

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOBE ESTABILIZADO BAJO LOS CRITERIOS DE RNE NORMA E080, TRUJILLO 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Jose Lauredes Salazar Saucedo
Yrene del Carmen Tejada Escobedo

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2021



DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado el regalo de la vida y guiarme hasta esta etapa de mi formación académica y profesional, por brindarme salud y permitirme ser parte de una familia sólida y unida.

A mis padres, Gilberto y Eulalia, quienes con sus consejos y enseñanzas sabiamente me guían en el camino de la vida y me apoya en los éxitos, alegrías y tristezas.

A mis queridas hermanas, Roxana y Jesica, por permitirme aprender más de la vida a su lado e impulsarme a cumplir todas mis metas.

A mi sobrino Alex, por compartir conmigo las desveladas de los trabajos universitarios y apoyarme en todos estos años.

José Lauredes Salazar Saucedo

A mis padres, Víctor e Irene, quienes me han cuidado, encaminado a ser una buena persona y dado su amor incondicional siempre. Ellos son mi mayor ejemplo de vida, gracias por enseñarme el valor de la familia.

A mi querido hermano, Víctor José, por impulsarme a ser una mejor profesional siempre. Espero llenarte de orgullo hermano.

A mi Ángel, por enseñarme que en la vida se debe apreciar cada momento y sacar lo mejor de cada situación.

Yrene del Carmen Tejada Escobedo

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirnos disfrutar de nuestras familias y hacer que ellos sean nuestra mayor fuente de inspiración y fuerza para culminar esta investigación.

A nuestros padres y hermanos, por su apoyo incondicional en todos estos años universitarios.

A nuestro docente Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, por su paciencia y apretura durante todo el desarrollo del curso. Gracias por su orientación y sugerencias constantes.

A nuestros familiares y amigos, que siempre nos acompañaron con entusiasmo en esta etapa de nuestras vidas. Gracias por impulsarnos a ser mejores personas y unos buenos profesionales.

José Lauredes Salazar Saucedo
Yrene del Carmen Tejada Escobedo

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	23
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	32
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	81
REFERENCIAS.....	90
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diseño de la investigación.....	23
Tabla 2: Identificación de las variables	24
Tabla 3: Matriz de Operacionalización de variables	25
Tabla 4: Modelo de tabla para datos de investigación.....	27
Tabla 5: Recopilación y codificación de las Investigaciones de adobe estabilizado.....	33
Tabla 6: Análisis de las características de las investigaciones	39
Tabla 7: Distribución de investigaciones según el origen de su estabilizante.....	41
Tabla 8: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con derivados de la madera.....	42
Tabla 9: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con paja	44
Tabla 10: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Resina Vegetal.....	46
Tabla 11: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Fibras	48
Tabla 12: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con cenizas	50
Tabla 13: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Residuos - Estiércol Caballo.....	51
Tabla 14: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con agregados.....	52
Tabla 15: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con desperdicio de construcción.....	53
Tabla 16: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Aglomerantes (Cal y cemento)	54
Tabla 17: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - PET	56
Tabla 18: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Caucho.....	58
Tabla 19: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Malla Metálica.....	60
Tabla 20: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - viruta metálica	61
Tabla 21: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Asfalto	62
Tabla 22: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Fibra de vidrio	63
Tabla 23: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con sustancias químicas ..	64
Tabla 24: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con aditivo.....	65
Tabla 25: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con residuo minero	66
Tabla 26: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con orgánicos con respecto al adobe base	67
Tabla 27: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con inorgánicos con respecto al adobe base estabilizante al adobe	72
Tabla 28: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con químicos con respecto al adobe base	74
Tabla 29: Estudios de investigación de clasificación Orgánica I-001 a I-0027	79
Tabla 30: Estudios de investigación de clasificación Inorgánica I-028 a I032	79
Tabla 31: Estudios de investigación I - 033 a I - 037, I - 004, I - 042, I - 038 a I - 040, I - 024, I - 041 a I - 042, I - 002, I - 043 a I - 049.	80
Tabla 32: Ficha de Registro de Datos.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuadro sinóptico del procedimiento	29
Figura 2: Porcentaje de cumplimiento de la calidad de suelo bajo criterios RNE E080 / 2006	40
Figura 3: Distribución de investigaciones según el origen de su estabilizante	41
Figura 4: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con derivados de la madera	43
Figura 5: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con paja	45
Figura 6: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Resina Vegetal	47
Figura 7: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Fibras.....	49
Figura 8: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con cenizas	50
Figura 9: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Residuos - Estiércol Caballo	51
Figura 10: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con agregados.....	52
Figura 12: Resistencia a la compresión de adobes con adicionantes de Desperdicio de construcción.....	53
Figura 12: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Aglomerantes (Cal y cemento)	55
Figura 13: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - PET	57
Figura 14: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Caucho.....	59
Figura 15: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Malla Metálica	60
Figura 16: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - viruta metálica	61
Figura 17: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Asfalto	62
Figura 18: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Fibra de vidrio	63
Figura 19: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con sustancias químicas .	64
Figura 20: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con aditivo.....	65
Figura 21: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con relave minero.....	66
Figura 22: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con orgánicos con respecto al adobe base	70
Figura 23: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con inorgánicos con respecto al adobe base	73
Figura 24: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con químicos con respecto al adobe base	77
Ilustración 1: Modelo de gráfico para datos de la investigación	28

RESUMEN

Actualmente el uso de adobe tiene su mayor acogida entre las poblaciones rurales debido al bajo costo de producción. Lamentablemente, muchas veces estos no cumplen los requerimientos mínimos de la Norma Técnica Peruana E080.

A fin de determinar si el adobe con estabilizantes aumenta su resistencia a la compresión, se realizó esta investigación de tipo no experimental, teniendo como principal objetivo realizar el análisis comparativo de investigaciones de la resistencia mecánica del adobe estabilizado en Perú.

En consecuencia, se realizó un análisis documental de estas investigaciones que fueron comparados en diferentes dimensiones como características, resultados y conclusiones.

Finalmente, respecto a los hallazgos encontrados en la revisión y análisis comparativo se ha encontrado que las unidades de adobe elaboradas de manera tradicional para la mayoría de investigaciones alcanzan la resistencia mínima requerida por la norma. Sin embargo, al usar estabilizantes, en especial los de origen orgánicos y químico como la cal y cemento, viruta metálica, fibras, entre otros, aumenta su resistencia a la compresión en porcentajes de hasta un 550% aproximadamente.

Palabras clave: Adobe, influencia, adobe estabilizado, resistencia a la compresión, sismo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El presente trabajo de investigación consiste en el análisis y comparación entre investigaciones de unidades de albañilería convencionales y unidades con estabilizantes. En consecuencia, el problema de investigación radica en la carencia de mejoras en los materiales de construcción, en este caso las unidades de albañilería, pues al no aplicar los nuevos conocimientos en tecnología de materiales se priva a la sociedad de viviendas más seguras, resistentes y durables. Este mismo estudio, por ende, ayudará a la población peruana a tener registro de estudios de mejorar de propiedades físico mecánicas del adobe.

En Nicaragua Prieto & Arellanes (2008), Argumenta que el adobe es un material sustentable para la construcción, debido a que no tiene consumo energético, para el sistema constructivo tradicional tienen muros de adobe con el uso de teja inclinada. Asimismo, El autor agrega que el adobe es un material de excelentes propiedades para el diseño actual por su alta facilidad de ser maleable y su grado de confort.

Por otro lado, en Bogotá Lacouture, (2002) Presenta los resultados de los proyectos de investigación que realizó: "Estudio de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas en técnicas tradicionales de adobe y tapia pisada" De la misma manera desarrolló una investigación enfocada a conocer el comportamiento de esta técnica constructiva en su estado real y proponer alternativas de rehabilitación sísmica viables desde el punto de vista técnico. Las dos opciones propuestas, refuerzo con malla y pañete y refuerzo con maderas de confinamiento, prueban ser posibles, asegurando la segunda un mejor comportamiento sísmico.

En el mismo país, Rivera (2012) Comenta que, para los sistemas constructivos en tierra, adobe y otras modalidades, son bienes de interés cultural para la sociedad, por

lo tanto, es imprescindible el estudio de nuevas tecnologías emergentes, asimismo propone procedimientos de rehabilitación con técnicas y materiales que mejoren su comportamiento estructural ante los efectos de la actividad sísmica, y al deterioro natural ante la intemperie.

En nuestro país, una investigación de la Pontificia Universidad Católica asegura que desde hace más de 20 años vienen estudiando técnicas para reforzar las viviendas echas con adobe y que han tenido experiencias alentadoras.

Para reducir la vulnerabilidad de las viviendas, la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), el Gobierno regional de Arequipa, la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) junto al Servicio Nacional de Capacitación e Investigación de la Industria de Construcción (SENCICO) desarrollaron una novedosa tecnología sismo-resistente para la construcción de viviendas en adobe para familias pobres. La cual es relativamente barata y ha comprobado su sismo-resistencia en simulaciones sísmicas. Por otro lado, es importante valorar las tradiciones existentes en nuestro país, y el uso de adobe en las construcciones de viviendas. Sin embargo, es crucial ser conscientes del peligro sísmico del país y específicamente de la vulnerabilidad de las zonas rurales que se ubican en una zona altamente sísmica, por lo es importante analizar y comparar las nuevas tecnologías en materiales para otorgar a las comunidades, especialmente alto andinas, alternativas económicas que, junto a un sistema de construcción tradicional, garantice la durabilidad y resistencia.

La resistencia de las unidades de adobe con la adición de diferentes estabilizantes, será comparado con los estándares de la Normativa Técnica Peruana E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”.

(Cáceres, 2017) Encontró que los resultados de la adición de cal y compactación de un adobe tradicional mejoraron en su resistencia mecánica a la flexión de acuerdo al porcentaje de cal que se adicionó.

(Altamirano, 2018) Encontró que teniendo como resultado que la resistencia mecánica a compresión de los especímenes de adobe estabilizado con cal apagada disminuye significativamente con respecto a la resistencia mecánica a compresión del adobe convencional en 57 %, 68 %, 77%.

(Carhuanambo, 2016) Encontró que los resultados de su investigación mostraron que la adición de viruta de Eucalipto en porcentajes de 1.5 %, 3.0 % y 4.5 %, obtuvieron un aumento notorio en su resistencia a la compresión de 28.04 kg/cm², 29.79 kg/cm² y 30.94 kg/cm², y con la adición de aserrín de Eucalipto para los porcentajes de 1.5 %, 3.0 % y 4.5 %, obtuvieron un aumento en su resistencia a compresión de 21.01 kg/cm², 18.53 kg/cm² y 13.64 kg/cm².

De los autores citados anteriormente han analizados como factores las variantes en los componentes del adobe. En algunos casos al adicionar cal o viruta ha aumentado significativamente la resistencia del adobe, mientras que en otros casos ha disminuido su resistencia. La presente investigación descriptiva se hará con el fin de identificar el comportamiento de diferentes estabilizantes, corroborando la información de estudios anteriores, y así, dejar líneas de investigación futuras sobre la resistencia de las unidades de adobe con estabilizantes.

Internacionalmente, el uso de adobe ha ganado sofisticación. La empresa argentina ArchDaily construyó la casa de Arte Belanko. Esta obra de arte cuenta con una cúpula hemisférica de 11m de vano de ladrillo y adobe. Está ubicada en el Bolsón, Rio Negro, en Argentina.

La empresa española Inarquía, especialista en diseños vanguardistas construyó Terra Numa, una moderna casa construida de unidades de adobe, con un concepto que combina lo ecológico y la modernidad.

En el 2017 el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) hace saber que el 27,9 % del total de viviendas tienen como material predominante en sus paredes exteriores adobe o tapial, es decir, casi un tercio de la población peruana usa este material para la construcción de sus viviendas.

En la construcción de edificaciones de adobe a nivel nacional se emplean técnicas tradicionales simples, que son de bajo costo y de fácil accesibilidad para los pobladores de las zonas rurales.

Sin embargo, es importante señalar que este tipo de construcciones con adobe no brindan una adecuada seguridad ante los movimientos sísmicos por falta de rigidez en la estructura.

Este problema está básicamente ligado a la influencia de los materiales que se utilizan durante el proceso tradicional de la elaboración de los adobes en la resistencia mecánica de estas unidades.

El presente trabajo de investigación beneficiará a la población más pobre del país, en la cual está la mayor concentración de viviendas de adobe. Este sector es conocido por afrontar un movimiento económico lento que se traduce en una baja calidad de vida.

Por tanto, es necesaria la comparación de la resistencia mecánica del adobe con nuevos estabilizantes, con el fin de identificar los materiales y sus porcentajes de adición óptimos para proporcionar a la población nuevas tecnologías de mejora en sus viviendas.

La propuesta de esta investigación, si bien es cierto acrecienta mínimamente el costo de las unidades de albañilería, pero esto lo compensa con garantizar la resistencia de las viviendas ante movimientos sísmicos, y otras eventualidades.

De no realizarse la presente investigación, la población en general y los interesados en el tema no podrán definir o identificar los materiales y porcentajes de estabilizantes que mejoran la resistencia mecánica del adobe, ocasionando que las nuevas construcciones sigan siendo inseguras para la población.

Además, no se tendrá una base o registro para investigaciones posteriores que se hagan en el mismo tema, ya que se hará siguiendo los requisitos de la norma E080.

1.1.1. Antecedentes de la investigación

“Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en Cajamarca.”

(Cáceres, 2017) En la tesis se propone que la adición de cal en dosificaciones definidas de 5 %,10 %,15 %,20 % incrementaran notoriamente su resistencia mecánica. Los resultados de la adición de cal y compactación de un adobe tradicional mejoraron en su resistencia mecánica a la flexión de acuerdo al porcentaje de cal que se adicionó. (Pg.91)

El aporte de esta investigación, realiza un estudio de la resistencia al adicionar cal como estabilizante de las unidades de adobe. Nos presenta resultados a la compresión favorables al usar el estabilizante.

“Análisis de la resistencia a compresión del adobe estabilizado con cal en la ciudad de Cajamarca.”

(Altamirano, 2018) La presente investigación tuvo como objetivo principal analizar la resistencia a compresión del adobe estabilizado con cal apagada en porcentajes de 6 %, 12 % y 18 %. Teniendo como resultado que la resistencia mecánica a compresión de los especímenes de adobe estabilizado con cal apagada aumenta significativamente con respecto a la resistencia mecánica a compresión del adobe convencional de 13.08 kg/cm² a 14.55 kg/cm², 14.97 kg/cm² y 16.12 kg/cm². (Pg.105)

El aporte de esta investigación muestra que, en la investigación con porcentajes muy similares de estabilizantes de cal a la investigación anterior, aumenta significativamente su resistencia a la compresión.

“Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016”

(Carhuanambo, 2016) El objetivo del estudio de investigación fue evaluar la adición de la viruta y aserrín en porcentajes de 1.5 %, 3.0 % y 4.5 % en las propiedades mecánicas y físicas del adobe. Los resultados mostraron que la adición de viruta para los porcentajes de 1.5 %, 3.0 % y 4.5 %, obtuvieron una resistencia a compresión de 28.04 kg/cm², 29.79 kg/cm² y 30.94 kg/cm² respectivamente, la adición de aserrín de Eucalipto para los porcentajes de 1.5 %, 3.0 % y 4.5 %, obtuvieron una resistencia a compresión de 21.01 kg/cm², 18.53 kg/cm² y 13.64 kg/cm² respectivamente. (pg.98)

El aporte de esta investigación nos muestra un importante aporte ya que concluye que, al adicionar viruta en proporciones definidas como estabilizante, aumenta su resistencia a la compresión.

“Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho”

(Mantilla, 2018) Su objetivo fue determinar la variación de la resistencia mecánica del adobe al adicionar viruta y caucho, por lo que se ha adicionado fibra vegetal (viruta) y fibra de caucho en porcentajes de 2 %, 3 % y 5 %. Obtuvo como resultado que la resistencia a compresión fue de 30.25 kg/cm² para las unidades de adobe con 3 % de adición de viruta, concluyendo que las propiedades físico-mecánicas del adobe resultan favorables. (pg.110)

Esta investigación aporta información valiosa sobre las propiedades de las unidades de adobe al adicionar viruta y caucho en proporciones definidas, ya que aumenta su resistencia a la compresión.

“Estabilización del adobe con adición de viruta de Eucalipto, Chincha 2018”

(Márquez, 2018) Su finalidad es establecer la relación entre la estabilización del adobe con respecto a los porcentajes de viruta de 1.5 %, 3.0 % y 4.5 % en el peso seco de la muestra del suelo. Los resultados del adobe demostraron un incremento de la resistencia a compresión con los valores de 67 %, 46 % y 94 %, respecto al adobe patrón de 26.05 Kg/cm². (pg126)

El aporte de esta investigación es que la comparación de unidades de adobe tradicionales, y adobes con estabilizantes de viruta de eucalipto aumenta significativamente su resistencia, con lo cual deja líneas de investigación en base a buscar nuevos estabilizantes para el adobe.

“Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe del sector de San Isidro – Jaén – 2016”

(Rubio, 2017) El presente proyecto de investigación, tuvo por finalidad determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del sector de San Isidro de la ciudad Jaén, Región Cajamarca; asimismo ser útil con las medidas preventivas para

disminuir el nivel de daños, humanos y/o materiales, ante la ocurrencia de un sismo.

La recolección de los datos se realizó con la ayuda de una encuesta denominada ficha de verificación proporcionada por INDECI, la cual fue ejecutada a una muestra de 50 viviendas. Según los resultados obtenidos en la encuesta denominada ficha de verificación de INDECI y después de clasificar el nivel de vulnerabilidad, según la metodología indicada, se tiene que, actualmente en el sector de San Isidro el 74 % de viviendas existentes posee un nivel de vulnerabilidad muy alto y el 26 % posee un nivel de vulnerabilidad alto. (pg.91)

Esta investigación aporta y muestra que las construcciones de adobe no brindan una adecuada seguridad ante los movimientos sísmicos. Este problema está básicamente ligado a la falta de rigidez de los materiales que se utilizan durante el proceso. En este sentido, y tomando en cuenta el riesgo sísmico que tiene el país ya que tiene zonas de alta sismicidad, se realiza la presente investigación con el objetivo de determinar la influencia de estabilizantes tanto naturales como químicos en la resistencia mecánica del adobe.

1.1.2. Bases teóricas

1.1.2.1. Adobe

Se define el adobe como un bloque macizo de suelo sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos”, NTP E.080 (MVCS, 2006).

La NTP E.080 (MVCS, 2017) define al adobe como la “unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.”

El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad (MVCS, 2006).

1.1.2.2. Estabilizante

un estabilizante es un material que como su nombre lo indica va a permitir mejorar las características físicas del suelo, ya sea aumentando la resistencia a la compresión, a la tracción, o bien reduciendo las fisuras provocadas por la retracción de la arcilla. (Barbeta, 2000)

1.1.2.3. Adobe estabilizado

Es aquel que se le adiciona otros tipos de materiales los más recomendables son: cal, cemento y asfalto, con el propósito de mejorar las características mecánicas como la resistencia a la compresión y durabilidad (Cid, Mazarrón F, & Cañas I, 2011)

1.1.2.4. Aglomerantes

Los aglomerantes o aglutinantes son los elementos que sirven para unir o pegar ladrillos o mamposterías en las construcciones, mediante reacciones químicas en presencia de agua y aire. Los de más uso son la cal grasa, la cal hidratada o calhidra y el cemento (Plazola Cisneros & Plazola Anguiano, 1976)

1.1.2.5. Aserrín

El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. (Giralt Ortega, Serret Guasch, & Quintero Ríos, 2016)

1.1.2.6. Cal

Se llama cal a todo producto, sea cual fuere su composición y aspecto físico, que proceda de la calcinación de piedras calizas. (Villariano Otero, 2011)

1.1.2.7. Cascarilla de arroz

La cáscara de arroz es empleada como fibra para la elaboración de los adobes, esta presenta buenas propiedades que la hacen interesante para la bioconstrucción, es más resistente mecánicamente que la paja de trigo, es también más hidrófoba y se descompone difícilmente, por tanto, puede ser una buena fibra en combinación con la tierra en formas tradicionales de construcción como el adobe (Valero, 2015)

1.1.2.8. Cemento

actúa como estabilizador contra el agua en suelos de bajo contenido de arcilla. Mientras mayor sea el contenido de arcilla, más cemento se necesita para alcanzar el mismo efecto de estabilización. (Aranda Jimenez & García Izaguirre, 2016)

1.1.2.9. Ceniza de biomasa arbórea

Las cenizas procedentes de la biomasa forestal provienen de los minerales presentes en la estructura de los árboles y arbustos. Así pues, las propiedades de las cenizas dependen de una variedad de factores, incluyendo el tipo de árbol o arbusto, la parte del árbol o arbusto (corteza, madera, hojas), el tipo de residuo (madera, pasta de papel, o residuos de papel), la combinación con otras fuentes de combustible, el tipo de suelo y clima y las condiciones de combustión (Demeyer, Voundi Nkana, & Verloo, 2001)

1.1.2.10. Fibras

Con los estabilizantes por fibras se controla el comportamiento de dilatación y retracción o contracción durante el fraguado; este consiste en la adherencia de material fibroso a la tierra, formando redes al unirse. Estas fibras pueden ser de origen vegetal, como paja, diferentes gramíneas, virutas de madera, acículas de pináceas, cáscaras de coco, tallos del maíz y fibras de pita o fique, o de origen animal, como lana, crines de caballo, pelo de llama. (Arteaga Medina, Medina, & Gutierrez Junco, 2011)

1.1.2.11. Mucilago de penca

El tallo contiene una sustancia viscosa también conocido como mucílago de penca de tuna, la cual tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener fuertemente grandes cantidades de agua, así como de modificar propiedades como viscosidad, elasticidad, textura, retención de agua, además de que es un buen gelificante, espesante, y emulsificante. (Gerencia Regional Agraria, 2009)

1.1.2.12. Cabuya

Es una planta emblemática del Perú, crece cerca de los 1450 hasta los 3000 msnm, en las regiones de costa, sierra y selva. Está provista de espinas en sus bordes con hojas carnosas y muy fibrosas, posee flores amarillas y se reproduce por renuevos que brotan del contorno de sus raíces.

1.1.2.13. Confitillo

Es un agregado que se obtiene por la trituración de rocas, como la arena gruesa forman el hormigón. Dentro de sus principales usos tenemos; afirmado de carreteras, relleno en áreas, jardines, etc.

1.1.2.14. Polipropileno

Estas fibras son bastante usadas en la industria del concreto, ya que se sabe que su empleo reduce las fisuras y el agrietamiento causado en el fraguado. Sin embargo, su empleo se ha extendido al mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo conformando así los suelos fibra reforzados sobre los cuales se han venido desarrollando diversas investigaciones en los últimos años. Su empleo ha venido creciendo en diversas obras de geotecnia pues se ha determinado que aumenta la resistencia a la compresión no confinada, disminuyen la contracción volumétrica y controlan la expansión de arcillas potencialmente expansivas. (Puppala & Musenda, 2000)

1.1.2.15. Asfalto

El asfalto es una mezcla sólida y compacta de minerales que mayormente es empleada para construir pavimentos flexibles.

Sus características físicas más destacadas son la viscosidad, su pegajosidad y su intenso color negro; su uso primordial se da como aglomerante en mezclas asfálticas de carreteras, autovías y autopistas, ya que es capaz de unir fragmentos de varios materiales y dar cohesión al conjunto a través de transformaciones en su propia masa, que dan lugar al origen de nuevos compuestos. (Duarte Ayala, 2005)

1.1.2.16. Relave minero

Las propiedades del relave dependen de varios factores. Los drenajes ácidos de mina, por lo general, contienen elevados contenidos de sulfato y metales disueltos, tales como el cobre, y en algunos casos van acompañados de una gran cantidad de sólidos en suspensión. En la caracterización textural, mineralógica y química de las muestras

del relave minero se determinó que el relave de Ticapampa está íntimamente asociado al SiO₂ (Oxido de Silicio). (Milla Lázaro, 2018)

1.1.2.17. Viruta

Son residuos de pequeña dimensión. No se dispersa en el aire. Susceptible de ser removido sobre la superficie del suelo por corrientes de aire. Los residuos generados en el aserrado, cepilladora, garlopa, tupí, etc. (Medina, 2012).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el análisis comparativo de la resistencia a la compresión de adobe estabilizado bajo los criterios de RNE norma E080, Trujillo 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el análisis comparativo de investigaciones previas de la resistencia mecánica del adobe estabilizado bajo los criterios de la RNE norma E080, Trujillo 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

O.E.1. Analizar las investigaciones previas de agentes estabilizantes de unidades de adobe.

O.E.2. Comparar los hallazgos importantes encontrados en las investigaciones previas de agentes estabilizantes de unidades de adobe.

O.E.3. Determinar los parámetros óptimos de las investigaciones previas de agentes estabilizantes de unidades de adobe para mejorar su resistencia a la compresión.

O.E.4. Estimar los beneficios que genera el uso de estabilizantes en las unidades de adobe.

1.4. Hipótesis

El análisis comparativo de la resistencia a la compresión de adobe estabilizado presentará un aumento en su resistencia a la compresión, Trujillo 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por el propósito

La presente investigación según el propósito es de tipo aplicada, porque busca la aplicación de los conocimientos de la investigación para comparar la investigación a realizarse.

2.1.2. Según el diseño de investigación

La presente investigación es del tipo no experimental transversal, ya que no se va a manipular las variables.

Tabla 1: Diseño de la investigación

Estudio	T1
M	O

Donde:

M: Muestra

O: Observación

2.1.3. Variables

2.1.3.1. Variable 1

Resistencia a la compresión

Definición

La resistencia mecánica es la capacidad de los cuerpos para resistir las fuerzas aplicadas sin romperse. La resistencia mecánica de un cuerpo depende de su material y de su geometría. El parámetro empleado habitualmente para valorar la resistencia mecánica de un cuerpo es el coeficiente de seguridad.

La Resistencia de Materiales combina los datos de material, geometría y fuerzas aplicadas para generar modelos matemáticos que permiten analizar la resistencia mecánica de los cuerpos. (Perez González, 2014)

2.1.3.2. Variable 2

Adobe estabilizado

Definición

El adobe es una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y su durabilidad frente a agentes externos (MVCS, 2017). Cuando al adobe se incorporan otros materiales como el asfalto, cemento, cal, entre otros; con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad, se le denomina adobe estabilizado. (López Daza & Torbisco Ascue, 2020)

2.1.4. Clasificación de variable

Tabla 2: Identificación de las variables

VARIABLE	CLASIFICACIÓN				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Resistencia a la compresión	Dependiente	Mixto	Razón	Unidimensional	Indirecta
Adobe estabilizado	Independiente	Mixto	Razón	Unidimensional	Indirecta

Fuente: Propia.

2.1.5. Operacionalización de variables

Tabla 3: Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	La resistencia mecánica es la capacidad de los cuerpos para resistir las fuerzas aplicadas sin romperse. La resistencia mecánica de un cuerpo depende de su material y de su geometría.		Investigaciones previas de agentes estabilizantes de unidades de adobe.	Determinar la resistencia a compresión del adobe estabilizado.	Tabla de caracterización de Tablas de objetivos
	La Resistencia de Materiales combina los datos de material, geometría y fuerzas aplicadas para generar modelos matemáticos que permiten analizar la resistencia mecánica de los cuerpos.	Análisis documental de las investigaciones a las unidades de adobe; pueden presentar variaciones en su resistencia a la compresión a causa de los distintos tipos de estabilizantes que se han empleado para su elaboración. En conclusión, se analizó la comparación de las unidades de adobe elaborados de manera tradicional con unidades estabilizadas.	Hallazgos encontrados en las investigaciones de unidades de adobe estabilizados.	En cuanto aumentó la resistencia de las unidades de adobe estabilizadas.	Gráficos de resultados
ADOBE ESTABILIZADO	El adobe es una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y su durabilidad frente a agentes externos.		Parámetros óptimos para mejorar la resistencia adobe.	% óptimo de los estabilizantes	Tablas de porcentajes
	Cuando al adobe se incorporan otros materiales como el asfalto, cemento, cal, entre otros; con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad, se le denomina adobe estabilizado.		Beneficios que genera el uso de estabilizantes adobe.	Beneficios	Tablas de beneficios

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población en la presente investigación viene a ser todas las investigaciones de unidades de adobe estabilizadas con adicionantes orgánicos y químicos en Perú, en el año 2021.

2.2.2. Muestra

La muestra está compuesta por el número estudios de investigación de adobes estabilizados sometidos a compresión. (Estudios considerados en la revisión sistemática para la investigación).

2.2.2.1. Técnicas de muestreo

La muestra está determinada por la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia ya que es usada para seleccionar muestras de fácil acceso en un intervalo de tiempo.

2.2.2.2. Tamaño de muestra

La muestra representativa de la investigación tendrá un total de 49 estudios de investigación sobre comparaciones de resistencia a la compresión de las unidades de adobe.

2.2.3. Materiales

- **Recursos Humanos:**
 - Estudiante: Salazar Saucedo José Lauredes
 - Estudiante: Tejada Escobedo Yrene del Carmen
- **Recursos Materiales e Instrumentos:**
 - Computadora
 - Software Microsoft Excel
 - Software Microsoft Word
 - Agenda de apuntes

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnica de recolección de datos

Análisis Documental: La recolección de datos será un proceso de recopilación de información bibliográfica para ampliar los conocimientos sobre la resistencia del adobe estabilizado con adicionantes orgánicos, inorgánicos y químicos, los cuales serán sometidas a cargas de compresión axial.

2.3.2. Instrumento de recolección de datos

Para la recolección de datos que se empleará en la presente investigación serán cuadros de estudios comparativos, puesto que ahí se recolectarán los datos obtenidos de las investigaciones a estudiar. Las investigaciones consultadas se encuentran detalladas en las referencias presentadas al final. (ANEXO 1).

2.3.3. Análisis de datos

Para el análisis de datos se usó la técnica estadística descriptiva mediante el software Microsoft Excel, utilizando tablas y figuras que describen la resistencia mecánica a la compresión del adobe.

2.3.4. Técnicas cuantitativas

En la presente investigación se presentan los datos de manera numérica, pueden ser medidos por escalas e intervalos.

2.3.5. Técnicas estadísticas

- Tablas estadísticas

Tabla 4: Modelo de tabla para datos de investigación

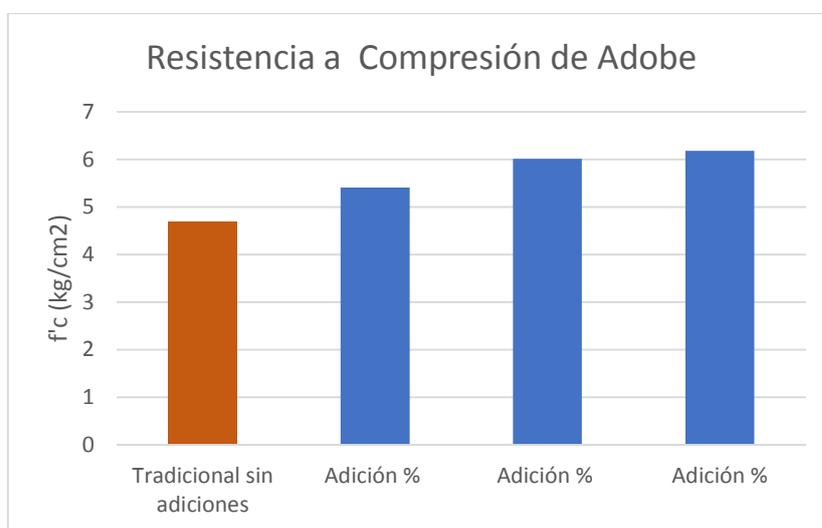
Investigaciones consideradas				
COD	Autor	Título	Año	Estabilizante
T-001	x	x	x	x

T-002	X	X	X	X
T-003	X	X	X	X
T-004	X	X	X	X
T-005	X	X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

- Figura de barras

Ilustración 1: Modelo de gráfico para datos de la investigación

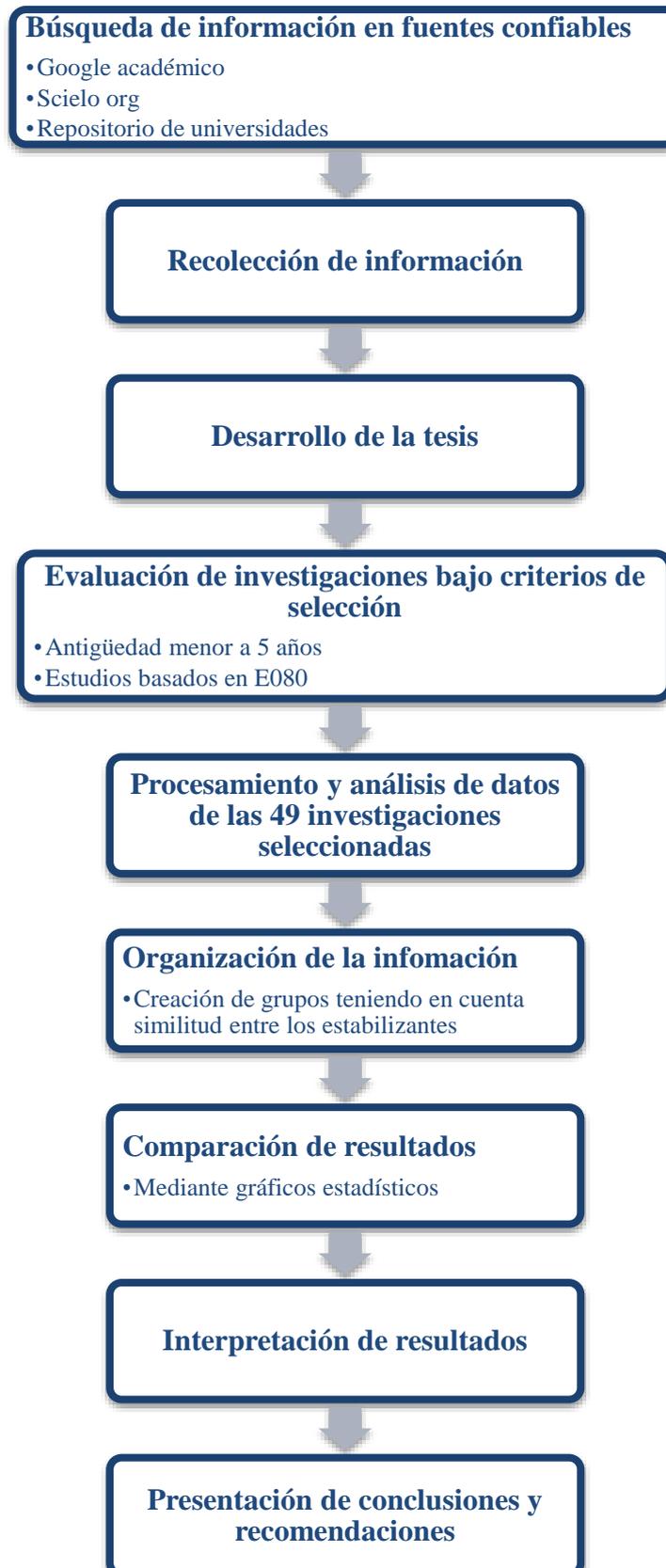


Fuente: Elaboración Propia

2.4. Procedimiento

A continuación, se presenta el cuadro sinóptico que resume el procedimiento seguido en la presente investigación.

Figura 1: Cuadro sinóptico del procedimiento



Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo de tesis

Inicialmente, se realizó la búsqueda de información con la ayuda de diversas fuentes de consulta (Artículos científicos, Revistas, Bibliotecas virtuales de distintas universidades, informes de investigación, y principalmente tesis), con el fin de identificar y determinar la problemática de la población en cuanto al riesgo de construir viviendas de adobe elaboradas de manera tradicional.

Posteriormente, se efectuó la recolección de información de todas las investigaciones que estén vinculadas al análisis de la resistencia a la compresión del adobe estabilizado.

A continuación, se realizó la evaluación de las investigaciones encontradas bajo los criterios de selección acordados entre los investigadores. Es importante señalar que estos criterios incluyen la búsqueda de investigaciones con antigüedad menor a 5 años y estudios basados en la NTP E080 con resultados de resistencia a la compresión de su adobe base mayores a lo estipulado en la norma. Seguidamente se procesaron los datos encontrados en el software estadístico Microsoft Excel, agrupando los estabilizantes para realizar un análisis más minucioso de sus efectos en la resistencia a la compresión del adobe.

Además, se procedió a realizar la comparación de los resultados de las investigaciones mediante gráficos estadísticos para poder identificar los porcentajes óptimos y los beneficios que generan.

Para finalizar, se realizó la interpretación de resultados para cada una de las agrupaciones de estabilizantes consideradas por los investigadores. Se procedió a la elaboración de las conclusiones finales de la investigación, dando respuesta a los objetivos planteados y a la formulación del problema planteado.

Aspectos Éticos

La presente investigación se sustenta en los lineamientos presentados de la Guía Metodológica y el Reglamento de Propiedad Intelectual de la Universidad Privada del Norte.

Los investigadores consideraron respetar el compromiso de derechos de autor, mediante la citación de referencias tomadas en el estudio. Estas citaciones se realizaron bajo los criterios de la Norma APA sexta edición.

Con respecto al desarrollo, afirmamos que toda la investigación se realizó teniendo en cuenta criterios de selección aplicados de manera igualitaria a todos los estudios analizados y que la interpretación de resultados fue elaborada de manera personal y es de nuestra propiedad intelectual.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Recopilación y codificación de las investigaciones de adobe estabilizado

Tabla 5: Recopilación y codificación de las Investigaciones de adobe estabilizado

COD	Autor	Título	Año	Estabilizante
I - 001	Carhuanambo Villanueva, Jhenifer Thajana	<i>Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016</i>	2016	Viruta y aserrín.
I - 002	Mantilla Calderón, Jhon Cristian	<i>Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho</i>	2018	Viruta y caucho
I - 003	Márquez Domínguez, Jhazmin Mallory	<i>Estabilización del adobe con adición de viruta de Eucalipto, Chincha 2018</i>	2018	Viruta de Eucalipto
I - 004	Herbas Chircca, Juan Antonio Nolasco Juárez, Oliver	<i>Influencia del cemento, cal y viruta de eucalipto en la resistencia a la compresión y flexión del adobe estabilizado, Andahuaylas</i>	2021	Cemento, cal y viruta
I - 005	Medina Terrones, Bryan Mauricio	<i>Propiedades físico mecánicas del adobe compactado con la adición de agujas de pino en diferentes porcentajes</i>	2019	Agujas de Pino
I - 006	Altamirano Carrasco, Oscar Virgilio	<i>Incidencia de la fibra vegetal "paja ichu" en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca</i>	2019	Fibra vegetal paja ichu
I - 007	Ccoillo Inca, Apukintu	<i>Estabilización de adobe con especie de pasto natural en la zona alto andina, Ayacucho - 2016</i>	2016	Pasto natural
I - 008	Piñas Moya, Joshua Miguel	<i>Estudio de las Propiedades Térmicas, Mecánicas, Morfológicas y Estructurales del Adobe como Material Biocompósito</i>	2018	Material biocompósito
I - 009	Briones Chiquilín, Tito Jhony Estrada Zelada, Wilmer	<i>Compresión axial del adobe compactado con fibras de paja ichu, paja de arroz y paja de trigo</i>	2018	Fibras de paja ichu, paja de arroz y paja de trigo

I - 010	Lobato Chávez, Neiser Manuel	<i>Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de paja toquilla – Cajamarca 2017</i>	2018	Paja toquilla
I - 011	Nieto Palomino, Lucero Antuhane Tello Pérez, Edna Florencia	<i>Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú</i>	2019	Mucílago de penca de tuna
I - 012	Bolaños Rodríguez, Juan	<i>Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna</i>	2016	Goma de tuna
I - 013	Benites Zapata, Verónica	<i>Adobe estabilizado con extracto de cabuya (furcraea andina)</i>	2017	Extracto de cabuya
I - 014	Flores Laura, Carla	<i>Evaluación de la resistencia a la compresión, flexión e inmersión al agua del adobe estabilizado con gel de sábila</i>	2019	Gel de sábila
I - 015	Alcántara Longa, Diana Araceli	<i>Efecto de tres niveles de miel de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del adobe compactado</i>	2018	Miel de caña de azúcar y cal
I - 016	Díaz Limay, John Anderson	<i>Propiedades mecánicas y absorción del adobe compactado al incorporar polímero natural de penca, Cajamarca 2018</i>	2018	Polímero natural de penca
I - 017	Condori Taípe, Anylu Solano Peñaloza, Yair	<i>Influencia de la fibra de maguey en la compresión, tracción y absorción del adobe</i>	2019	Fibra de maguey
I - 018	Salazar Terrones, Lesllye Lizzeth	<i>Resistencia a la compresión axial del adobe compactado con adición de fibra de maguey, Cajamarca 2017</i>	2019	Fibra de maguey
I - 019	Alayo Díaz, David Ricardo	<i>Resistencia a la flexión y compresión axial del adobe compactado con adición de fibras de yute, Cajamarca 2017</i>	2018	Fibras de yute

I - 020	Pezo Upiachihua, Lenin Roberth	<i>Análisis de la influencia del uso de fibras del tallo de piña Golden en el refuerzo del adobe de Morales, San Martín</i>	2017	Fibras de tallo de piña Golden
I - 021	Campos Cruzado, Nonal	<i>Resistencia a compresión, flexión y absorción de bloques de adobe compactado, con adición de fibras de caña”, Cajamarca 2018</i>	2018	Fibras de caña
I - 022	Gutiérrez Chávarry, Diego Eduardo	<i>Efecto de tres porcentajes de fibra nylon de cáñamo en la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado</i>	2019	Fibra de nylon de cáñamo
I - 023	Chávez Atalaya, Janeth Yolanda	<i>Propiedades físico y mecánicas del adobe compactado con incorporación de fibras de coco, Cajamarca 2018</i>	2019	Fibras de coco
I - 024	Quiroz Ñontol, Erika Esperanza	<i>Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con sustitución de flakes de tereftalato de polietileno y fibras de lana</i>	2019	Flakes de tereftalato de polietileno y fibras de lana
I - 025	Idrogo Sempertegui, Stewart Downey	<i>Propiedades mecánicas del adobe compactado tradicional y el adobe compactado con ceniza de biomasa arbórea</i>	2018	Cenizas de biomasa arbórea
I - 026	León Valverde, Bryan Junior	<i>Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cascara de huevo y cascara de arroz</i>	2019	Cascara de huevo y cascara de arroz
I - 027	Ortiz Zamora, Doris Yveth	<i>Efectos de la incorporación de cuatro porcentajes (2.5%, 5%, 7.5% y 10%) de estiércol de caballo en la resistencia a la compresión y flexión del adobe</i>	2019	Estiércol de caballo
I - 028	Lozano Quispe, Jaimito Zurita Herrera, Albani	<i>Resistencia a la compresión y absorción del adobe estabilizado con confitillo Jaén – Cajamarca</i>	2019	Adobe estabilizado con confitillo

I - 029	Linares Quiroz, Jeysson Raúl	<i>Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de cantería triturada</i>	2019	Con adición de cantería triturada
I - 030	Briceño Romero, Ego Carrasco Vélez, Oscar	<i>Mejoramiento de bloque de adobe, incorporando Garbancillo para incrementar su resistencia, Los Ejidos del Norte, Piura 2019</i>	2020	Garbancillo (tipo agregado)
I - 031	Cruzado Ruíz, Víctor Raúl	<i>Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo</i>	2018	Reemplazo de desperdicio de ladrillo
I - 032	Antinori Ortiz, Luis Rafael	<i>Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de cerámica triturada</i>	2018	Cerámica triturada
I - 033	Cáceres Vásquez, Kelvin	<i>Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en Cajamarca</i>	2017	Cal
I - 034	Altamirano Carrasco, Oscar Virgilio	<i>Análisis de la resistencia a compresión del adobe estabilizado con cal en la ciudad de Cajamarca</i>	2018	Cal
I - 035	Quiroz Casanova, Carlos Alfredo	<i>Resistencia a flexión, compresión y grado de absorción del adobe compactado, con 2%, 4% y 6% de cal hidratada, distrito de baños del inca, Cajamarca 2018</i>	2020	Cal Hidratada
I - 036	Sánchez Chicana, Mishel Andrea	<i>Análisis comparativo de adobe convencional y adobe estabilizado con cemento con fines constructivos</i>	2020	Cemento
I - 037	García Huaynacaqui, Alex Williams	<i>Resistencia a la compresión de una unidad de albañilería de adobe, sustituyendo el 3%, 6%, 9% y 12% de tierra por cal y cemento portland tipo I. Distrito de Huaraz - Huaraz 2017</i>	2018	Cal y cemento

I - 038	Quispe Crise, Nerio	<i>Evaluación del esfuerzo admisible del adobe estabilizado con fibras de PET triturado en la zona de Mollepata provincia de Huamanga departamento de Ayacucho – 2016</i>	2017	Fibras de PET triturado
I - 039	Alfaro Carhuamaca, Christian	<i>Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras sintéticas de polipropileno, Tunanmarca – Jauja</i>	2019	Fibras sintéticas de polipropileno
I - 040	Lozano Ríos, Flor de María Valle Fernández, Hamlet	<i>Diseño de un bloque de adobe, utilizando fibras de botellas plásticas, para reducir el costo y mejorar la resistencia a la compresión, Lamas 2020</i>	2020	Fibra de botellas plásticas
I - 041	Valdez Mendoza, Kevin Alexander	<i>Resistencia a la compresión axial del adobe compactado con la incorporación de porcentajes de caucho triturado de neumáticos</i>	2018	Caucho triturado de neumático
I - 042	Medina Díaz, Yesenia Mary	<i>Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con incorporación de cal y fibras de caucho, Cajamarca 2018</i>	2019	Cal y fibras de caucho
I - 043	Vásquez Campos, Gerardo	<i>Resistencia a la compresión del bloque de adobe compactado con adición de filamentos de malla mosquitera y malla raschel – Cajamarca 2018</i>	2019	Filamentos de malla mosquitera y raschel
I - 044	Carlos Sáenz, Ronny Jeffer	<i>Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de tres porcentajes (1.5%, 3.0%, 4.5%) de viruta metálica</i>	2019	Viruta metálica

I - 045	Rojas Gálvez, Jeinner Ramiro	<i>Propiedades físico mecánicas de bloques de tierra comprimida con la adición de emulsión asfáltica Cajamarca 2018.</i>	2020	Emulsión asfáltica
I - 046	Briceño Segura, Leslie Eliana Marcos Gamboa, Ángel	<i>Efecto del porcentaje de la fibra tipo E sobre la resistencia a la compresión, flexión, absorción y estabilidad dimensional del adobe, Trujillo, 2018</i>	2019	Fibra tipo E (vidrio)
I - 047	Cáceres Vásquez, Ronald Mijaíl	<i>Propiedades mecánicas e hidrofóbicas de adobes compactados al incorporar estearato de zinc</i>	2018	Incorporar estearato de zinc
I - 048	Soto Lozano, Elvira Elizabeth	<i>Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con incorporación de bentonita sódica, utilizando suelos de diferentes canteras Cajamarca 2016</i>	2016	Incorporación de bentonita sódica
I - 049	Milla Lázaro, Darío	<i>Resistencia a la compresión de una unidad de adobe empleando una prensa manual y sustituyendo el 10%, 20% y 30%, por relave minero de Ticapampa, en la provincia de Huaraz – 2017</i>	2018	Adobe estabilizado con relave minero de Ticapampa

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Resultados del análisis de las características de las investigaciones

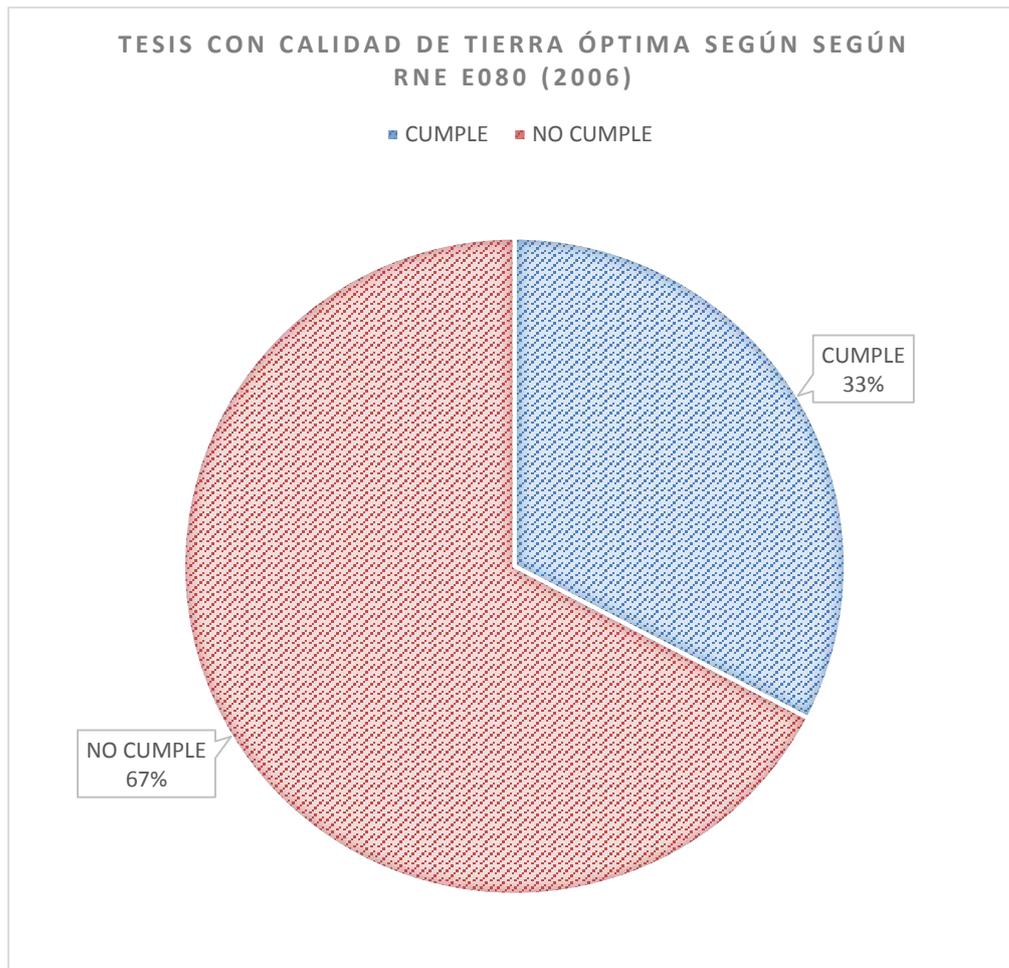
Tabla 6: Análisis de las características de las investigaciones

COD	Calidad de suelo bajo criterios RNE E080 / 2006			# días de secado de unidades de adobe	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)
	Contenido arena (55-70%)	Contenido limo/arcilla (25-45%)	Resultado		
I - 001	73.58%	26.42%	No cumple	28	21.17
I - 002	58.20%	41.80%	Cumple	60	22.22
I - 003	72.85%	27.15%	No cumple	No específica	26.05
I - 004	54.29%	42.17%	No cumple	28	15.28
I - 005	60.18%	39.82%	Cumple	28	30.05
I - 006	57.81%	41.82%	Cumple	28	13.90
I - 007	60.17%	39.83%	Cumple	30	37.70
I - 008	45.60%	54.40%	No cumple	30	24.44
I - 009	60.26%	31.59%	Cumple	28	21.03
I - 010	42.68%	57.32%	No cumple	28	22.22
I - 011	72.80%	27.20%	No cumple	No específica	10.20
I - 012	70.66%	29.34%	No cumple	28	19.19
I - 013	35.13%	65.00%	No cumple	21	24.92
I - 014	65.10%	34.90%	Cumple	No específica	51.12
I - 015	70.98%	29.02%	No cumple	28	14.82
I - 016	70.44%	29.56%	No cumple	28	14.55
I - 017	55.20%	44.48%	Cumple	21	11.34
I - 018	43.80%	56.20%	No cumple	28	19.82
I - 019	54.58%	45.42%	No cumple	28	43.11
I - 020	56.31%	42.60%	Cumple	30	12.40
I - 021	71.12%	28.88%	No cumple	28	19.66
I - 022	72.67%	27.33%	No cumple	28	10.84
I - 023	66.38%	33.63%	Cumple	28	28.21
I - 024	44.70%	54.60%	No cumple	28	26.66
I - 025	35.38%	64.62%	No cumple	28	12.62
I - 026	45.40%	54.60%	No cumple	30	16.24
I - 027	80.72%	1.71%	No cumple	30	36.80
I - 028	60.02%	39.98%	Cumple	28	11.57
I - 029	75.70%	24.30%	No cumple	28	24.14
I - 030	21.70%	78.30%	No cumple	30	18.85
I - 031	53.72%	44.82%	No cumple	28	18.41
I - 032	53.98%	46.02%	No cumple	28	46.58
I - 033	44.48%	55.52%	No cumple	28	14.09
I - 034	58.18%	41.82%	Cumple	30	13.08
I - 035	62.18%	37.82%	Cumple	28	25.49
I - 036	86.70%	13.31%	No cumple	28	20.75
I - 037	72.40%	27.60%	No cumple	28	11.23
I - 038	75.55%	21.69%	No cumple	28	12.52

I - 039	20.15%	79.90%	No cumple	28	16.61
I - 040	38.76%	61.24%	No cumple	28	15.05
I - 041	36.02%	63.98%	No cumple	28	24.18
I - 042	69.58%	29.06%	Cumple	28	15.78
I - 043	59.18%	40.82%	Cumple	28	11.97
I - 044	47.60%	52.40%	No cumple	28	16.69
I - 045	73.58%	25.42%	No cumple	28	17.15
I - 046	80.20%	19.80%	No cumple	30	22.52
I - 047	60.24%	39.76%	Cumple	28	23.95
I - 048	56.82%	43.18%	Cumple	28	42.18
I - 049	0.00%	No especifica	No cumple	28	15.52

Fuente: Elaboración Propia

Figura 2: Porcentaje de cumplimiento de la calidad de suelo bajo criterios RNE E080 / 2006

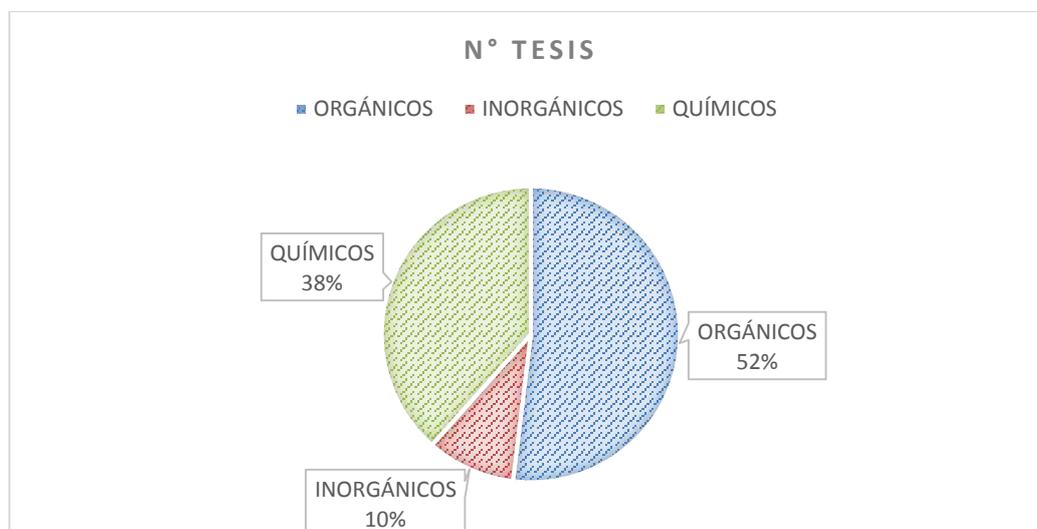


3.3. Resultados de la clasificación de investigaciones según el origen de su estabilizante

Tabla 7: Distribución de investigaciones según el origen de su estabilizante

ORIGEN DE ESTABILIZANTES DE ADOBE		N° INVESTIGACIONES	CÓDIGOS	
ORGÁNICOS	Derivados de madera	5	I - 001 a I - 005	
	Paja	5	I - 006 a I - 010	
	Resina vegetal	6	I - 011 a I - 016	
	Fibras	8	I - 017 a I - 024	
	Cenizas	2	I - 025 a I - 026	
	Residuos	Estiércol	1	I - 027
INORGÁNICOS	Agregados	3	I - 028 a I - 030	
	Desperdicios de construcción	2	I - 031 a I - 032	
QUÍMICOS	Aglomerantes	6	I - 033 a I - 037, I - 004	
	Producto sintético	Pet	4	I - 038 a I - 040, I - 024
		Caucho	3	I - 041 a I - 042, I - 002
	Malla metálica	1	I - 043	
	Viruta metálica	1	I - 044	
	Asfalto	1	I - 045	
	Fibra de vidrio	1	I - 046	
	Sustancia química	1	I - 047	
	Aditivo	1	I - 048	
	Residuo minero	1	I - 049	
TOTAL		52	*Se repiten (2, 4, 24)	

Figura 3: Distribución de investigaciones según el origen de su estabilizante



3.4. Resultados de la resistencia a la compresión de las investigaciones según su origen

3.4.1 Origen Orgánico

Tabla 8: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con derivados de la madera

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 001	Viruta y aserrín.	21.17	1.5% viruta	28.04 kg /cm ²	Derivados de Madera
			3.0% viruta	29.74 kg /cm ²	
			4.5% viruta	30.94 kg /cm ²	
			1.5% aserrín	21.01 kg /cm ²	
			3.0% aserrín	18.53 kg /cm ²	
			4.5% aserrín	13.64 kg /cm ²	
I - 002	Viruta	22.22	2% viruta	29.75 kg /cm ²	
			3% viruta	30.25 kg /cm ²	
			5% viruta	27.38 kg /cm ²	
I - 003	Viruta de Eucalipto	26.05	1.5% viruta	43.43 kg /cm ²	
			3% viruta	38.09 kg /cm ²	
			4.5% viruta	50.77 kg /cm ²	
I - 004	Viruta	15.28	4% viruta eucalipto	18.44 kg /cm ²	
			8% viruta eucalipto	20.62 kg /cm ²	
			12% viruta eucalipto	24.65 kg /cm ²	
I - 005	Agujas de Pino	30.05	0.25% agujas de pino	37.79 kg /cm ²	
			0.5% agujas de pino	35.04 kg /cm ²	
			0.75% agujas de pino	37.49 kg /cm ²	

Figura 4: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con derivados de la madera

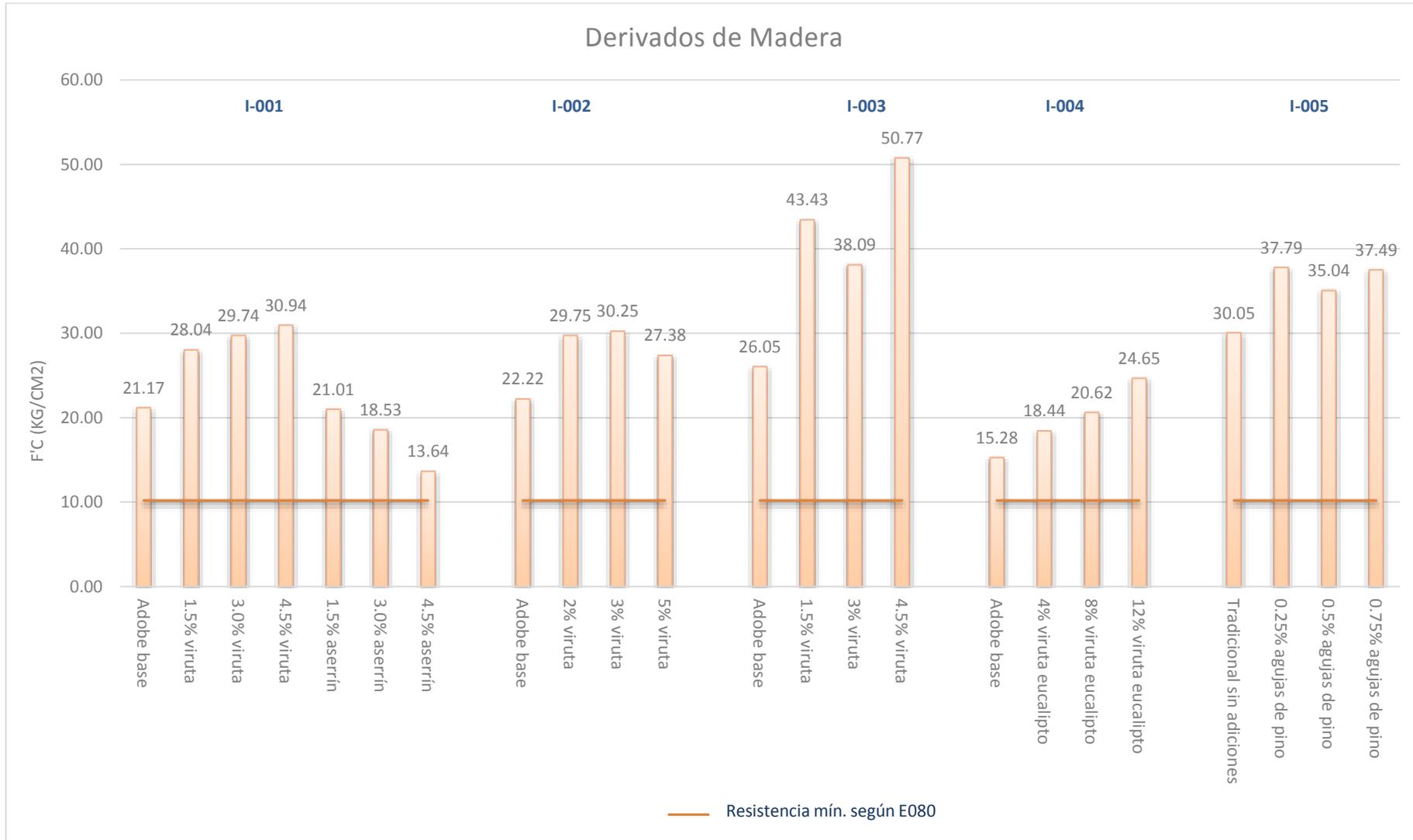


Tabla 9: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con paja

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 006	Fibra vegetal paja ichu	13.90	0.4% paja ichu	14.28 kg /cm ²	Paja
			0.8% paja ichu	14.57 kg /cm ²	
			1.2% paja ichu	12.89 kg /cm ²	
I - 007	Pasto natural	37.70	Solución de cactus	34.43 kg /cm ²	
			Solución de cactus + 0.5% Stipa ichu	32.26 kg /cm ²	
			Solución de cactus + 1.0% Stipa ichu	26.17 kg /cm ²	
			Solución de cactus + 1.5% Stipa ichu	21.13 kg /cm ²	
			Solución de cactus + 2.0% Stipa ichu	17.74 kg /cm ²	
I - 008	Material biocompósito	24.44	33% paja	24.55 kg /cm ²	
I - 009	Fibras de paja ichu, paja de arroz y paja de trigo	21.03	5% Paja ichu	30.92 kg /cm ²	
			10% Paja ichu	28.07 kg /cm ²	
			15% Paja ichu	24.77 kg /cm ²	
			5% Paja arroz	24.25 kg /cm ²	
			10% Paja arroz	21.09 kg /cm ²	
			15% Paja arroz	17.65 kg /cm ²	
			5% Paja trigo	25.29 kg /cm ²	
			10% Paja trigo	23.29 kg /cm ²	
I - 010	Paja toquilla	22.22	0.5%: 1 in paja toquillo	32.64 kg /cm ²	
			0.5%: 2 in paja toquillo	29.00 kg /cm ²	
			0.5%: 3 in paja toquillo	30.68 kg /cm ²	

Figura 5: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con paja

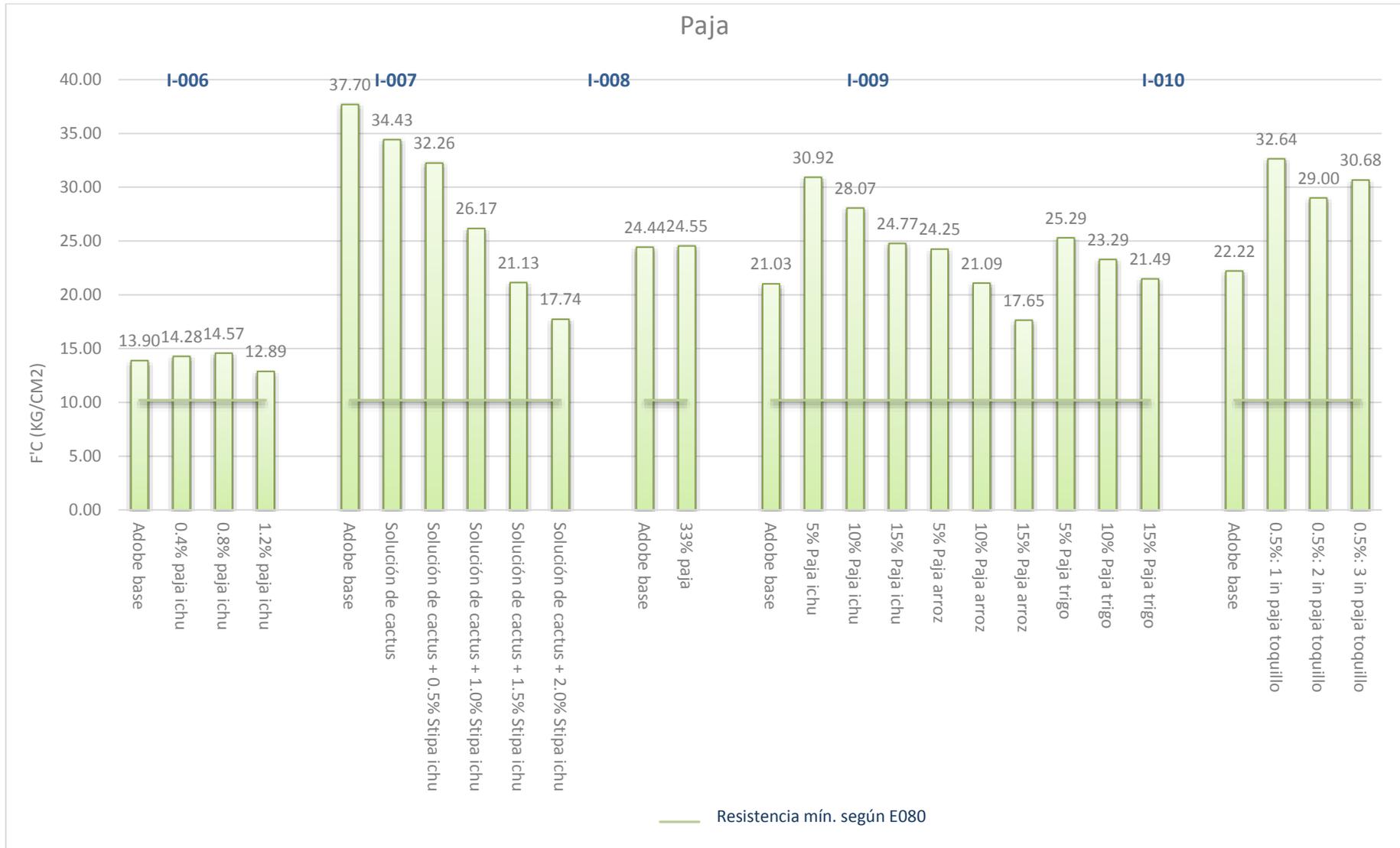


Tabla 10: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Resina Vegetal

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 011	Mucílago de penca de tuna	10.20	8.5% mucílago	18.87 kg /cm ²	Resina vegetal
			11.3% mucílago	19.91 kg /cm ²	
			13% mucílago	21.29 kg /cm ²	
			18% mucílago	25.20 kg /cm ²	
			20.5% mucílago	23.30 kg /cm ²	
I - 012	Goma de tuna	19.19	5% goma	21.90 kg /cm ²	
			10% goma	25.27 kg /cm ²	
			15% goma	27.56 kg /cm ²	
I - 013	Extracto de cabuya	24.92	5 días de maceración de la cabuya	21.82 kg /cm ²	
			10 días de maceración de la cabuya	27.32 kg /cm ²	
			20 días de maceración de la cabuya	27.10 kg /cm ²	
I - 014	Gel de sábila	51.12	10% gel	51.29 kg /cm ²	
			15% gel	64.28 kg /cm ²	
			20% gel	64.61 kg /cm ²	
I - 015	Caña de azúcar y cal	14.82	3% miel de caña + 2% cal	15.21 kg /cm ²	
			5% miel de caña + 2% cal	19.15 kg /cm ²	
			7% miel de caña + 2% cal	12.18 kg /cm ²	
I - 016	Polímero natural de penca	14.55	5% polímero	23.61 kg /cm ²	
			6% polímero	24.07 kg /cm ²	
			7% polímero	23.19 kg /cm ²	

Figura 6: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Resina Vegetal

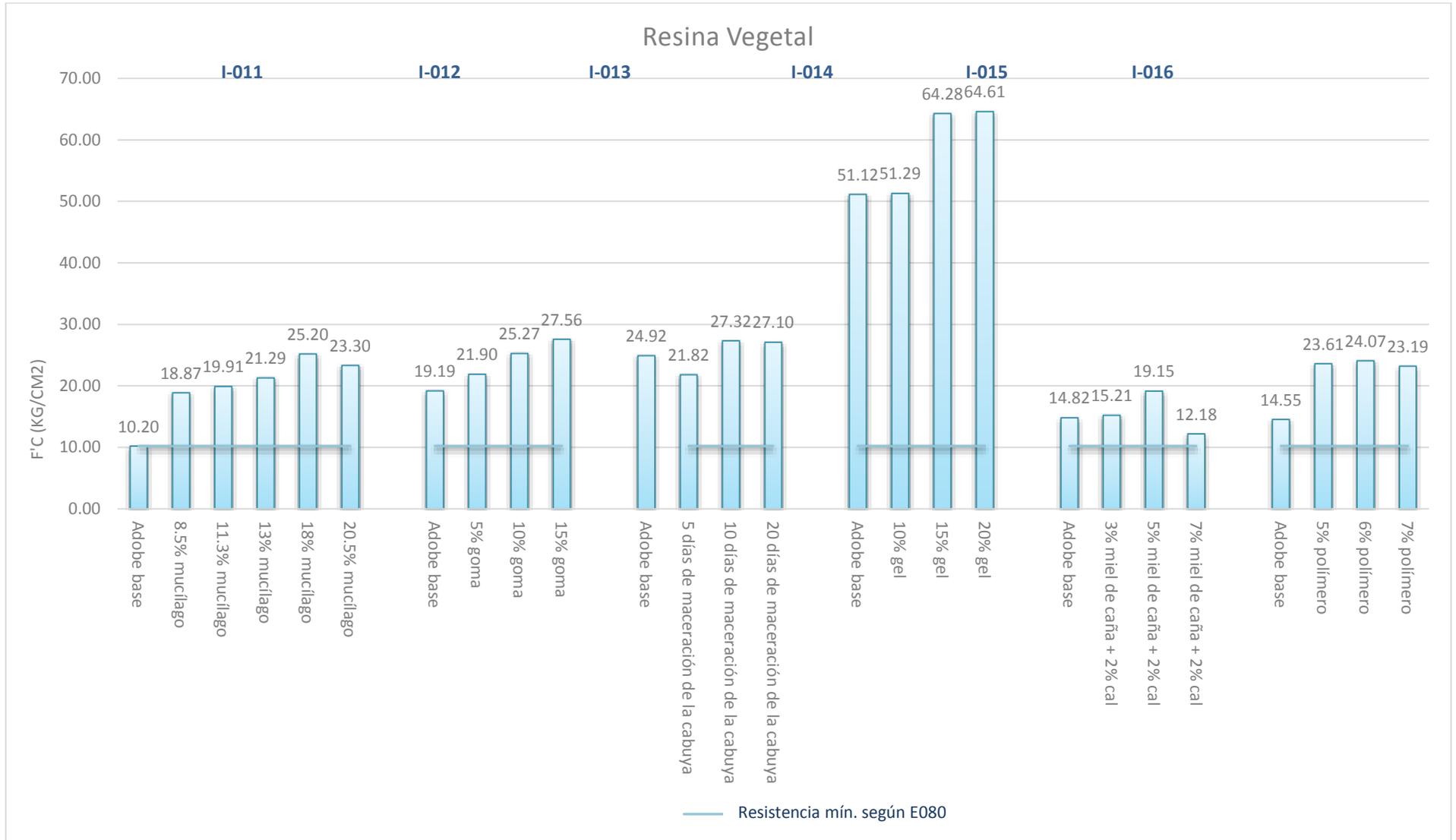


Tabla 11: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Fibras

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 017	Fibra de maguey	11.34	8% fibra maguey	29.95 kg /cm ²	Fibras
			16% fibra maguey	38.36 kg /cm ²	
			33% fibra maguey	46.54 kg /cm ²	
I - 018	Fibra de maguey	19.82	0.25% fibra maguey	24.75 kg /cm ²	
			0.5% fibra maguey	23.93 kg /cm ²	
			0.75% fibra maguey	23.49 kg /cm ²	
			1% fibra maguey	21.88 kg /cm ²	
I - 019	Fibra de yute	43.11	0.1% fibra yute	47.80 kg /cm ²	
			0.5% fibra yute	54.81 kg /cm ²	
			1% fibra yute	47.66 kg /cm ²	
I - 020	Fibra de tallo de piña Golden	12.40	0.75% fibra piña	23.46 kg /cm ²	
I - 021	Fibras de caña	19.66	2"	37.59 kg /cm ²	
			2.5"	33.92 kg /cm ²	
			3"	24.51 kg /cm ²	
I - 022	Fibra de nylon de cáñamo	10.84	0.3% fibra cáñamo	27.30 kg /cm ²	
			0.5% fibra cáñamo	35.34 kg /cm ²	
			0.7% fibra cáñamo	46.81 kg /cm ²	
I - 023	Fibras de coco	28.21	0.25% fibra coco	36.83 kg /cm ²	
			0.5% fibra coco	32.72 kg /cm ²	
			0.75% fibra coco	23.30 kg /cm ²	
I - 024	Flakes de tereftalato de polietileno y fibras de lana	26.66	0.5% Fibras de lana	23.17 kg /cm ²	
			1% Fibras de lana	25.10 kg /cm ²	
			1.5% Fibras de lana	32.22 kg /cm ²	

Figura 7: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Fibras

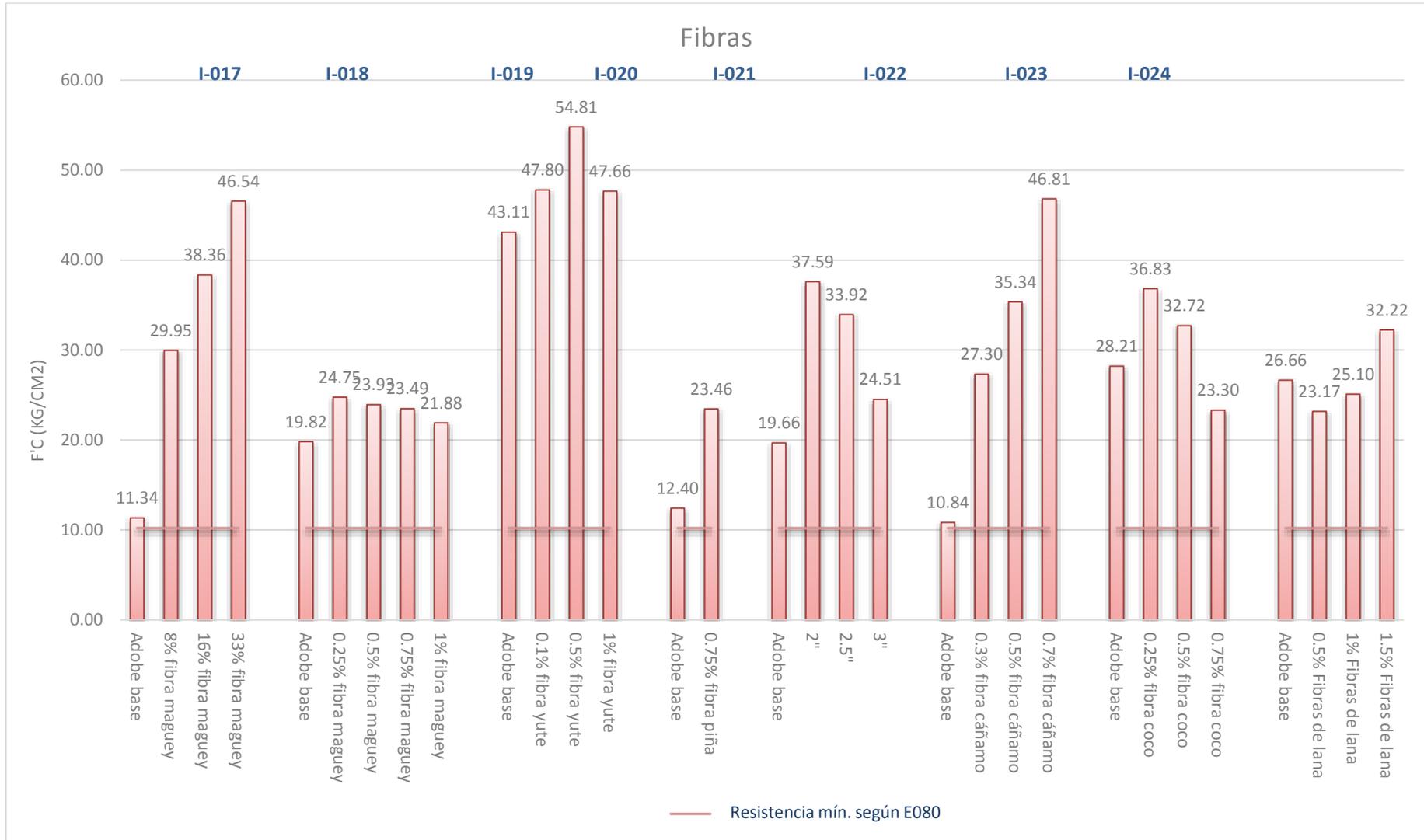


Tabla 12: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con cenizas

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 025	Cenizas de biomasa arbórea	12.62	8% ceniza	6.13 kg /cm ²	Cenizas
			10% ceniza	4.56 kg /cm ²	
I - 026	Ceniza de cascara de huevo y cascara de arroz	16.24	2% cáscara de huevo + 2% cáscara arroz	14.30 kg /cm ²	
			3% cáscara de huevo + 3% cáscara arroz	15.27 kg /cm ²	

Figura 8: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con cenizas

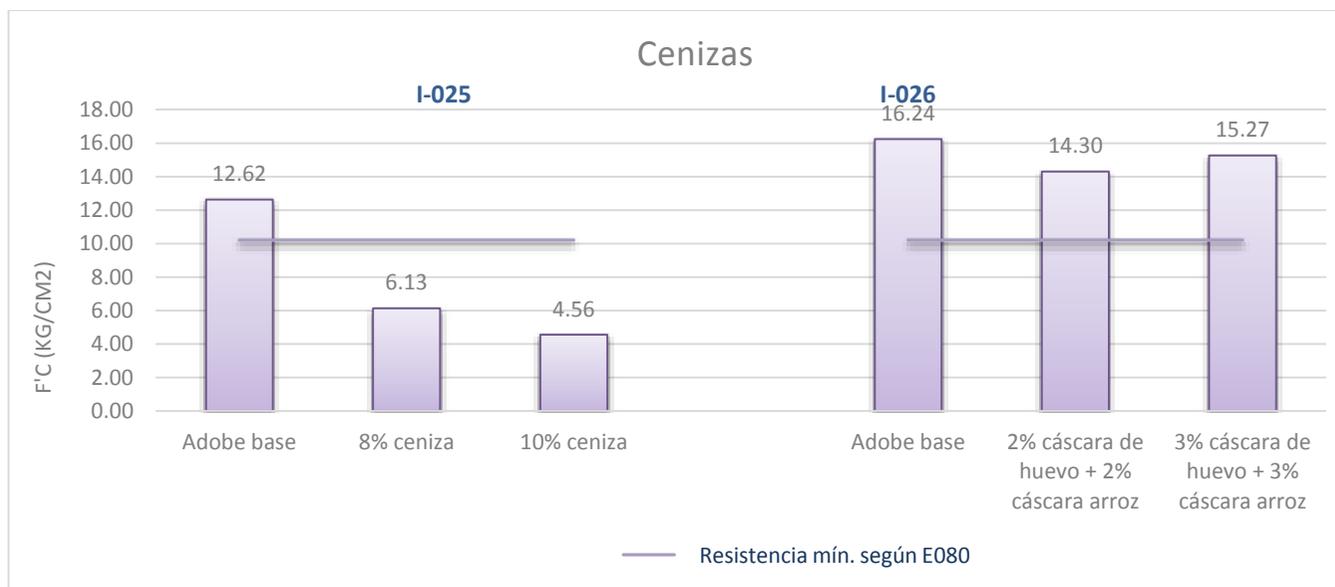
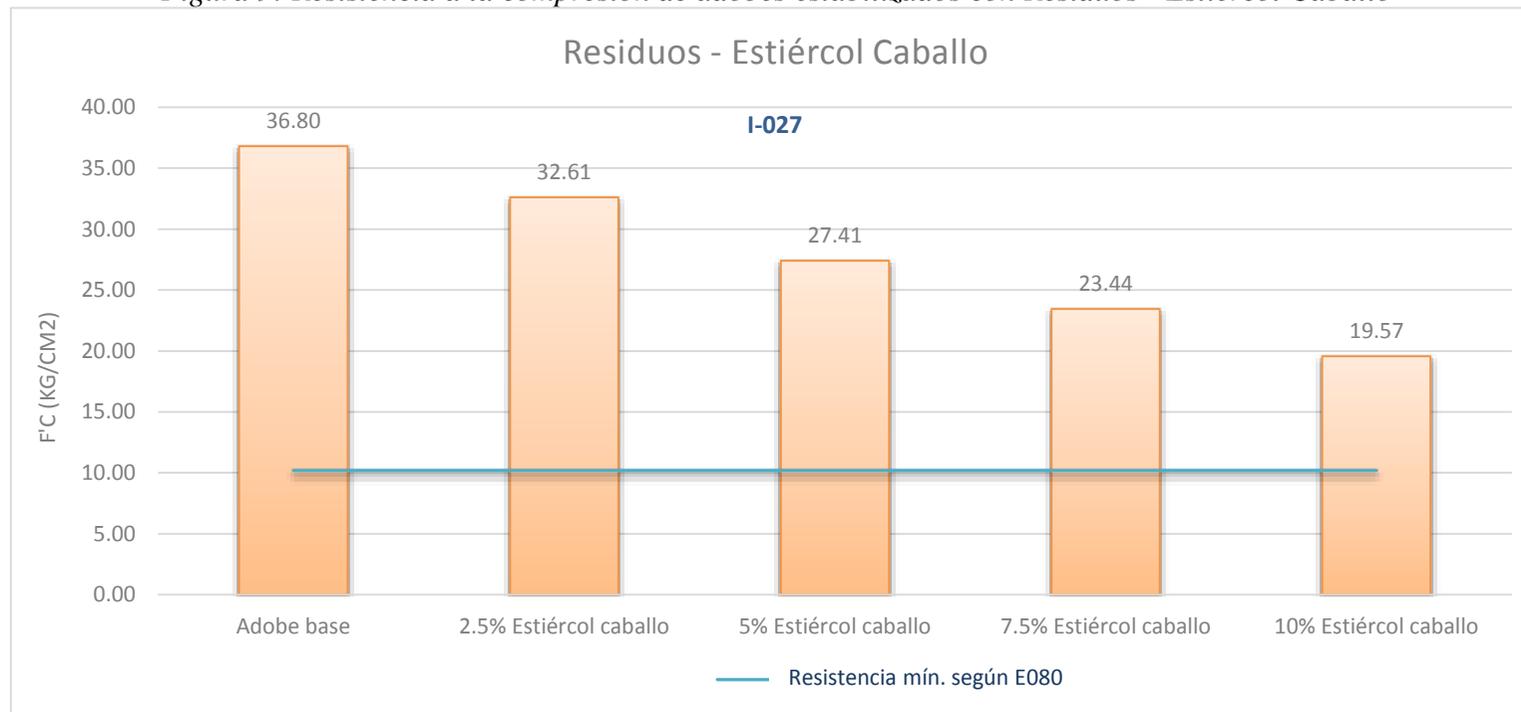


Tabla 13: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Residuos - Estiércol Caballo

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 027	Estiércol de caballo	36.80	2.5% Estiércol caballo	32.61 kg /cm ²	Residuos Estiércol de caballo
			5% Estiércol caballo	27.41 kg /cm ²	
			7.5% Estiércol caballo	23.44 kg /cm ²	
			10% Estiércol caballo	19.57 kg /cm ²	

Figura 9: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Residuos - Estiércol Caballo



3.4.2 Origen inorgánico

Tabla 14: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con agregados

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
T - 028	Adobe estabilizado con confitillo	11.57	25% confitillo	6.96 kg /cm ²	Agregado
			30% confitillo	6.89 kg /cm ²	
			35% confitillo	6.83 kg /cm ²	
T - 029	Con adición de cantería triturada	24.14	5% cantería	23.30 kg /cm ²	
			10% cantería	25.99 kg /cm ²	
			15% cantería	25.55 kg /cm ²	
T - 030	Garbancillo (tipo agregado)	18.85	10%	23.59 kg /cm ²	
			20%	32.49 kg /cm ²	

Figura 10: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con agregados

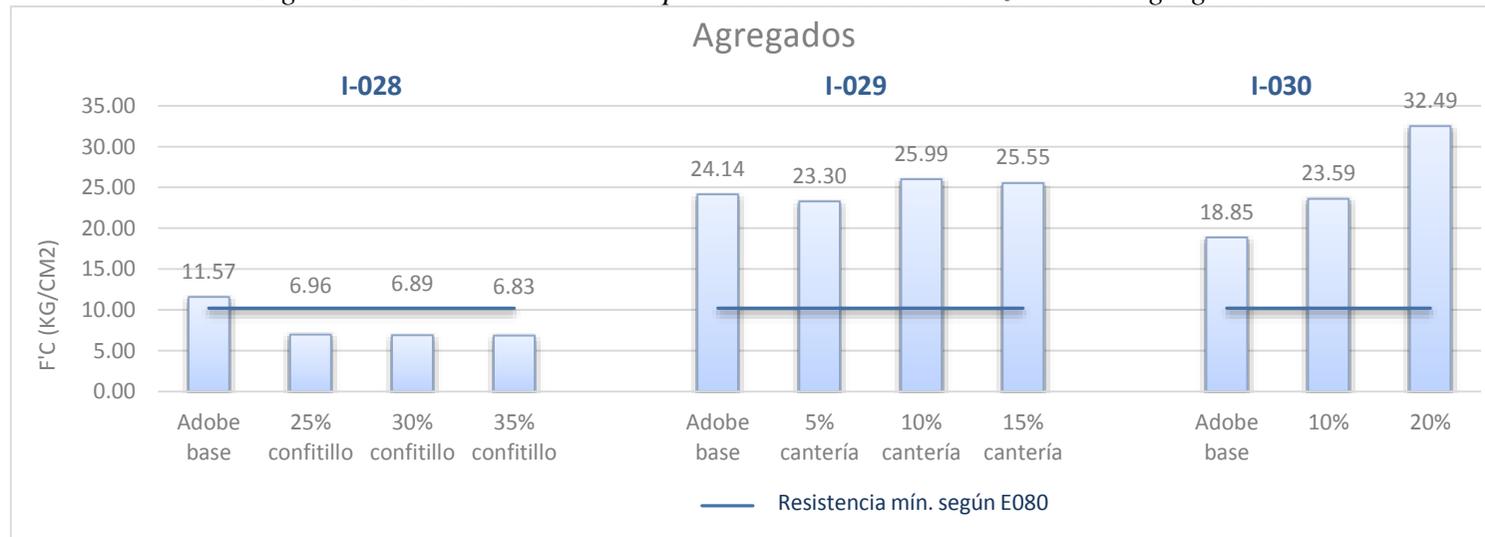


Tabla 15: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con desperdicio de construcción

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 031	Reemplazo de desperdicio de ladrillo	18.41	5% desp. ladrillo	23.84 kg /cm ²	Desperdicio de construcción
			10% desp. ladrillo	15.37 kg /cm ²	
			15% desp. ladrillo	11.57 kg /cm ²	
I - 032	Cerámica triturada	46.58	5% Cerámica triturada	43.97 kg /cm ²	
			10% Cerámica triturada	40.91 kg /cm ²	
			15% Cerámica triturada	39.86 kg /cm ²	

Figura 11: Resistencia a la compresión de adobes con adicicionantes de Desperdicio de construcción



3.4.2 Origen químico

Tabla 16: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Aglomerantes (Cal y cemento)

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 004	Cemento, cal y viruta	15.28	1% cal	15.67 kg /cm ²	Aglomerantes (Cal y cemento)
			3% cal	17.92 kg /cm ²	
			6% cal	24.83 kg /cm ²	
			1% cemento	14.04 kg /cm ²	
			3% cemento	14.57 kg /cm ²	
			6% cemento	17.67 kg /cm ²	
I - 033	Adobe estabilizado con cal	14.09	5% cal	15.39 kg /cm ²	
			10% cal	15.99 kg /cm ²	
			15% cal	16.95 kg /cm ²	
			20% cal	18.57 kg /cm ²	
I - 034	Adobe estabilizado con cal	13.08	6% cal	5.58 kg /cm ²	
			12% cal	4.25 kg /cm ²	
			18% cal	2.96 kg /cm ²	
I - 035	Cal Hidratada	25.49	2% cal H	9.76 kg /cm ²	
			4% cal H	13.55 kg /cm ²	
			6% cal H	14.88 kg /cm ²	
I - 036	Adición de cemento	20.75	2% cemento	22.80 kg /cm ²	
			4% cemento	27.47 kg /cm ²	
			6% cemento	24.81 kg /cm ²	
			8% cemento	23.83 kg /cm ²	
I - 037	Bloques con cal y cemento	11.23	3% (1%cal + 2%cemento)	46.93 kg /cm ²	
			6% (2%cal + 4%cemento)	56.01 kg /cm ²	
			9% (3%cal + 6%cemento)	63.00 kg /cm ²	
			12% (4%cal + 8%cemento)	73.47 kg /cm ²	

Figura 12: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con Aglomerantes (Cal y cemento)

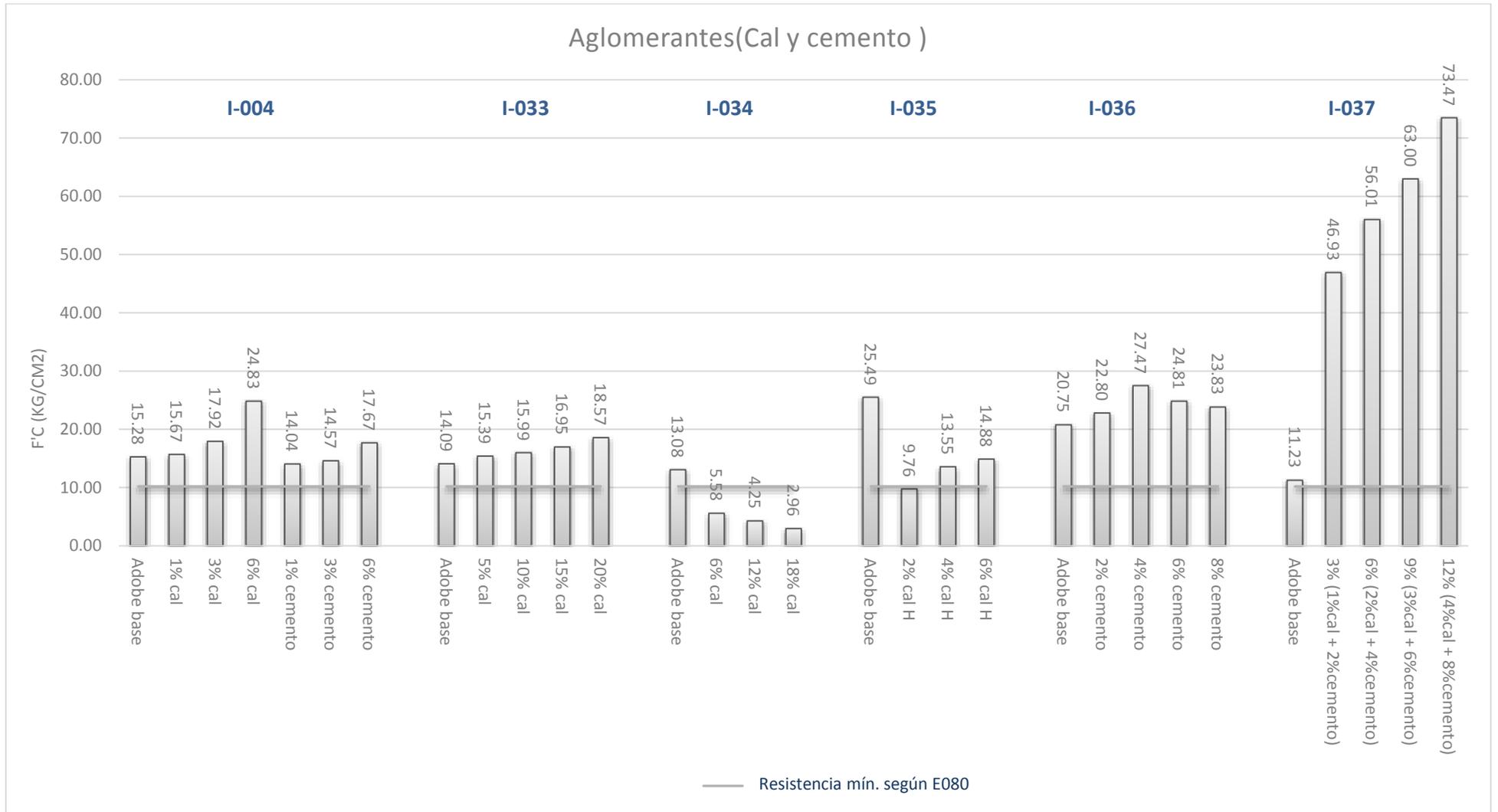


Tabla 17: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - PET

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 024	Flakes de tereftalato de polietileno y fibras de lana	26.66	0.5% Flakes de Tereftalato de polietileno	26.56 kg /cm ²	PET PRODUCTO SINTÉTICO
			1% Flakes de Tereftalato de polietileno	23.85 kg /cm ²	
			1.5% Flakes de Tereftalato de polietileno	23.60 kg /cm ²	
I - 038	Adobe estabilizado con fibras de PET triturado	12.52	0.5% fibras de PET	12.06 kg /cm ²	
			1% fibras de PET	12.27 kg /cm ²	
			1.5% fibras de PET	12.54 kg /cm ²	
			2% fibras de PET	13.28 kg /cm ²	
			2.5% fibras de PET	14.24 kg /cm ²	
I - 039	Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras sintéticas de polipropileno	16.61	0.25% fibras sintéticas	19.13 kg /cm ²	
			0.5% fibras sintéticas	24.32 kg /cm ²	
			0.75% fibras sintéticas	21.57 kg /cm ²	
I - 040	Fibra de botellas plásticas	15.05	4% Fibra de botellas	11.05 kg /cm ²	
			8% Fibra de botellas	14.45 kg /cm ²	
			12% Fibra de botellas	16.40 kg /cm ²	

Figura 13: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - PET

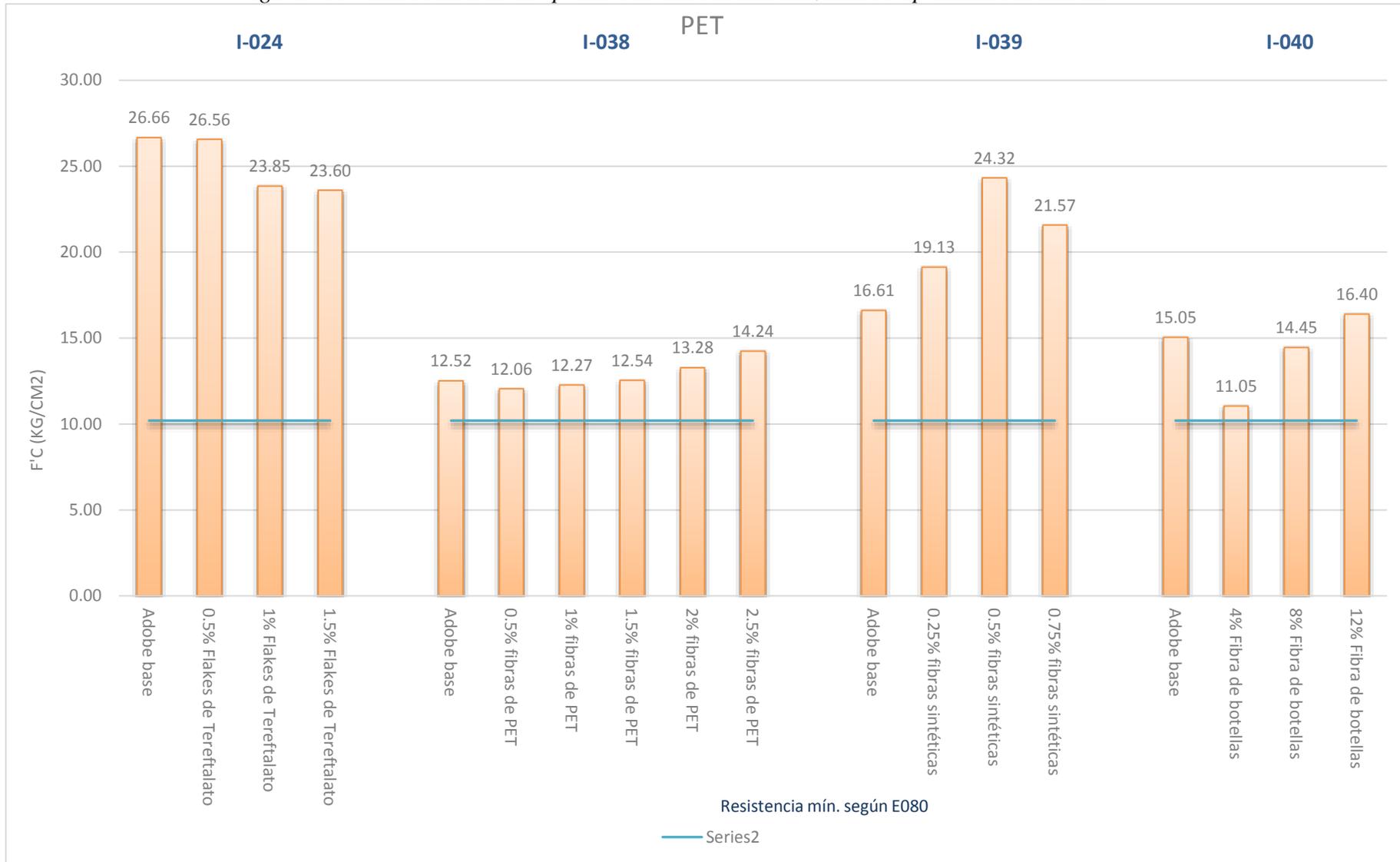


Tabla 18: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Caucho

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 041	Adobe compactado con caucho triturado de neumático	24.18	1% caucho triturado	22.42 kg /cm ²	Caucho
			2.5% caucho triturado	20.34 kg /cm ²	
			5% caucho triturado	18.62 kg /cm ²	
I - 042	Incorporación de cal y fibras de caucho	15.78	1% Cal y 0.5% Fibra caucho	17.10 kg /cm ²	
			2% Cal y 1% Fibra caucho	19.93 kg /cm ²	
			3% Cal y 1.5% Fibra caucho	24.11 kg /cm ²	
I - 002	Adobe estabilizado con viruta y caucho	22.22	2% caucho	27.57 kg /cm ²	
			3% caucho	25.82 kg /cm ²	
			5% caucho	25.18 kg /cm ²	

Figura 14: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Caucho

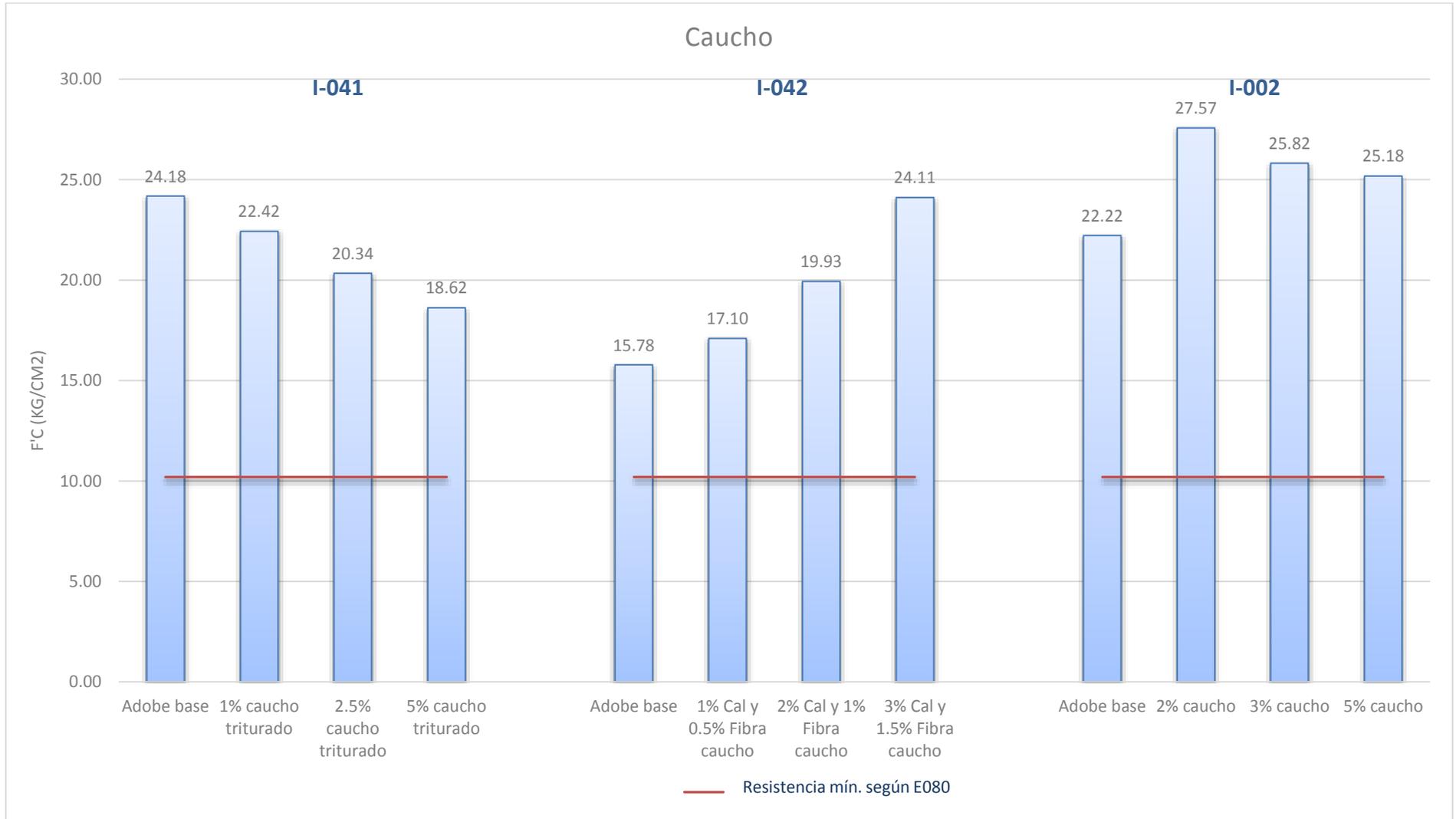


Tabla 19: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Malla Metálica

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 043	Filamentos de malla mosquitero y raschel	11.97	Malla Raschel 2"	22.02 kg /cm ²	Malla Metálica PRODUCTO SINTÉTICO
			Malla Raschel 2.5"	23.57 kg /cm ²	
			Malla Raschel 3"	24.40 kg /cm ²	
			Malla Mosquitero 3"	19.47 kg /cm ²	
			Malla Mosquitero 2.5"	18.64 kg /cm ²	
			Malla Mosquitero 2"	18.50 kg /cm ²	

Figura 15: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Malla Metálica

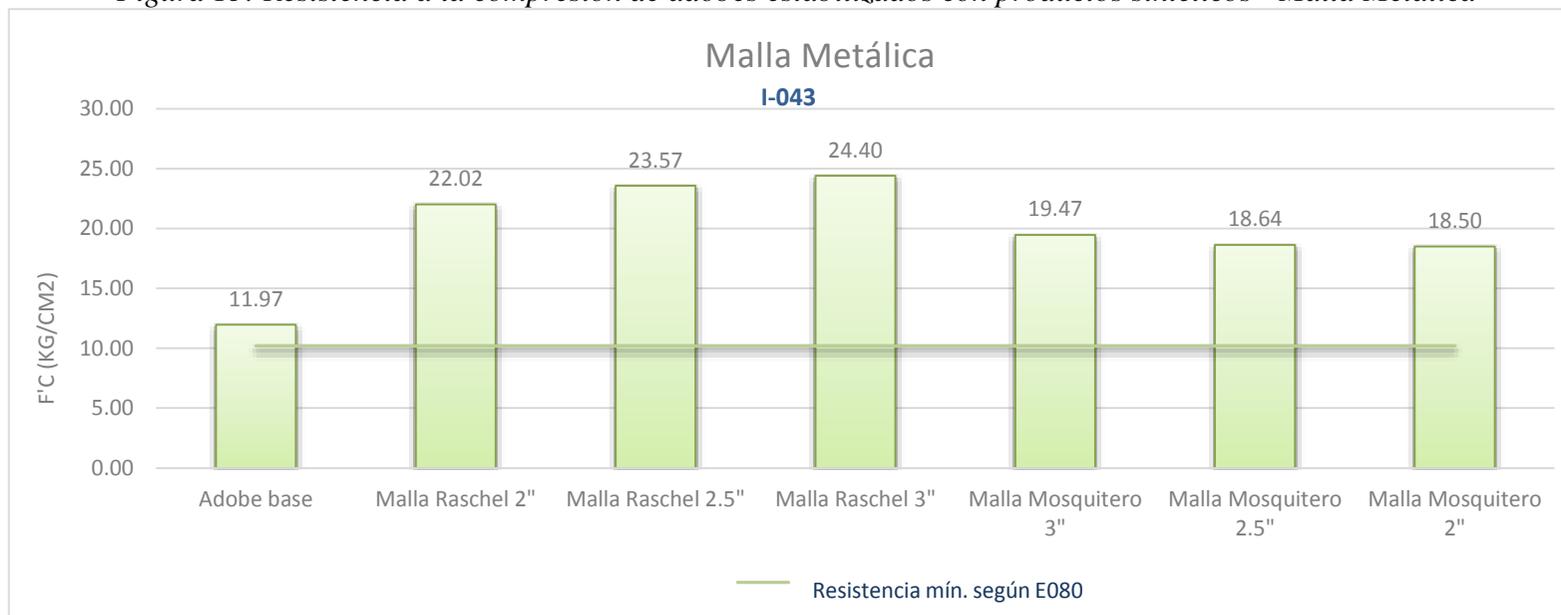


Tabla 20: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - viruta metálica

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 044	Viruta metálica	16.69	1.5% Viruta metálica	38.21 kg /cm ²	Viruta metálica PRODUCTO SINTÉTICO
			3% Viruta metálica	50.12 kg /cm ²	
			4.5% Viruta metálica	54.94 kg /cm ²	

Figura 16: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - viruta metálica

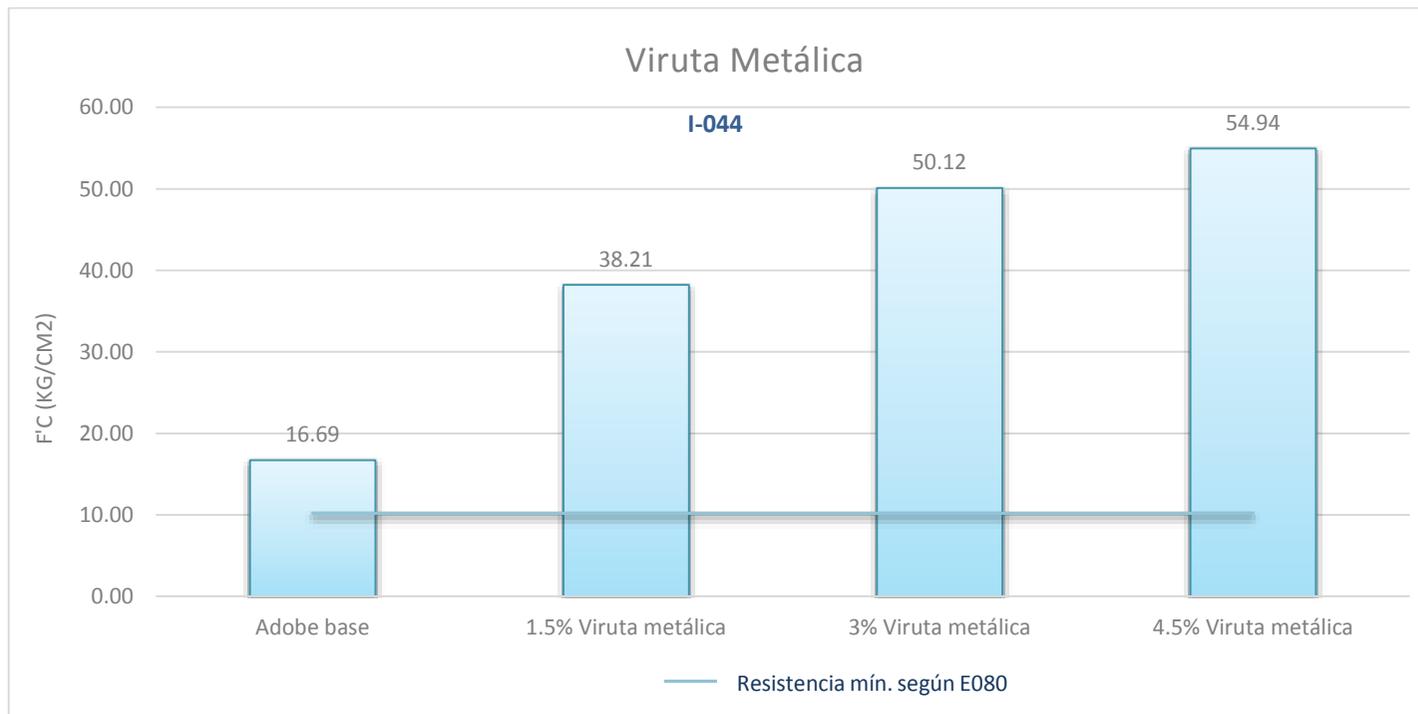


Tabla 21: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Asfalto

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 045	Adicionando emulsión asfáltica	17.15	2% emulsión asfáltica	20.06 kg /cm ²	Asfalto PRODUCTO SINTÉTICO
			3% emulsión asfáltica	26.85 kg /cm ²	
			4% emulsión asfáltica	38.85 kg /cm ²	

Figura 17: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Asfalto

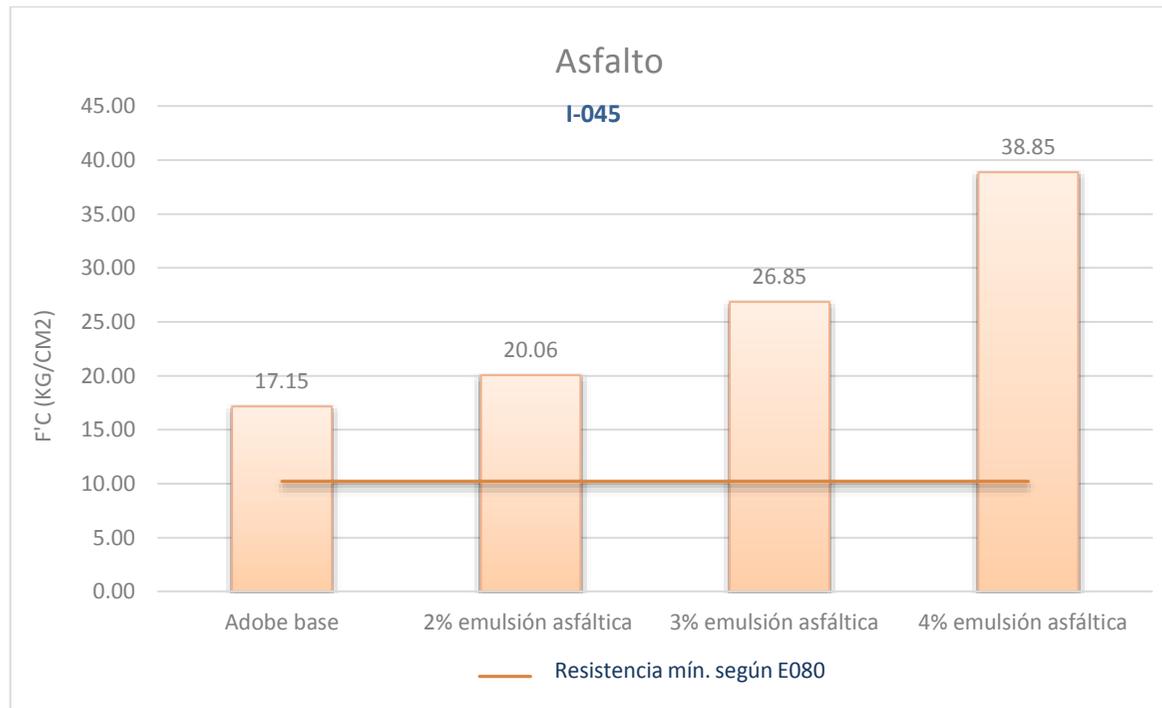


Tabla 22: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Fibra de vidrio

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 046	Fibra tipo E (vidrio)	22.52	3% fibra vidrio	16.42 kg /cm ²	Fibra de vidrio PRODUCTO SINTÉTICO
			5% fibra vidrio	13.57 kg /cm ²	
			7% fibra vidrio	11.80 kg /cm ²	

Figura 18: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con productos sintéticos - Fibra de vidrio

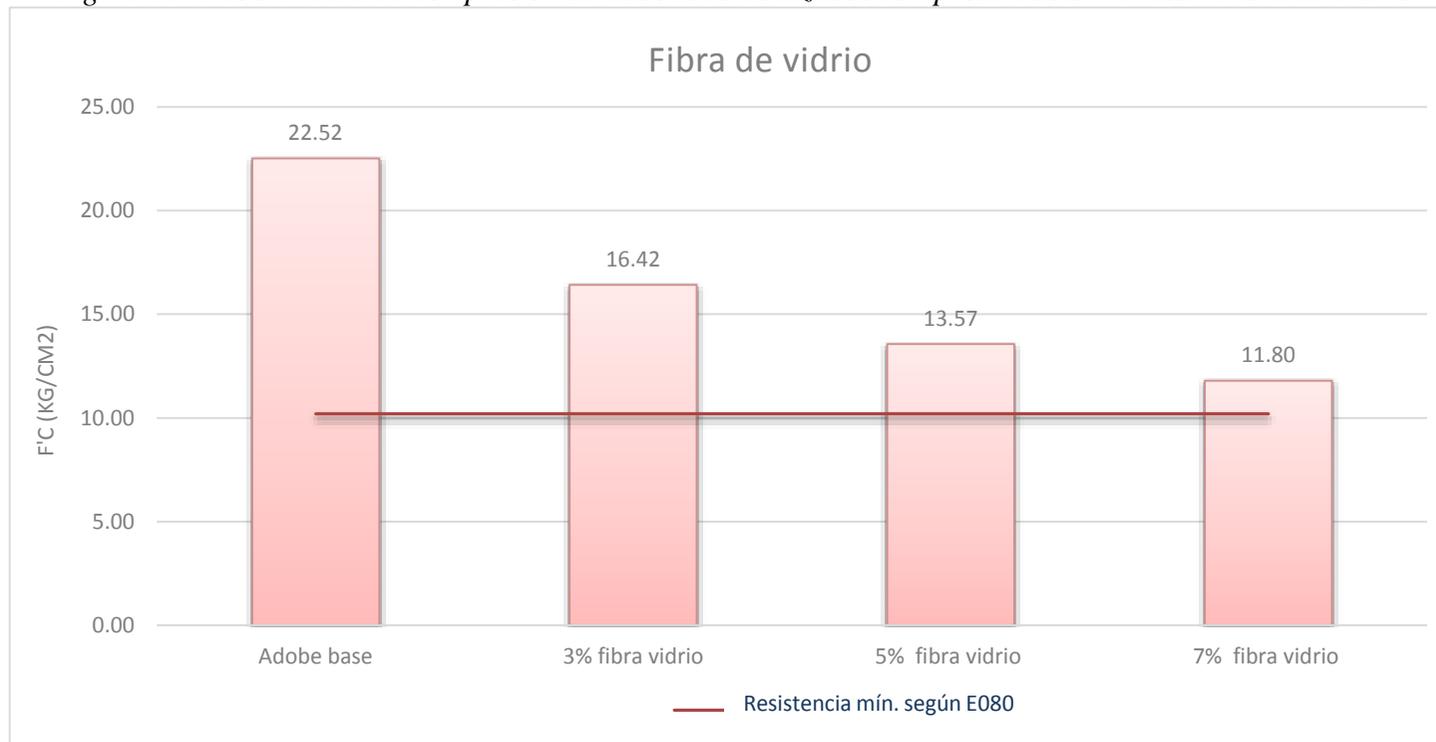


Tabla 23: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con sustancias químicas

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 047	Incorporar estearato de zinc	23.95	1% estearato de zinc	26.66 kg /cm ²	Sustancia química
			2% estearato de zinc	24.32 kg /cm ²	
			3% estearato de zinc	18.38 kg /cm ²	

Figura 19: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con sustancias químicas

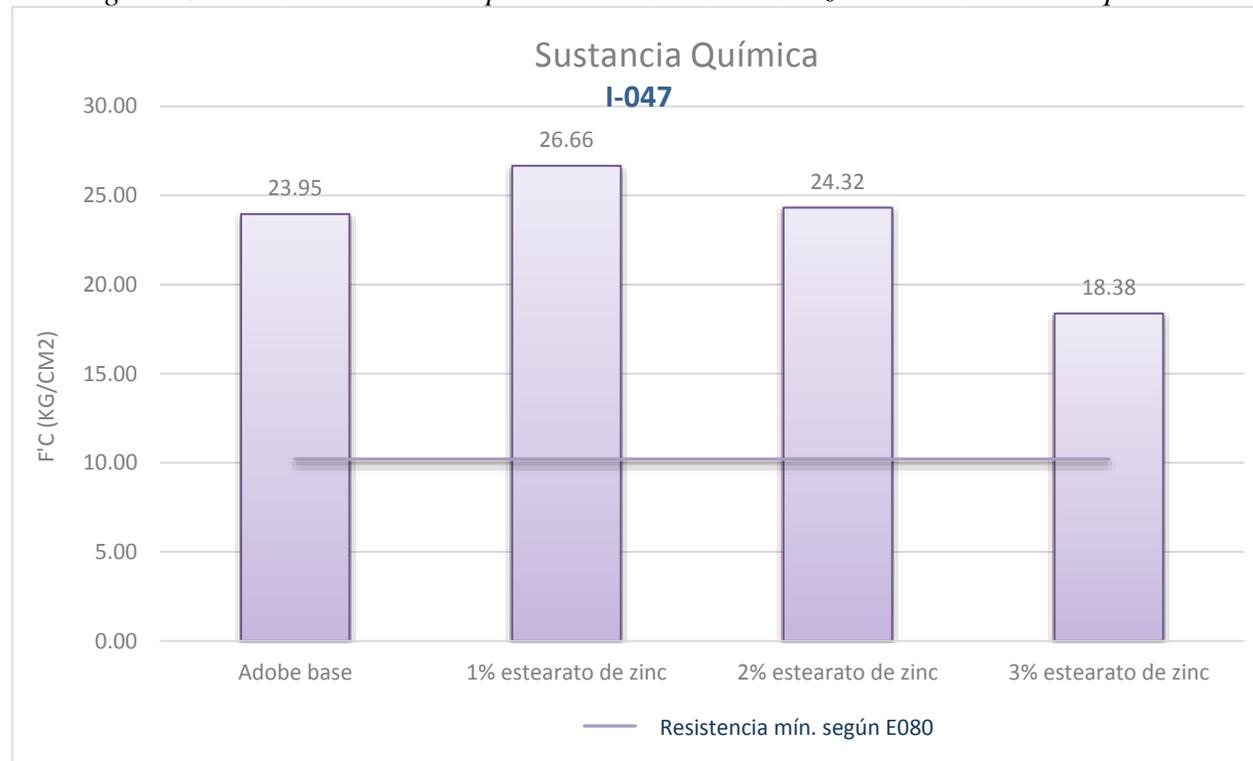


Tabla 24: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con aditivo

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 048	Incorporación de bentonita sódica	15.76	8% bentonita sódica	23.04 kg /cm ²	Aditivo
			12% bentonita sódica	31.10 kg /cm ²	
			16% bentonita sódica	42.18 kg /cm ²	

Figura 20: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con aditivo

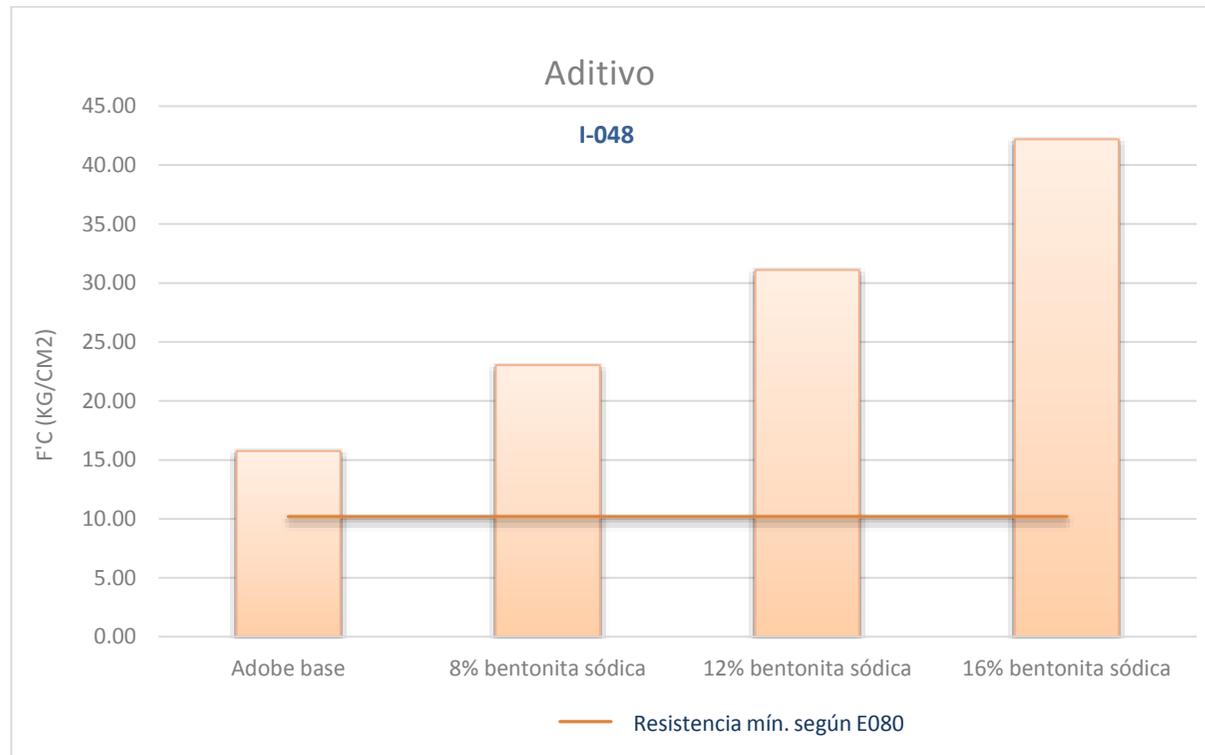
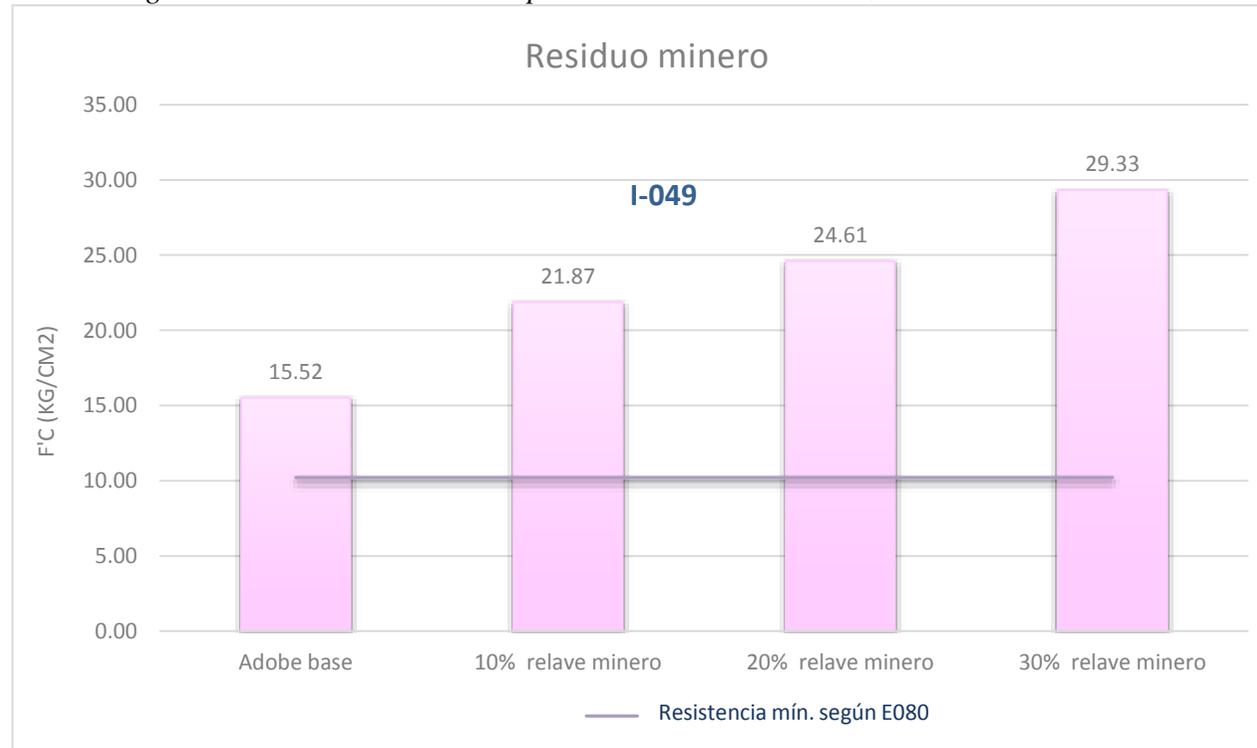


Tabla 25: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con residuo minero

COD	Estabilizante	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm ²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	Clasificación
I - 049	Adobe estabilizado con relave minero de Ticapampa	15.52	10% relave minero	21.87 kg /cm ²	Residuo minero
			20% relave minero	24.61 kg /cm ²	
			30% relave minero	29.33 kg /cm ²	

Figura 21: Resistencia a la compresión de adobes estabilizados con relave minero



3.5. Resultados en porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con respecto al adobe base estabilizante al adobe

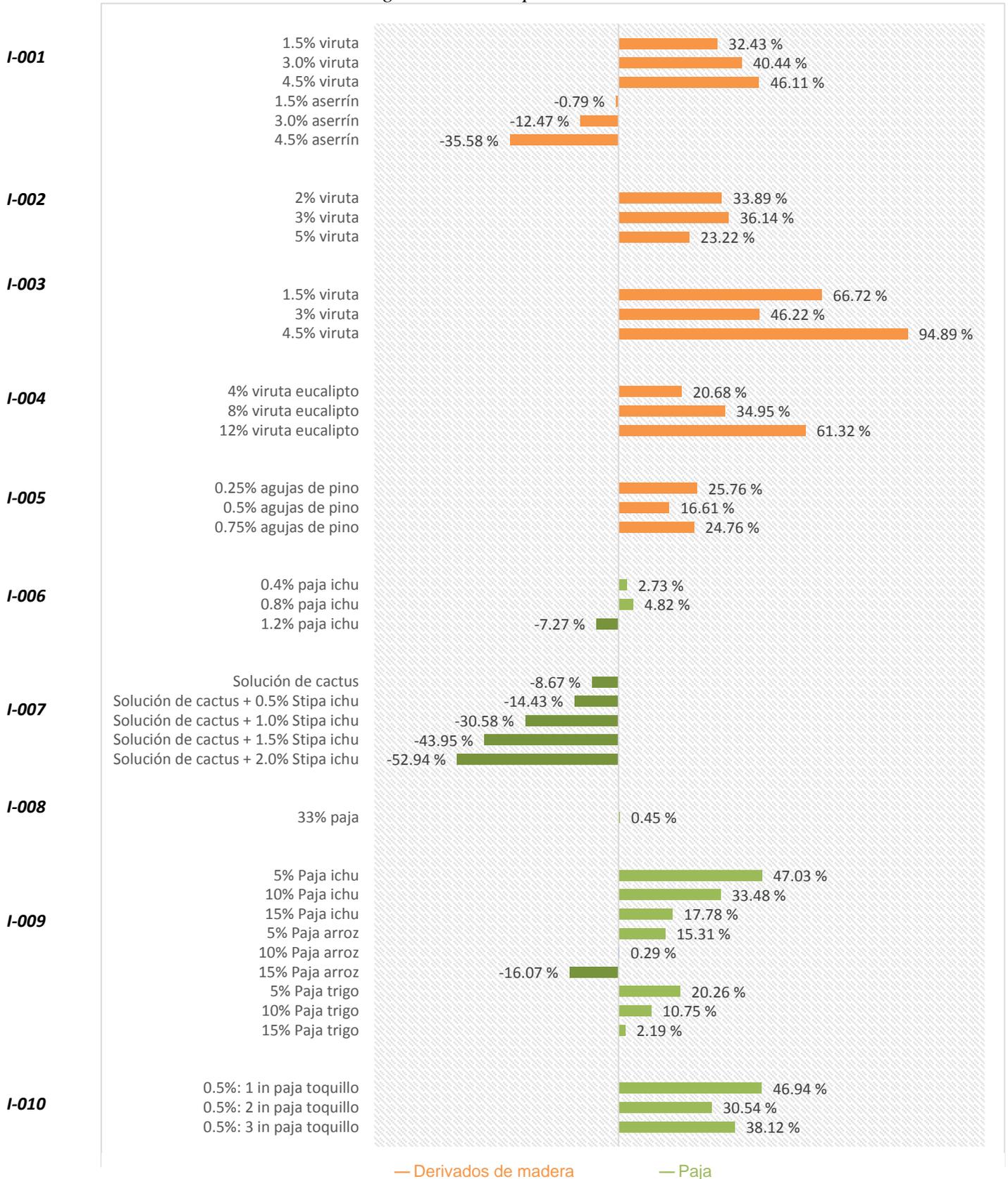
Tabla 26: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con orgánicos con respecto al adobe base

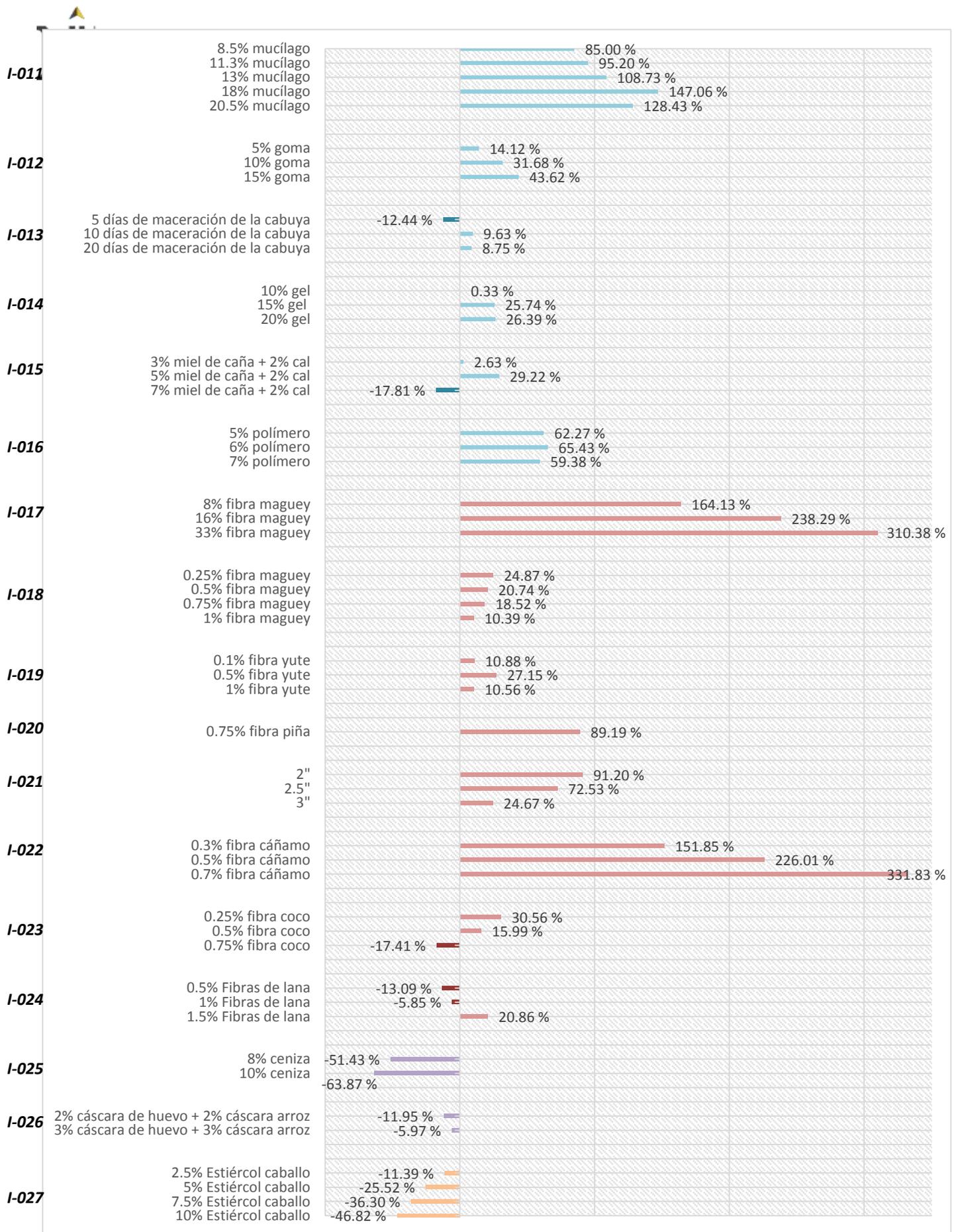
COD	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	% Variación de la resistencia	Clasificación
I - 001	21.17	1.5% viruta	28.04 kg /cm ²	32.43 %	Derivados de Madera
		3.0% viruta	29.74 kg /cm ²	40.44 %	
		4.5% viruta	30.94 kg /cm ²	46.11 %	
		1.5% aserrín	21.01 kg /cm ²	-0.79 %	
		3.0% aserrín	18.53 kg /cm ²	-12.47 %	
		4.5% aserrín	13.64 kg /cm ²	-35.58 %	
I - 002	22.22	2% viruta	29.75 kg /cm ²	33.89 %	
		3% viruta	30.25 kg /cm ²	36.14 %	
		5% viruta	27.38 kg /cm ²	23.22 %	
I - 003	26.05	1.5% viruta	43.43 kg /cm ²	66.72 %	
		3% viruta	38.09 kg /cm ²	46.22 %	
		4.5% viruta	50.77 kg /cm ²	94.89 %	
I - 004	15.28	4% viruta eucalipto	18.44 kg /cm ²	20.68 %	
		8% viruta eucalipto	20.62 kg /cm ²	34.95 %	
		12% viruta eucalipto	24.65 kg /cm ²	61.32 %	
I - 005	30.05	0.25% agujas de pino	37.79 kg /cm ²	25.76 %	
		0.5% agujas de pino	35.04 kg /cm ²	16.61 %	
		0.75% agujas de pino	37.49 kg /cm ²	24.76 %	
I - 006	13.90	0.4% paja ichu	14.28 kg /cm ²	2.73 %	Paja
		0.8% paja ichu	14.57 kg /cm ²	4.82 %	
		1.2% paja ichu	12.89 kg /cm ²	-7.27 %	
I - 007	37.70	Solución de cactus	34.43 kg /cm ²	-8.67 %	
		Solución de cactus + 0.5% Stipa ichu	32.26 kg /cm ²	-14.43 %	
		Solución de cactus + 1.0% Stipa ichu	26.17 kg /cm ²	-30.58 %	
		Solución de cactus + 1.5% Stipa ichu	21.13 kg /cm ²	-43.95 %	
		Solución de cactus + 2.0% Stipa ichu	17.74 kg /cm ²	-52.94 %	
I - 008	24.44	33% paja	24.55 kg /cm ²	0.45 %	
I - 009	21.03	5% Paja ichu	30.92 kg /cm ²	47.03 %	
		10% Paja ichu	28.07 kg /cm ²	33.48 %	

		15% Paja ichu	24.77 kg /cm ²	17.78 %	
		5% Paja arroz	24.25 kg /cm ²	15.31 %	
		10% Paja arroz	21.09 kg /cm ²	0.29 %	
		15% Paja arroz	17.65 kg /cm ²	-16.07 %	
		5% Paja trigo	25.29 kg /cm ²	20.26 %	
		10% Paja trigo	23.29 kg /cm ²	10.75 %	
		15% Paja trigo	21.49 kg /cm ²	2.19 %	
I - 010	22.22	0.5%: 1 in paja toquillo	32.64 kg /cm ²	46.94 %	
		0.5%: 2 in paja toquillo	29.00 kg /cm ²	30.54 %	
		0.5%: 3 in paja toquillo	30.68 kg /cm ²	38.12 %	
I - 011	10.20	8.5% mucílago	18.87 kg /cm ²	85.00 %	Resina vegetal
		11.3% mucílago	19.91 kg /cm ²	95.20 %	
		13% mucílago	21.29 kg /cm ²	108.73 %	
		18% mucílago	25.20 kg /cm ²	147.06 %	
		20.5% mucílago	23.30 kg /cm ²	128.43 %	
I - 012	19.19	5% goma	21.90 kg /cm ²	14.12 %	
		10% goma	25.27 kg /cm ²	31.68 %	
		15% goma	27.56 kg /cm ²	43.62 %	
I - 013	24.92	5 días de maceración de la cabuya	21.82 kg /cm ²	-12.44 %	
		10 días de maceración de la cabuya	27.32 kg /cm ²	9.63 %	
		20 días de maceración de la cabuya	27.10 kg /cm ²	8.75 %	
I - 014	51.12	10% gel	51.29 kg /cm ²	0.33 %	
		15% gel	64.28 kg /cm ²	25.74 %	
		20% gel	64.61 kg /cm ²	26.39 %	
I - 015	14.82	3% miel de caña + 2% cal	15.21 kg /cm ²	2.63 %	
		5% miel de caña + 2% cal	19.15 kg /cm ²	29.22 %	
		7% miel de caña + 2% cal	12.18 kg /cm ²	-17.81 %	
I - 016	14.55	5% polímero	23.61 kg /cm ²	62.27 %	
		6% polímero	24.07 kg /cm ²	65.43 %	
		7% polímero	23.19 kg /cm ²	59.38 %	
I - 017	11.34	8% fibra maguey	29.95 kg /cm ²	164.13 %	Fibras
		16% fibra maguey	38.36 kg /cm ²	238.29 %	
		33% fibra maguey	46.54 kg /cm ²	310.38 %	
I - 018	19.82	0.25% fibra maguey	24.75 kg /cm ²	24.87 %	
		0.5% fibra maguey	23.93 kg /cm ²	20.74 %	
		0.75% fibra maguey	23.49 kg /cm ²	18.52 %	
		1% fibra maguey	21.88 kg /cm ²	10.39 %	
I - 019	43.11	0.1% fibra yute	47.80 kg /cm ²	10.88 %	
		0.5% fibra yute	54.81 kg /cm ²	27.15 %	
		1% fibra yute	47.66 kg /cm ²	10.56 %	

I - 020	12.40	0.75% fibra piña	23.46 kg /cm ²	89.19 %	
I - 021	19.66	2"	37.59 kg /cm ²	91.20 %	
		2.5"	33.92 kg /cm ²	72.53 %	
		3"	24.51 kg /cm ²	24.67 %	
I - 022	10.84	0.3% fibra cáñamo	27.30 kg /cm ²	151.85 %	
		0.5% fibra cáñamo	35.34 kg /cm ²	226.01 %	
		0.7% fibra cáñamo	46.81 kg /cm ²	331.83 %	
I - 023	28.21	0.25% fibra coco	36.83 kg /cm ²	30.56 %	
		0.5% fibra coco	32.72 kg /cm ²	15.99 %	
		0.75% fibra coco	23.30 kg /cm ²	-17.41 %	
I - 024	26.66	0.5% Fibras de lana	23.17 kg /cm ²	-13.09 %	
		1% Fibras de lana	25.10 kg /cm ²	-5.85 %	
		1.5% Fibras de lana	32.22 kg /cm ²	20.86 %	
I - 025	12.62	8% ceniza	6.13 kg /cm ²	-51.43 %	Cenizas
		10% ceniza	4.56 kg /cm ²	-63.87 %	
I - 026	16.24	2% cáscara de huevo + 2% cáscara arroz	14.30 kg /cm ²	-11.95 %	
		3% cáscara de huevo + 3% cáscara arroz	15.27 kg /cm ²	-5.97 %	
I - 027	36.80	2.5% Estiércol caballo	32.61 kg /cm ²	-11.39 %	Residuos Estiércol de caballo
		5% Estiércol caballo	27.41 kg /cm ²	-25.52 %	
		7.5% Estiércol caballo	23.44 kg /cm ²	-36.30 %	
		10% Estiércol caballo	19.57 kg /cm ²	-46.82 %	

Figura 22: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con orgánicos con respecto al adobe base





— Resina vegetal

— Fibras

— Ceniza

— Residuos

Tabla 27: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con inorgánicos con respecto al adobe base estabilizante al adobe

COD	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	% Aumento de la resistencia	Clasificación
I - 028	11.57	25% confitillo	6.96 kg /cm ²	-39.84 %	Agregado
		30% confitillo	6.89 kg /cm ²	-40.45 %	
		35% confitillo	6.83 kg /cm ²	-40.97 %	
I - 029	24.14	5% cantería	23.30 kg /cm ²	-3.49 %	
		10% cantería	25.99 kg /cm ²	7.66 %	
		15% cantería	25.55 kg /cm ²	5.82 %	
I - 030	18.85	10%	25.99 kg / cm ²	25.15%	
		20%	25.55 kg /cm ²	72.36%	
I - 031	18.41	5% desp ladrillo	23.84 kg /cm ²	29.53 %	Desperdicio de construcción
		10% desp ladrillo	15.37 kg /cm ²	-16.48 %	
		15% desp ladrillo	11.57 kg /cm ²	-37.14 %	
I - 032	46.58	5% Cerámica triturada	43.97 kg /cm ²	-5.60 %	
		10% Cerámica triturada	40.91 kg /cm ²	-12.17 %	
		15% Cerámica triturada	39.86 kg /cm ²	-14.43 %	

Figura 23: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con inorgánicos con respecto al adobe base

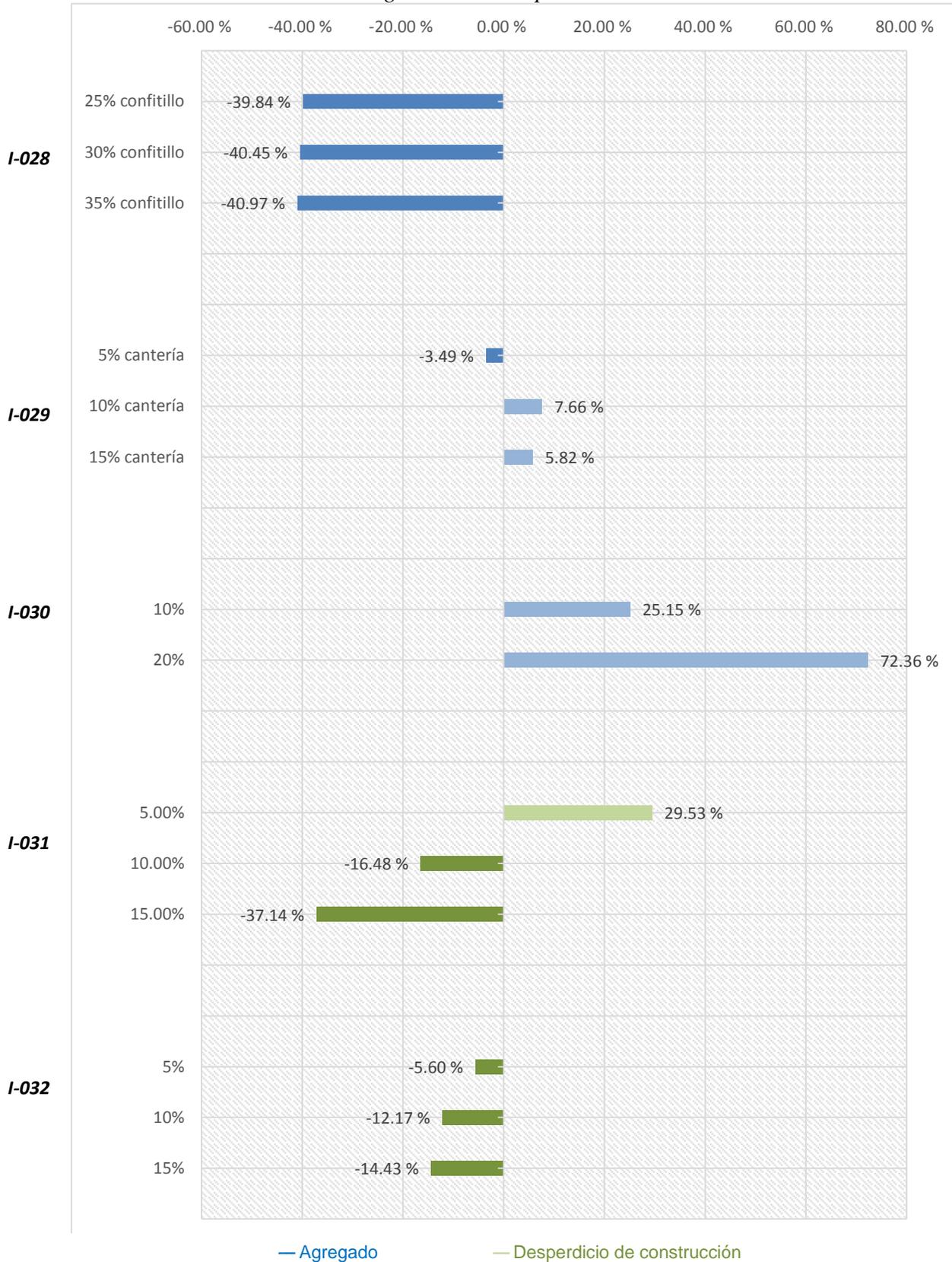


Tabla 28: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con químicos con respecto al adobe base

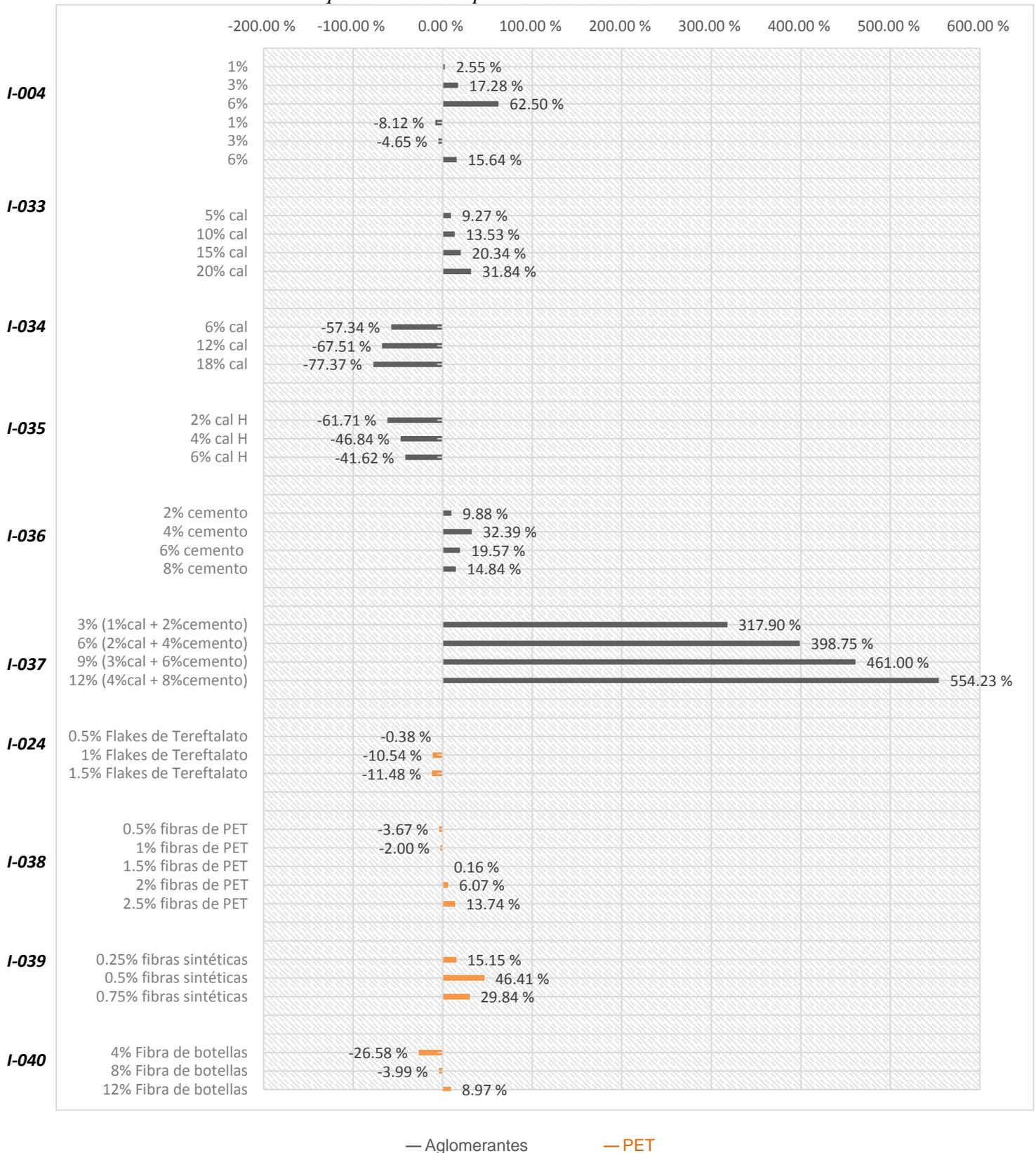
COD	Resistencia a la compresión de adobe base (kg/cm²)	Forma de adición	Resistencia x % Adición	% Aumento de la resistencia	Clasificación
I - 004	15.28	1% cal	15.67 kg /cm ²	2.55 %	Aglomerantes (Cal y cemento)
		3% cal	17.92 kg /cm ²	17.28 %	
		6% cal	24.83 kg /cm ²	62.50 %	
		1% cemento	14.04 kg /cm ²	-8.12 %	
		3% cemento	14.57 kg /cm ²	-4.65 %	
		6% cemento	17.67 kg /cm ²	15.64 %	
I - 033	14.09	5% cal	15.39 kg /cm ²	9.27 %	
		10% cal	15.99 kg /cm ²	13.53 %	
		15% cal	16.95 kg /cm ²	20.34 %	
		20% cal	18.57 kg /cm ²	31.84 %	
I - 034	13.08	6% cal	5.58 kg /cm ²	-57.34 %	
		12% cal	4.25 kg /cm ²	-67.51 %	
		18% cal	2.96 kg /cm ²	-77.37 %	
I - 035	25.49	2% cal H	9.76 kg /cm ²	-61.71 %	
		4% cal H	13.55 kg /cm ²	-46.84 %	
		6% cal H	14.88 kg /cm ²	-41.62 %	
I - 036	20.75	2% cemento	22.80 kg /cm ²	9.88 %	
		4% cemento	27.47 kg /cm ²	32.39 %	
		6% cemento	24.81 kg /cm ²	19.57 %	
		8% cemento	23.83 kg /cm ²	14.84 %	
I - 037	11.23	3% (1%cal + 2%cemento)	46.93 kg /cm ²	317.90 %	
		6% (2%cal + 4%cemento)	56.01 kg /cm ²	398.75 %	
		9% (3%cal + 6%cemento)	63.00 kg /cm ²	461.00 %	
		12% (4%cal + 8%cemento)	73.47 kg /cm ²	554.23 %	
I - 024	26.66	0.5% Flakes de Tereftalato de polietileno	26.56 kg /cm ²	-0.38 %	PET
		1% Flakes de Tereftalato de polietileno	23.85 kg /cm ²	-10.54 %	

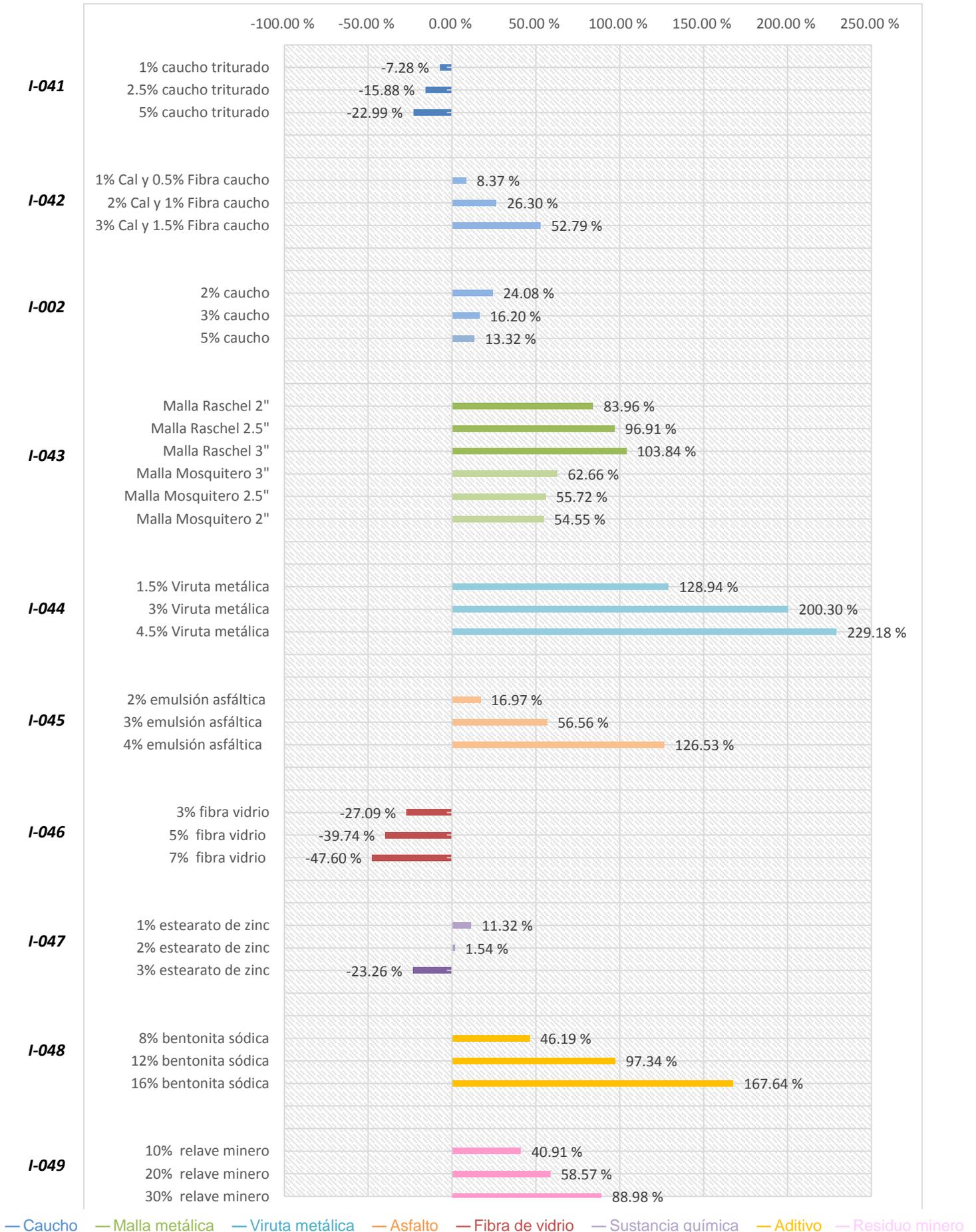
		1.5% Flakes de Tereftalato de polietileno	23.60 kg /cm ²	-11.48 %	
I - 038	12.52	0.5% fibras de PET	12.06 kg /cm ²	-3.67 %	
		1% fibras de PET	12.27 kg /cm ²	-2.00 %	
		1.5% fibras de PET	12.54 kg /cm ²	0.16 %	
		2% fibras de PET	13.28 kg /cm ²	6.07 %	
		2.5% fibras de PET	14.24 kg /cm ²	13.74 %	
I - 039	16.61	0.25% fibras sintéticas	19.13 kg /cm ²	15.15 %	
		0.5% fibras sintéticas	24.32 kg /cm ²	46.41 %	
		0.75% fibras sintéticas	21.57 kg /cm ²	29.84 %	
I - 040	15.05	4% Fibra de botellas	11.05 kg /cm ²	-26.58 %	
		8% Fibra de botellas	14.45 kg /cm ²	-3.99 %	
		12% Fibra de botellas	16.40 kg /cm ²	8.97 %	
I - 041	24.18	1% caucho triturado	22.42 kg /cm ²	-7.28 %	Caucho
		2.5% caucho triturado	20.34 kg /cm ²	-15.88 %	
		5% caucho triturado	18.62 kg /cm ²	-22.99 %	
I - 042	15.78	1% Cal y 0.5% Fibra caucho	17.10 kg /cm ²	8.37 %	
		2% Cal y 1% Fibra caucho	19.93 kg /cm ²	26.30 %	
		3% Cal y 1.5% Fibra caucho	24.11 kg /cm ²	52.79 %	
I - 002	22.22	2% caucho	27.57 kg /cm ²	24.08 %	
		3% caucho	25.82 kg /cm ²	16.20 %	
		5% caucho	25.18 kg /cm ²	13.32 %	
I - 043	11.97	Malla Raschel 2"	22.02 kg /cm ²	83.96 %	Malla Metálica
		Malla Raschel 2.5"	23.57 kg /cm ²	96.91 %	
		Malla Raschel 3"	24.40 kg /cm ²	103.84 %	
		Malla Mosquitero 3"	19.47 kg /cm ²	62.66 %	
		Malla Mosquitero 2.5"	18.64 kg /cm ²	55.72 %	
		Malla Mosquitero 2"	18.50 kg /cm ²	54.55 %	

I - 044	16.69	1.5% Viruta metálica	38.21 kg /cm ²	128.94 %	Viruta metálica
		3% Viruta metálica	50.12 kg /cm ²	200.30 %	
		4.5% Viruta metálica	54.94 kg /cm ²	229.18 %	
I - 045	17.15	2% emulsión asfáltica	20.06 kg /cm ²	16.97 %	Asfalto
		3% emulsión asfáltica	26.85 kg /cm ²	56.56 %	
		4% emulsión asfáltica	38.85 kg /cm ²	126.53 %	
I - 046	22.52	3% fibra vidrio	16.42 kg /cm ²	-27.09 %	Fibra de vidrio
		5% fibra vidrio	13.57 kg /cm ²	-39.74 %	
		7% fibra vidrio	11.80 kg /cm ²	-47.60 %	
I - 047	23.95	1% estearato de zinc	26.66 kg /cm ²	11.32 %	Sustancia química
		2% estearato de zinc	24.32 kg /cm ²	1.54 %	
		3% estearato de zinc	18.38 kg /cm ²	-23.26 %	
I - 048	15.76	8% bentonita sódica	23.04 kg /cm ²	46.19 %	Aditivo
		12% bentonita sódica	31.10 kg /cm ²	97.34 %	
		16% bentonita sódica	42.18 kg /cm ²	167.64 %	
I - 049	15.52	10% relave minero	21.87 kg /cm ²	40.91 %	Residuo minero
		20% relave minero	24.61 kg /cm ²	58.57 %	
		30% relave minero	29.33 kg /cm ²	88.98 %	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 24: Porcentaje de la variación de resistencia a la compresión de adobe estabilizado con químicos con respecto al adobe base





3.6. Resultados de los beneficios que genera el uso de estabilizantes

Tabla 29: Estudios de investigación de clasificación Orgánica I-001 a I-0027

Beneficios que genera el uso de estabilizantes Orgánicos	
Estabilizantes	Beneficios
Viruta, Paja ichu, Paja de trigo, Paja Toquillo, Mucilago de penca, fibras de maguey y cáñamo.	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionan mejoras en la resistencia a los movimientos o vibraciones sísmicas. • Pueden generar viviendas autoconstruidas de calidad, con aislamiento térmico y acústico, alta impermeabilidad y duraderas. • Los materiales de elaboración de los adobes se obtienen de manera local. • Contribuyen a construcciones económicas, por su bajo costo de producción. • Ayudan a la gestión eficiente de residuos, siendo más sostenible y ecoamigable. • Los residuos producidos al usar estos materiales no son contaminantes. Los materiales son parte de un proceso natural de degradación y se van reincorporando al medio ambiente. • Son materiales de construcción verdes, especialmente materiales de recursos renovables.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30: Estudios de investigación de clasificación Inorgánica I-028 a I032

Beneficios que genera el uso de estabilizantes Inorgánicos	
Estabilizantes	Beneficios
Garbancillo	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionan mejoras en la resistencia a los movimientos o vibraciones sísmicas. • Pueden generar viviendas autoconstruidas de calidad y duraderas. • Contribuyen a construcciones económicas, por su bajo costo de producción. • Ayudan a la gestión eficiente de residuos, siendo más sostenible y ecoamigable. • Ayudan a reducir el desperdicio no renovable, el uso de materias primas.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31: Estudios de investigación I - 033 a I - 037, I - 004, I - 042, I - 038 a I - 040, I - 024, I - 041 a I - 042, I - 002, I - 043 a I - 049.

Beneficios que genera el uso de estabilizantes Químicos	
<i>Estabilizantes</i>	<i>Beneficios</i>
<p><i>Cal, cemento, Relave minero, Fibras sintéticas de polipropileno, Viruta metálica, Emulsión asfáltica, Fibras de Caucho, Malla raschel, Malla mosquitero, Bentonita sódica</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Proporcionan mejoras en la resistencia a los movimientos o vibraciones sísmicas.</i> • <i>Pueden generar viviendas autoconstruidas de calidad.</i> • <i>Son construcciones con alta impermeabilidad y duraderas</i> • <i>Ayudan a la gestión eficiente de residuos, siendo más sostenible y ecoamigable.</i> • <i>Ayudan a reducir el desperdicio no renovable, el uso de materias primas y a reducir el consumo de combustibles fósiles</i>

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Limitaciones y aporte del estudio

En cuanto a las limitaciones, al desarrollar la presente investigación, no se encontraron artículos referentes al tema y los estudios citados fueron principalmente tesis. Esta situación nos generó una limitación más, ya que en el proceso de búsqueda a veces no se contaba con acceso a los repositorios de universidades por lo que se tenía información incompleta.

4.1. Discusión

Se realizó el análisis comparativo de las investigaciones sobre las variables de resistencia a la compresión y adobe estabilizado, Trujillo 2021, teniendo como resultado, la confirmación de la hipótesis planteada ya que la adición de los estabilizantes en su mayoría aumenta la resistencia a compresión en porcentajes desde 0.5 % hasta un 550% con respecto a su adobe base.

En la tabla N°5 se muestra la codificación de las 49 investigaciones analizadas, presentando también sus autores, títulos, año de publicación y los estabilizantes usados. Esta tabla se presenta a fin de evitar confusiones puesto que en los posteriores resultados la información estará referenciada a estos códigos (I - 001, I-002... I - 049).

Así mismo, en la tabla N°6 se presentan las características más importantes de las investigaciones. Dentro de estas, presentamos la calidad del suelo. Esto se analizó tomando parámetros descritos en la norma E.080 Adobe (2006), en donde recomienda que la graduación del suelo debe tener arenas entre un 55-70% y arcillas y limos entre 25-45%, teniendo como resultados que solo el 33% de las investigaciones tienen una calidad de suelo considerada ideal tal y como se muestra en la Figura N°2. Sin embargo, es importante señalar que para adobes estabilizados la norma muestra cierta flexibilidad

y nos dice que estos rangos pueden variar. Tomando en cuenta esto, de las 49 investigaciones, más del 60% cumple con por lo menos uno de los parámetros. Con respecto a los días de secado, la Norma E080 Diseño y construcción con tierra reforzada (2017) recomienda un mínimo de 28 días. De los resultados presentados, el 90% de investigaciones cumple con este parámetro, presentando días de secado que oscilan entre los 28, 30 y 60. El 100% de investigaciones cuenta con un adobe base con resistencia a la compresión mayor o igual a los 10.2 kg/cm² mínimos que la norma requiere.

De la tabla N°7 se muestra la distribución de las investigaciones en grupos afines, con la intención de poder detallar a mayor profundidad los resultados encontrados. Se presentan tres grandes grupos que se dividen en estabilizantes orgánicos, inorgánicos y químicos, con un total de 52%, 10% y 38% de investigaciones respectivamente. Los estabilizantes orgánicos tienen una sub agrupación donde se contemplan derivados de madera, paja, resina vegetal, fibra, ceniza, y residuos. Así mismo, los estabilizantes inorgánicos se agrupan en agregados y desperdicios de construcción. Por último, los estabilizantes químicos contemplan aglomerantes, productos sintéticos (PET, caucho, malla metálica, viruta metálica, asfalto y fibra de vidrio), sustancias químicas, aditivos y residuo minero.

En lo referente a los estabilizantes orgánicos empleados en el adobe, se resuelve que, de los estabilizantes derivados de la madera, la viruta adicionada en porcentajes de 4.5% del peso de la tierra del adobe, genera un aumento en la resistencia a la compresión con respecto a su adobe base, llegando a mejorar su comportamiento entre 46.11% y 94.89%, siendo este último resultado el óptimo. Así mismo, se verificó que el uso de aserrín tiene un efecto contraproducente en la resistencia final del adobe,

llegando a afectar su comportamiento y disminuir su resistencia hasta en un 35.58%.

Con respecto al estabilizante de paja, se observa un mayor aumento en la resistencia a la compresión cuando se estabiliza el adobe con un 5% de paja ichu, mejorando hasta en un 47.03% la resistencia del adobe base. Además, se observa que al agregar solución de cactus al adobe estabilizado con paja se obtienen resultados negativos que afectan hasta en un 52.94%. De las investigaciones con estabilizantes de resina vegetal, es importante señalar que se observa un mayor aumento en la resistencia a la compresión cuando se estabiliza el adobe con resina vegetal de penca con porcentajes que bordean el 15% al 20%, siendo el más óptimo el 18%, mejorando hasta en un 147.06% la resistencia del adobe base. Además, según la I - 013 se obtiene mejores resistencias a partir de los 10 a 20 días de maceración de la resina. Por otro lado, con respecto a la miel de caña su mejor combinación según la I – 015 es de 5% de miel de caña y 2% de cal, llegando a mejorar en un 29.22% la resistencia del adobe base. De los adobes estabilizados con fibras de diferentes procedencias como de maguey, yute, tallo de piña Golden, caña, cáñamo, coco y lana, se presentaron sus mejores resultados adicionando 33% de fibra de maguey y 0.7% de fibra de cáñamo, dando mejoras del orden de 310.38% y 331.83% respectivamente. De la adición de fibras de lana se resuelve que del 1% en adelante la resistencia empieza a mejorar, pues con un valor de 1.5% se mejora hasta en un 20.86%. De las investigaciones de cenizas, es importante señalar que en ningún porcentaje de adición se encuentra un valor que favorezca a la resistencia a la compresión del adobe base, ocasionando que algunos resultados de estas investigaciones no cuenten con una resistencia mayor a 10.2 kg/cm², resistencia mínima requerida según la norma E080, 2017. Con respecto a la investigación de residuos (estiércol de caballo) se resuelve que su adición afecta negativa y

progresivamente a su adobe base, pues al adicionar mayor porcentaje de estiércol de caballo menor es la resistencia obtenida.

De la figura 23, las investigaciones que se presentan, tienen estabilizantes de origen inorgánico. Se observa que la adición de confitillo entre 25% a 35% afecta negativamente su resistencia a compresión hasta en un 40.97%. Sin embargo, al estabilizar el adobe con garbancillo, entre un 10% a 20% esta resistencia aumenta de 25.15% a 72.36% con respecto a su adobe base. En lo referente a las investigaciones de desperdicio de construcciones (ladrillo y cerámica triturada) se resolvió que solo adición de desperdicios de ladrillo al 5 % aumenta la resistencia del adobe base hasta en un 29.53%.

En la figura 24, las investigaciones que se presentan, tienen estabilizantes de origen químico. Con respecto al grupo de aglomerantes, que contempla cal y cemento, es importante señalar que se observa un mayor aumento en la resistencia a la compresión cuando se estabiliza el adobe combinando ambos materiales a proporción de 1:2 respectivamente, siendo el valor óptimo 4%cal + 8%cemento. Asimismo, se resuelve que, con respecto a los materiales de PET, el 75% de las investigaciones evaluadas en este grupo presentan por lo menos dos resultados que afectan la resistencia a la compresión al agregarse en porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% 4% y 8%. Sin embargo, en la I -039 se observa un comportamiento diferente, pues al adicionar fibras sintéticas en 0.25%, 0.5% y 0.75% se obtienen resultados que mejoran la resistencia a la compresión del adobe base en el orden de 15.15% hasta 46.41%. De las investigaciones referentes al caucho, existe una contradicción entre las I – 041 e I – 002, pues en una muestra mejoras en la resistencia y la otra no. Sin embargo, se observa que, a menor porcentaje de adición de caucho, mayor es la resistencia que se puede obtener. Además, es

importante señalar que se observa un aumento progresivo en la resistencia a la compresión cuando se estabiliza el adobe combinando cal y fibra de caucho, a proporción de 2:1 respectivamente, siendo el valor óptimo 3%cal +1.5%fibra de caucho, pues mejora los resultados hasta en un 52.79%. Con respecto a la malla metálica, la malla raschel presenta un aumento progresivo mayor al de la malla mosquitero, siendo evidente que el mayor tamaño considerado, 3", trabaja mejor y se genera mejoras de hasta un 103.84%. De acuerdo a lo observado en el estabilizante de viruta metálica, se resuelve que la adición de este producto favorece progresivamente a la resistencia a la compresión con respecto a su adobe, pues al adicionar mayor porcentaje, mayor es la resistencia obtenida. Se observa una mejora de hasta un 229.18% adicionando 4.5% de este material. Con respecto a la investigación de emulsión asfáltica, se observa un aumento progresivo y directamente proporcional de la resistencia a la compresión, pues adicionando porcentajes de 2% a 4%, se obtiene el mayor aumento con este último, mejorando la resistencia hasta en un 126.53%. Al estabilizar con fibra de vidrio, se resuelve que la adición de este producto tiene un efecto contraproducente y afecta negativamente a la resistencia a la compresión con respecto a su adobe base, ya que, al adicionar mayor porcentaje, menor es la resistencia. Del estearato de zinc, se observa un aumento de la resistencia a la compresión al adicionar 1% y 2%. De estos valores, el 1% mejora la resistencia del adobe base hasta en un 11.32%, siendo un porcentaje bastante inferior al presentado por los otros estabilizantes químicos. En lo referente a la bentonita sódica, se resuelve que la adición de este producto tiene un efecto positivo en la resistencia a la compresión con respecto a su adobe base, pues al adicionar mayor porcentaje, mayor es la resistencia. La adición del 16% de bentonita sódica mejora la resistencia del adobe base en un orden de

167.64%. Este mismo comportamiento se observa al estabilizar el adobe con relave minero, llegando a mejorar la resistencia a compresión del adobe base hasta en un 88.98%.

De las figuras 22, 23 y 24, se resuelve que, los estabilizantes químicos presentan los mayores porcentajes de mejora de la resistencia a la compresión con respecto a su adobe base. La cal y cemento combinados en proporciones de 1:2 mejoran la resistencia a la compresión desde un 317.90% hasta en un 554.23%. Así mismo, la viruta metálica presenta mejoras mayores a 200%, mientras que la bentonita sódica, emulsión asfáltica, malla raschel y el relave minero presentan porcentajes de aumento que oscilan entre el 85% y el 170%. Seguidamente, de los estabilizantes orgánicos, es importante señalar que las fibras de maguey y cáñamo presentan porcentajes de mejora del orden de 310.38% a 331.83%, siendo estos resultados incluso mayores a los obtenidos con la viruta metálica. Además, el mucílago de penca de tuna y la viruta, demostraron ser estabilizantes altamente competitivos, pues presentaron valores de mejora entre 90% y 150% aproximadamente. Por último, los estabilizantes inorgánicos, específicamente el garbancillo, mostro mejoras de hasta un 72.36%, siendo este valor, bastante inferior a los mencionados anteriormente.

Así mismo, existen investigaciones con porcentajes de mejora poco significativos con respecto a los resultados presentados y que mejoran menos de un 55% la resistencia de su adobe base. Estas investigaciones utilizan estabilizantes como paja ichu, desperdicios de ladrillo, fibras sintéticas (PET) y caucho.

En contraste a estas investigaciones, también se encontraron estabilizantes que afectan negativamente la resistencia a la compresión de su adobe base. La combinación de solución de cactus y Stipa ichu, las cenizas, el estiércol de caballo, los desperdicios de

construcción y la fibra de vidrio afectaron en porcentaje del orden de 35% y 65%, siendo los estabilizantes orgánicos (solución de cactus y Stipa ichu, las cenizas, el estiércol de caballo) los más perjudiciales.

4.2. Conclusiones

Se realizó el análisis comparativo de investigaciones de la resistencia mecánica del adobe en el Perú, se encontró que en su mayoría las unidades de adobe hechas de manera tradicional cumplen con la resistencia mínima de la Norma Técnica Peruana E.080 (2017); Sin embargo, se encontró que los estabilizantes orgánicos, inorgánicos y químicos, al ser adicionados en porcentajes definidos aumentan su resistencia considerablemente y en algunos casos hasta más de un 550 % más a comparación de los adobe base de cada investigación.

Se analizó investigaciones previas de uso de estabilizantes en las unidades de adobe, de acuerdo a los criterios de selección acordados por los investigadores.

Se comparó hallazgos importantes de cada investigación como la calidad de suelo empleada en la elaboración de adobes, sus días de secado y la resistencia a la compresión de su adobe base, concluyendo, que de las 49 investigaciones más de 60% presenta una calidad de tierra aceptable, el 90% seca sus unidades en el periodo mínimo estipulado y el 100% cumple con la resistencia mínima a la compresión.

Estos parámetros fueron comparados con la NTP E.080 (2006) y NTP E.0.80 (2017).

Se determinó que, de los estabilizantes orgánicos, inorgánicos y químicos, este último presenta los mayores porcentajes de mejora de la resistencia a la compresión con respecto a su adobe base. La cal y cemento combinados en proporciones de 1:2, en porcentajes de 3% (1%cal+2%cemento), 6% (2%cal+3%cemento), 9%

(3%cal+6%cemento), y 12%(4%cal+8%cemento), mejoran la resistencia a la compresión desde un 317.90% hasta en un 554.23%. Así mismo, la viruta metálica en porcentajes de adición de 3% a 45% presenta mejoras mayores a 200%, mientras que la bentonita sódica, emulsión asfáltica, malla raschel y el relave minero presentan porcentajes de aumento que oscilan entre el 85% y el 170%. Seguidamente, de los estabilizantes orgánicos, se concluyó que las fibras de maguey y cáñamo presentan porcentajes de mejora del orden de 310.38% a 331.83%, siendo estos resultados incluso mayores a los obtenidos con la viruta metálica. Además, el mucílago de penca de tuna y la viruta, demostraron ser estabilizantes altamente competitivos, pues presentaron valores de mejora entre 90% y 150% aproximadamente. Por último, se resolvió que, de los estabilizantes inorgánicos, solo el garbancillo mostro mejoras de hasta un 72.36%, siendo este valor, bastante inferior a los mencionados anteriormente.

Se estimó los beneficios que genera el uso de estabilizantes en las unidades de adobe. De los estabilizantes orgánicos, se identificó que, al construir casas con adobes estabilizados con Viruta, Paja ichu, Paja de trigo, Paja Toquillo, Mucilago de penca, fibras de maguey y cáñamo, se obtienen viviendas resistentes, duraderas y con aislamiento térmico y acústico. Además, al ser productos orgánicos se ayuda a la gestión de residuos, generando construcciones más sostenibles y ecoamigables. De los estabilizantes inorgánicos, sólo el garbancillo genera beneficios, siendo estos similares a los anteriores. Por último, de los adobes estabilizados con productos químicos (Cal, cemento, Relave minero, Fibras sintéticas de polipropileno, Viruta metálica, Emulsión asfáltica, Fibras de Caucho, Malla raschel, Malla mosquitero, Bentonita sódica), los mayores beneficios que se obtienen son una alta resistencia a

movimientos sísmicos, durabilidad e impermeabilidad de construcciones. Además, ayudan al reciclaje de desperdicios.

4.3. Recomendaciones

- Se recomienda a los especialistas en albañilería que durante el proceso constructivo tengan el mayor control de calidad y sigan rigurosamente los requisitos de resistencia mínima de las unidades de adobe de la Norma Técnica Peruana, para que de esa manera las construcciones de albañilería sean más seguras y duraderas.
- A los futuros investigadores se recomienda realizar investigaciones con otros estabilizantes que ayuden a disminuir los residuos y con ello mejorar la resistencia mecánica de los adobes compactados. Una opción pertinente es el uso de recortes de mascarillas desechables.
- Se recomienda realizar estudios de investigación con diferentes porcentajes de estabilizantes, para así encontrar el porcentaje óptimo de adición al adobe.

REFERENCIAS

- Aguilar Prieto, B., & Arellanes Mat3n3ez, A. (2008). *Construir con adobe: fundamentos, reparaci3n de da3os y dise3o contempor3neo*. Editorial Trillas.
- Altamirano Carrasco, O. V. (2018). "An3lisis de la resistencia a compresi3n del adobe estabilizado con cal en la ciudad de Cajamarca". Cajamarca.
- Aranda Jimenez, Y., & Garc3a Izaguirre, V. M. (3 de Julio de 2016). Obtenido de Efectos de la utilizaci3n de savias vegetales en los bloques de tierra comprimida con respecto a la prueba de abrasi3n:
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/4779/477951060015/477951060015.pdf>
- Arteaga Medina, K. T., Medina, O. H., & Gutierrez Junco, 3. J. (2011). *Redalyc*. Obtenido de Bloque de tierra comprimida como material constructivo:
<https://www.redalyc.org/pdf/4139/413940770005.pdf>
- Barbeta, G. (2000). *M3todo para la selecci3n del estabilizante 3ptimo*.
- C3ceres V3squez, K. R. (2017). "An3lisis de la resistencia mec3nica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecol3gicas-econ3micas en Cajamarca". Cajamarca.
- Carhuanambo Villanueva, J. T. (2016). *Propiedades mec3icas y f3sicas del adobe compactado con adici3n de viruta y aserr3n, Cajamarca 2016*. Cajamarca.
- Cid, J., Mazarr3n F, R., & Ca3as I. (2011). *Las normativas de construcci3n con tierra en el mundo. Informes De La Construcci3n, 63*. Obtenido de <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdela%20construccion/article/view/1262>
- Demeyer, A., Voundi Nkana, J. C., & Verloo, M. (2001). *Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. Bioresource Technology*.
- Duarte Ayala, J. L. (2005). *Modificaci3n de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicaci3n en pavimentos*.
- Gerencia Regional Agraria. (2009). *Cultivo de tuna*. Obtenido de <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20E%20TUNA.pdf>
- Giralt Ortega, G., Serret Guasch, N., & Quintero R3os, M. (2016). *SciELO*. Obtenido de Caracterizaci3n de aserr3n de diferentes maderas.: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000300012
- Lacouture. (2002). *Estudio de vulnerabilidad sismica de las edificaciones construidas en t3cnicas de aodbe y tapia pisada*. Bogot3.
- L3pez Daza, X. d., & Torbisco Ascue, D. B. (2020). *Aprovechamiento de la fibra de cabuya para el mejoramiento de las propiedades mec3nicas de la mezcla tradicional de adobe en unidad de alba3iler3a en el distrito de Abancay, departamento de Apur3mac*. Lima.
- Mantilla Calder3n, J. C. (2018). "Variaci3n de las propiedades f3sico mec3nicas del adobe al incorporar viruta y caucho". Cajamarca.

- Marqu ez Dominguez, J. M. (2018). *“Estabilizaci3n del adobe con adici3n de viruta de Eucalipto, Chincha 2018”*. Chincha.
- Medina, J. (2012). *Guía de estudio cátedra Industrias Mecánicas de la Madera II*. Argentina.
- Milla Lázaro, D. E. (2018). *“Resistencia a la compresi3n de una unidad de adobe empleando una prensa manual y sustituyendo el 10%, 20% y 30%, por relave minero de Ticapampa, en la provincia de Huaraz - 2017”*. Huaraz.
- MVCS. (2006). *Norma Técnica Peruana E.080 Adobe*. Lima - Perú.
- MVCS. (2017). *Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y construcci3n con tierra reforzada*. Lima.
- Perez González, A. (23 de Junio de 2014). *Mecapedia*. Obtenido de Resistencia mecánica: http://www.mecapedia.uji.es/resistencia_mecanica.htm
- Plazola Cisneros, A., & Plazola Anguiano, A. (1976). *Normas y costos de construcci3n*. México: Limusa.
- Puppala, & Musenda. (2000). *“Effects of fiber reinforcement on Strength an volume change in Expansive Soil”*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board.
- Rivera Torres, J. C. (Julio de 2012). *SciELO*. Obtenido de El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterizaci3n con fines estructurales: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632012000200002
- Rubio Meléndez, A. (2016). *“Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe del sector de San Isidro – Jaén – 2016”*. Jaen.
- Valero, P. (2015). Buscando soluciones al problema de la paja de arroz a través de la bioconstrucci3n. *Revista EcoHabitar*.
- Villariano Otero, A. (2011). *Ciencia y tecnología de los materiales*. Obtenido de <https://vdocuments.es/ciencia-y-tecnologia-de-los-materiales-ing-alberto-villarin.html>

ANEXOS

ANEXO 1:

Tabla 32: Ficha de Registro de Datos

Investigaciones consideradas				
N°	Autor	Título	Año	Estabilizante
1	x	x	x	x
2	x	x	x	x
3	x	x	x	x
4	x	x	x	x
5	x	x	x	x