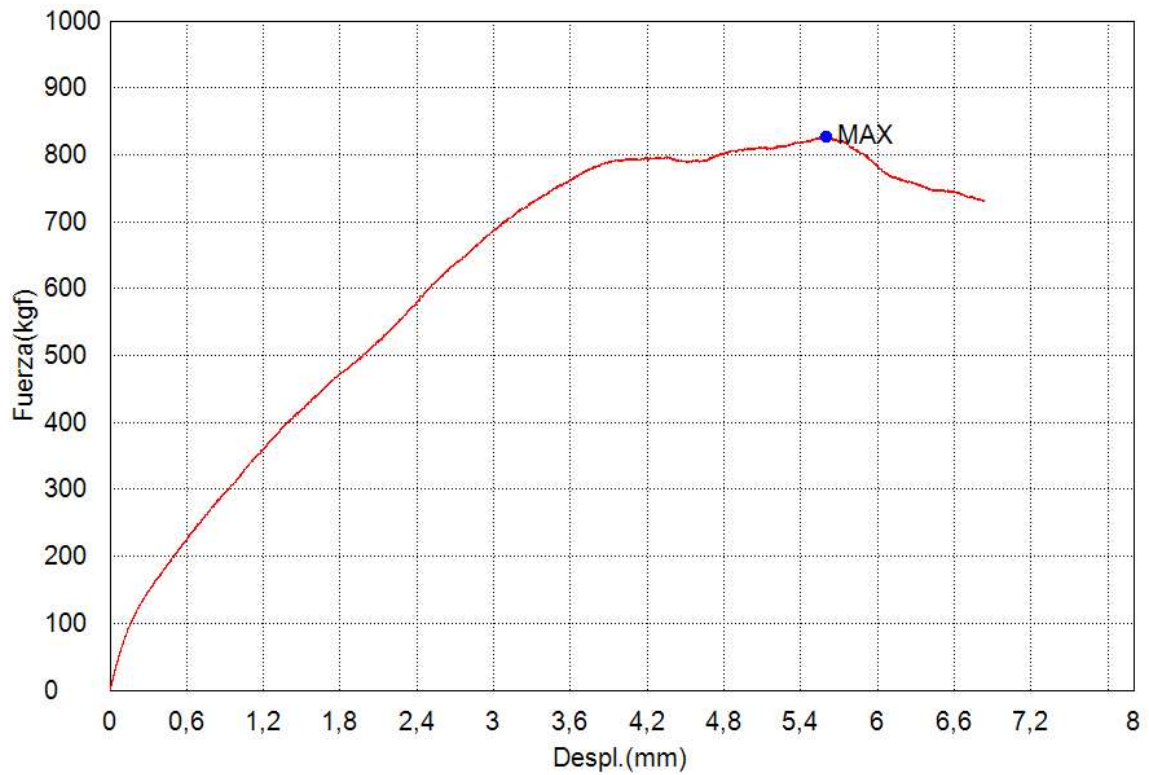
Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

LABORATORISTA

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1626.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	830	6,0
Media	830	6,0
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

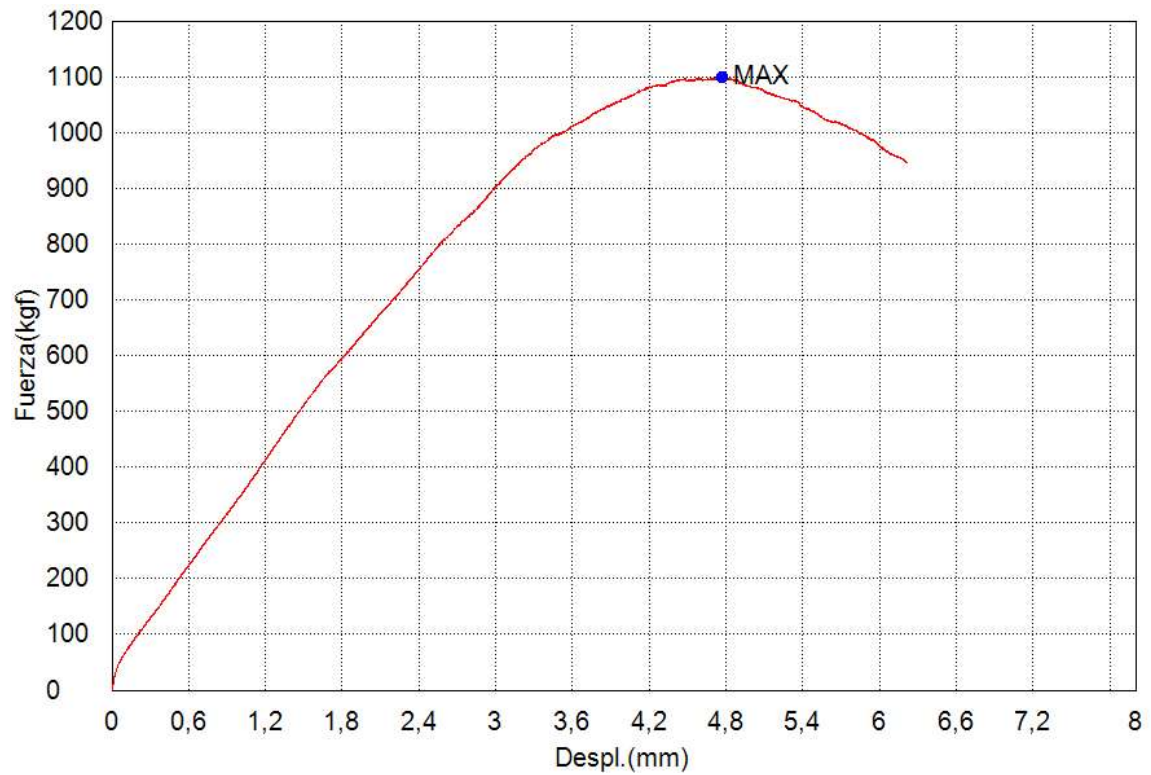


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1626.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1100	9,1
Media	1100	9,1
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

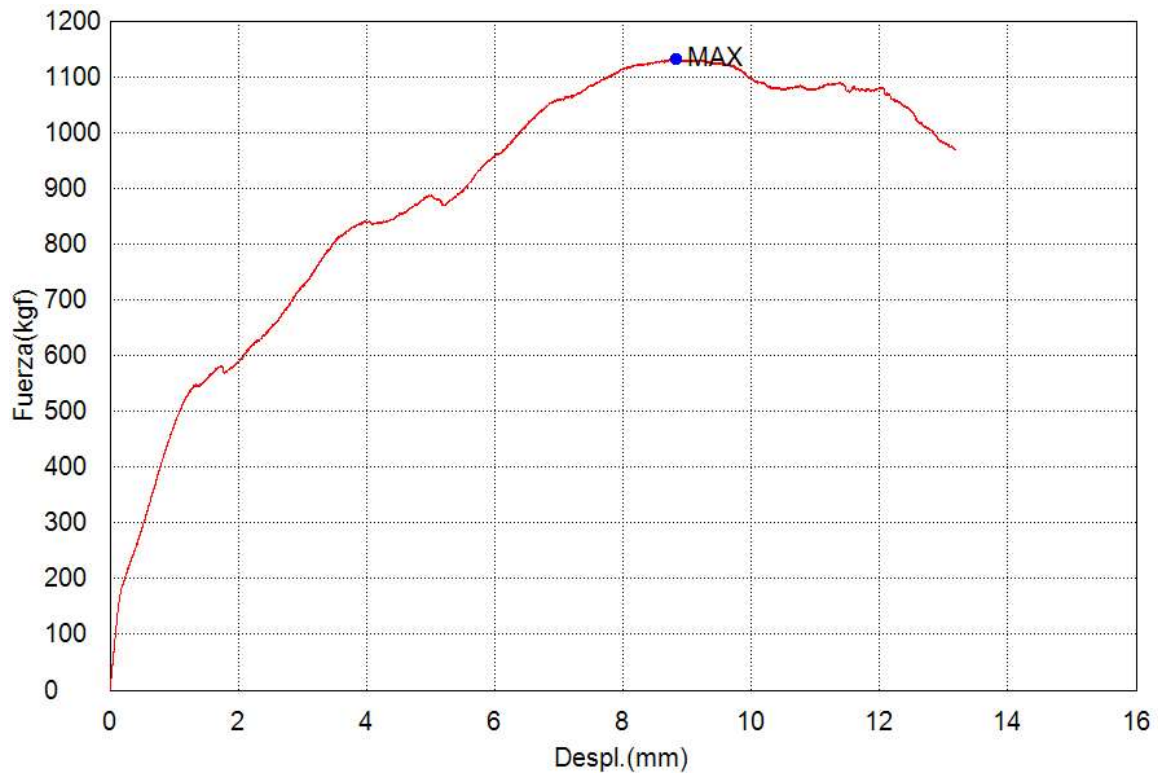


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1626.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1100	8,4
Media	1100	8,4
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

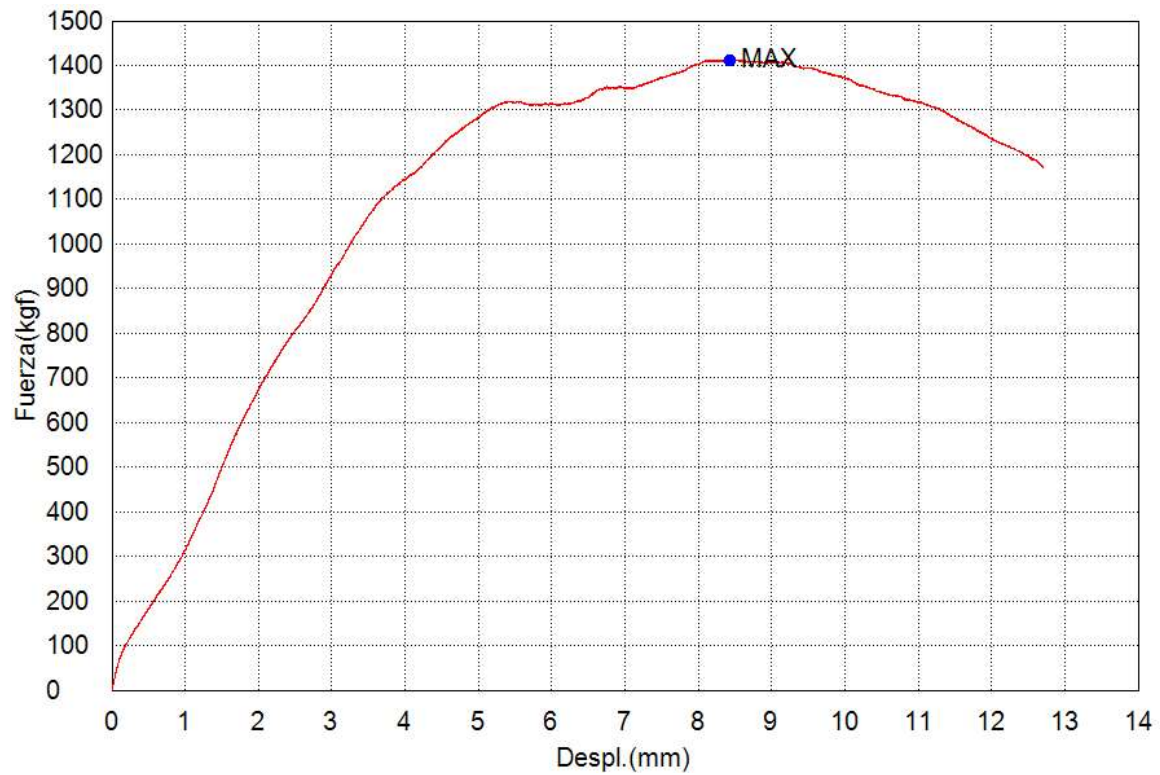


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1626.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1400	11
Media	1400	11
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

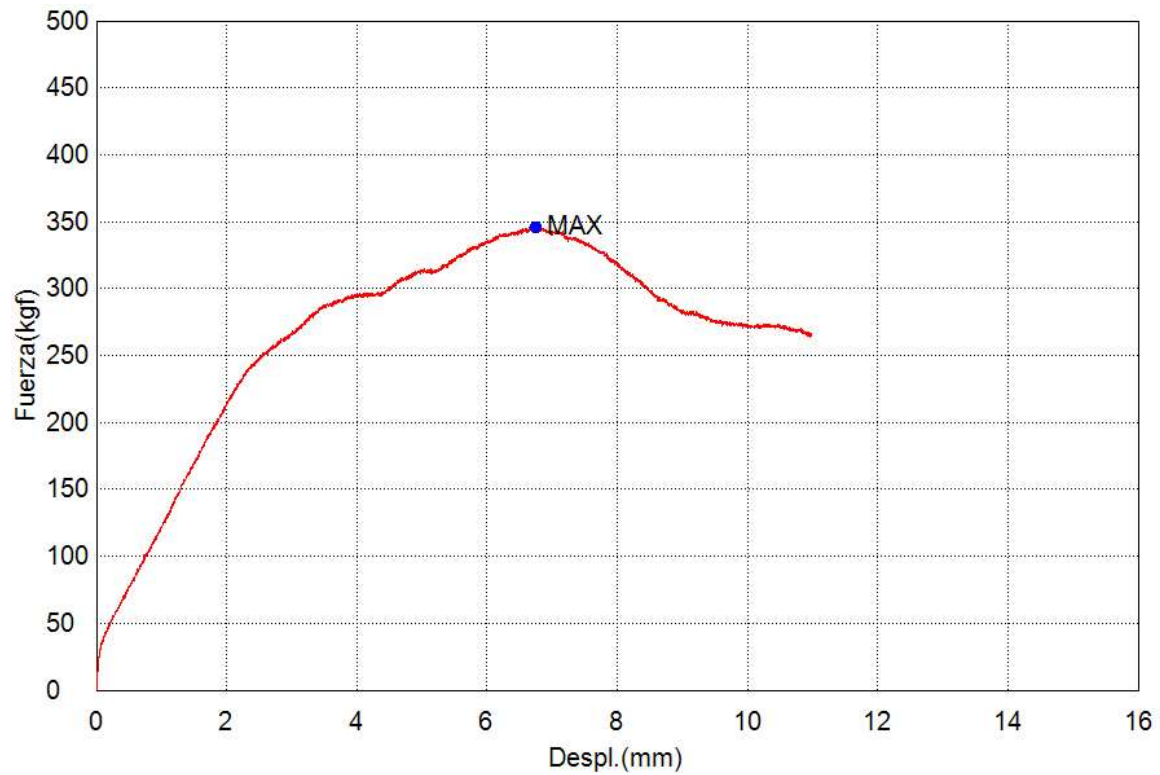


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1541.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	350	3,2
Media	350	3,2
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

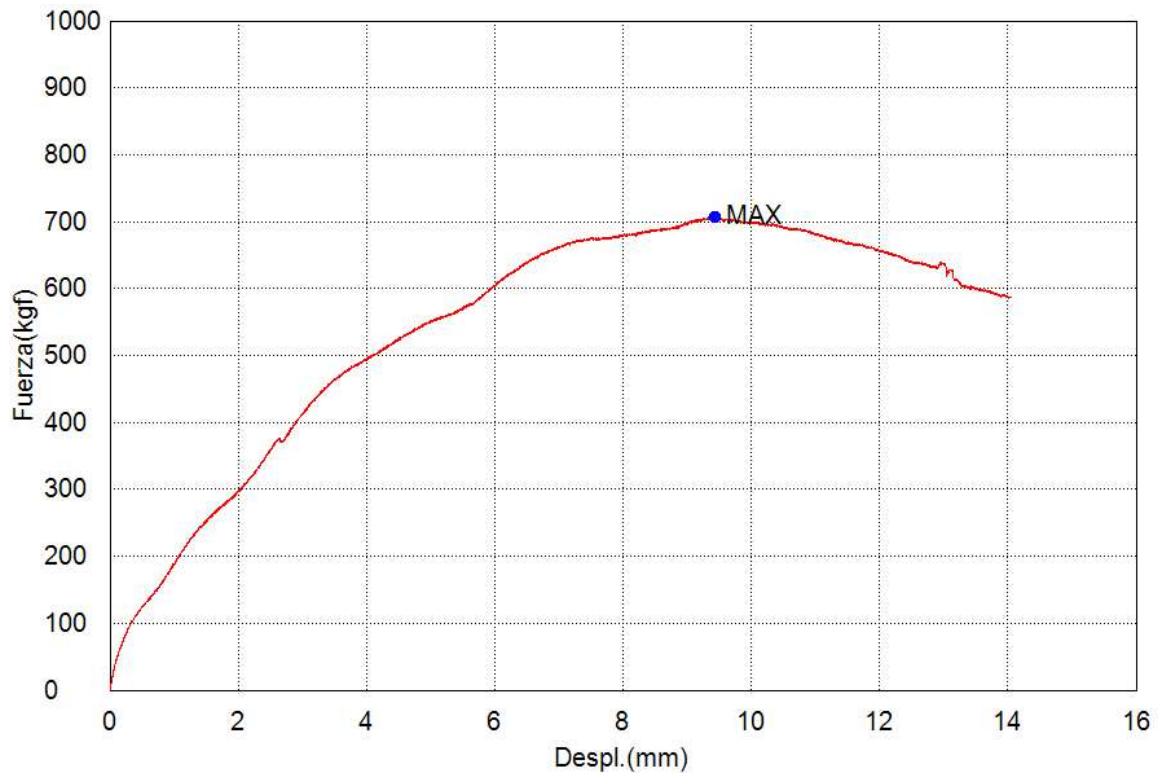


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1541.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	710	7,1
Media	710	7,1
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

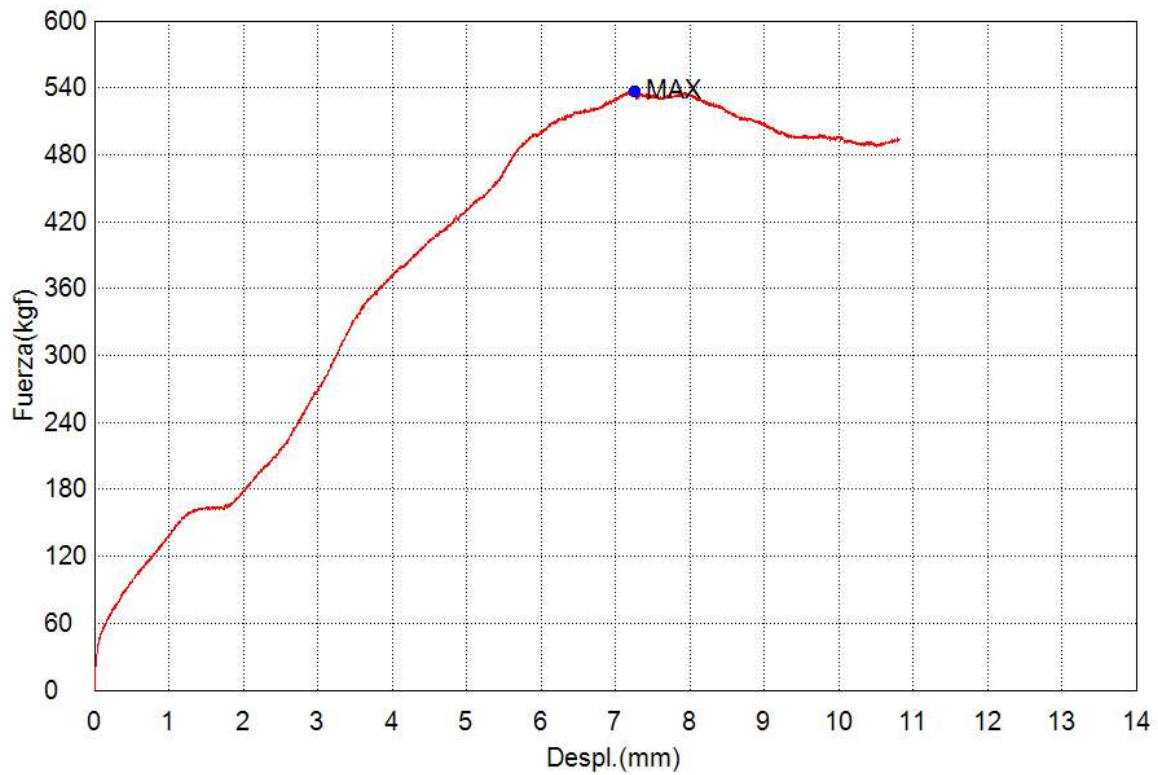


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1626.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	540	4,8
Media	540	4,8
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

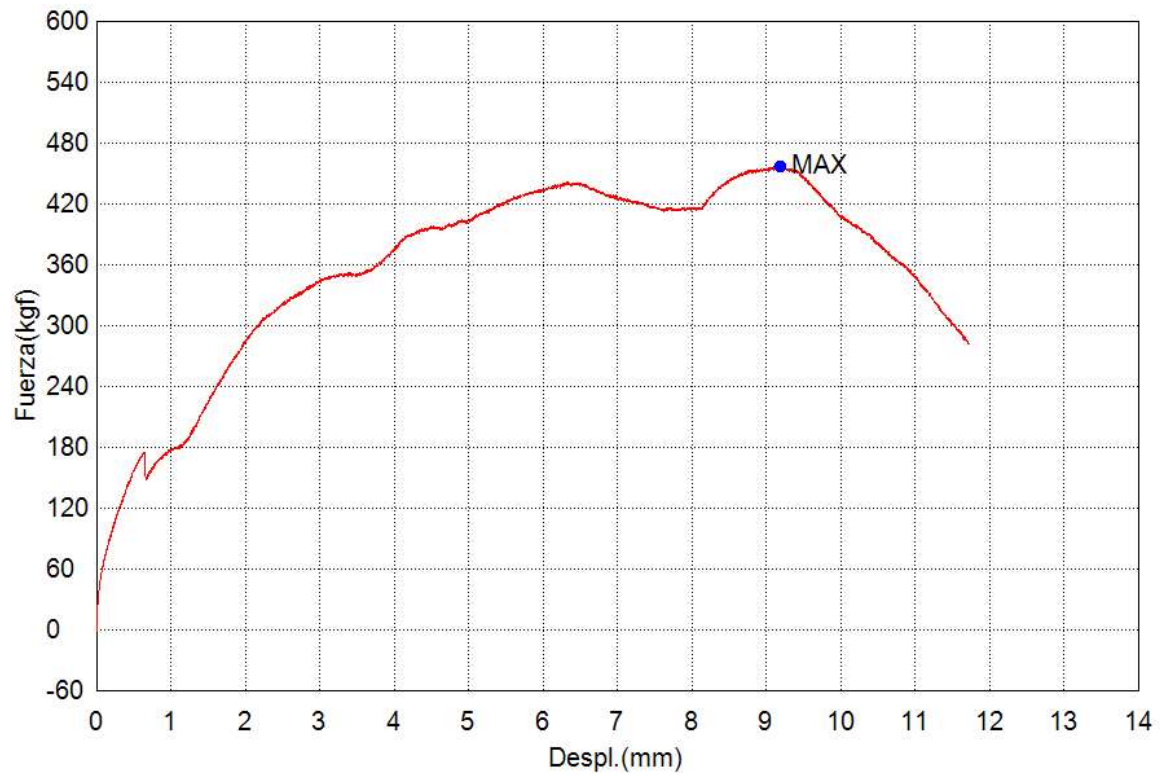


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1626.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	460	4,8
Media	460	4,8
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

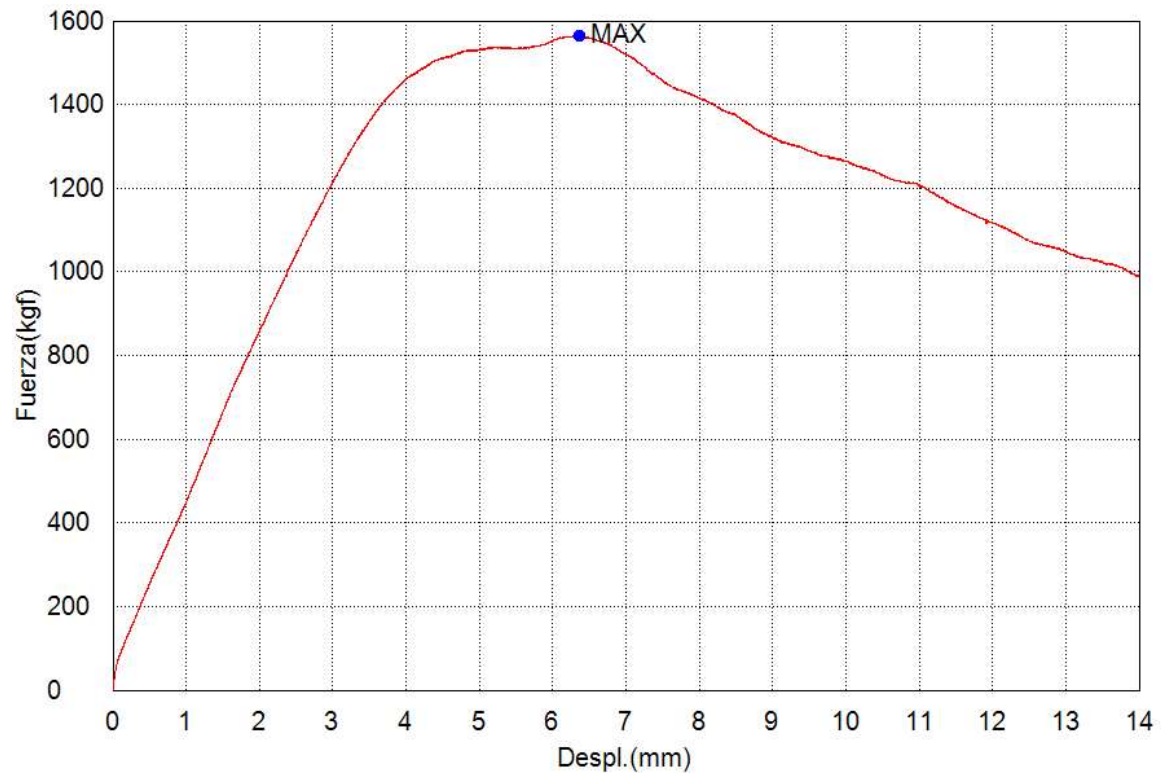


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1541.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1600	11
Media	1600	11
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

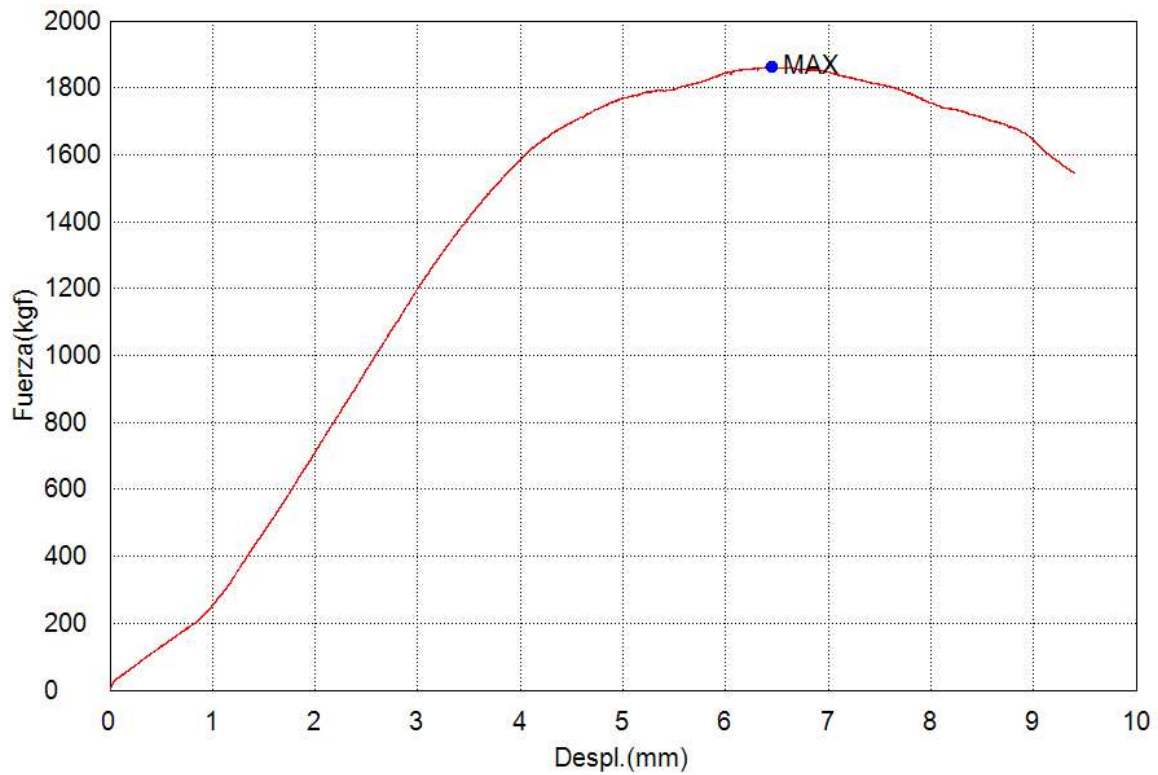


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1541.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1900	14
Media	1900	14
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

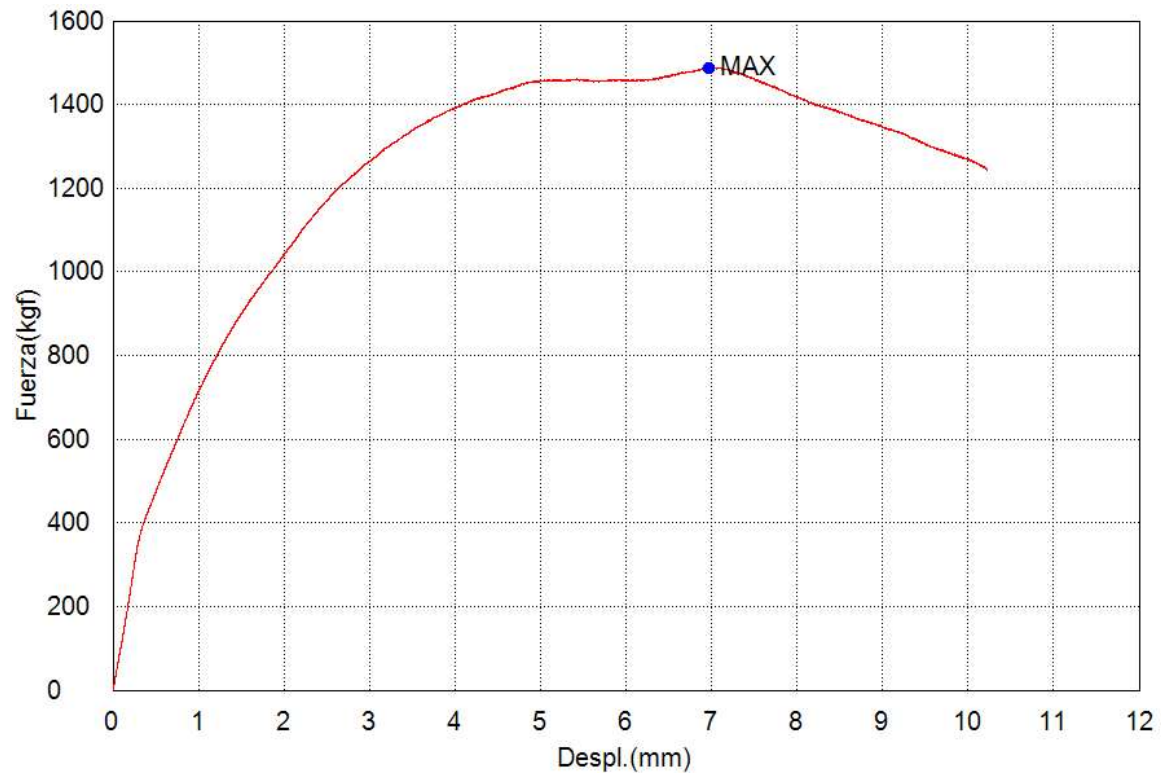


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1541.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1500	12
Media	1500	12
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

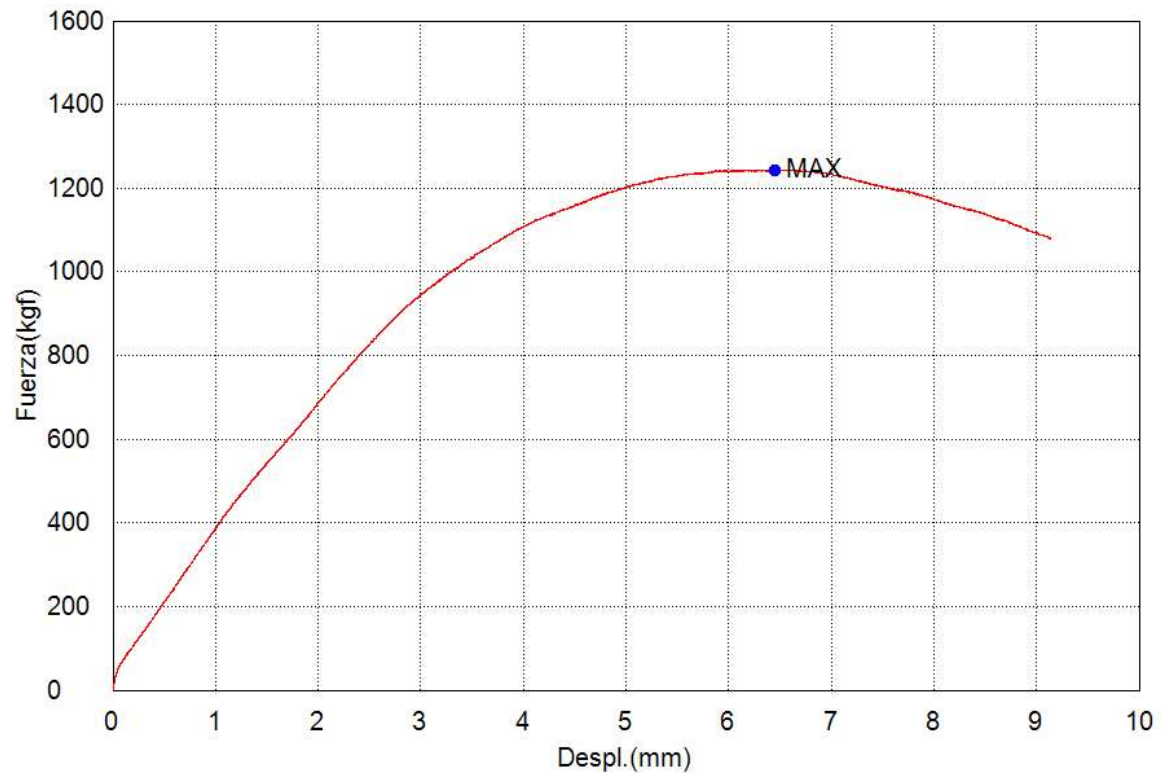


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1541.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1200	9,0
Media	1200	9,0
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

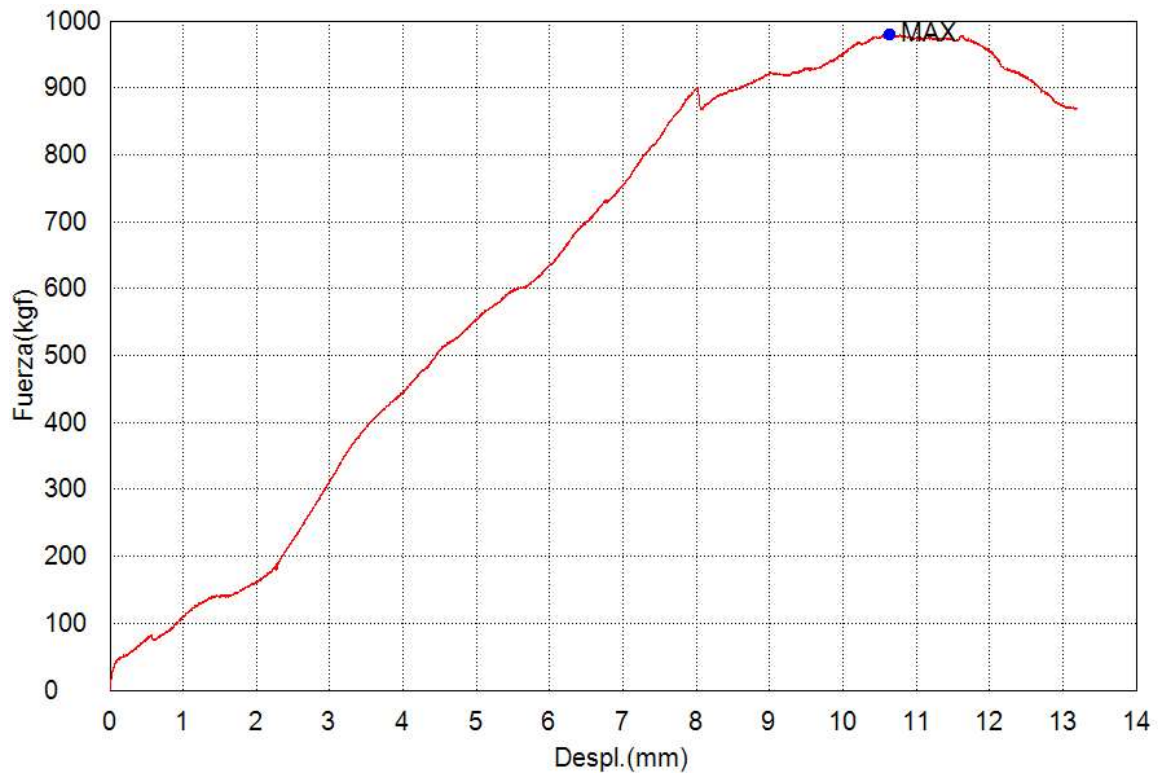


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1541.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	980	6,7
Media	980	6,7
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

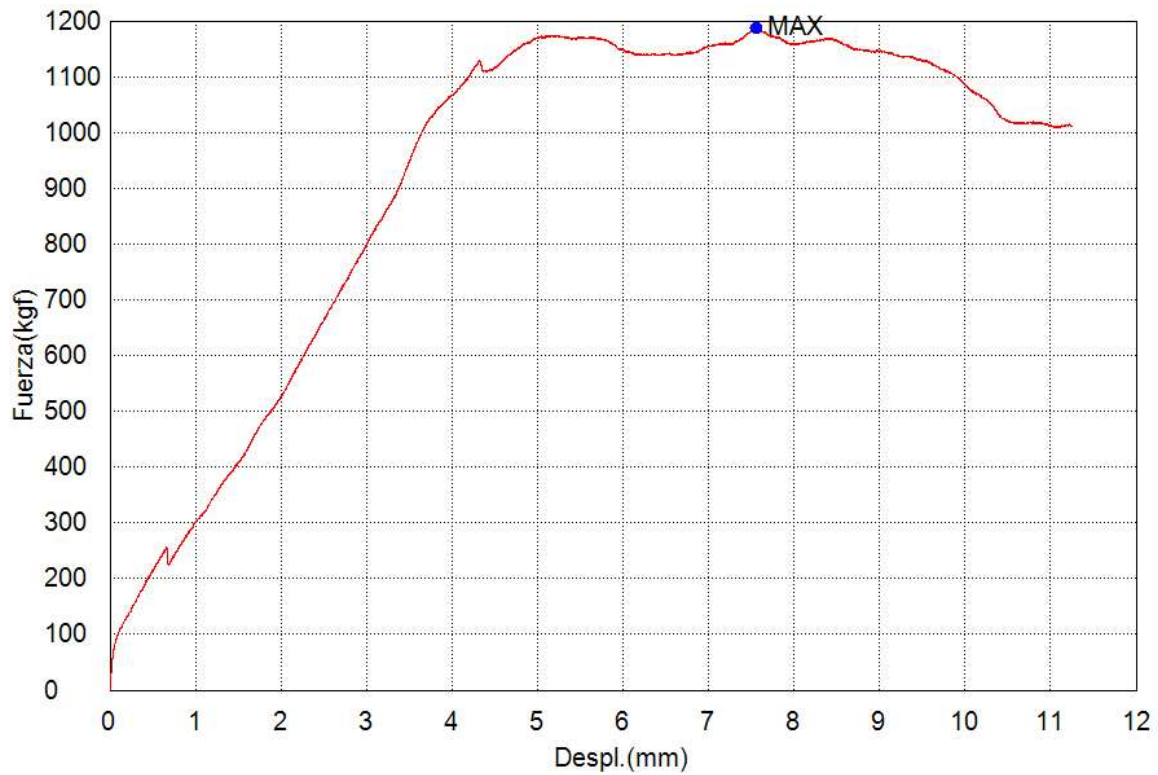


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1533.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1200	7,7
Media	1200	7,7
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

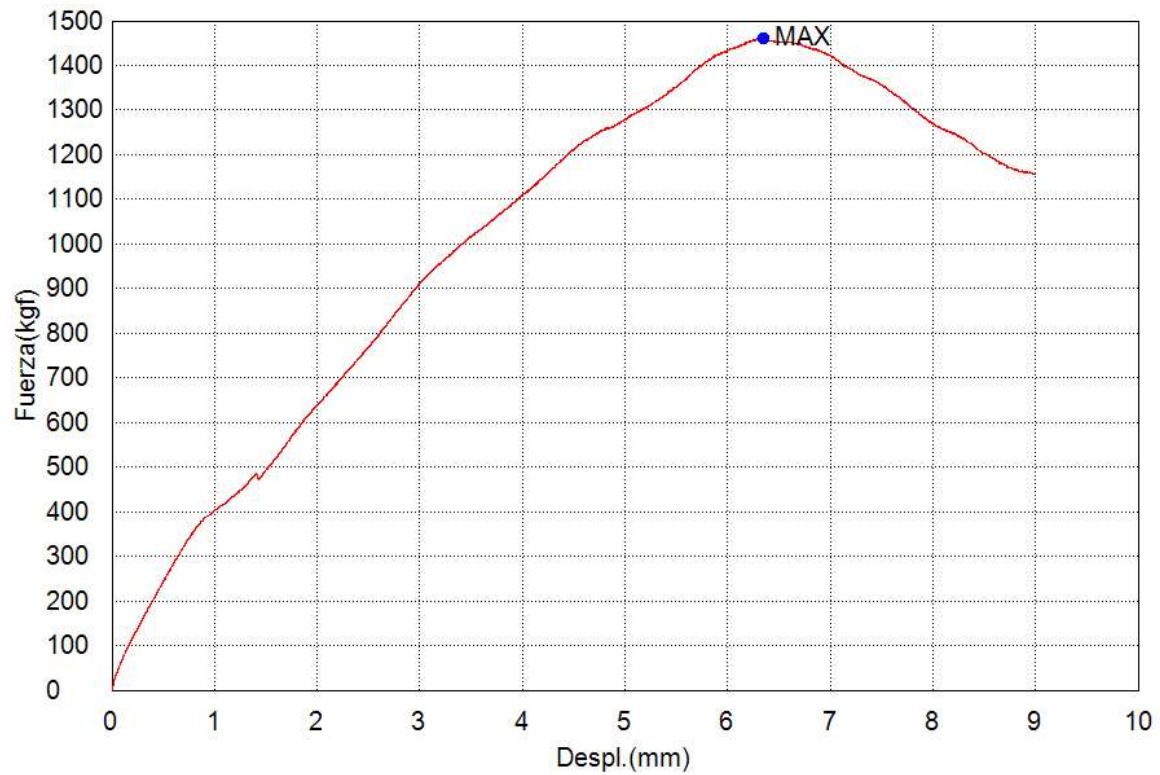


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1541.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1500	9,7
Media	1500	9,7
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

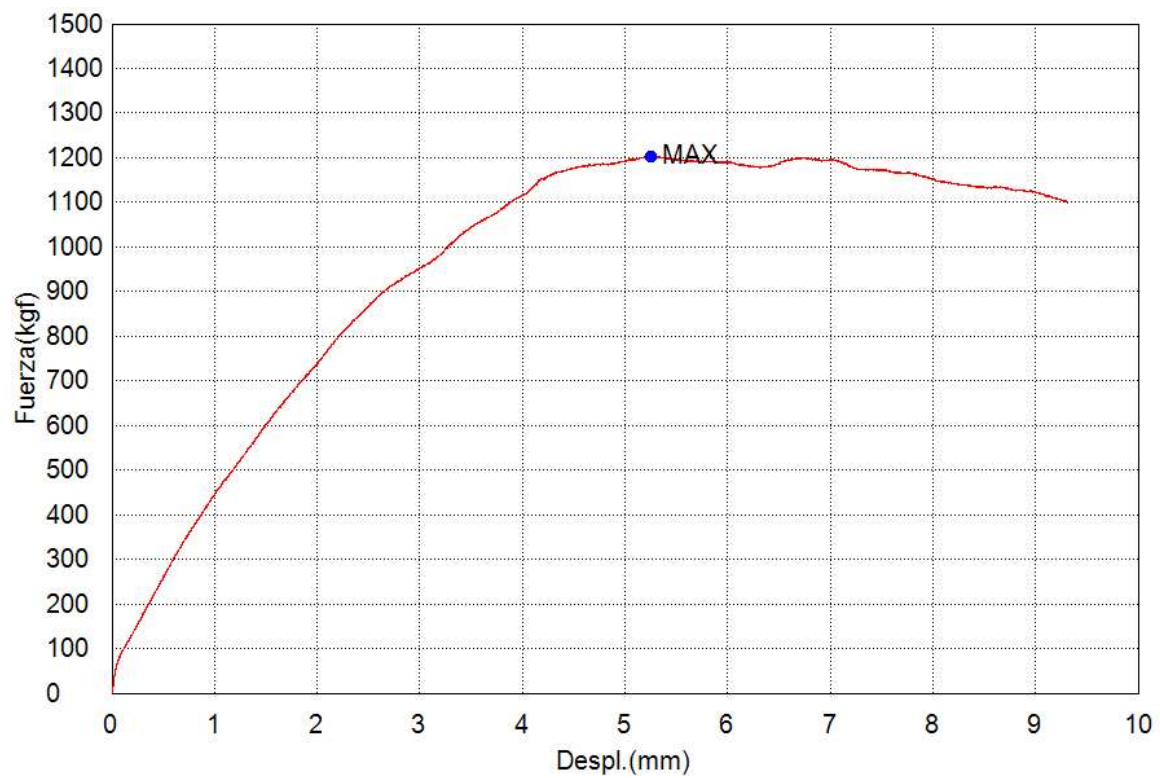


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240624_1541.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	24/6/2024	Fecha de ensayo	24/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1200	8,1
Media	1200	8,1
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

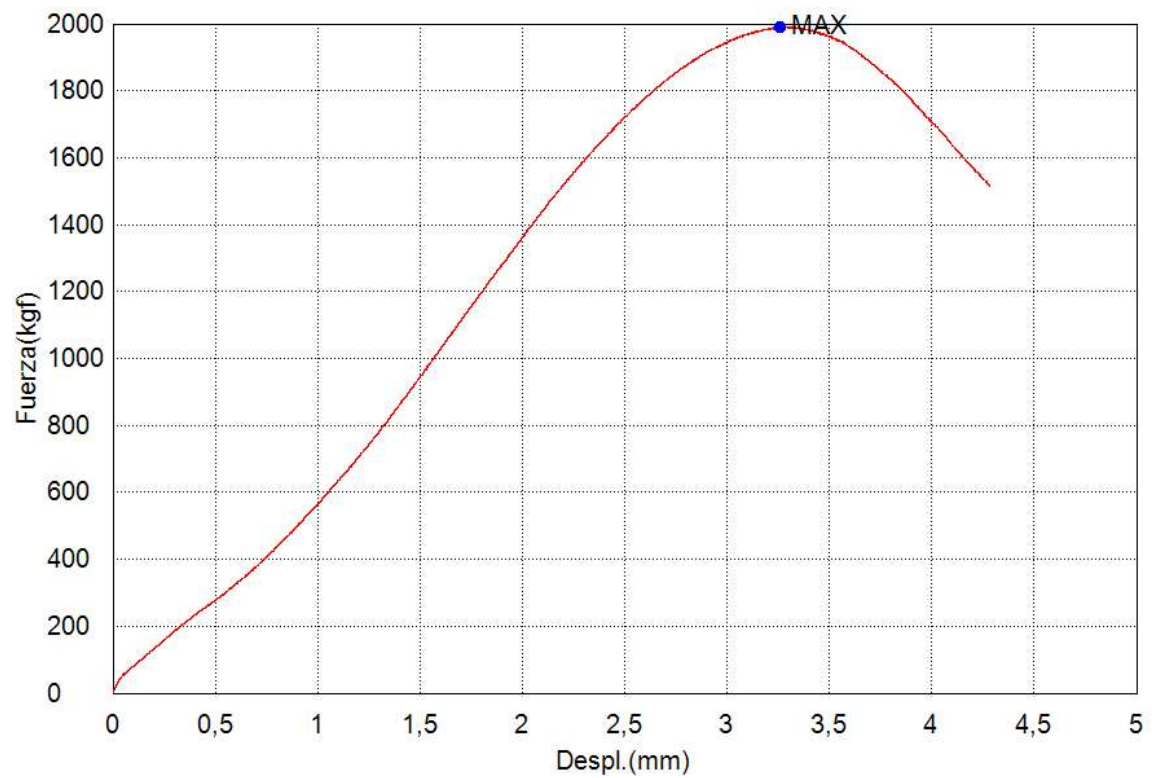


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	2000	20
Media	2000	20
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

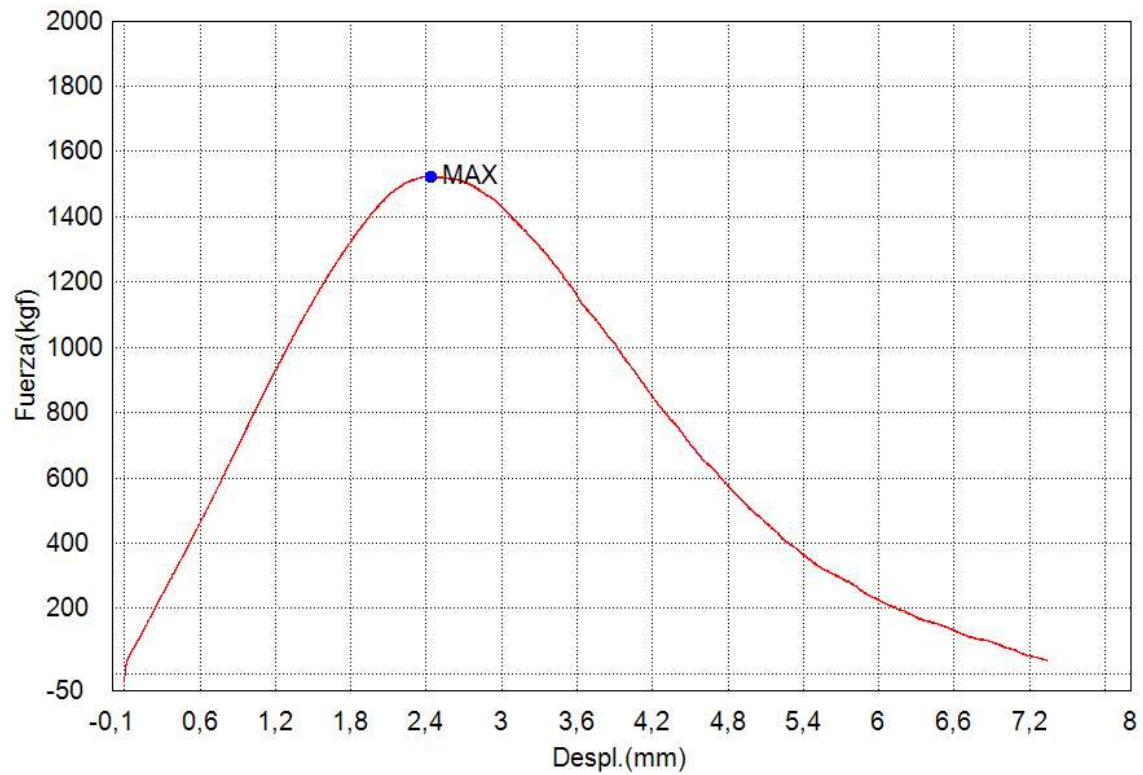


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1450.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1500	16
Media	1500	16
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

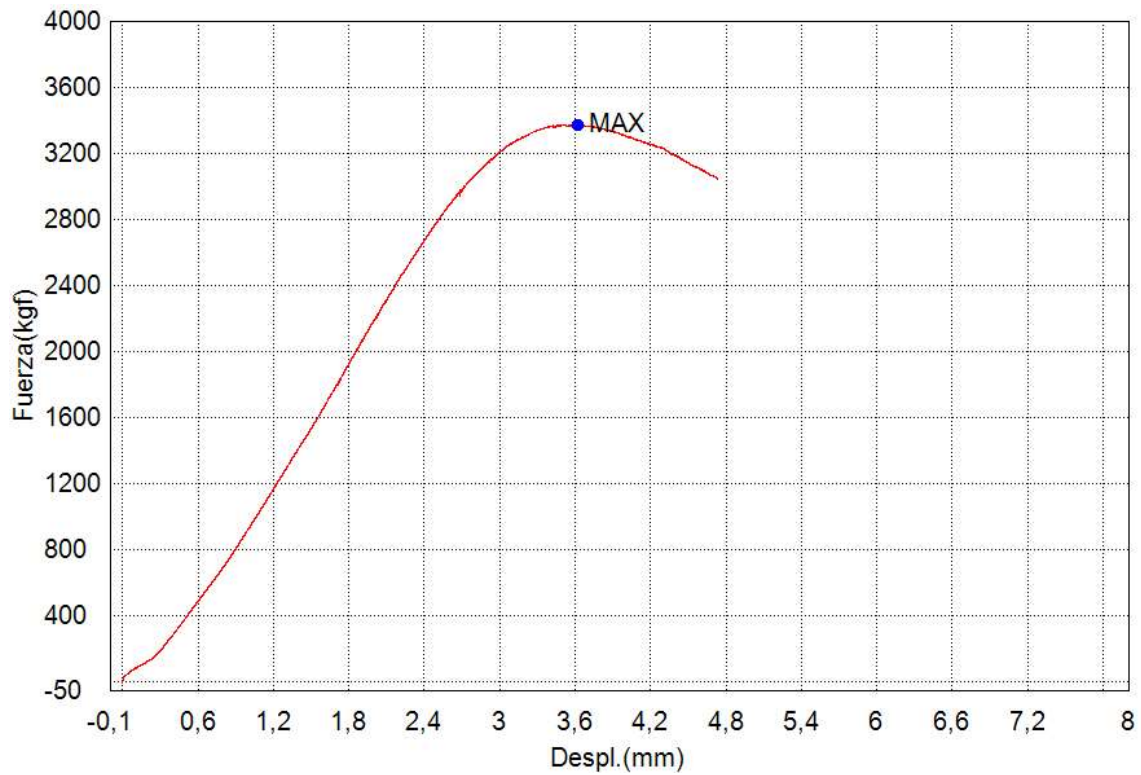


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	3400	34
Media	3400	34
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

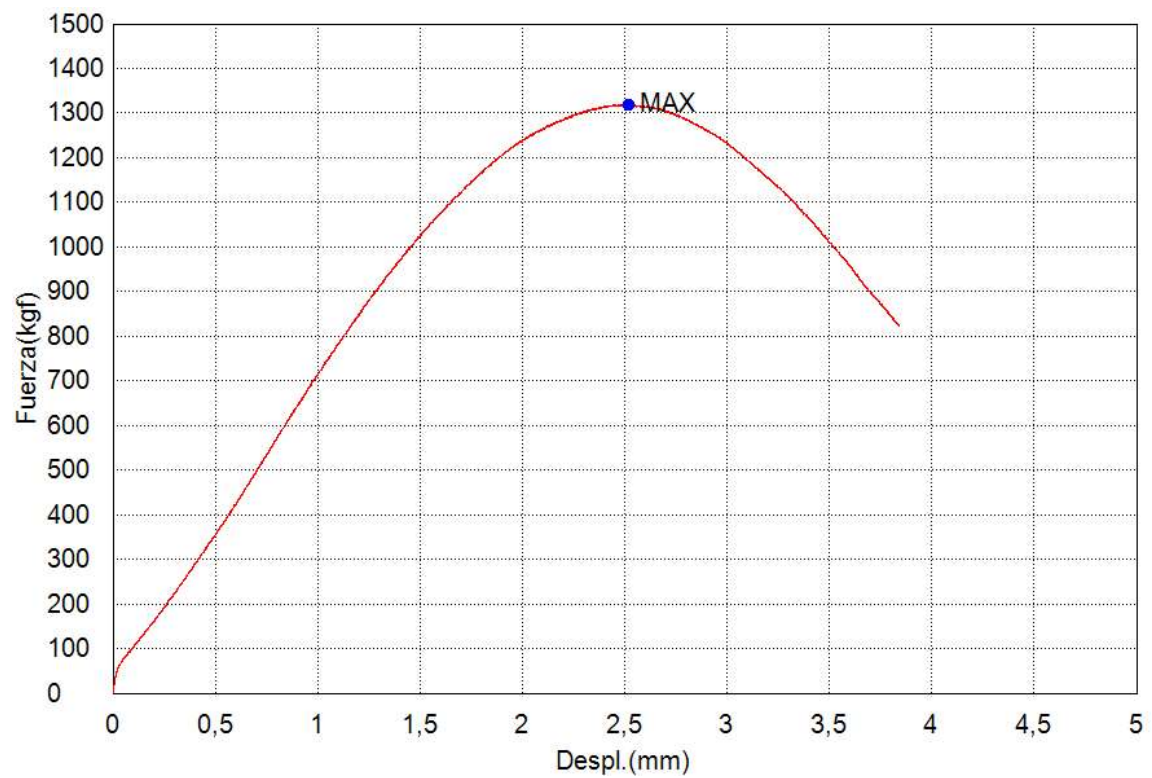


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1300	13
Media	1300	13
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

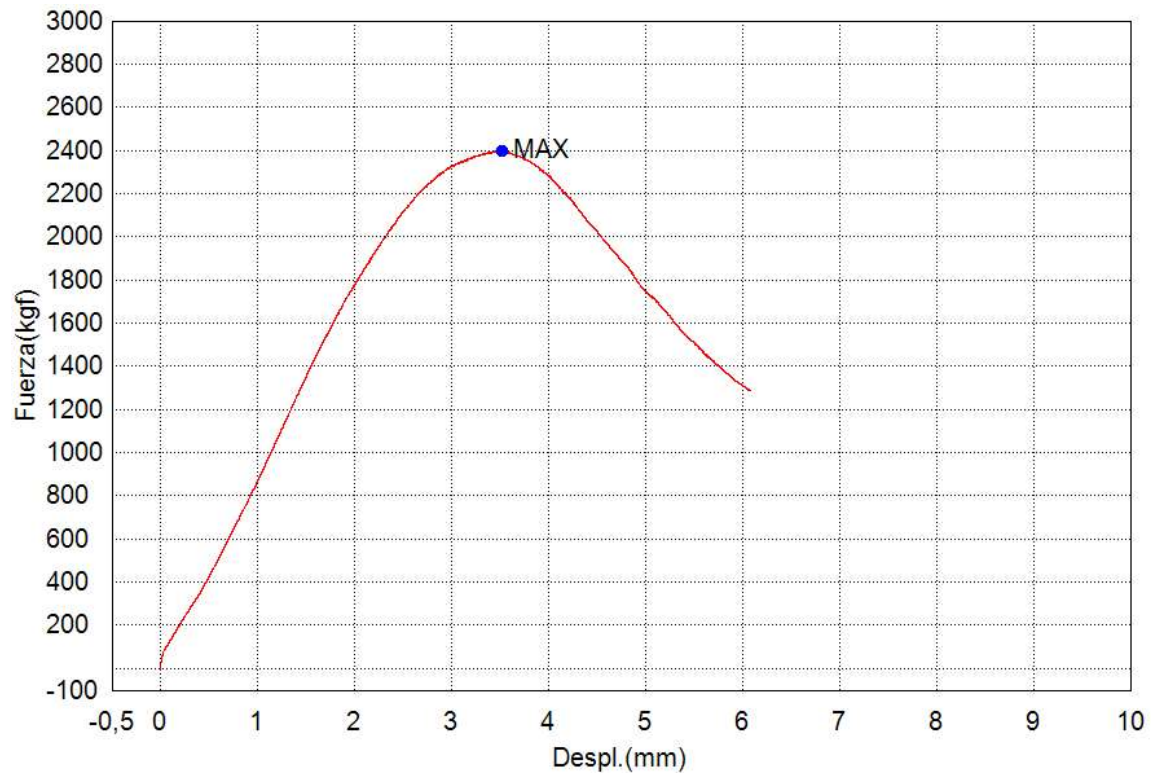


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	2400	24
Media	2400	24
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

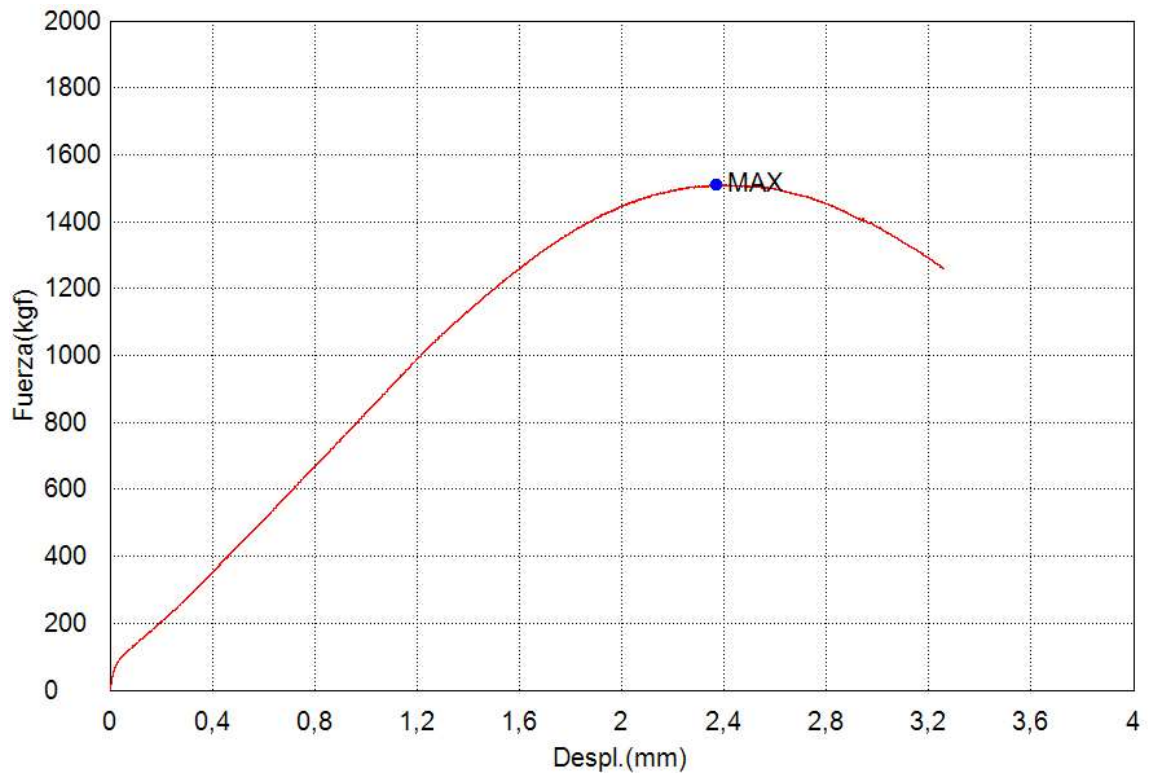


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1500	16
Media	1500	16
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

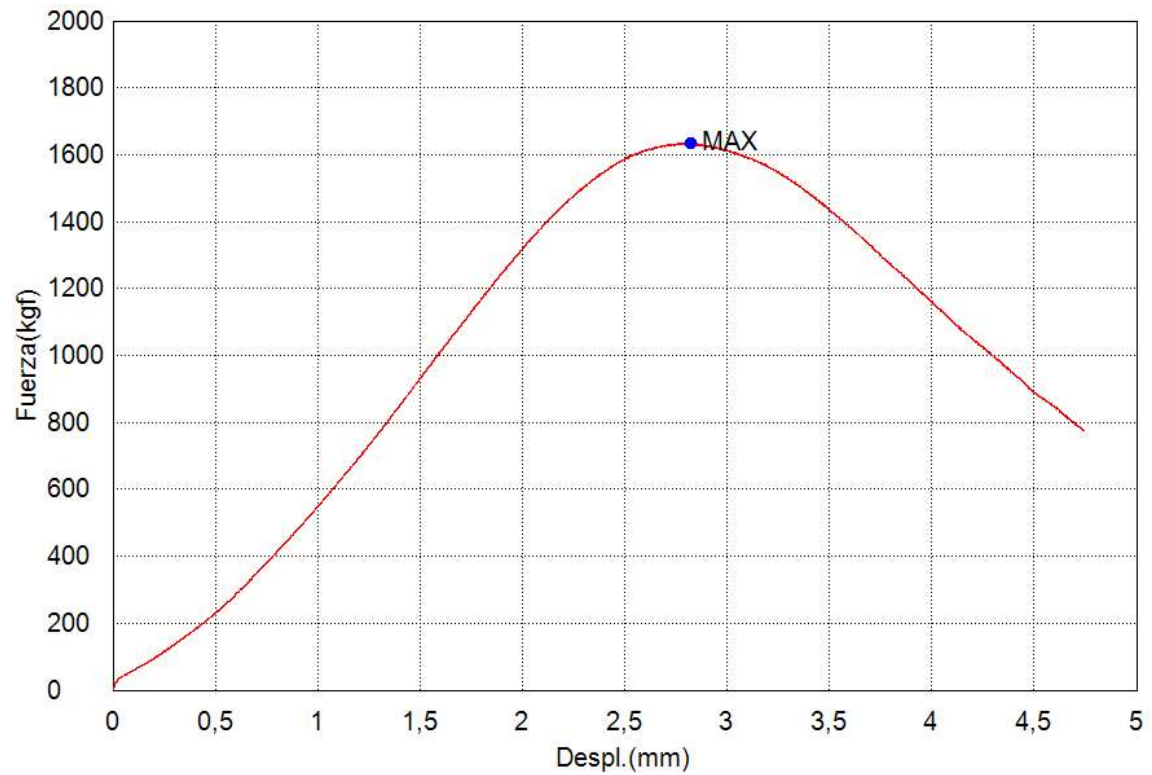


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1600	17
Media	1600	17
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

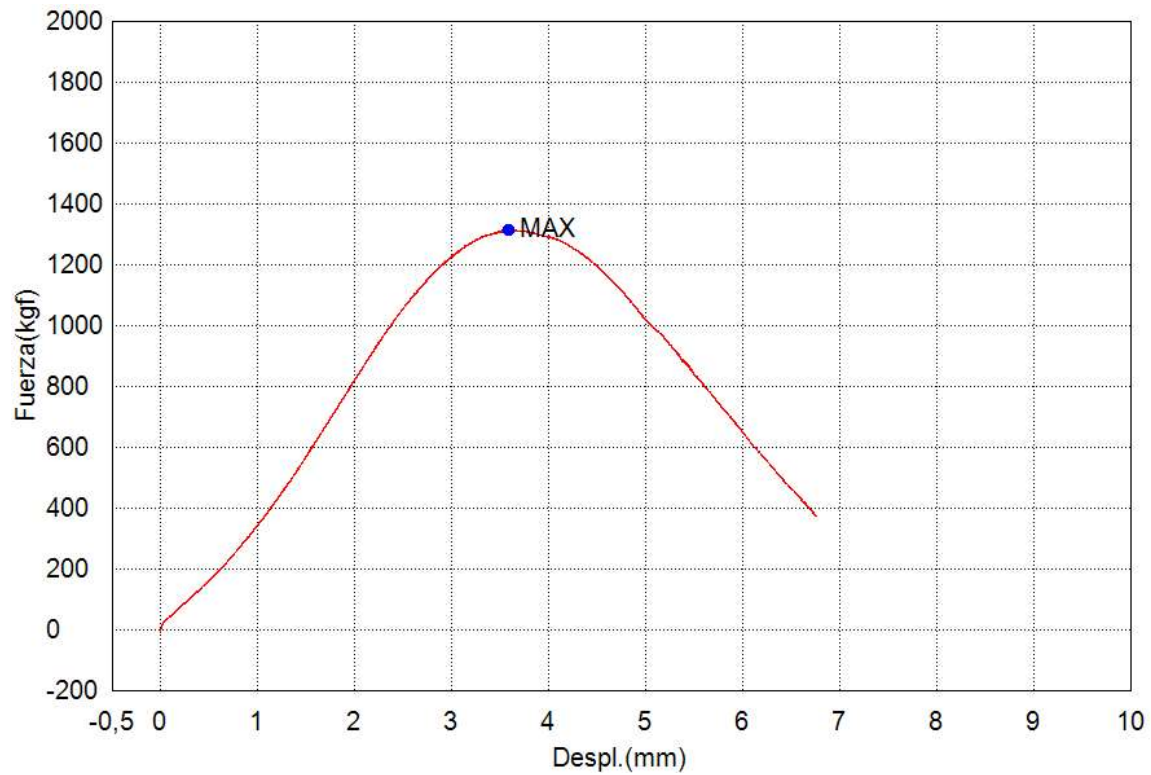


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1300	14
Media	1300	14
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

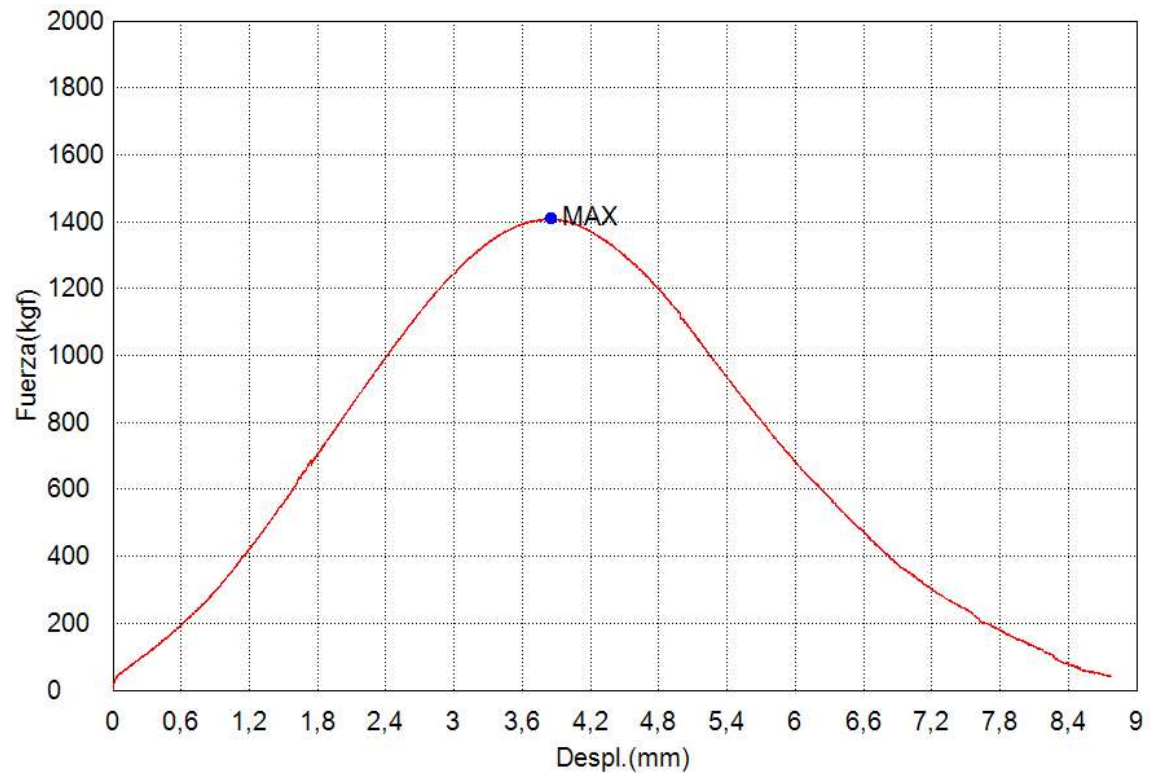


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1400	15
Media	1400	15
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

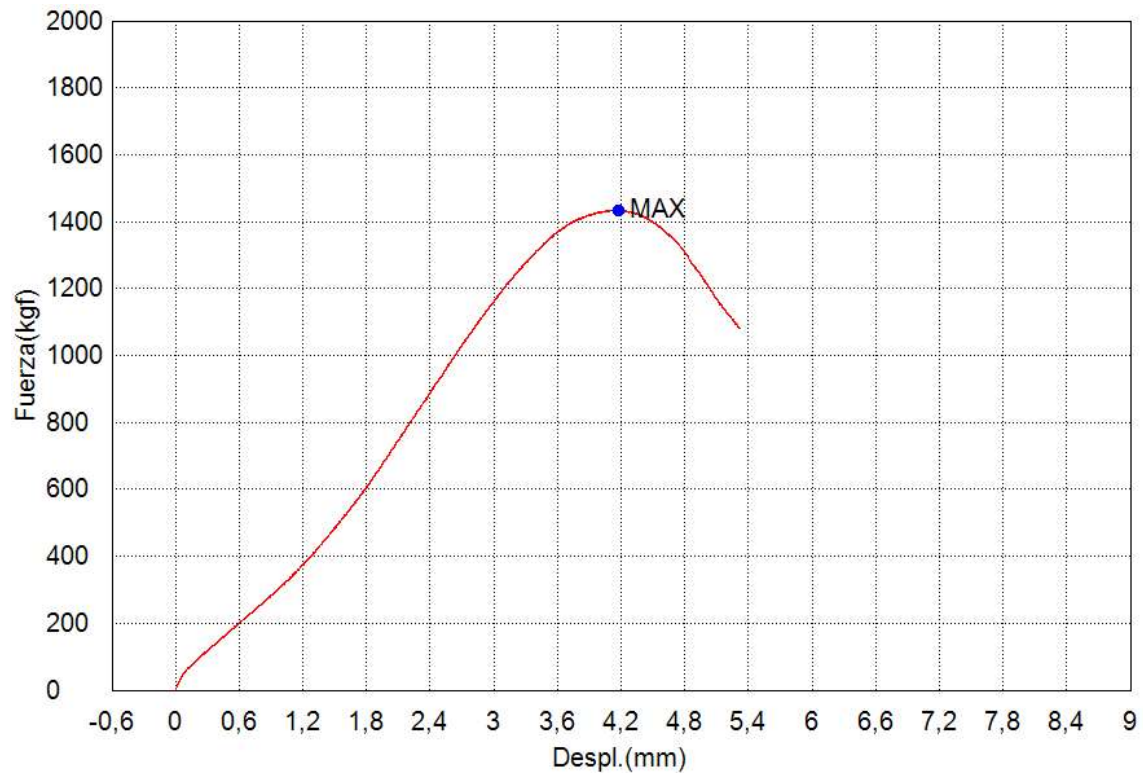


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1400	15
Media	1400	15
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

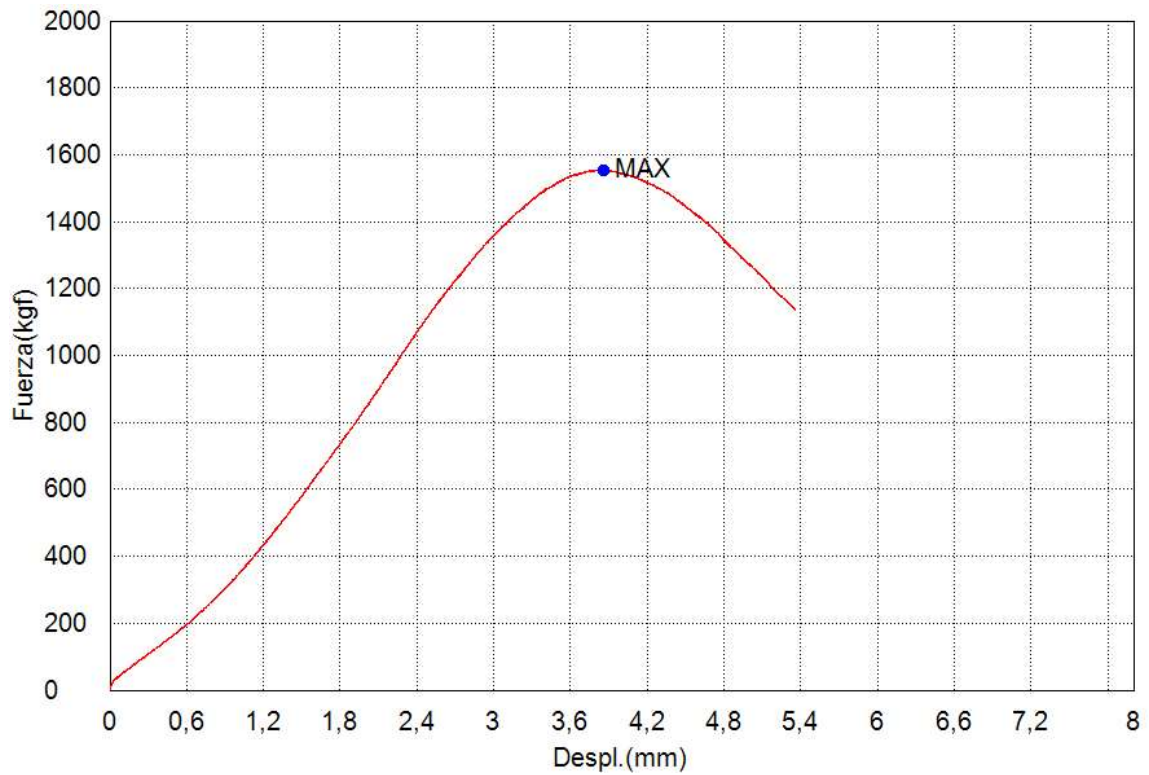


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1600	16
Media	1600	16
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

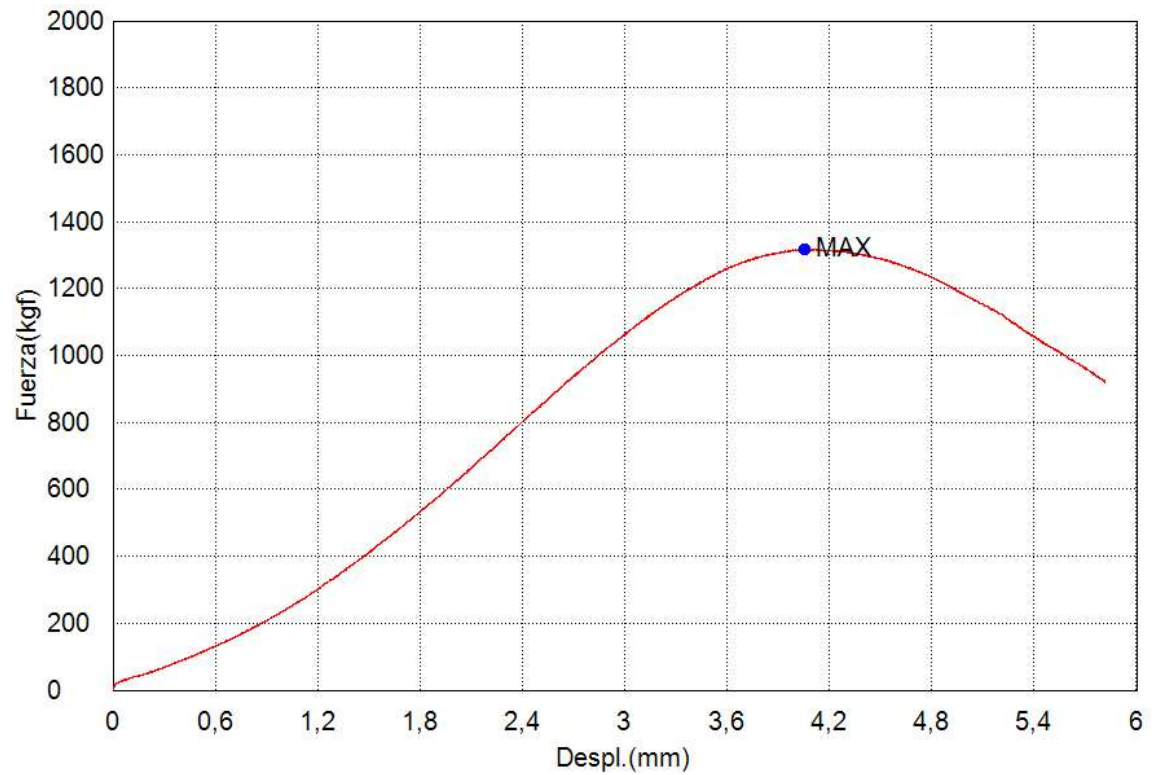


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240611_1458.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	11/6/2024	Fecha de ensayo	11/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1300	14
Media	1300	14
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

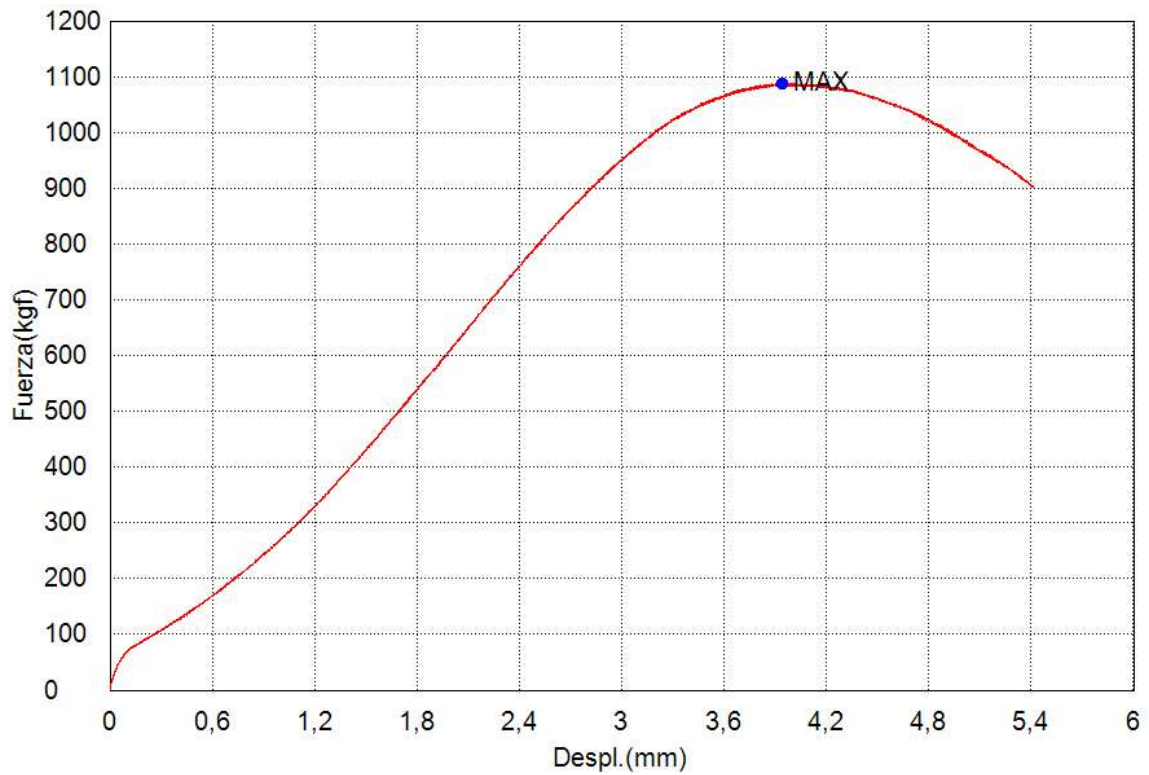


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1100	11
Media	1100	11
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

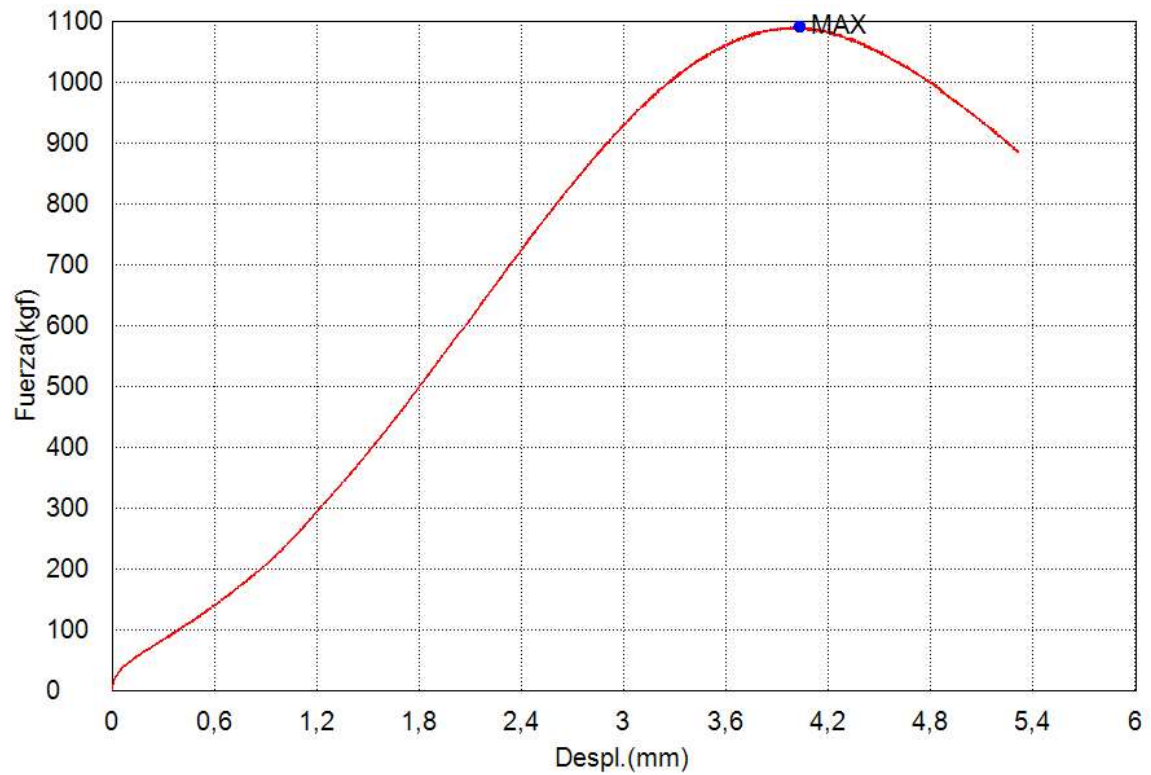


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1100	11
Media	1100	11
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

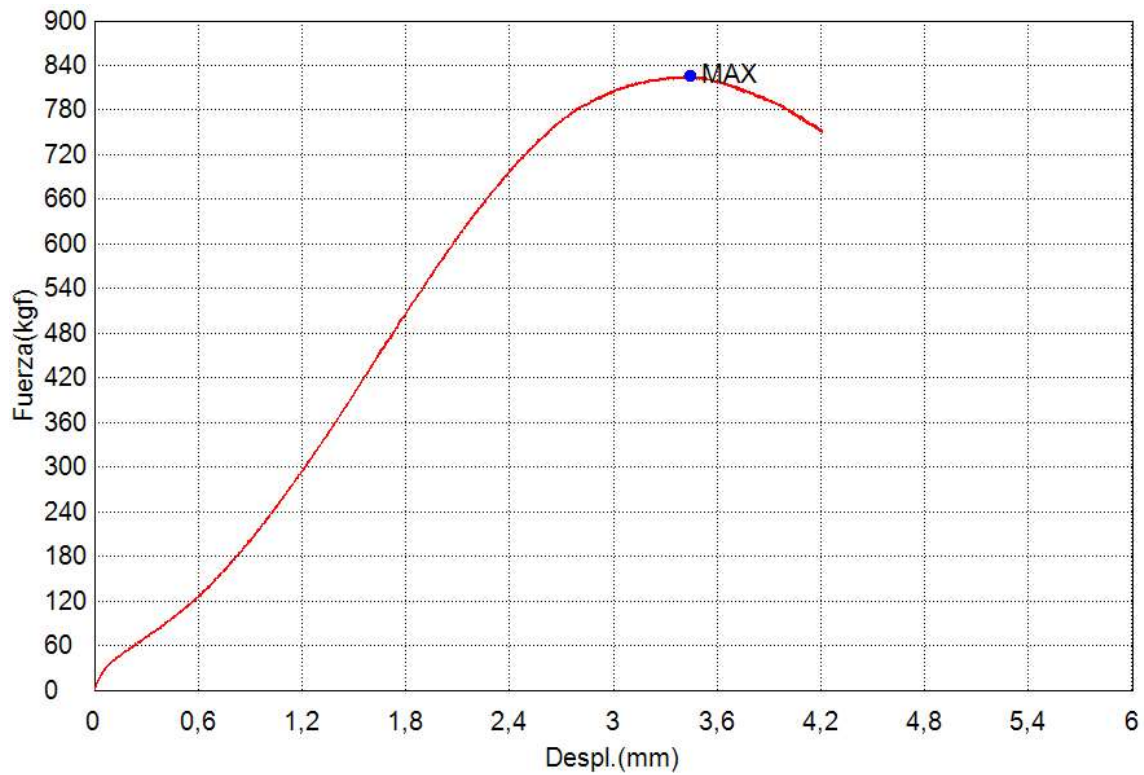


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	830	8,4
Media	830	8,4
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

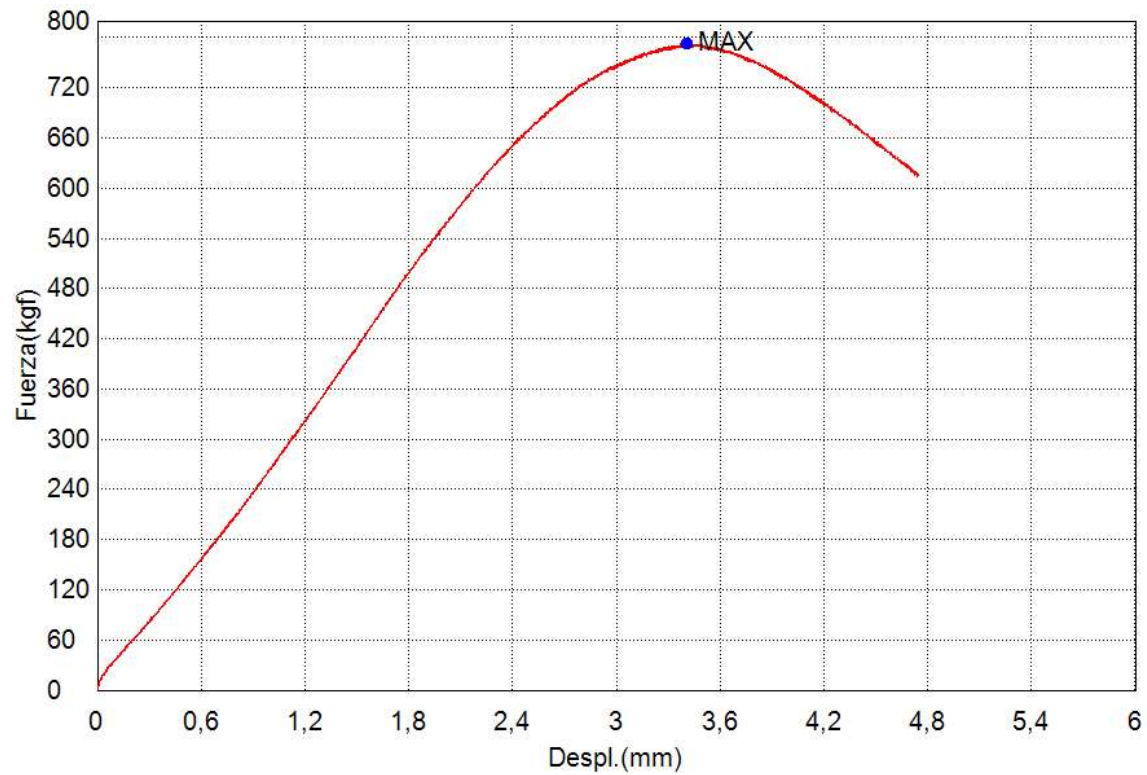


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	770	7,9
Media	770	7,9
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

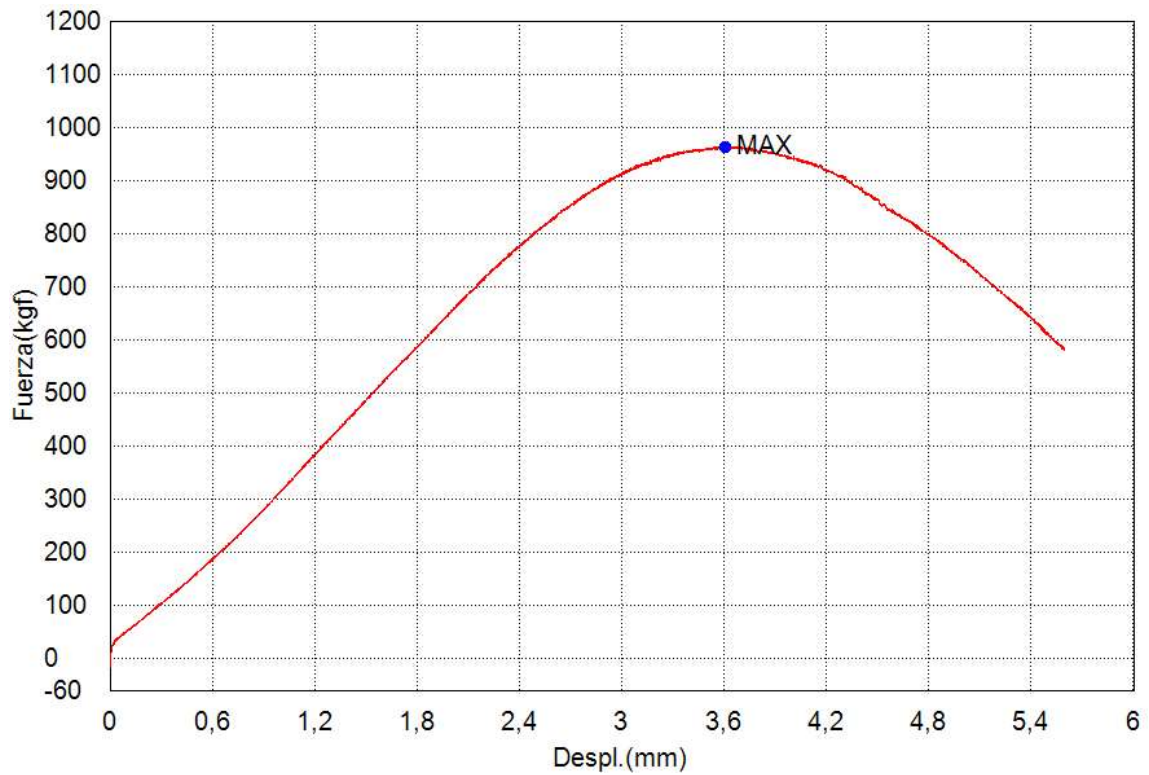


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	960	10
Media	960	10
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

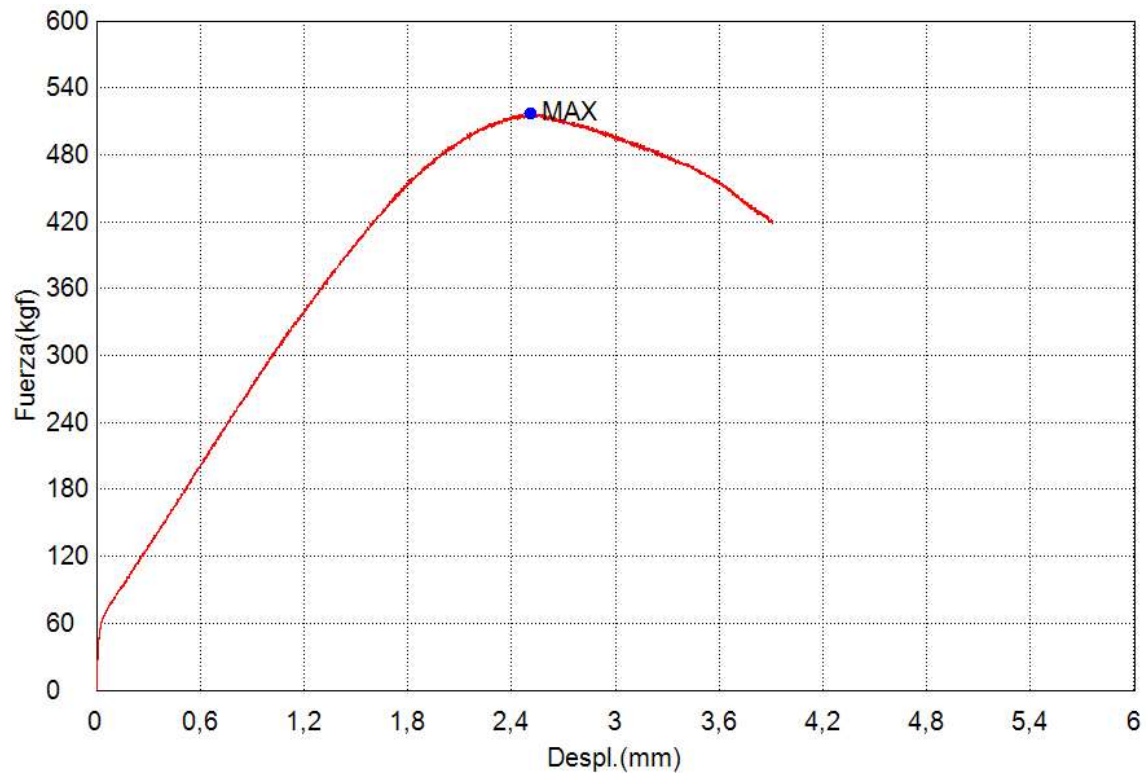


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	520	5,4
Media	520	5,4
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

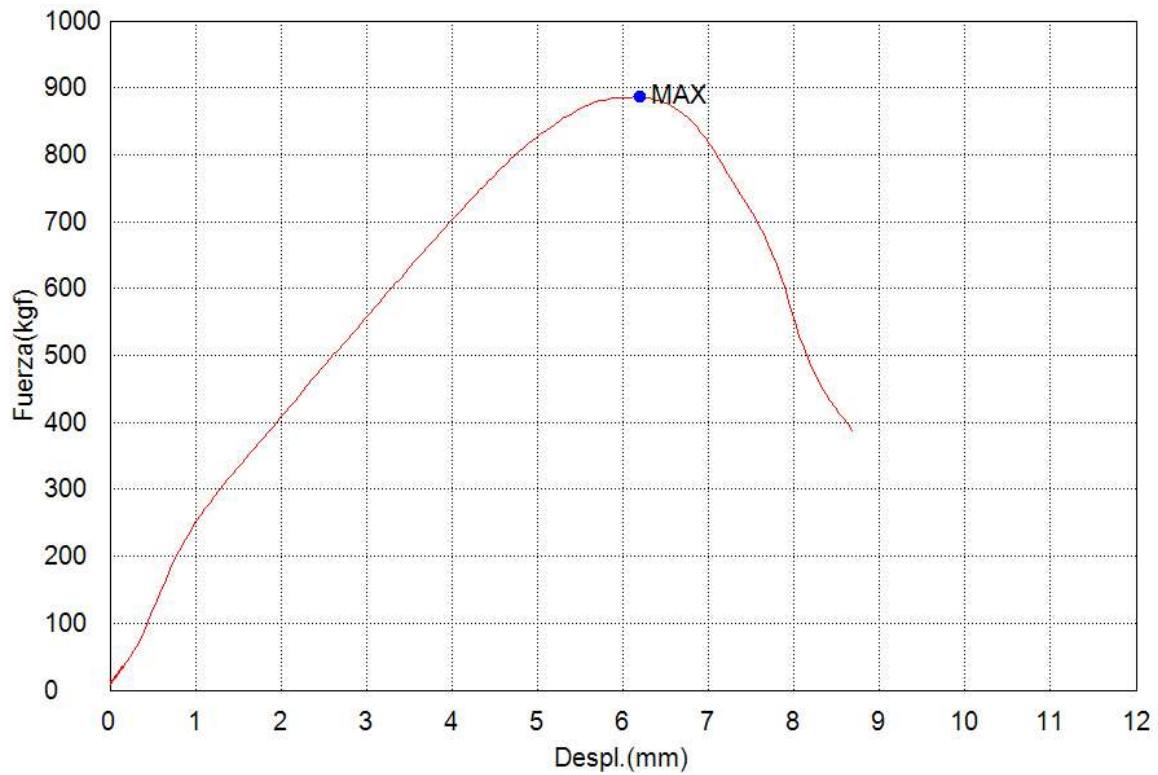


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240619_1815.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	19/6/2024	Fecha de ensayo	19/6/2024
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	887	11,8
Media	887	11,8
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

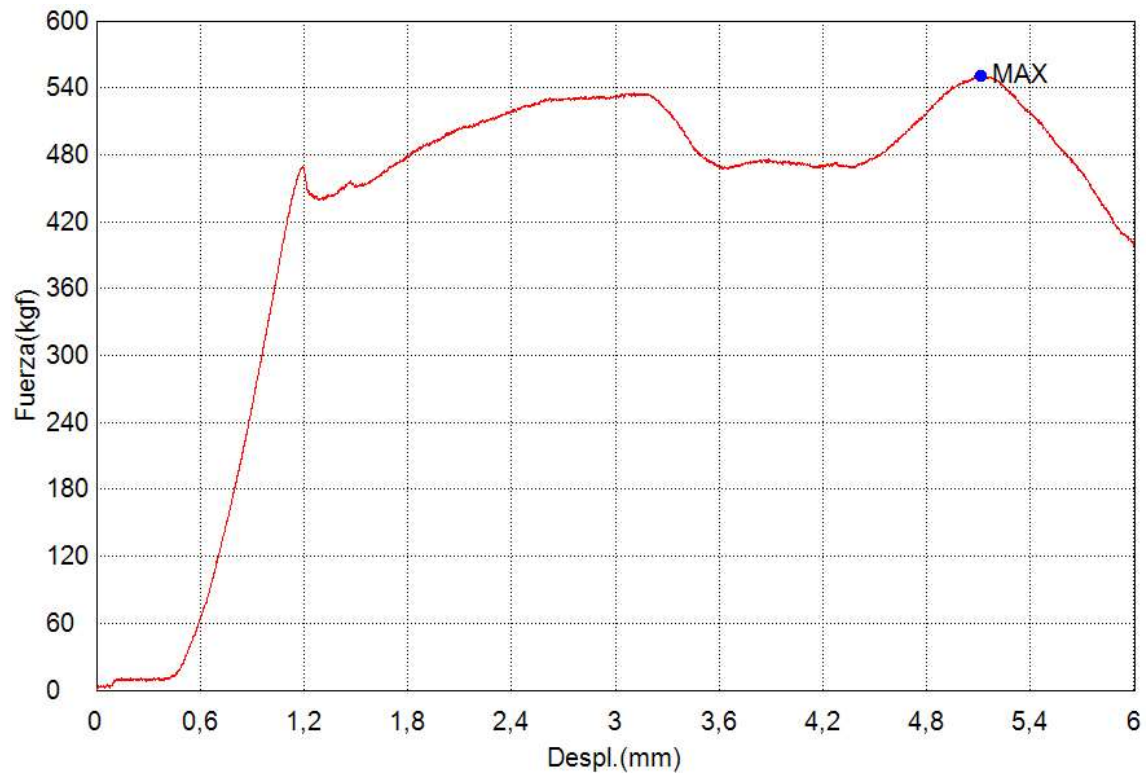


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240621_1521.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	21/6/2024	Fecha de ensayo	21/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza
Parametros	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf
1_1	550
Media	550
Desviacion Estandar	--
Rango	0,00000

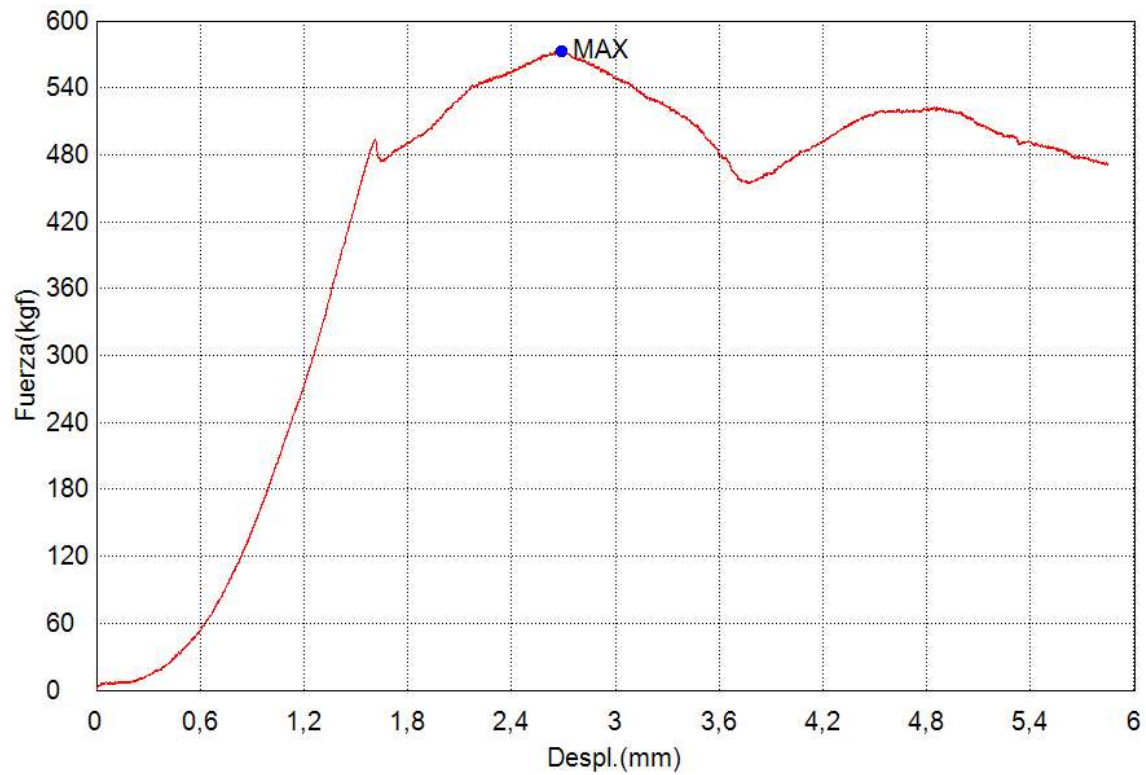


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240621_1534.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	21/6/2024	Fecha de ensayo	21/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza
Parametros	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf
1_1	570
Media	570
Desviacion Estandar	--
Rango	0,00000

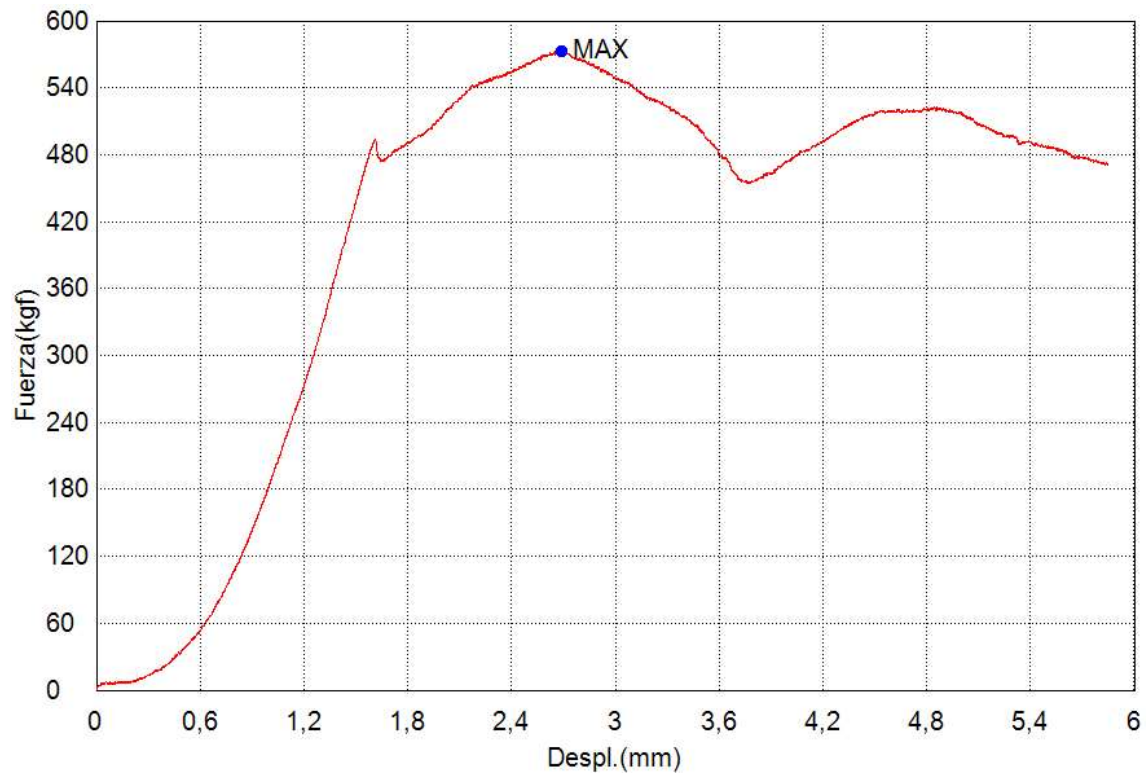


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240621_1534.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	21/6/2024	Fecha de ensayo	21/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza
Parametros	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf
1_1	580
Media	580
Desviacion Estandar	--
Rango	0,00000

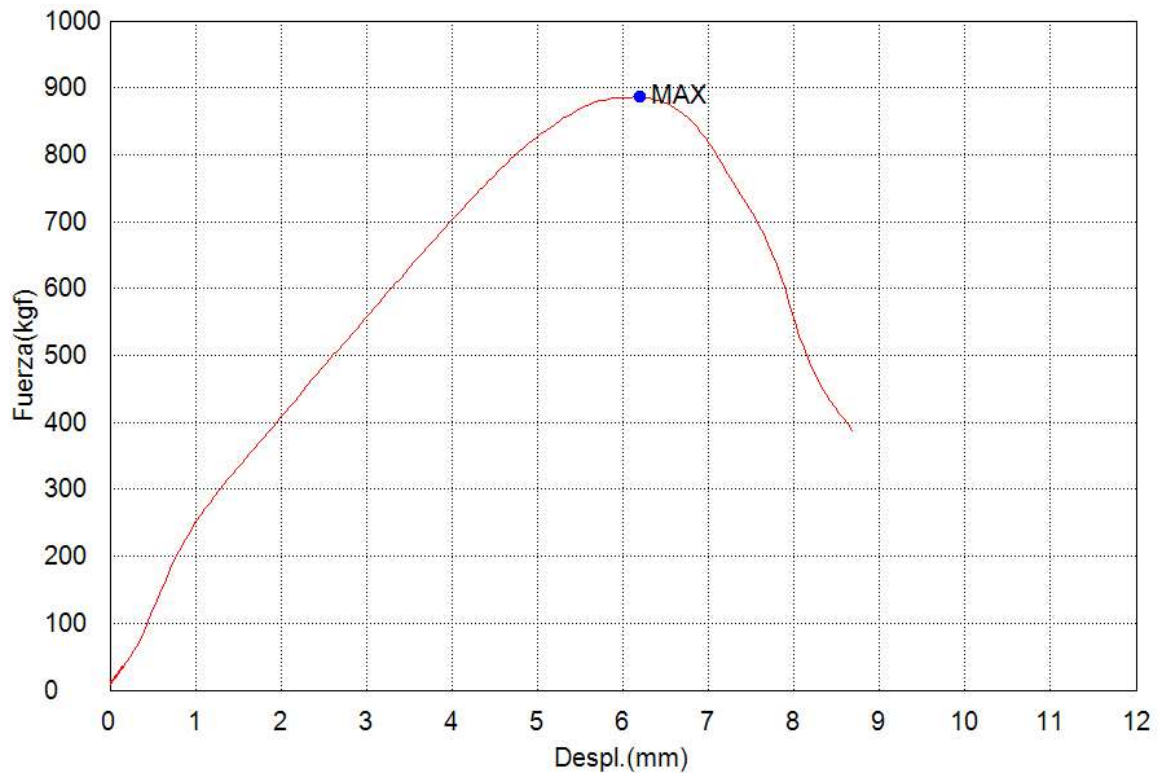


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240619_1815.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	19/6/2024	Fecha de ensayo	19/6/2024
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	897	12,6
Media	897	12,6
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

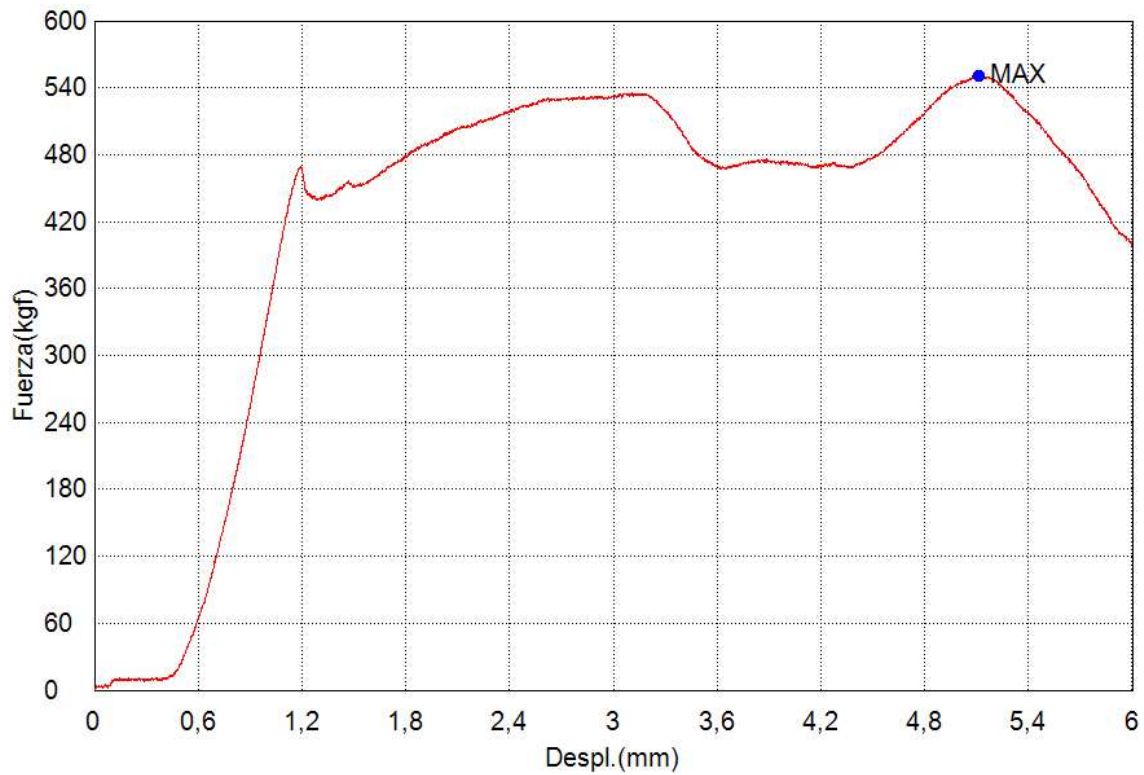


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240621_1521.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	21/6/2024	Fecha de ensayo	21/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza
Parametros	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf
1_1	570
Media	570
Desviacion Estandar	--
Rango	0,00000

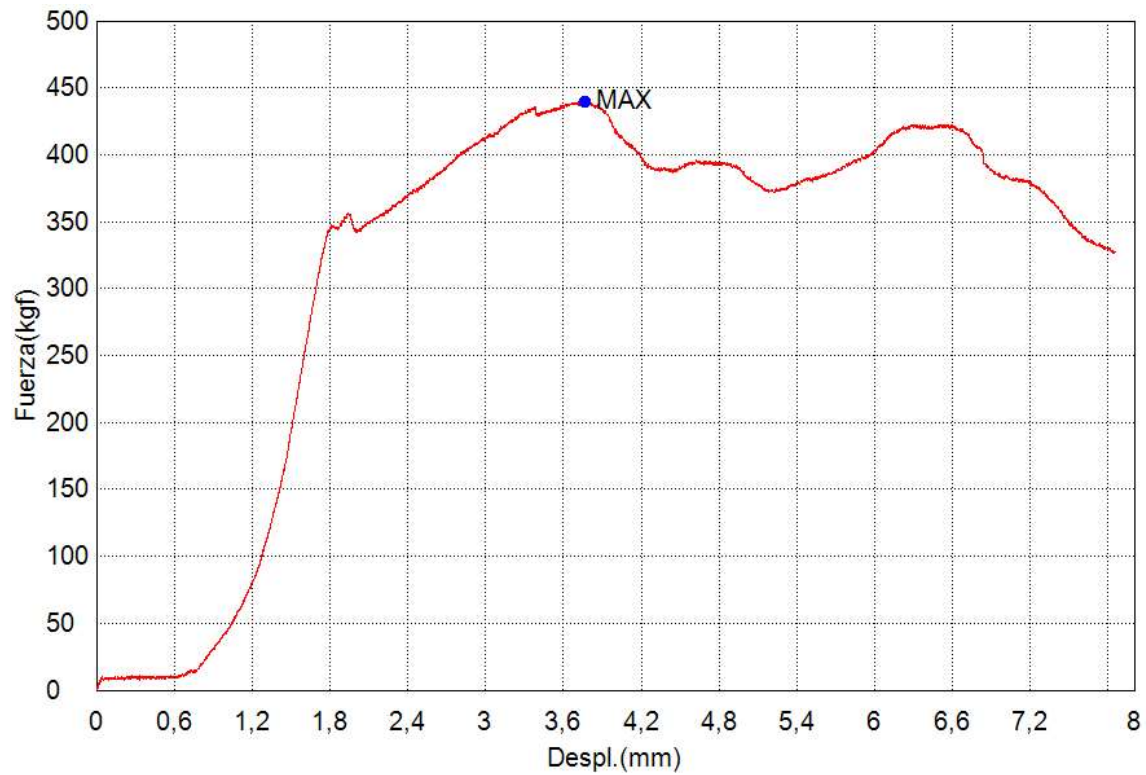


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240621_1538.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	21/6/2024	Fecha de ensayo	21/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza
Parametros	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf
1_1	440
Media	440
Desviacion Estandar	--
Rango	0,00000

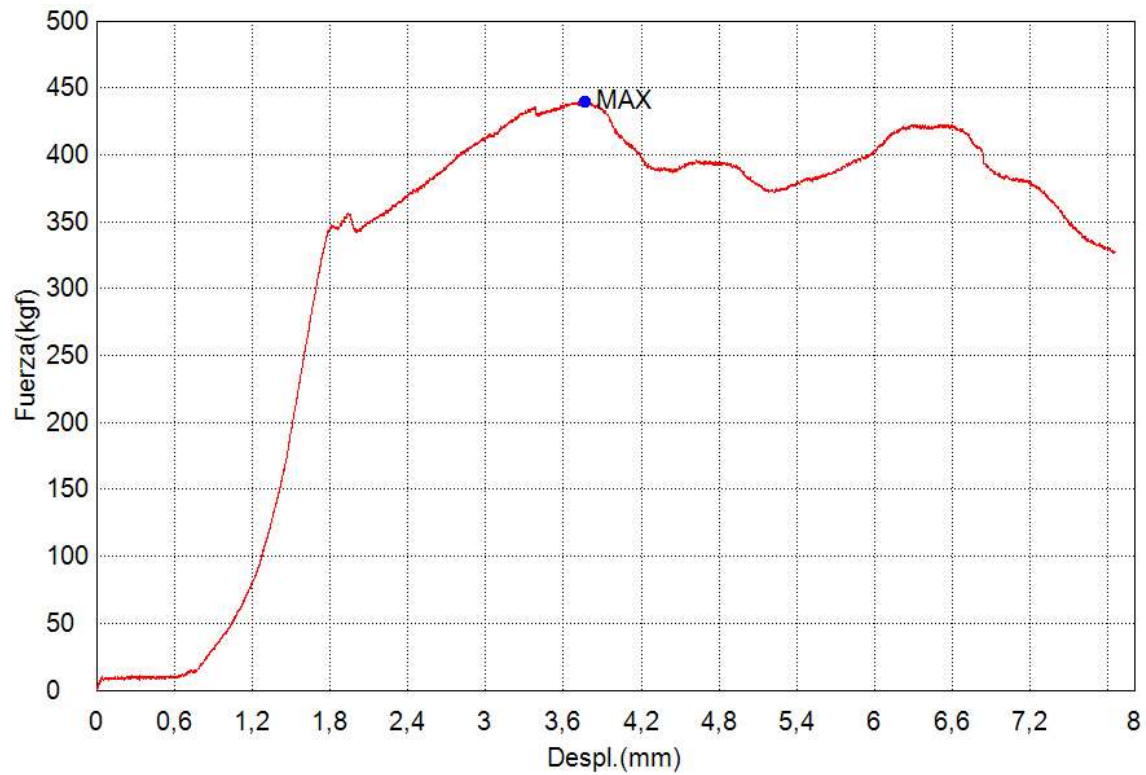


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240619_1821.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	19/6/2024	Fecha de ensayo	19/6/2024
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza
Parametros	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf
1_1	450
Media	450
Desviacion Estandar	--
Rango	0,00000

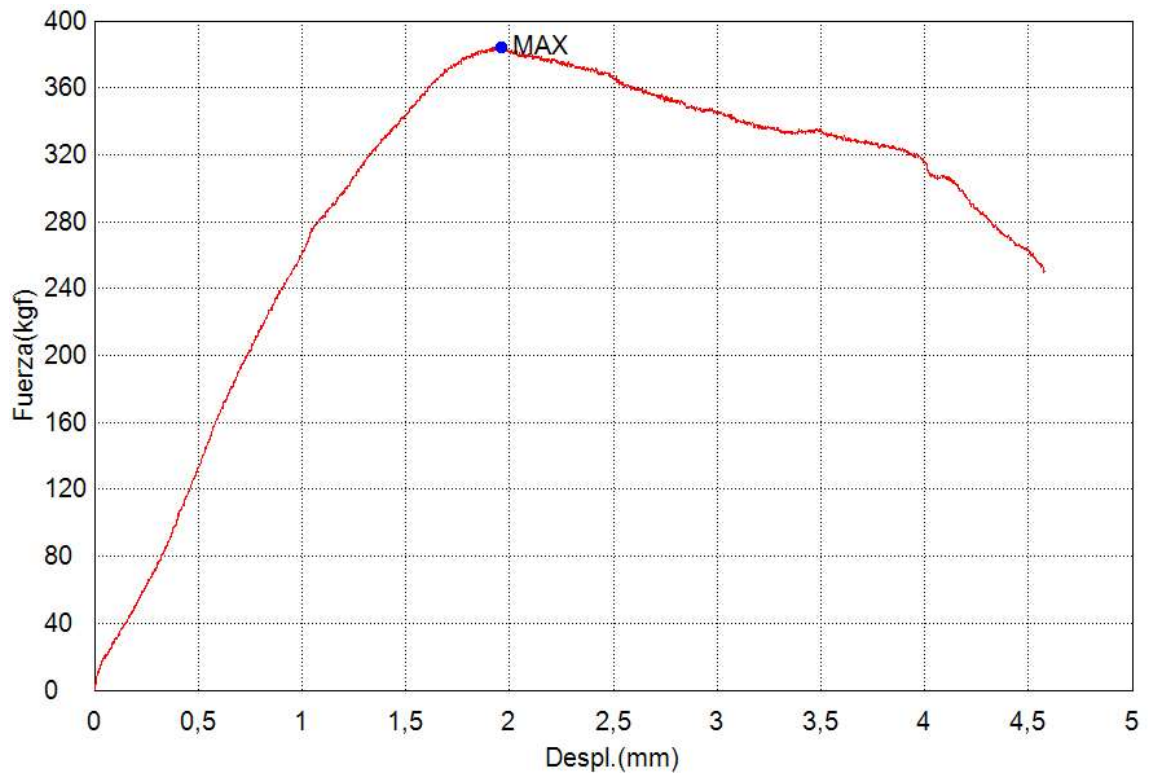


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240621_1526.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	21/6/2024	Fecha de ensayo	21/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza
Parametros	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf
1_1	380
Media	380
Desviacion Estandar	--
Rango	0,00000

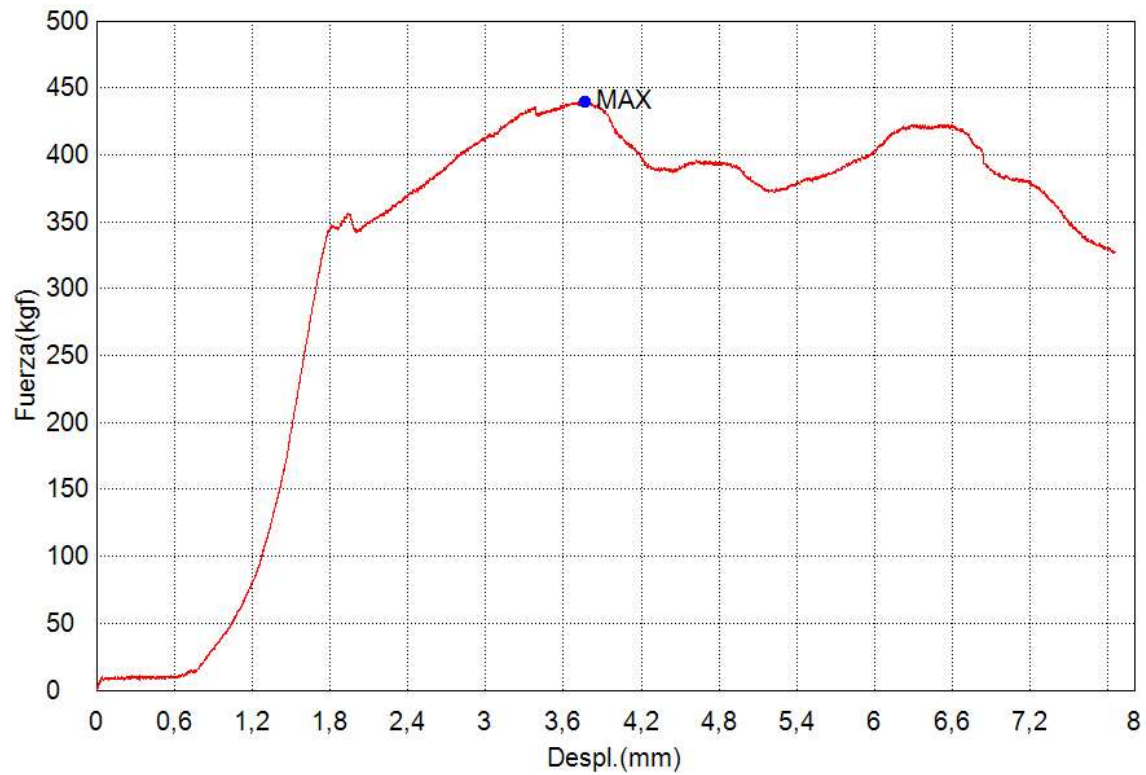


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240621_1538.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	21/6/2024	Fecha de ensayo	21/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza
Parametros	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf
1_1	440
Media	440
Desviacion Estandar	--
Rango	0,00000

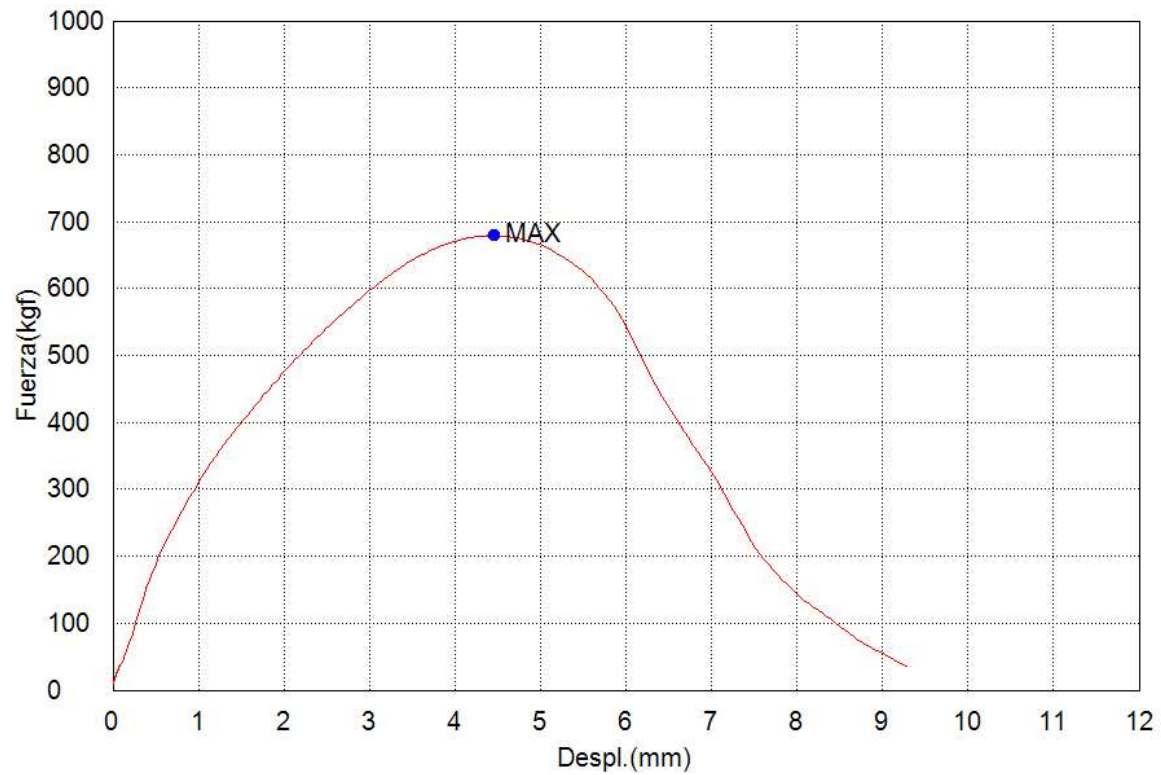


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240619_1821.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	19/6/2024	Fecha de ensayo	19/6/2024
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	679	8,82
Media	679	8,82
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

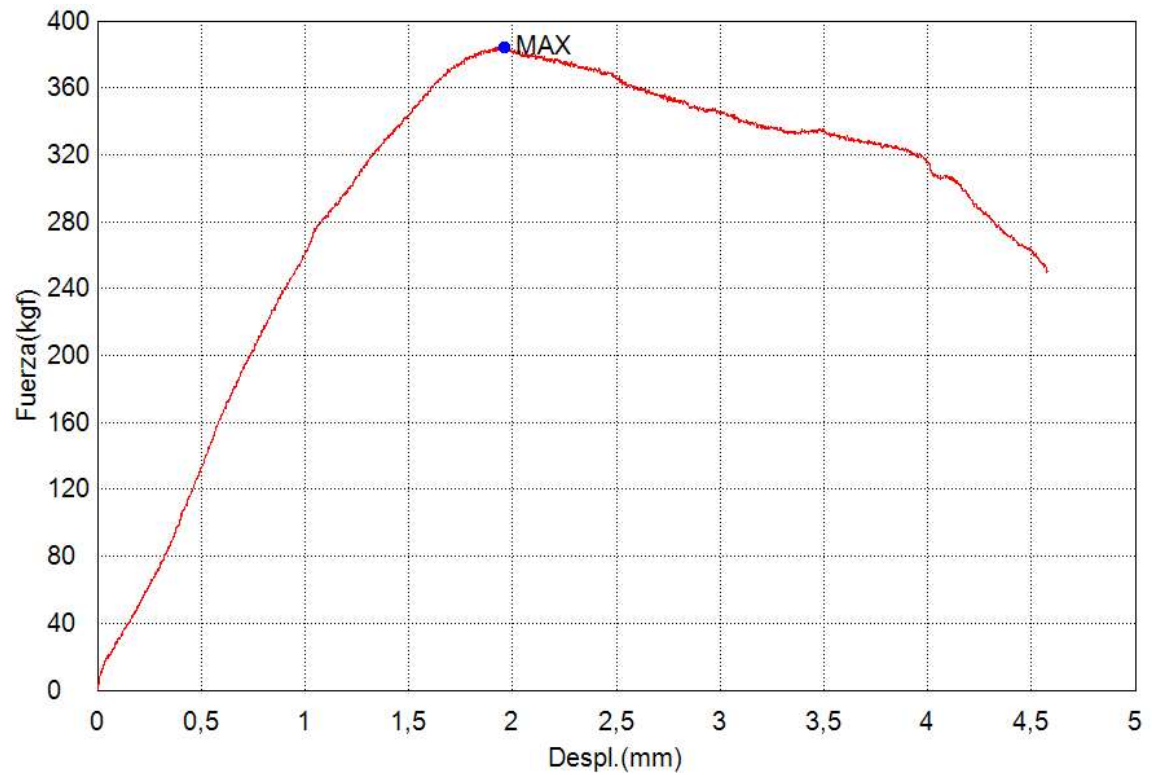


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240621_1526.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	21/6/2024	Fecha de ensayo	21/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza
Parametros	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf
1_1	380
Media	380
Desviacion Estandar	--
Rango	0,00000

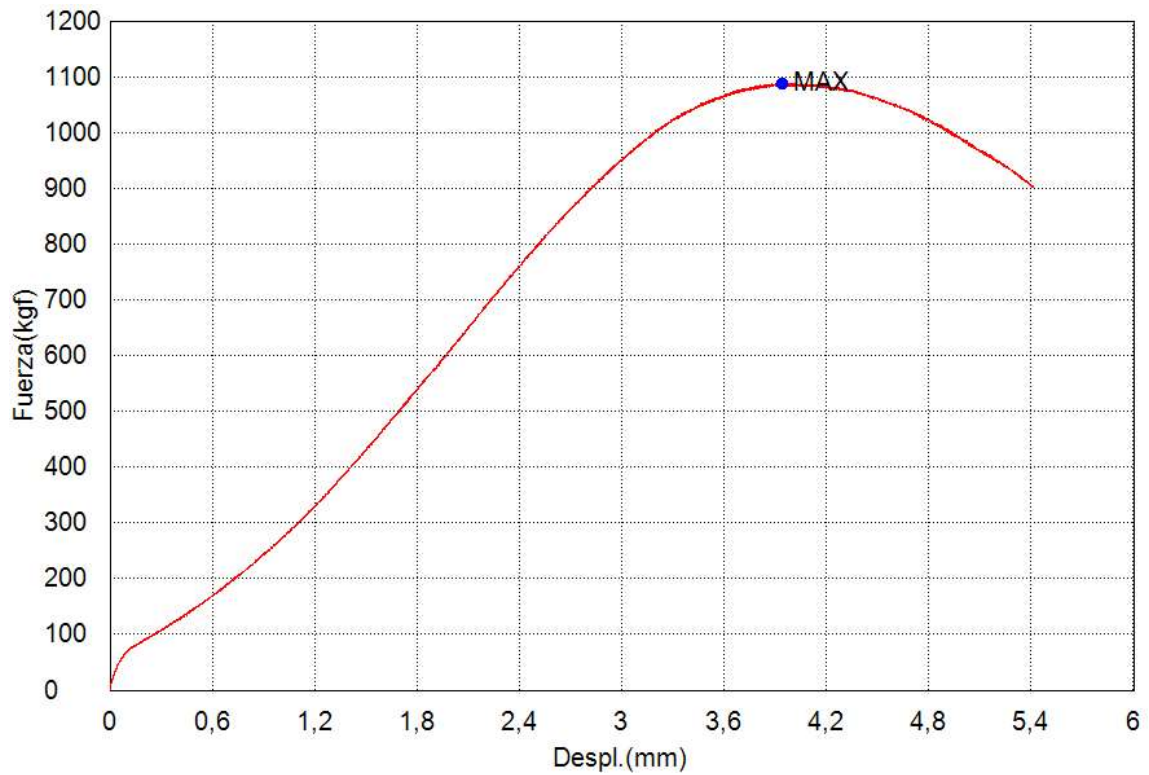


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1100	11
Media	1100	11
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

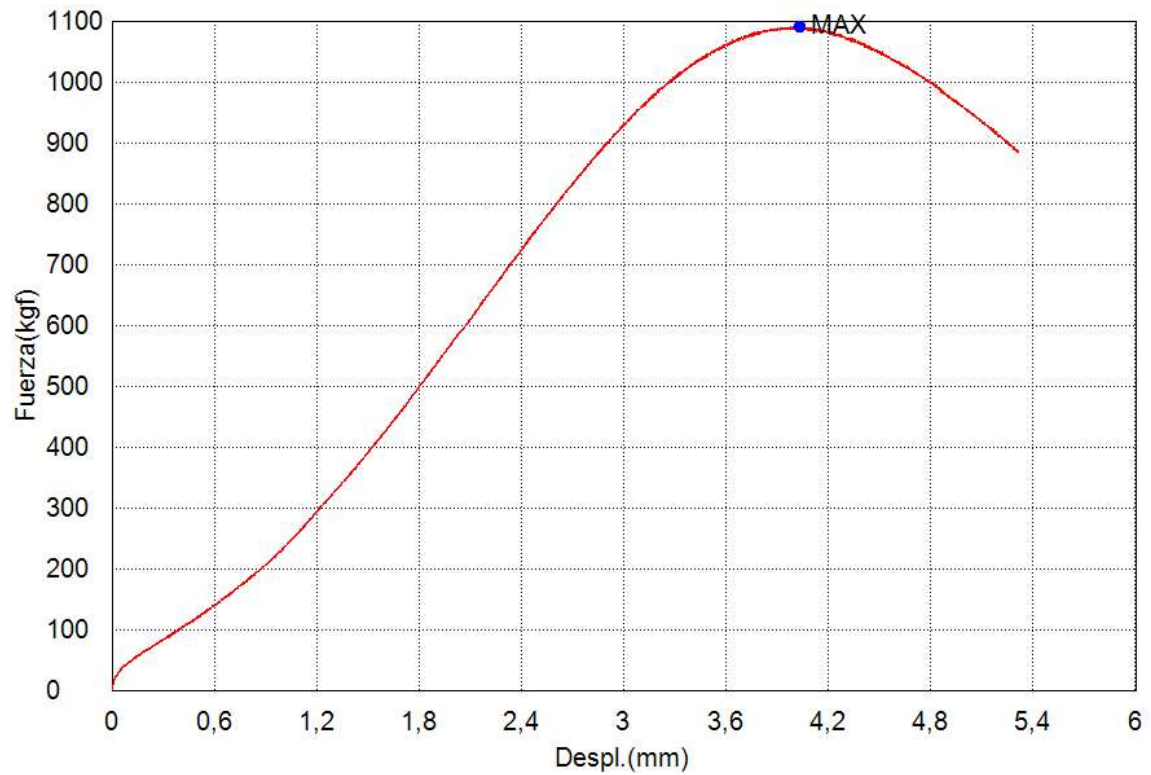


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	1100	11
Media	1100	11
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

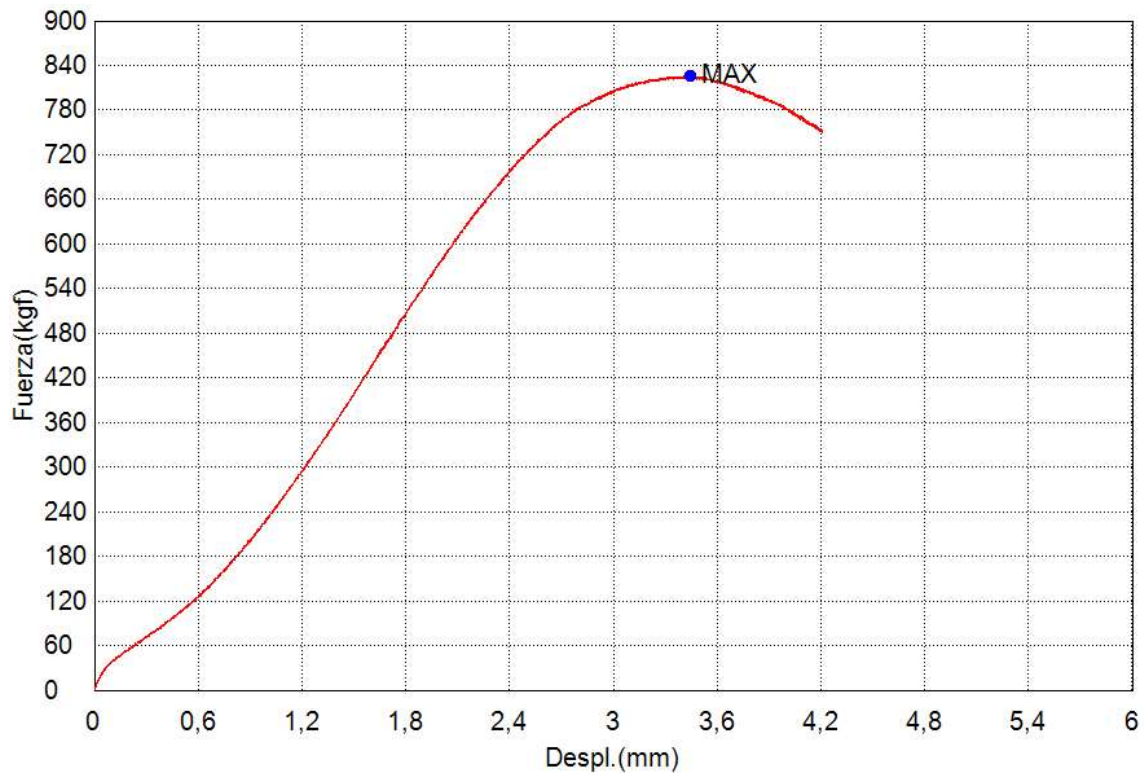


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	830	8,4
Media	830	8,4
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

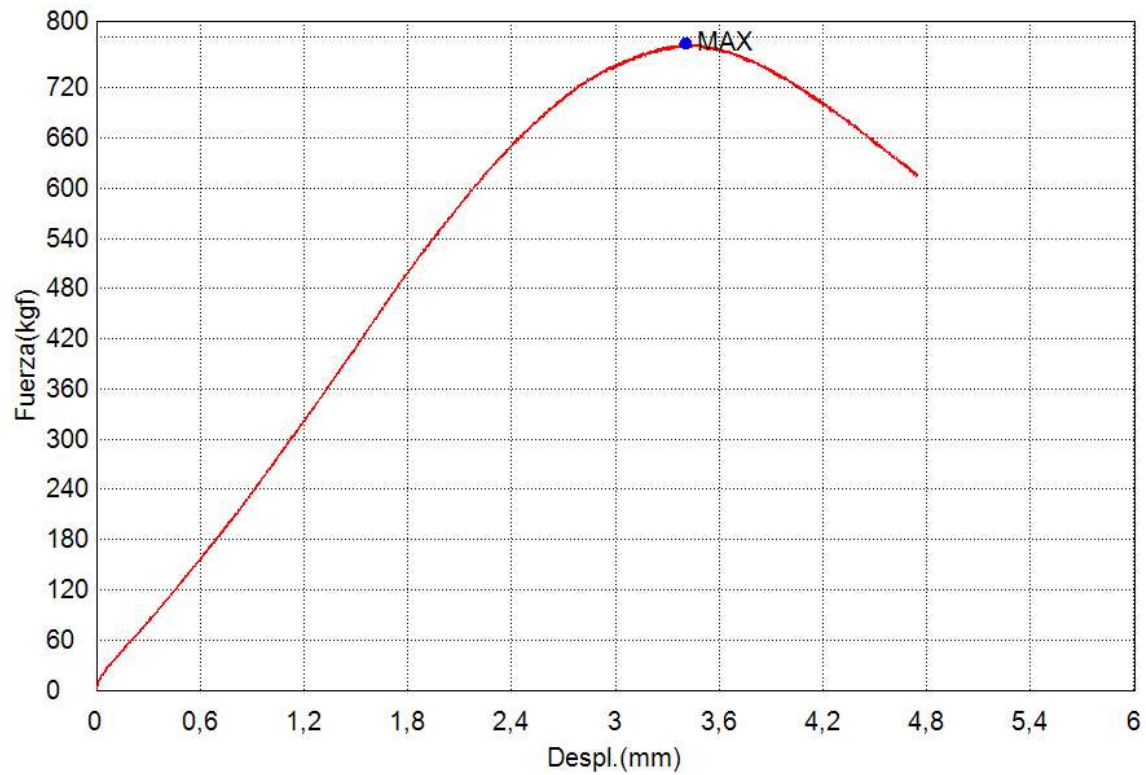


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	770	7,9
Media	770	7,9
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

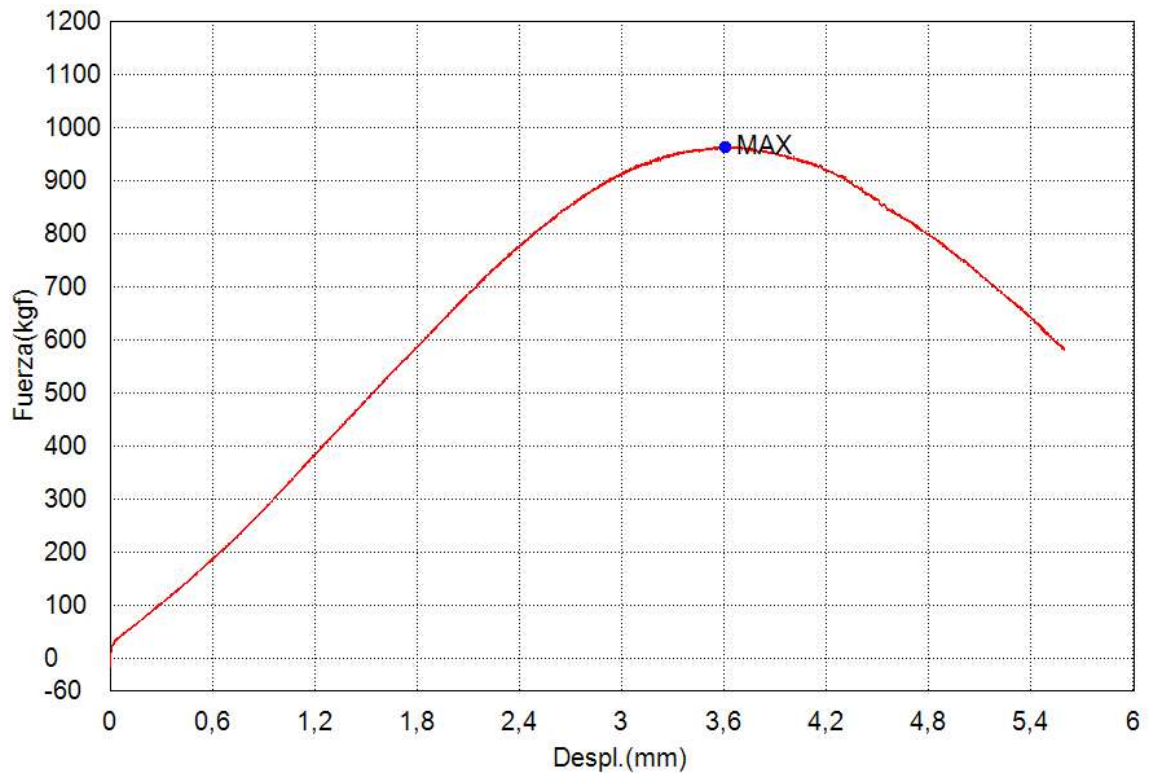


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	960	10
Media	960	10
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000

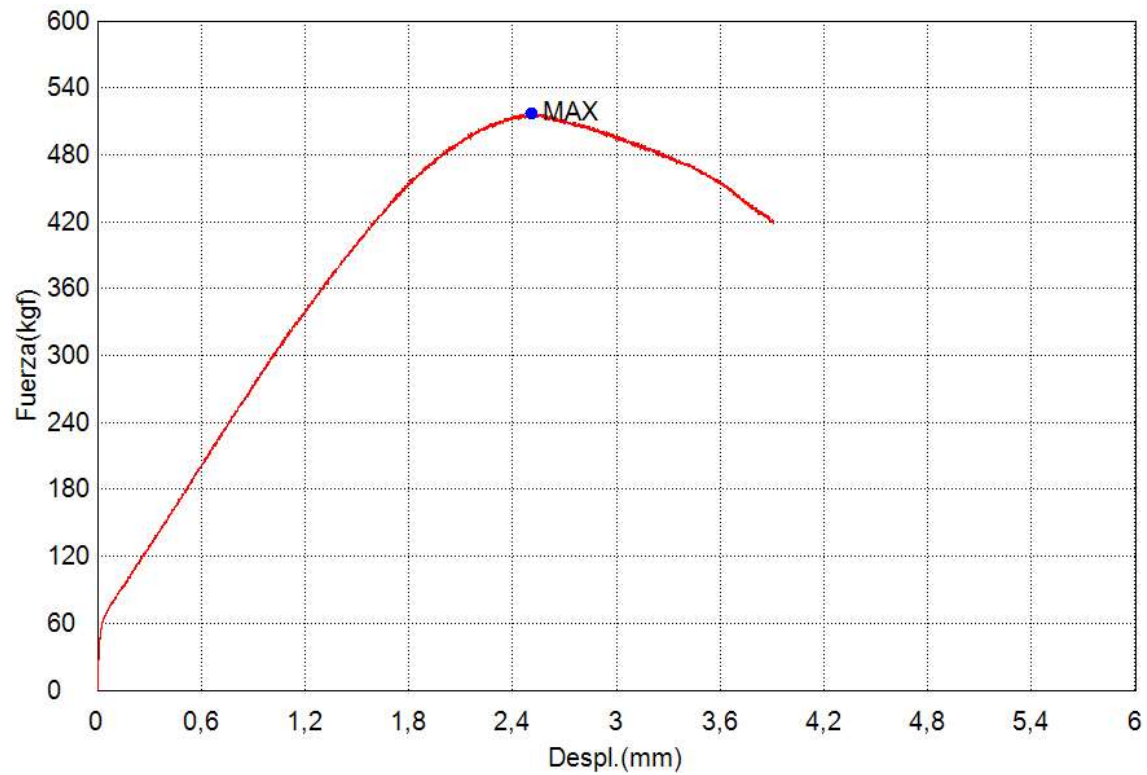


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20240612_1716.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	12/6/2024	Fecha de ensayo	12/6/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	520	5,4
Media	520	5,4
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



Comentarios

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

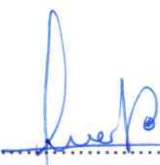
Jair Sebastián Arévalo Ordoñez y **Sofía Alejandra Mina Bautista** portadore(a)s de las cédulas de ciudadanía N° **0106505274** y **0104670971**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Diseño de prototipo de panel prefabricado a base del adobillo mejorado de tierra, empleando criterios de sostenibilidad ambiental**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 20 de septiembre de 2024

F: 

Jair Sebastián Arévalo Ordoñez

0106505274

F: 

Sofía Alejandra Mina Bautista

0104670971