



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Elaboración de Ladrillos a partir de Aditivos Orgánicos e
Inorgánicos. Revisión Sistemática 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

Calle Zevallos, Grecia Dayana (ORCID: 0000-0002-3015-7901)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Con mucho amor y cariño a mis queridos padres Edwar Calle Breña y Rosa Zevallos Franco, que son la fuente de inspiración de trabajo y esfuerzo.

A mi amado esposo Anderson Rojas Hernández que fue mi soporte en toda mi formación profesional y a mi querido hijo Vazco Rojas Calle por ser la fuente de inspiración en mi vida diaria para seguir adelante.

Agradecimiento

A Dios por cada minuto de vida que me da para seguir superando mis metas.

A la Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres por su guía, paciencia y dedicación en este proceso de titulación y formar parte fundamental para la elaboración de esta tesis.

A la UCV por ser parte de nuestros sueños y logros y permitirnos poder desarrollarnos profesionalmente.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen	xii
Abstract.....	xiv
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	5
III.METODOLOGÍA	19
3.1 Tipo y diseño de investigación	19
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	19
3.3 Escenario de estudio.....	32
3.4 Participantes	32
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.6 Procedimientos	32
3.7 Método de análisis de datos.....	33
3.8 Aspectos éticos.....	34
IV.RESULTADOSYDISCUSIONES.....	35
V.CONCLUSIONES	115
V.RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS	117

Índice de Tablas

Tabla 1 . Proceso de Elaboración de ladrillo	6
Tabla 2. Propiedades de los Ladrillos.....	11
Tabla 3. Antecedentes de la Investigación.....	13
Tabla 4. Matriz de Categorización apriorística.....	20
Tabla 5. Resumen de criterios de búsqueda.....	33
Tabla 6. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos: Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico y tamaño de partícula usado.....	36
Tabla 7. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos: Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico no menciona el tamaño de partícula usado.	37
Tabla 8. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos: Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico sin tamaño de partícula usado, y temperatura de enfriamiento.	39
Tabla 9. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos: Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico sin mención de contenido de agua empleado.	40
Tabla 10. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico sin mención de contenido de agua empleado, con enfriamiento.	41
Tabla 11. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico y con mención de contenido de agua empleado.	42
Tabla 12. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo orgánico, con curado y sin curado.....	43

Tabla 13. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos: Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo inorgánico y tamaño de partícula usado.	55
Tabla 14. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos: Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo inorgánico sin mención del tamaño de partícula usado.	56
Tabla 15. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo inorgánico y con mención de contenido de agua empleado.	58
Tabla 16. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo inorgánico sin mención de contenido de agua empleado.	59
Tabla 17. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo inorgánico, sin curado ni mención de contenido de agua.	61
Tabla 18. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo inorgánico, solo con mención de curado.	61
Tabla 19. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo inorgánico, con curado y mención de contenido de agua	62
Tabla 20. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo inorgánico, con curado y tamaño de partícula usado.	63
Tabla 21. Valores de parámetros físico-mecánicos en investigaciones relacionadas a la elaboración de ladrillos con aditivos orgánicos.	76
Tabla 22. Valores de parámetros físico-mecánicos en investigaciones relacionadas a la elaboración de ladrillos con aditivos inorgánicos.	83

Índice de figuras

Figura 1. Tipos de ladrillos	5
Figura 2. Moldeado	8
Figura 3. Procedimiento de elaboración de ladrillo tradicional	9
Figura 4. Procedimiento de elaboración de ladrillo alternativo.....	9
Figura 5. Temperatura máxima de secado y cocción con aditivos orgánicos de Aserrín y Paja de trigo.....	45
Figura 6. Tamaño máximo de las partículas con aditivos orgánicos de Hoja de Olivo y Hueso de Olivo.....	46
Figura 7. Temperatura de secado con aditivos orgánicos de Hoja de Olivo y Hueso de Olivo.....	47
Figura 8. Temperatura máxima de horneado con aditivos orgánicos de Hoja de Olivo y Hueso de Olivo.....	47
Figura 9. Porcentaje máximo de agua con aditivo orgánico de Cáscara de arroz	48
8	
Figura 10. Temperatura de secado con aditivo orgánico de Cáscara de arroz.....	49
Figura 11. Temperatura máxima de horneado con aditivo orgánico de Cáscara de arroz	49
Figura 12. Temperatura de secado, cocción y enfriamiento de los aditivos orgánicos de Cáscara de almendra y Hueso de aceituna.....	50
Figura 13. Temperatura de secado y cocción de los aditivos orgánicos de Cáscara de cacao y trigo.....	51
Figura 14. Clasificación según el tamaño de partícula del aditivo orgánico empleado en la fabricación de ladrillos.	52
Figura 15. Clasificación según porcentaje máximo de agua empleado en la fabricación de ladrillos con aditivos orgánicos.....	53
Figura 16. Clasificación según temperatura de secado y de cocción utilizadas en la fabricación de ladrillos con aditivos orgánicos.....	54

Figura 17. Clasificación según el porcentaje de aditivo inorgánico empleado en la fabricación de ladrillos.....	64
Figura 18. Temperatura máxima de secado en aditivo inorgánico de residuo de construcción y ceniza de volantes.....	65
Figura 19. Tiempo de curado para aditivo inorgánico de Polietileno y ceniza de biomasa.	66
Figura 20. Temperatura y tiempo de cocción para aditivo inorgánico de Escoria de fundición y ceniza de volantes.	67
Figura 21. Temperatura de secado para aditivo inorgánico de Escoria de fundición y ceniza de volantes.....	67
Figura 22. Tamaño máximo de las partículas con aditivos inorgánicos de cenizas de hoja de bambú, cenizas volantes y Policloruro de Vinilo (PVC).....	68
Figura 23. Tiempo de curado para aditivo inorgánico de ceniza de hoja de bambú, ceniza de volantes y Policloruro de Vinilo (PVC).	688
Figura 24. Porcentaje máximo de agua con aditivo inorgánico de RCD y Material dragado.....	69
Figura 25. Porcentaje de agua máxima añadida y tamaño de partículas para aditivo inorgánico de Vidrio.	70
Figura 26. Temperatura de secado y máxima cocción con aditivos inorgánicos de ceniza industrial, de biomasa y volantes.	71
Figura 27. Clasificación según el tamaño de partícula del aditivo inorgánico empleado en la fabricación de ladrillos	72
Figura 28. Clasificación según el tiempo de curado empleado en la fabricación de ladrillos con aditivos inorgánicos.	73
Figura 29. Clasificación según temperatura máxima de secado y de cocción utilizadas en la fabricación de ladrillos con aditivos inorgánicos.....	75
Figura 30. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de paja de trigo en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	91
Figura 31. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de harina de olivo en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	92

Figura 32. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de aserrín en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	92
Figura 33. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cascarilla de arroz en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	93
Figura 34. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de hoja de olivo en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	93
Figura 35. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de arroz en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	94
Figura 36. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de heno en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	94
Figura 37. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de heno en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	95
Figura 38. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de fibra de yute en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	95
Figura 39. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de almendra en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	96
Figura 40. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de almendra en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	96
Figura 41. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de almendra en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	97
Figura 42. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de residuos de karité en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	97
Figura 43. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de lodo residual en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	98
Figura 44. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de cacao en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	98
Figura 45. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de arroz en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	99
Figura 46. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cuesco de aceite de palma en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	99

Figura 47. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de lodo residual en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017.....	100
Figura 48. Valor de parámetros físico-mecánicos de ladrillos elaborados con aditivos orgánicos vs los valores según la NTP 331.017	101
Figura 49. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas de biomasa en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	102
Figura 50. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas volantes en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	102
Figura 51. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de polietileno reciclado en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	103
Figura 52. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de residuo de construcción en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	103
Figura 53. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de escoria de fundición en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	104
Figura 54. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de resina de poliéster en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	104
Figura 55. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de ceniza de aserrín en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	105
Figura 56. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas de hoja seca en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	105
Figura 57. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de ceniza industrial en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	106
Figura 58. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de policloruro de vinilo en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	106
Figura 59. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas volantes en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	107
Figura 60. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de residuo de minería en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017.....	107

Figura 61. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de polvo de mármol en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	108
Figura 62. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas volantes en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	108
Figura 63. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas de biomasa en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	109
Figura 64. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de residuos de construcción y demolición en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	109
Figura 65. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de material dragado en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	110
Figura 66. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de ceniza de orujo de aceituna en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	110
Figura 67. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de ceniza de cáscara de arroz en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	111
Figura 68. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de vidrio en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	111
Figura 69. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de polipropileno en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	112
Figura 70. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de lodo de granito en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017	112
Figura 71. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de resina de poliéster en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017 ...	1133
Figura 72. Valor de parámetros físico-mecánicos en ladrillos elaborados con aditivos inorgánicos vs los valores según la NTP 331.017	114

Índice de Abreviaturas

MPa	: Mega pascal.
T°	: Temperatura.
T° _{máx}	: Temperatura Maxima.
Abs.	: Absorción.
Efloresc	: Eflorescencia.
WA	: Absorción de agua
m _w	: Metro o masa de muestra secada al horno
m _d	: Metro o masa de muestra húmeda.
D	: Densidad
G	: Masa especifica en seco.
V	: Volumen.
Wt	: Peso.
MEKP	: Agente de curado de Resina.
PET	: Polietilentereftalato
RCD	: Residuos de Construcción y demolición
PS	: Poliestireno
PEBD	: Poliestireno de baja densidad.
PP	: Polipropileno
mm	: milímetros.

Resumen

La elaboración de ladrillos convencionales, utilizados en construcción, generan impactos ambientales significativos como la reducción de arcilla natural por su consumo excesivo al formar parte de la elaboración y ser obtenidos de forma muy accesible. El objetivo de esta investigación ha sido evaluar los aspectos relevantes en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos de tal manera que actúen como sustituyentes ante el uso desmedido de la arcilla además del reaprovechamiento de los residuos sólidos. La investigación es de tipo aplicada y tiene como diseño la revisión sistemática; por lo cual, se recopiló información científica de alto impacto no menor a los últimos 5 años. Se obtuvieron los siguientes resultados: primero, en relación a la elaboración de ladrillos con aditivos orgánicos resaltó la cáscara de cacao con mejor secado a 20°C y cocción de 850°C; segundo, en el caso de los aditivos inorgánicos, el vidrio resaltó por su secado a 60°C y cocción de 950°C; en lo que respecta a los valores de parámetros físico- mecánicos, los orgánicos presentaron resistencia a la compresión de 71.3 MPa, absorción de agua de 6.7% e inorgánicos con densidad de 2.04 g/cm³.

Palabras clave: Aditivos orgánicos, aditivos inorgánicos, elaboración de ladrillos, parámetros físico-mecánicos

Abstract

The elaboration of conventional bricks, used in construction, generators of significant environmental impacts such as the reduction of natural clay due to its excessive consumption as it is part of the elaboration and is obtained in a very accessible way. The objective of this research has been to evaluate the relevant aspects in the elaboration of bricks from organic and inorganic additives in such a way that they act as substituents before the excessive use of clay in addition to the reuse of solid waste. The research is of an applied type and its design is a systematic review; Therefore, high impact scientific information was collected for no less than the last 5 years. The following results were obtained: first, in relation to the elaboration of bricks with organic additives, the cocoa layer stood out with better drying at 20 ° C and cooking at 850 ° C; second, in the case of inorganic additives, the glass stood out due to its drying at 60 ° C and firing at 950 ° C; Regarding the values of physical-mechanical parameters, they were experienced by compressive strength of 71.3 MPa, water absorption of 6.7% and inorganic with a density of 2.04 g / cm³.

Keywords: Organic additives, inorganic additives, brick making, physical-mechanical parameters

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la elaboración de ladrillos ha significado en los últimos años el crecimiento de la contaminación de estos productos y que se ha ido constituyendo como un sector que requiere mucha demanda económica y que consume grandes cantidades del recurso natural de la arcilla que es un recurso natural que en muchos países se viene perdiendo y comienza a resultar como una amenaza para la población (Priyadarshini, Giri y Patnaik 2021. p.1). En relación a ello se estima que a nivel mundial hasta el año 2050 se podrían generar 3 mil toneladas de desechos que afectarían al aumento de la contaminación, por lo que de acuerdo a la anterior mención la elaboración de ladrillos también es un factor que genera contaminación (Kaza, et al. 2018). En otras investigaciones se ha observado como la producción o elaboración de ladrillos genera esta problemática. En una investigación realizada en Bangladesh se estima que se elaboraron 17 000 millones de ladrillos lo que generó emisiones de leña y carbón que favorecieron de forma significativa a la contaminación en el ambiente (Kumar, et al. 2020). En una investigación en Pakistan afirmaron que la fabricación de ladrillos de manera tradicional está afectando y acelerando la contaminación en la atmósfera con la emisión de sus gases que aceleran el calentamiento que se da en el mundo y generan problemas de salud en la humanidad (Javed, et al. 2020). Esto lleva a observar cómo el proceso de fabricación afecta y contamina el ambiente como lo afirma una investigación que indica que por cada ladrillo que se produce se va generando 0,41 kg de dióxido de carbono (Gonzales, et al. 2019). Por otro lado, a nivel nacional la realidad se muestra de forma similar ya que en la actualidad existe una generación de residuos sólidos que va en aumento y lo que a su vez puede generar contaminación ambiental (SINIA,2019), así mismo en otra investigación se observó que el crecimiento de la población ha generado una alta demanda en el sector construcción y esto a su vez de acuerdo a la información que se estudio ha generado una alta demanda en la producción de ladrillos (Murmu y Patel, 2018). por lo que implica otro factor para tener recursos alternativos que faciliten mayor producción de ladrillos y que estos a su vez generen menor uso de recursos naturales para su elaboración. Esta problemática ha llevado el punto de atención a diversos investigadores a generar soluciones ecológicas sobre la elaboración de los ladrillos en donde muestra adecuados parámetros de resistencia a la

comprensión, absorción de agua y densidad y con esto cabe indicar que los parámetros de la norma técnica peruana (2003) son densidad 1.65 gr/cm³, absorción de agua 22% y resistencia a la compresión de 12.7 MPa. Por lo cual se han propuesto revalorizar algunos de los aditivos orgánicos e inorgánicos y considerarlos como parte de aditivos en la preparación de los mismos para poder reducir el impacto que genera y lograr su revalorización (Ramos, et al, 2020). En diversas investigaciones se han propuesto recursos o aditivos alternativos en la elaboración de ladrillos como los tipos de aditivos orgánicos, algunos de ellos como la Paja de trigo, hueso de Olivo (Aouba et al , 2016), aserrín (Cultrone et al. 2020), cascara de arroz y cenizas de cascara de arroz (Camacho y Mena, 2018), hueso de aceituna (Areski,Chelouah y Tahakourt, 2016), heno (Gonzales et al. 2019), hoja de olivo (Martin et al, 2018), cascara de trigo (Ahmad, Iqbal y Muhammad, 2017); además también se elaboran con aditivos inorgánicos como polietileno (Reinoso, et al, 2017), resina poliéster (Martins, et al, 2020) ceniza y vidrio reciclado (Ayala y Lagos, 2018), escoria de fundición (Santacruz y Torres, 2019), residuo de construcción (Contreras et al. 2016), cenizas volantes (Roa, Paredes y Lara,2017), residuo minero (Zuluaga, 2020), cenizas de combustible de aceite (Ekhlaur et al, 2018), cenizas de biomasa (Zaleska, et al, 2017), ceniza industrial (Dogan et al, 2021), ceniza de hoja de bambú (Minaya, 2018). Estas investigaciones permiten observar la alta cantidad de alternativas que muestra para la elaboración de ladrillos, sin embargo, estas no se encuentran sistematizadas en una investigación para que los que se encargan de la fabricación puedan acceder a esta información que puede ayudarles a mejorar a la eficiencia y reducción de contaminantes en la elaboración de este componente.

La presente investigación se encuentra justificada a nivel teórico ya que permitirá sistematizar y recabar información respecto a la elaboración de ladrillos con aditivos orgánicos e inorgánicos. Esta sistematización permitirá que el conocimiento con relación a la temática de estudio se encuentre más organizada y pueda ser útil para los investigadores que deseen plantear investigaciones. Por último, permitirá actualizar el conocimiento respecto a las últimas investigaciones que desarrollen la temática. Así mismo, a nivel social esta investigación será de utilidad ya que la información que se ha sistematizado podrá ser útil para los fabricantes de elaboración de ladrillos, además también puede favorecer a la disminución del

consumo de recursos naturales, lo que sería un beneficio directo para la comunidad, finalmente a nivel ambiental esta investigación puede generar un alto impacto ambiental ya que la sistematización de la información respecto a la elaboración de ladrillos con aditivos que puedan reemplazar el uso de la arcilla generen menor uso de recursos naturales y pueda permitir que aumente el uso de estos aditivos que sabemos pueden reducir los indicadores de contaminación por residuos sólidos y lograr así el reaprovechamiento de los mismos. De acuerdo a ello en la investigación se desarrolla y se aplica la metodología respecto a la revisión sistemática con el análisis de artículos de alto impacto sustentados de manera científica en los períodos del 2016-2021, se ha revisado las propuestas de diversos investigadores para reutilizar los desechos como aditivos en la fabricación de ladrillos. Logrando que esta investigación pueda orientar a los fabricantes de ladrillos a que puedan considerar algunos de los diferentes aditivos propuestos por algunos investigadores de tal manera que les genere mayores beneficios en las propiedades de los ladrillos, y se conviertan en fábricas sostenibles.

Considerando lo expuesto, esta investigación se plantea como problema general: ¿Cuáles son los aspectos relevantes en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos?, Además, se plantean los problemas específicos que son:

- P.E. 1: ¿Qué tipos de aditivos orgánicos se pueden utilizar para la elaboración de ladrillos?
- P.E. 2: ¿Qué tipos de aditivos inorgánicos se pueden utilizar para la elaboración de ladrillos?
- P.E. 3: ¿Qué valores aceptables de los parámetros físico-mecánicos se miden en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos?

Este trabajo de investigación tiene como objetivo general: Evaluar los aspectos relevantes en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos. Asimismo, los objetivos específicos son:

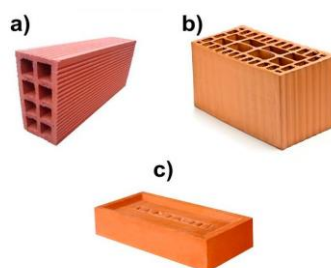
- O.E. 1: Identificar los tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos

- O.E. 2: Analizar los tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos
- O.E. 3: Estimar los valores aceptables de los parámetros físico-mecánico en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos.

En resumen, de acuerdo a la problemática se argumenta la importancia que tiene la investigación para sistematizar la información respecto los tipos de aditivos orgánicos e inorgánicos que disminuyan la contaminación.

II. MARCO TEÓRICO

El sector de construcción es actualmente el más demandado por la población quien va creciendo notablemente en los últimos años (Murmu y Patel, 2018), dentro de los mismos se tiene a los ladrillos, los cuales son considerados como unas masas de arcilla la misma que puede ser conformada por muchas formas y tamaños. Los ladrillos están a disposición de acuerdo al tipo de construcción que se requiera, y pueden ser empleados en cualquier tipo de obra como en casas, edificios, carreteras entre otros. Los ladrillos pueden ser de diferentes tipos (Figura1) como los de perforaciones verticales, horizontales y multiperforaciones, que cuando tienen un porcentaje mayor al 25% del peso inicial se les llama también ladrillo hueco, pero también están los tradicionales que no tienen ninguna perforación como los macizos o King Kong. (Zuluaga, 2020, p.7)



Datos: a) Perforación lateral b) Perforación vertical c) Macizos

Figura 1. Tipos de ladrillos

Fuente: Zuluaga,2020, p.8

La arcilla, quien es uno de los componentes principales en la elaboración de ladrillos gracias a sus propiedades físicas y químicas, actualmente viene siendo un recurso natural sobreexplotado, ello debido a la gran demanda del sector construcción. (Cultrone et al.,2019 p.1). Para poder realizar la elaboración de ladrillos la arcilla debe de tener en cuenta su caracterización química la cual indica que para ser parte de la elaboración la arcilla debe de tener entre un 50 o 60 % de sílice (SiO_2) y de un 20 a 30 % de alúmina (Al_2O_3) dado que este componente le ofrece al producto durabilidad y resistencia mecánica. (Martínez, et al.2020, p.56)

Proceso de Elaboración de Ladrillos

TABLA 1. *Proceso de Elaboración del Ladrillo.*

ETAPA	PROCESO	DEFINICIÓN
Primera Etapa	Extracción de Arcilla y tierras.	Se realiza la extracción de la arcilla natural de canteras y son trasladadas a la zona de producción. (Febres,2017)
Segunda Etapa	Mezcla	Se tritura inicialmente la arcilla, normalmente se da de forma manual, para que aumente la superficie en donde se debe adicionar el agua y se permita la plasticidad la misma que se logra con el apisonamiento de los artesanos.
Tercera Etapa	Moldeado	Se conforma el moldeado de ladrillo bajo presión a través del proceso de prensado en d pasta que presenta una humedad de aproximadamente el 6 o 7% se pone en un molde. etapa hay que distinguir entre los poros intragranulares propios de la arcilla y los intergra que se forman en la trituración (Figura 2) ya que en esta etapa luego se busca ejercer para poder compactar y reducir la porosidad intergranular (La Torre, 2018, p.7).
Cuarta Etapa	Secado	En esta etapa lo que se busca es reducir el porcentaje de humedad, se realiza en cámaras secadoras que tienen una temperatura entre 38° a 204° y que el tiempo varía en función de la arcilla, pero se da entre 24 y 48 horas, sin embargo, se debe tener cuidado y se debe evitar que el ladrillo se agriete. (Camacho y Mena, 2018, p.16)
Quinta Etapa	Cocción	Esta es la etapa en donde se da la porosidad definitiva y en esta etapa se dan las reacciones químicas que le darán al producto resistencia mecánica, química y térmica

(La Torre, 2018, p.8). En esta última etapa se ponen los ladrillos entre 10 a 40 horas dependiendo del horno en que se lleve a cabo la cocción.

En el secado existen varias Sub etapas como lo son:

Deshidratación a una T° de 149°C a 982°C

Oxidación a una T° de 538°C a 982°C

Vitrificación a una T° de 871°C a 1316°C

Fuente: Elaboración propia adaptado de Febres 2017, La Torre 2018, Camacho y Mena 2018.

A continuación, se muestra las imágenes referentes a los poros intragranulares e intergranulares los cuales están ubicados en la etapa número 3 del proceso de elaboración.

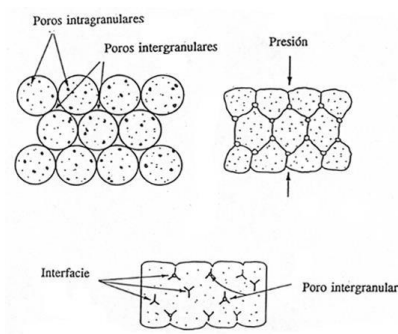


Figura 2. Moldeado

Fuente: La Torre, 2018, p.8

Por otro lado, de acuerdo a la norma técnica peruana (2003) se plantea que los procesos para la elaboración de ladrillos se pueden desarrollar de tres formas: El proceso artesanal, en donde la elaboración se da de forma manual ya que el amasado o moldeo se realiza a mano; el proceso semi-industrial que se desarrolló con procedimientos manuales pero el moldeo se realiza haciendo uso de maquinarias y que el producto es más liso; por último el proceso industrial en donde se fabrican los ladrillos con maquinaria durante todo el proceso.

De acuerdo al Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobado en el 2016, la misma que tiene como finalidad dentro de los residuos generados alternativas para adoptar medidas que ayuden a minimizar , así como fomentar el reaprovechamiento de residuos sólidos. En función a lo mencionado anteriormente podemos observar que existen ladrillos tradicionales y ladrillos convencionales, sus diferencias parten de que el primero corresponde a un consumo del 100% de arcilla, siguiendo el tratamiento y preparación ya definida de forma artesanal (mezclado, moldeo, secado y disparado), pasando directamente a uso para fines de construcción (Figura3).



Figura 3. Procedimiento de elaboración de ladrillo tradicional

Fuente: Ramos, et al.2020 (Adaptado)

los ladrillos alternativos (figura 4) buscan reaprovechar los residuos y que sirvan como parte de los aditivos así disminuimos el consumo excesivo de arcilla natural y también buscan tratar de evitar el paso de la cocción a fin de disminuir el consumo excesivo de materiales combustibles que envían emisiones contaminantes al medio ambiente. (Ramos, et al. 2020)

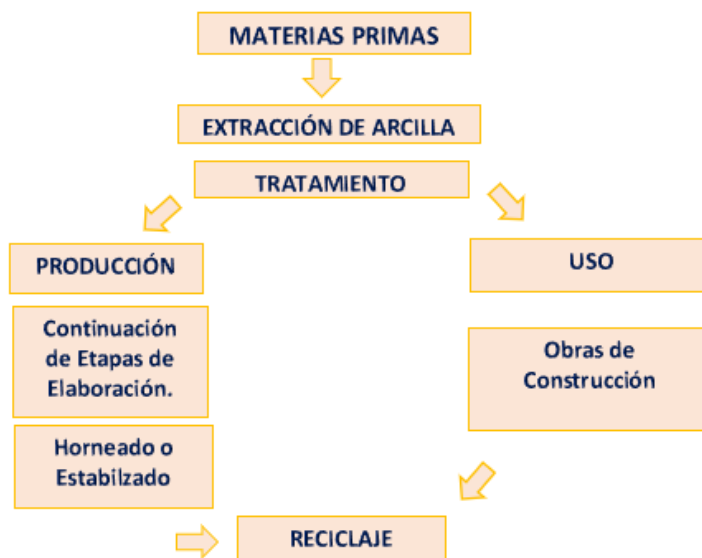


Figura 4. Procedimiento de elaboración de ladrillo alternativo.

Fuente: Ramos, et al.2020 (Adaptado)

Es por ello que dentro de los objetivos de la presente investigación se muestran nuevas alternativas que sirvan como parte de los aditivos así disminuimos el consumo excesivo de arcilla natural y a su vez también se trata de evitar el paso de la cocción en algunos casos a fin de disminuir el consumo excesivo de materiales combustibles que envían emisiones contaminantes considerables al medio ambiente. (Ramos, et al. 2020).

Existen normas técnicas establecidas en Perú (NTP,2003) para lograr establecer los parámetros para la elaboración de ladrillos. Respecto a la resistencia a la comprensión, es la capacidad de resistencia que tiene un material como el ladrillo frente a fuerzas externas que tratan de romperlo y de acuerdo a ello se trata de establecer su resistencia y en donde indica que la existencia de grietas no debe ser menor al 75% y debe tener una relación de altura a espesor no menor de 1:1 y no mayor de 2:1 y considerar que de acuerdo a la norma convencional del ladrillo la resistencia es de 12,7 MPa.

Es por ello que dentro de los objetivos de la presente investigación se muestran nuevas alternativas que sirvan como parte de los aditivos así disminuimos el consumo excesivo de arcilla natural y a su vez también se trata de evitar el paso de la cocción en algunos casos a fin de disminuir el consumo excesivo de materiales combustibles que envían emisiones contaminantes considerables al medio ambiente. (Ramos, et al. 2020).

Existen normas técnicas establecidas en Perú (NTP,2003) para lograr establecer los parámetros para la elaboración de ladrillos. Respecto a la resistencia a la comprensión, es la capacidad de resistencia que tiene un material como el ladrillo frente a fuerzas externas que tratan de romperlo y de acuerdo a ello se trata de establecer su resistencia y en donde indica que la existencia de grietas no debe ser menor al 75% y debe tener una relación de altura a espesor no menor de 1:1 y no mayor de 2:1 y considerar que de acuerdo a la norma convencional del ladrillo la resistencia es de 12,7 MPa.

A continuación, se muestran propiedades de algunos tipos de ladrillos considerados en la NTP,2003.

TABLA 2. *Propiedades de los ladrillos.*

TIPOS DE LADRILLO	PROPIEDADES											
	R. Compres. daN/cm ²	Densidad g/cm ³	Abs. Maxima en %	Coef. Satur. Menor a 1.00	Efloresc.	Alabeo	Alto	Ancho	Largo	Peso en Kg	Unidad por m ²	Unidad (de canto) por m ²
King Kong 18 Huecos	126	1.99	12	0.9	Sin eflor.	2	9	13	24	2.9	36	35
King Kong 30% de vacíos	162	2	11	0.9	Sin eflor.	2	9	13	24	3.6	36	35
Econoblock 10	-	-	-	0.9	Sin eflor.	2	20	10	35	4.8	12.5	-
Pandereta	-	-	-	0.9	Sin eflor.	2	9.5	11.5	22.5	1.9	38	70
Hueco 15	-	-	-	0.9	Sin eflor.	2	15	30	30	7.5	9	-
Bovedilla 15	-	-	-	0.9	Sin eflor.	2	15	42	20	7.1	10	-
Caravista 09	-	-	10	0.9	Sin eflor.	2	9	12	25	3.2	38	76
Pastelero 25x25	-	-	7.4	0.9	Sin eflor.	2	3	25	25	2.5	15	-
Caravista Quadrotto	-	-	10	0.9	Sin eflor.	2	9	12	29	3.6	33	-

Fuente: Elaboración propia adaptado de NTP, 2003.

Respecto a la absorción de agua en un ladrillo es el parámetro que permite evaluar la calidad del producto y evitar que se desintegre, de acuerdo a la normativa este debería ser no mayor al 22 %. (Norma técnica peruana 331.017, 2015 citado en Ampuero y Romero, 2020). Además, en otra investigación nos muestra la fórmula para determinar la absorción del agua (Raut, Ralegaonkar y Mandavgane, 2011 citado en Aouba et al. 2016) esta resulta importante ya que esta permite determinar la estabilidad y durabilidad del ladrillo, por ello la fórmula es:

$$WA (\%) = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100$$

Donde:

WA: Porcentaje de absorción de agua

m_w : metro o masa de muestra secada al horno (gr.)

m_d : metro o masa de muestra húmeda (gr.)

Por último, se enfoca el parámetro de densidad que como el anterior parámetro especifica un parámetro para validar la calidad del producto, este indicador en los ladrillos convencional debe indicar un de 1,65 gr./cm³ (Norma técnica peruana 331.017, 2015) La fórmula para la densidad es la siguiente:

$$D = \frac{G}{V}$$

Donde:

D: Es la densidad expresada en gr./cm³

G: Es la masa especifica en seco expresada en gramos

V: Volumen en centímetros cúbicos

Luego de haber realizado la descripción de la teoría, pasamos a los antecedentes encontrados respecto a las categorías planteadas.

Tabla 3. Antecedentes de la Investigación.

TIPO DE ADITIVO	AUTOR	INVESTIGACION	TIPO DE ADITIVO	PROCESO		RESULTADO
ORGANICOS	Aouba, et al. 2016	"Propiedades de los ladrillos de arcilla cocida con biomasas incorporadas: Casos de residuos de harina de hueso de olivo y paja de trigo"	Harina de hueso de olivo y Paja de trigo	Muestra	(2, 4, 5 y 8%. Wt)	los ladrillos elaborados al 5% que mostraron mejores resultados logran contribuir a las características físicas y químicas del ladrillo
				Mezcla:	adición de agua	
				Cocción:	959°C en Horno tradicional	
				Enfriamiento:	ambiente / 1 día.	
	Cultrone et al. (2020)	"Reciclaje de aserrín en la producción de ladrillos ligeros: cómo la cantidad de aditivo y la temperatura de cocción influyen en las propiedades físicas de los ladrillos"	Aserrín	Muestra	2.5%, 5% y 10%,	60% de porosidad cuando se trabaja con aditivos al 10%, sobrepasando incluso la porosidad de un ladrillo sin aditivos la cual asciende a una porosidad de 38%, así mismo ayudo a que sean más livianos y flexibles y se disparen a temperaturas más bajas disminuyendo los costos de energía.
				Secado	1 semana	
				Cocción:	Horno Eléctrico a 100°C/1hora y 1100°C/3Horas	
	Khaleel, Madhavi y Basutkar (2020)	"Características mecánicas de la mampostería de ladrillo con	Fibras Naturales	Muestra	10mml en mortero rico	la absorción de la energía de los ladrillos aumenta cuando se unen con algunos de los compuestos reforzados con fibra natural, el
				Mezcla:	colocadas en probetas	

	compuestos de fibras naturales"				cizallamiento aumenta de 1.96 a 1.38
Phonphuak et al. (2019),	"Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocidos con arroz"	cascara de arroz	Muestra	2.5%, 5%, 7.5% y 10%,	conforme se le adicione cantidades de arroz, la densidad aparente y absorción de agua van mejorando, determinando que a mayo aditivo menor densidad.
			Mezcla:	Molino, adición de 20 a 25% de agua	
			Cocción:	Horno Eléctrico a 900°C y 1100°C	
Gonzales et al, (2019)	"Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verdes"	Heno 1%	Muestra	Fibras vegetales	mayor absorción de agua, que facilitó el desarrollo vegetal en su superficie, además presentó una menor resistencia a la compresión que otros ladrillos de adobe, que permitiría su aplicación a muros verdes con alturas menores a cuatro metros.
			Mezcla:	tierra, arcilla, arena y fibras vegetales secas (heno)	
			Evaluación:	germinación de pasto en su superficie y sus propiedades mecánicas una vez que el material se consolidó	
Lozano et al. (2018)	"Estudio comparativo sobre el impacto	Arcilla y Bagazo de Cebada	Muestra:	15%	al añadir este aditivo vegetal se mejora los pesos y se reduce la contaminación ambiental sin
			Mezcla:	Adición de agua.	

		ambiental de los ladrillos de arcilla tradicionales mezclados con residuos orgánicos mediante análisis de ciclo de vida"		Cocción:	105°C en Horno Eléctrico	modificar las propiedades físicas y químicas del ladrillo
	Muñoz, Delgado y Facundo (2021)	"Elaboración de ladrillos ecológicos en muros o estructurales: una revisión"	mostrar investigaciones relevantes de los años 2015 al 2020, revisando distintos desechos.			recopilación de 33 artículos que demostraban el impacto que produce en la construcción y el medio ambiente el uso de ladrillos ecológicos.
INORGANICOS	Záleska et al. (2018)	investigación "Aditivo mineral a base de cenizas de biomasa preparado a partir de lodos de depuradora municipal y su aplicación en compuestos de cemento"	Cenizas	Muestra:	lodos residuales con contenido de metales pesados y otras sustancias orgánicas e inorgánicas	el aditivo mineral a base de biomasa puede encontrar un amplio uso como aditivo ecoeficiente para aglutinantes a base de cemento y cal
				Mezcla:	cemento, agregado de sílice y agua	
				Cocción:	No se cumple este proceso.	
	Roa et al. (2017)	"Aplicación de MgSO.7H2O y cenizas volantes	Cenizas	Muestra	Cenizas de Combustión de Horno	la adición del sulfato no afecta la resistencia a la deformación ante un esfuerzo de compresión, y

	como refuerzo en la matriz de unidades cerámicas macizas”			Ladrillero Tradicional.	tampoco a la absorción de agua de las unidades y se encuentra dentro del límite plástico de materias arcilloso
			Mezcla:	Adición de agua.	
			Cocción:	Mufla eléctrica de 400 a 900°C	
Reinoso et al., (2017)	“Elaboración de Ladrillos Ecológicos a base de Polietileno”	Polietileno Reciclado	Muestra:	polietileno reciclado 6.2%, cangahua 61.5%, cemento 12.3%	Se concluye que los ladrillos ecológicos agilizan el tiempo de construcción y disminuyen los gastos, y que su resistencia se encuentra dentro del rango tradicional, ya que fue de 38.38 kg/cm2
			Mezcla:	Adición de agua 20%.	
			Cocción:	No se cumple este proceso.	
Rojas y Aquino (2019)	“Reciclaje de residuos de la construcción para fabricación de ladrillos sostenibles”	Residuos de Construcción	Muestra:	(áridos reciclados, residuos de excavación), residuos de corte de madera; además se añadió mucilago de la Opuntia ficus-indica como un aditivo orgánico	la evaluación físico-mecánica indican una óptima mezcla de proporciones, los ladrillos sostenibles cumplen con el valor mínimo de 3MPa según técnicas artesanales

Santacruz y Torres (2019)	"Aprovechamiento de escorias de fundición secundaria de plomo en ladrillos cerámicos"	Escoria de Fundicion	Muestra:	Escorias al 3.35 mm	Se comprobó la viabilidad técnica de incluir escoria en las pastas de fabricación de ladrillos estructurales.
			Caracterizado por	fluorescencia de rayos X equipo MagixPro,	
Martins et al., (2020)	"Ladrillos ecológicos a partir de residuos de piedra de dimensión y resina de poliéster",	residuos de piedra caliza y el poliéster	Mezcla:	precipitados los compuestos que se combinaron en proporciones de 70/30, 80/20, 85/15 y 90/10 (% en peso),	el compuesto 70/30 presentaba la mayor resistencia con valor de 54 MPa. Y el compuesto 90/10 aun alcanzo el valor exigido por norma, siendo el más beneficioso por el 90% de residuos que no se descartan al medio.
			Curado	MEKP usada en 0.6, 0.4, 0.3 y 0.2 ml	
Ampuero y Romero (2020)	"Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos a base de material reciclado (plástico PET) para Construcción"	PET	revisar los valores más aceptables de los parámetros físicos y mecánicos de los ladrillos con agregado PET		fueron encontrados los parámetros de compresión, absorción, densidad, aislamiento térmico y durabilidad que cumplen el valor mínimo requerido.

	Muñoz, Delgado y Facundo (2021)	"Elaboración de ladrillos ecológicos en muros o estructurales: una revisión"	mostrar investigaciones relevantes de los años 2015 al 2020, revisando distintos desechos.	recopilación de 33 artículos que demostraban el impacto que produce en la construcción y el medio ambiente el uso de ladrillos ecológicos.
--	---------------------------------	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada ya que la investigación busca generar conocimientos, teorías o avances científicos respecto a la información que existe en relación a las temáticas de estudio las mismas que se enfocan en darle solución a problemas. (Ñaupas, 2018). En la presente investigación se usaron los conocimientos científicos que se obtuvieron respecto a elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos, así como los parámetros físico-mecánicos, y cuya información se aplicó y utilizó para la sistematización de la información que puede ser útil para el contexto de fabricación de ladrillos.

El diseño de la presente investigación es de revisión sistemática que consiste en el proceso de recolectar, seleccionar y analizar la información respecto a la temática de la investigación dando lugar a las categorías de elaboración de ladrillos, aditivos orgánicos, aditivos inorgánicos y parámetros físico-mecánicos para observar su efectividad cuando estas categorías se relacionan (Moreno, et al, p.184).

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Dentro de la investigación se describen las categorías en la tabla N° 1, considerada como Matriz de Categorización Apriorística, en la cual se detallan el problema principal y específicos, objetivos principales y específicos, categorías y subcategorías.

Tabla 4. Matriz de Categorización apriorística

Revisión sistemática de la elaboración del ladrillo a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos						
Objetivo general	Problema general	Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Sub categorías	Unidad de análisis
Evaluar los aspectos relevantes en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos	¿Cuáles son los aspectos relevantes en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos?	Identificar los tipos de aditivos orgánicos que se utilizan en la elaboración de ladrillos	¿Qué tipos de aditivos orgánicos se usan en la elaboración de ladrillos?	Tipos de Aditivos Orgánicos	Paja de trigo	(Aouba et al., 2016)
					Hueso de olivo	
					Aserrín	(Cultrone et al. 2020)
						(Domínguez, P. Muños, L. Muñoz, 2017)
					Cascarilla de arroz	(Martín et al., 2018)
					Hoja de olivo	
					Cáscara de arroz	(Munir et al., 2021)
						(Phonphuak, Saengthong, Srisuwan, 2019)
					Bagazo de cebada	(Lozano et al. 2018)
Heno	(González et al.,2019)					

					Fibra de yute	(Khaleel, Madhavi, Basutkar, 2020)
					Cáscara de almendra	(Latorre; 2017)
					Hueso de aceituna	(Arezki,Chelouah, Tahakourt, 2016)
					Residuos de karité	(Adazabra, Viruthagiri y Shanmugam, 2018)
					Lodo residual	(Gomes et al., 2020)
						(Camargo y Yambay, 2020)
					Cascarilla de cacao	(Figuroa y Pérez, 2018)
					Cáscara de trigo	(Ahmad, Lqbal y Muhammad, 2017)
					Cuesco de palma de aceite	(Giraldo y Ruiz, 2018)
					Ceniza	(Zaleska et al.,2018)

		Analizar los tipos de aditivos inorgánicos que se utilizan en la elaboración de ladrillos	¿Qué tipos de aditivos inorgánicos se usan en la elaboración de ladrillos?	Tipos de Aditivos Inorgánicos	Resina de poliéster	(Martins et al, 2020)
					Cenizas volantes	(Roa, Paredes y Lara, 2017)
						(Ekhlasur et al., 2018)
						(Sánchez, Corpas y Rojas,2019)
					Polietileno (PET)	(Reinoso et al. 2017)
						(Gareca et al, 2020)
					Escoria de fundición	(Santacruz y Torres, 2019)
					Residuos de construcción	(Rojas y Aquino,2019)
					Cenizas de aserrín	(Ibáñez y Rodrigues,2018)
					Cenizas de hojas de bambú	(Minaya, 2018)
		Ceniza industrial	(Dogan et al.,2021)			

					Policloruro de Vinilo (PVC)	(Peña y Rincón, 2018)
					Residuo de minería de carbón	(Zuluaga, 2020)
					Residuo de minería aluvial	
					Residuo de flotación	
					Ceniza de bagazo de caña de azúcar	(Priyadarshini et al., 2021)
					Polvo de mármol residual	
					Vidrio	(Ayala y Lagos, 2018)
						(Mahdjoub et al.,2021)

					Ceniza de biomasa	(Ayala y Lagos, 2018)
					Residuos de construcción y Demolición (RCD)	(Contreras et al., 2016)
					Material dragado	(Bhairappanavar, Liu y Shakoor, 2021)
					Ceniza de orujo de aceituna	(De la Casa y Castro, 2016)
					Ceniza de cascara de arroz	(Camacho y Mena 2018)
					Carbón de cascara de coco	(Nur et al.,2017)
					Poliestireno (PS)	(Gareca et al, 2020)

					Poliestireno de baja densidad (PEBD)	(Gareca et al, 2020)
					Polipropileno (PP)	
					Lodo de granito	(Abdel, 2021)
		Estimar los valores aceptables de los parámetros físico-mecánico en la elaboración de ladrillos.	¿Qué valores aceptables de los parámetros físico-mecánicos se miden en la elaboración de ladrillos?	Parámetros físico-mecánicos	Resistencia a la compresión (MPa)	(Aouba et al ,2016)
						(Cultrone et al. 2020)
						(Martín et al., 2018)
						(Phonphuak, Saengthong, Srisuwan, 2019)
						(Lozano et al. (2018)
						(González y Pita ,2019)
						(Zaleska et al.,2018)
						(Martins et al, 2020)
						(Roa, Paredes y Lara, 2017)

						(Reinoso et al. 2017)
						(Santacruz y Torres, 2019)
						(Rojas y Aquino,2019)
						(Khaleel, Madhavi, Basutkar, 2020)
						(Latorre Lorite 2017)
						Arezki, Chelouah, Tahakourt, 2016)
						(Domínguez, P. Muños, L. Muñoz, 2017)
						(Adazabra, Viruthagiri y Shanmugam, 2018)
						(Gomes et al, 2020)
						(Figuroa y Pérez, 2018)
						(Ahmad, Iqbal y Muhammad, 2017)
						(Munir et al., 2021)
						(Giraldo y Ruiz, 2018)

						(Camargo y Yambay, 2020)
						(Ibáñez y Rodrigues,2018)
						(Minaya, 2018)
						(Dogan et al.,2021)
						(Ekhlaur et al., 2018)
						(Priyadarshini, et al 2021)
						(Ayala y Lagos, 2018)
						(Bhairappanavar, Liu y Shakoor, 2021)
						(Camacho y Mena 2018)
						(Mahdjoub et al.,2021)
						(Gareca et al, 2020)
					Absorción de agua (%)	(Aouba et al ,2016)
						(Cultrone et al. 2020)
						(Martín et al., 2018)

						(Phonphuak, Saengthong, Srisuwan, 2019)
						(Lozano et al. 2018)
						(Domínguez, P. Muños, L. Muñoz, 2017)
						(Roa, Paredes y Lara, 2017)
						(Santacruz y Torres, 2019)
					Absorción de agua (%)	(Khaleel, Madhavi, Basutkar, 2020)
					Densidad (g/cm ³)	(Latorre Lorite 2017)
						(Arezki, Chelouah, Tahakourt, 2016)
						(Adazabra, Viruthagiri y Shanmugam, 2018)
						(Ahmad, Iqbal y Muhammad, 2017)

						(Camargo y Yambay,2020)
						(Ibáñez y Rodrigues,2018)
						(Dogan et al.,2021)
						(Peña y Rincón, 2018)
						(Sánchez, Corpas y Rojas, 2019)
						(Ayala y Lagos, 2018)
						(Contreras et al., 2016)
						(Bhairappanavar, Liu y Shakoor, 2021)
						(De la Casa y Castro, 2016)
						(Camacho y Mena 2018)
						(Mahdjoub et al.,2021)
						(Gareca et al, 2020)
						(Aouba et al ,2016)
						(Cultrone et al.,2020)

					Densidad (g/cm ³)	(Contreras et al., 2016)
						(Martín et al., 2018)
						(Phonphuak, Saengthong, Srisuwan, 2019)
						(González y Pita ,2019)
						(Zaleska et al.,2018)
						(Khaleel, Madhavi ,Basutkar, 2020)
						(Latorre Lorite 2017)
						(Arezki,Chelouah, Tahakourt, 2016)
						(Domínguez, P. Muños, L. Muñoz, 2017)
						(Giraldo y Ruiz, 2018)
						(Camargo y Yambay, 2020)
						(Lozano et al.,2018)
						(Dogan et al., 2021)
						(Peña y Rincón, 2018)

						(Zuluaga, 2020)
						(Ayala y Lagos, 2018)
						(De la Casa y Castro, 2016)
						(Gareca et al, 2020)

Fuente: Elaboración Propia.

3.3 Escenario de estudio.

La presente investigación es de revisión sistemática por lo que el escenario de estudio corresponde al acceso a plataformas o bases de datos para la obtención de la información, en la investigación se accedió a la información en cuanto a artículos científicos de investigación en los idiomas español o inglés y que estén referidos a las variables de estudio en donde los escenarios de estudio serán las bases de datos: Ebsco, Science Direct, Google Académico y Proquest.

3.4 Participantes

Para la investigación presente se obtuvieron los artículos o investigaciones realizadas en las siguientes bases de datos: Ebsco, ScienceDirect, Google Académico y Proquest. Los criterios de inclusión en la presente investigación fue que comprendan los artículos o tesis que se encuentren publicados entre el 2016 y el 2021 y el criterio de exclusión implican las tesis o artículos que se encuentren duplicados y que no correspondan al periodo de tiempo indicado

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se ha realizado la recolección de datos haciendo uso de técnicas de análisis de datos y búsqueda de palabras por claves. Además, se generó una base de datos para la ubicación de la información y se realizó una ficha de recopilación de datos que está estructurada o identifica la información correspondiente a: Título, autor, tipo de documento, objetivos, métodos y resultados.

3.6 Procedimientos

Los procedimientos que se llevaron a cabo para la recopilación de datos en la revisión sistemática fueron:

Primero se estableció una estrategia de búsqueda de información en este caso se realizó la búsqueda por palabras claves en español e inglés que fueron: Elaboración de ladrillos, Aditivos orgánicos, Aditivos inorgánicos, brick making, organic additives y inorganic additives para encontrar información respecto al tema. Esta búsqueda de palabras se realizó haciendo combinación de palabras claves las cuales fueron: elaboración de ladrillos y aditivos orgánicos, elaboración de ladrillos y aditivos

inorgánicos, brick making and organic additives, brick making and inorganic additives. Luego se realizó la localización de la información a través de las bases de datos que son: Ebsco, Sciencedirect, Proquest, Google académico en donde se encontraron 150 investigaciones de los cuales ejerciendo los criterios de exclusión e inclusión se seleccionaron finalmente 40 artículos científicos de alto impacto de investigación que se organizaron a través de categorías encontrando 17 con la categoría elaboración a partir de aditivos orgánicos, 23 con la categoría de aditivos inorgánicos. En total 40 investigaciones demostraban en sus resultados los principales parámetros físico-mecánico que caracterizaban a los ladrillos elaborados con aditivos orgánicos o inorgánicos.

3.7 Método de análisis de datos

Para el análisis de la información dentro de la investigación se realizó un análisis descriptivo de las tablas de recopilación de datos de los estudios que se obtuvo información. Además, se realizó un análisis comparando los datos de las investigaciones que se obtuvieron mayores resultados significativos.

Tabla 5. Resumen de criterios de búsqueda

Tipo de documento	Documentos referidos a	Cantidad	Palabras clave de búsqueda	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículo científico Tesis de investigación	Elaboración de ladrillos con aditivos orgánicos, inorgánicos y emisión de contaminantes	40	-Elaboración de ladrillos -Aditivos orgánicos -Aditivos inorgánicos -Brick making organic -Additive's inorganic	Las investigaciones que correspondan al periodo del 2016-2021 Se incluirán las investigaciones indexadas en las bases de datos	Las investigaciones que se encuentren realizadas antes del 2015 No se incluyen las investigaciones que se encuentren incompletas o no presenten acceso total

Fuente: Elaboración Propia.

3.8 Aspectos éticos

La ética en la investigación implica un elemento que resulta transversal en todo el proceso de investigación científica y nos permite delimitar cuando nos enfrentamos a una mala práctica de conducta científica en donde esta conducta inadecuada puede ser la fabricación, falsificación o que realizo plagio en la propuesta de investigación (Carcausto y Morales, 2017). Por tanto en esta investigación se asume tener adecuada conducta ética en el desarrollo de la investigación, por ello se asume el principio de la veracidad de la información que se presenta, en donde el investigador asume la comprobación de veracidad de la información que se recolecta y esto se encuentra sustentado de acuerdo a las normas para citación de ISO 690 que permiten identificar la autenticidad de la investigación y los autores (Universidad Cesar Vallejo, 2017) y de acuerdo a ello se utilizan bases de datos confiables que garanticen el cumplimiento de los principios éticos en una revisión sistemática que en la investigación tiene el objetivo de analizar cuáles son los tipos de aditivos orgánicos e inorgánicos que se pueden reaprovechar para la elaboración de ladrillos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los métodos utilizados en los 40 trabajos de investigación de alto impacto sobre la elaboración de ladrillos con aditivos orgánicos e inorgánicos, llevan a cabo un determinado proceso operativo para obtener las muestras de ladrillos con porcentajes de aditivos diferentes, la fabricación de ladrillo considera aspectos importantes que deben determinarse, dentro de estos se mencionan el tamaño de partículas de la materia prima empleada, la cantidad de agua usada para conferir plasticidad a la mezcla, el tiempo de curado del ladrillo, los porcentajes de aditivos, el tiempo y temperatura tanto del secado como horneado, además se realizó las comparaciones de los diferentes parámetros físico-mecánico de los ladrillos de acuerdo con el tipo de aditivo aplicado y normativa técnica peruana.

Los resultados de la investigación se han desarrollado de acuerdo a los objetivos planteados.

OG: Evaluar los aspectos relevantes en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos. Asimismo, los objetivos específicos son:

O.E. 1: Identificar los tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos

Como parte del primer objetivo específico, las investigaciones objeto de esta revisión estudiaron los aditivos orgánicos y el proceso operativo llevado a cabo, que se detalla en los siguientes resultados de la Tabla 3.

Tabla 6. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos:
Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico y tamaño de partícula usado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO				
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA			SECADO	COCCIÓN
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	TAMAÑO DE PARTICULAS		
Francia	(Aouba et al., 2016)	Propiedades de los ladrillos de arcilla cocida con biomasas incorporadas: Casos de residuos de harina de hueso de olivo y paja de trigo.	Paja de trigo	1, 3, 5 y 7%	0.5 mm	T° _{máx} = 150 °C.	T° _{máx} = 920°C duración = 1 h
			Hueso de olivo	2, 4, 5 y 8%	0.05 mm		
España	(Latorre Lorite 2017)	Reciclado de cáscara de almendra como materia prima secundaria en la fabricación de ladrillos de arcilla	Cáscara de almendra	7.5 y 25%	2 mm	T°= 110 °C duración = 48 h	T° _{máx} = 850°C duración = 0.5 h
España	(Lozano et al., 2018)	Estudio comparativo sobre el impacto ambiental de los ladrillos de arcilla tradicionales mezclados con residuos orgánicos mediante análisis de ciclo de vida	Bagazo de cebada	10%	0.5 mm	T°= 105 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 920°C duración = 1 h

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos: Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico no menciona el tamaño de partícula usado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO			
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA		SECADO	COCCIÓN
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO		
India	(Martín et al.,2018)	Comportamiento de eco ladrillos con inclusión de biomasas residuales	Cascarilla de arroz Hoja de olivo	7.5, 15 y 25%	T° = 100 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 850°C duración = 0.5 h
Tailandia	(Phonphuk, Saengthong, Srisuwan, 2019)	Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocidos con arroz.	Cáscara de arroz	2.5, 5, 7.5 y 10%	T° = 110 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 1100°C
Colombia	(Gonzales et al. 2019)	Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verdes	Heno	4%	T°= 115 °C duración = 24 h	-
Argelia	(Arezki, Chelouah, Tahakourt, 2016)	El efecto de la adición de huesos de aceituna molidos sobre las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla.	Hueso de aceituna	1, 2, 3, 5 y 10%	T° = 105 °C	T° _{máx} = 900°C

Chile	(Domínguez, P. Muños, L. Muñoz, 2017)	Impacto del uso de ladrillos ecológicos livianos como cerramientos para casas individuales de un piso en zonas de alta sismicidad.	Aserrín	5, 11 y 17%	T° _{máx} = 100 °C	T° _{máx} = 950°C
India	(Adazabra Viruthagiri y Shanmugam, 2018)	Fabricación de ladrillos ligeros de arcilla con mejores propiedades de aislamiento térmico mediante la incorporación de residuos de karité gastado.	Residuos de Karité	5, 10, 15 y 20%	-	T° _{máx} = 1200°C duración = 2 h
Ecuador	(Figueroa y Pérez, 2018)	Prototipo de ladrillo en base de mezcla de cascarilla de cacao y barro para construcciones en la zona cacaotera de Bucay	Cascarilla de cacao	40, 60 y 80%	T° = 20°C duración = 15 d	T° _{máx} = 850°C
Pakistán	(Ahmad, Iqbal y Muhammad, 2017)	Efecto de los aditivos de carbón y de cáscara de trigo en las propiedades físicas, térmicas y mecánicas de ladrillos de arcilla	Cáscara de trigo	5, 10, 15 y 50%	T° = 110 °C	T° _{máx} = 1000°C

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos:

Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico sin tamaño de partícula usado, y temperatura de enfriamiento.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO				
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA		SECADO	COCCIÓN	ENFRIAMIENTO
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO			
España	(Cultrone et al., 2020)	Reciclaje de aserrín en la producción de ladrillos ligeros: cómo la cantidad de aditivo y la temperatura de cocción influyen en las propiedades físicas de los ladrillos.	Aserrín	2,5, 5 y 10%	T ^o _{máx} = 100 °C duración = 1 h	T ^o _{máx} = 1100°C duración = 3 h	duración = 24 h
Ecuador	(Camargo y Yambay, 2020)	Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe	Lodo residual	5, 10 y 15%	T ^o = 24 °C Duración = 15 d	T ^o _{máx} = 1000°C	duración = 11 d

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos:

Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico sin mención de contenido de agua empleado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO			
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA		SECADO	COCCIÓN
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO		
Francia	(Aouba et al., 2016)	Propiedades de los ladrillos de arcilla cocida con biomásas incorporadas: Casos de residuos de harina de hueso de olivo y paja de trigo.	Paja de trigo	1, 3, 5 y 7%	T° _{máx} = 150 °C.	T° _{máx} = 920°C duración = 1 h
			Hueso de olivo	2, 4, 5 y 8%		
India	(Martín et al., 2018)	Comportamiento de eco ladrillos con inclusión de biomásas residuales	Cascarilla de arroz	7.5, 15 y 25%	T° = 100 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 850°C duración = 0.5 h
			Hoja de olivo			
Colombia	(Gonzales et al. 2019)	Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verdes	Heno	4%	T° = 115 °C duración = 24 h	-
España	(Lozano et al., 2018)	Estudio comparativo sobre el impacto ambiental de los ladrillos de arcilla tradicionales mezclados con residuos orgánicos mediante análisis de ciclo de vida	Bagazo de cebada	10%	T° = 105 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 920°C duración = 1 h
Argelia	(Arezki, Chelouah, Tahakourt, 2016)	El efecto de la adición de huesos de aceituna molidos sobre las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla.	Hueso de aceituna	1, 2, 3, 5 y 10%	T° = 105 °C	T° _{máx} = 900°C

Ecuador	(Figuerola y Pérez, 2018)	Prototipo de ladrillo en base de mezcla de cascarilla de cacao y barro para construcciones en la zona cacaotera de Bucay	Cascarilla de cacao	40, 60 y 80%	T° = 20°C duración = 15 d	T° _{máx} = 850°C
Pakistán	(Ahmad, Iqbal y Muhammad, 2017)	Efecto de los aditivos de carbón y de cáscara de trigo en las propiedades físicas, térmicas y mecánicas de ladrillos de arcilla	Cáscara de trigo	5, 10, 15 y 50%	T° = 110 °C	T° _{máx} = 1000°C

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos

Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico sin mención de contenido de agua empleado, con enfriamiento.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO				
			LADRILLOS ELABORADOS A BASE DE ARCILLA				
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA		SECADO	COCCIÓN	ENFRIAMIENTO
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO			
España	(Cultrone et al., 2020)	Reciclaje de aserrín en la producción de ladrillos ligeros: cómo la cantidad de aditivo y la temperatura de cocción influyen en las propiedades físicas de los ladrillos.	Aserrín	2.5, 5 y 10%	T° _{máx} = 100 °C duración = 1 h	T° _{máx} = 1100°C duración = 3 h	duración = 24 h
Ecuador	(Camargo y Yambay, 2020)	Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración	Lodo residual	5, 10 y 15%	T° = 24 °C Duración = 15 d	T° _{máx} = 1000°C	Duración = 11 d

		en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe					
--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos
Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo orgánico y con mención de contenido de agua empleado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO				
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA			SECADO	COCCIÓN
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	PORCENTAJE DE AGUA		
Tailandia	(Phonphak, Saengthong, Srisuwan, 2019)	Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocidos con arroz.	Cáscara de arroz	2.5, 5, 7.5 y 10%	20 - 25%	T° = 110 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 1100°C
España	(Latorre Lorite 2017)	Reciclado de cáscara de almendra como materia prima secundaria en la fabricación de ladrillos de arcilla	Cáscara de almendra	7.5 y 25%	7 - 10%	T° = 110 °C duración = 48 h	T° _{máx} = 850°C duración = 0.5 h
Chile	(Domínguez, P. Muños, L.)	Impacto del uso de ladrillos ecológicos livianos como cerramientos para casas	Aserrín	5, 11 y 17%	20%	T° _{máx} = 100 °C	T° _{máx} = 950°C

	Muñoz, 2017)	individuales de un piso en zonas de alta sismicidad.					
India	(Adazabra Viruthagiri y Shanmugam, 2018)	Fabricación de ladrillos ligeros de arcilla con mejores propiedades de aislamiento térmico mediante la incorporación de residuos de karité gastado.	Residuos de Karité	5, 10, 15 y 20%	12.5%	-	T ^o máx = 1200°C duración = 2 h

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Resultados del objetivo 1. Tipos de aditivos orgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos
Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo orgánico, con curado y sin curado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO			
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA			CURADO
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	TAMAÑO DE PARTICULAS	
Colombia	(Giraldo y Ruiz, 2018)	Incorporación del cuesco de palma de aceite africana como agregado grueso en mezclas de concreto.	Cuesco de palma de aceite	25 y 50%	19 mm	28 días
India	(Khaleel, Madhavi, Basutkar, 2020)	Características mecánicas de la mampostería de ladrillo utilizando compuestos de fibra natural.	Fibra de yute	-	-	28 días

Australia	(Gomes et al, 2020)	Reciclaje de lodos de tratamiento de agua cruda en compuestos cementosos: efectos sobre la evolución del calor, la resistencia a la compresión y la microestructura	Lodo residual	1, 2, 5 y 10%	-	28 días
Australia	(Muhammad et al 2021)	Efecto sinérgico de la cáscara de arroz, el vidrio y los lodos de mármol sobre las características de ingeniería de los ladrillos ecológicos	Cáscara de arroz	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Los resultados demuestran que los estudios relacionados a la elaboración de ladrillos con adición de aditivos orgánicos utilizan el aserrín; (Cultrone et al., 2020) los aplica tomando en consideración su reducción granular a tamaños menores de 0.05 mm; posterior a ello, en la etapa de secado se comienza el calentamiento progresivo hasta los 150°C, finalmente y controlando el tiempo de cocción, se mantiene durante una hora sin sobrepasar los 920°C, cabe decirse que el aserrín es un residuo que comúnmente se genera como desecho de carpinterías o aserraderos, y además de este, otro aditivo identificado es la paja de trigo que de la misma forma es otro residuo orgánico que no es aprovechado, y la manera de incluirlo en la elaboración de ladrillos sigue un determinado proceso operativo para (Aouba et al., 2016), en el cual se seca a temperatura ambiente durante una semana previamente de llevar el ladrillo sin cocer a un horno a 100°C durante una hora, luego es llevado a cocción con una determinada curva de cocción que obedece a una velocidad de calentamiento que aumenta progresivamente hasta llegar a una temperatura máxima de 1100°C durante tres horas (Figura 5).

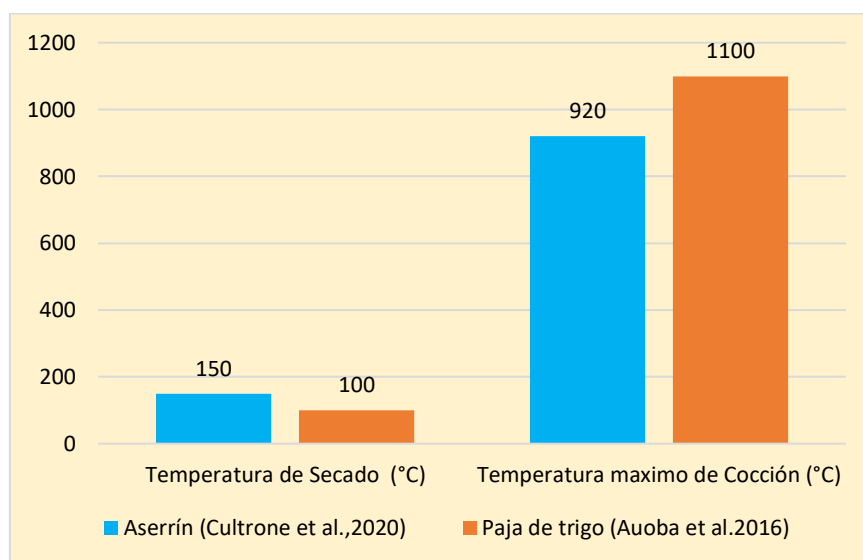


Figura 5. Temperatura máxima de secado y cocción con aditivos orgánicos de Aserrín y Paja de trigo.

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los parámetros de cocción y secado encontramos que el aditivo de paja de trigo presenta menor temperatura de secado que, los que indica eficiencia energética, aun así, se observa que el aserrín presenta una ventaja en la etapa

de cocción ya que la temperatura máxima es menor (920°C) a la de paja de trigo que lo califica con mejor eficiencia energética en esta última parte del proceso de fabricación. Estos aditivos dentro del proceso de fabricación de los ladrillos reemplazan la tierra arcillosa, que coincide con Muñoz, Delgado y Facundo (2021) que identificaron el uso de paja y aserrín como material de reemplazo de la arcilla, y que además mencionan la viabilidad del uso como aditivo orgánico al café molido y el papel en un determinado porcentaje óptimo.

Aouba et al. (2016) también utilizaron como aditivo orgánico la harina de hueso de olivo, reemplazando diferentes cantidades de masa de arcilla, cabe mencionarse que en la elaboración de los ladrillos utilizaron partículas con un tamaño inferior a 0.05 mm, en contraste con Martín et al (2018) que en su investigación con partículas de biomasa de olivo con tamaños de 0 a 1mm, 1 a 2 mm y 0 a 2 mm que resultaron con valores de absorción de agua superiores (Figura 6). Al comparar estos dos aditivos se observa que el valor menor de tamaño de partículas para harina de hueso de olivo le daría las mejores características de resistencia al ladrillo en comparación a la hoja de olivo, de ello se infiere que estos ladrillos realizados a base de hueso de olivo serían más eficientes en las construcciones de acuerdo con los fines de la población.

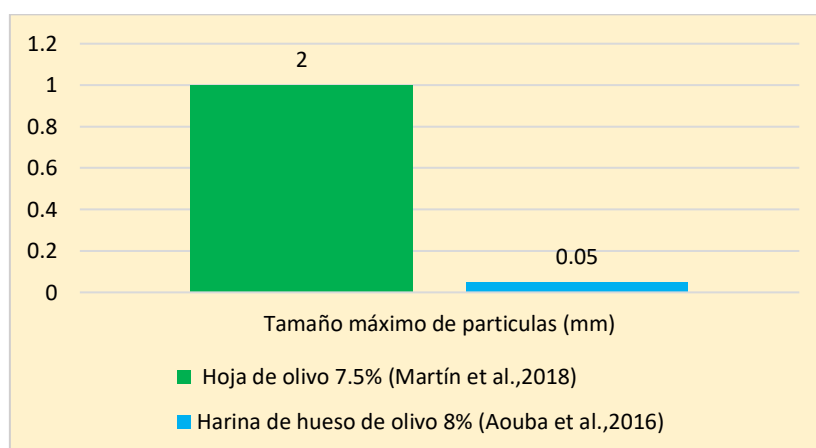


Figura 6. Tamaño máximo de las partículas con aditivos orgánicos de Hoja de Olivo y Hueso de Olivo.

Fuente: Elaboración propia

Aouba et al.(2016) al utilizar 7.5% de aditivo de harina de hueso de olivo, luego de haber sido triturada y añadida al ladrillo húmedo, emplea una temperatura de

secado de 100°C, difiriendo con Martín et al (2018) que para este mismo proceso eleva la temperatura hasta los 150°C en una mezcla de ladrillo con adición del 8% de hoja de olivo (Figura 7), lo que permite inferir que el aditivo de hueso de olivo presenta más eficiencia energética ya que el proceso de secado se realiza haciendo uso de una menor temperatura. Sin embargo, sucede de forma contraria que en el proceso de cocción el aditivo que presenta mayor eficiencia es hoja de olivo (850°C) ya que es inferior en 70°C al aditivo de hueso de olivo (920°C), reduciendo el consumo de energía para la fabricación de ladrillos. (Figura 8)

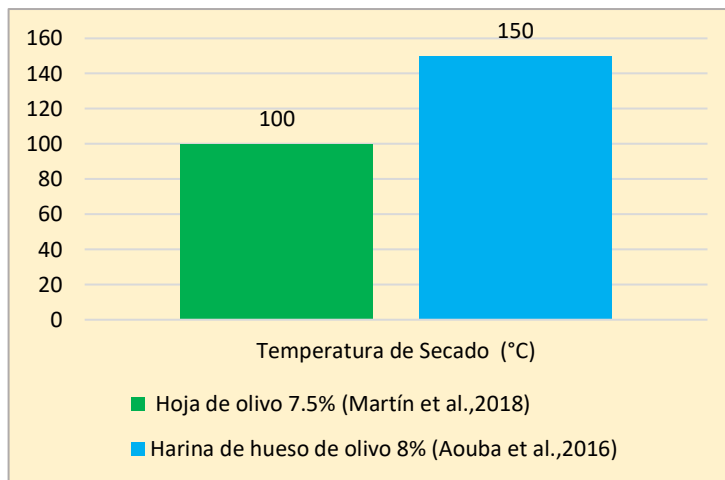


Figura 7. Temperatura de secado con aditivos orgánicos de Hoja de Olivo y Hueso de Olivo.

Fuente: Elaboración propia

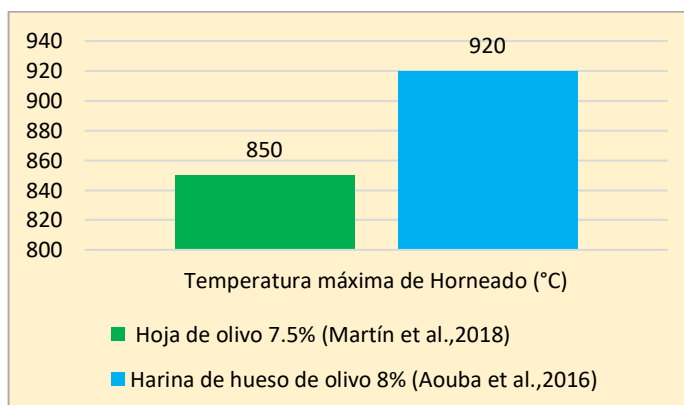


Figura 8. Temperatura máxima de horneado con aditivos orgánicos de Hoja de Olivo y Hueso de Olivo.

Fuente: Elaboración propia

Phonphuak, Saengthong y Srisuwan (2019) recomiendan el uso de cáscara de arroz como posible aditivo a las materias primas utilizadas en la elaboración de ladrillos de arcilla, en consonancia Muñoz, Delgado y Facundo (2021) identifican en su revisión el mismo aditivo, pero mezclado con agregados finos y en mayores cantidades comparados al utilizarse con arcilla, obteniendo buenos resultados en sus propiedades mecánicas; además señala que los tallos de sorgos o conocido como tallo de maicillo son buenos sustitutos de los agregados finos y de esta manera mediante la elaboración de eco ladrillos reducir la contaminación que estos desechos generan. Además, al comparar la cáscara de arroz (Phonphuak, Saengthong y Srisuwan, 2019) y la cascarilla de arroz (Martín et al.; 2018) se observan que tienen similitud, ya que los dos aditivos presentan una misma proporción (7.5% en peso) en la elaboración de ladrillos, aunque para obtener la plasticidad en la mezcla emplea el 5% de agua y 25% de agua respectivamente (Figura 9), además, emplean temperaturas de secado similares, con 10°C de diferencia lo que favorece el bajo consumo de recursos energéticos (Figura 10), sin embargo en relación en la cocción sí se observan diferencias significativas encontrando que el aditivo de cascarilla de arroz alcanza una temperatura máxima de 850°C que es menor y más eficiente a la cáscara de arroz (1100°C) (Figura 11)

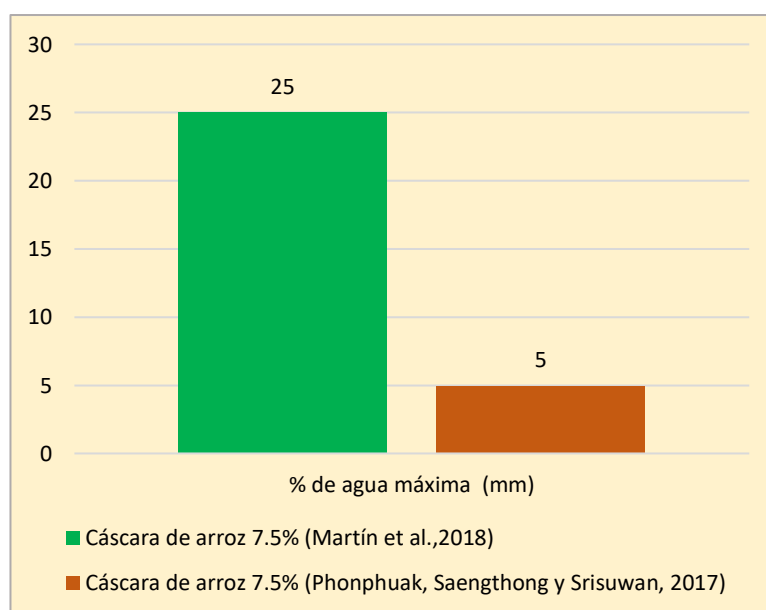


Figura 9. Porcentaje máximo de agua con aditivo orgánico de Cáscara de arroz
Fuente: Elaboración propia.

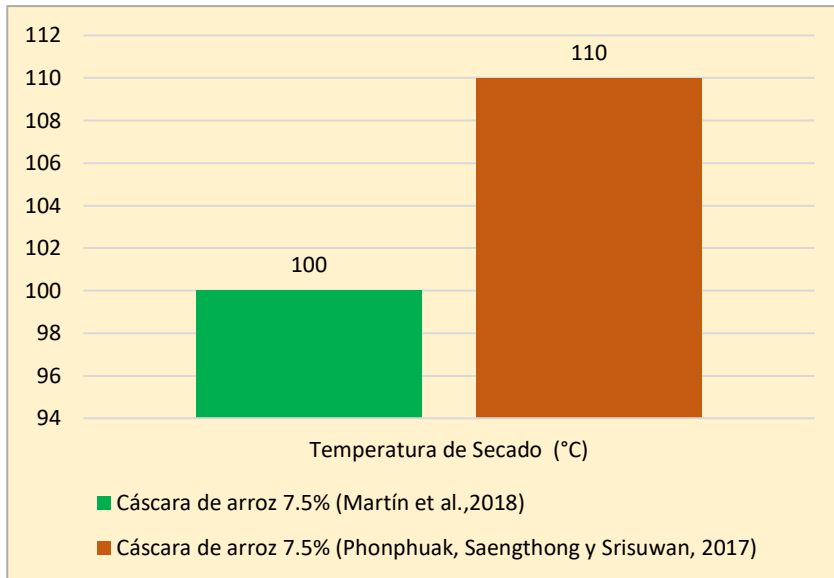


Figura 10. Temperatura de secado con aditivo orgánico de Cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

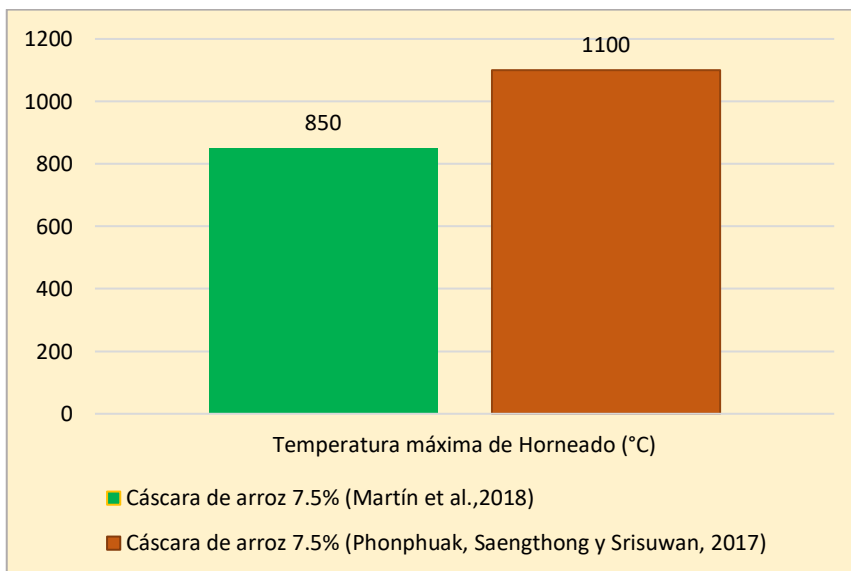


Figura 11. Temperatura máxima de horneado con aditivo orgánico de Cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

Además de la paja de trigo que se recoge de la planta ya seca, hay otro elemento similar de estudio para la elaboración de ladrillos ecológicos, para Gonzales et al. (2019) es el heno y funciona al combinar con arcilla, arena y tierra formando lo que se conoce comúnmente como ladrillos de adobe que generan menos impactos que otros materiales, este autor sólo empleó el proceso de secado a 115 °C durante

15 horas, sin cocción debido a que los fines de los ladrillos resultantes eran no estructurales y ya no era requerido, en contraste de la elaboración de ladrillos con bagazo de cebada, que además de usar este elemento como alimento de ganado, o materia prima para pastelerías, Lozano et al. (2018) su incorporación a la matriz de arcilla, reduce la extracción de materiales fósiles, y al ser materia vegetal así como los anteriores aditivos mencionados necesitan menor energía de cocción ayudando a la reducción de consumo de energía, para su producción, la mezcla ya moldeada se secó a una temperatura de 105°C y se coció a tan sólo 920°C.

Para el proceso de secado en la elaboración de ladrillo a base de cáscara de almendra (Latorre Lorite 2017) la temperatura utilizada fue de 110°C durante 48h, en su cocción se utilizó una velocidad de calentamiento de 1.2 °C/min hasta llegar a los 850°C durante media hora. En el caso del hueso de aceituna (Arezki, Chelouah, Tahakourt, 2016) de primero se secó al aire libre durante 72 horas, después se llevó a horno a una temperatura de 105°C; para la cocción la temperatura usada fue de 900°C en un cambio de velocidad de calentamiento de 2°C/min a 5°C/min. En su último paso, el enfriamiento se dio a iguales temperaturas (20°C).

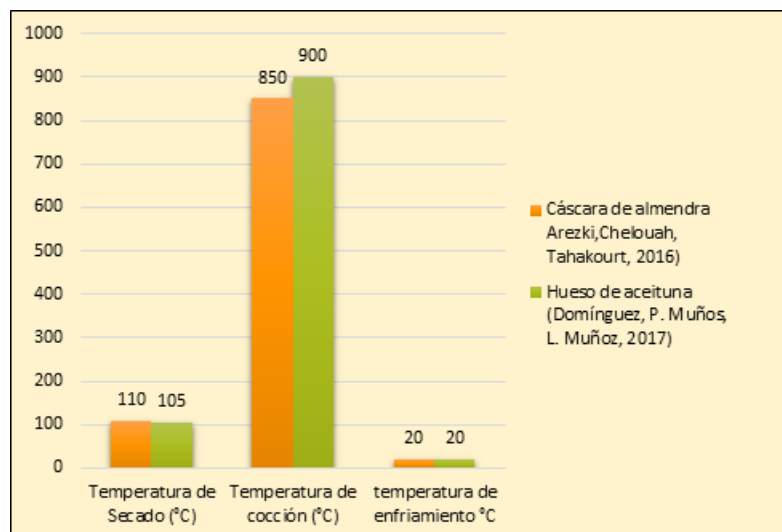


Figura 12. Temperatura de secado, cocción y enfriamiento de los aditivos orgánicos de Cáscara de almendra y Hueso de aceituna.

Fuente: Elaboración propia

En Carvalho, 2020 se utilizó lodo residual en relación al peso del cemento (1%, 2%, 5% y 10%) además de una muestra en blanco, debido al uso de cemento no se procede con los demás procesos, por ende, se continua con el curado, donde se utilizó 95% de humedad relativa con una temperatura de 20°C en un día. Por otro lado, (Camargo y Yambay, 2020) utiliza lodos húmedos (10%, 15%, 20%) y secos (5%, 10% y 15%) a diferencia de Gomes 2020 sí se dan los siguientes procesos como el de secado de ladrillo, aquí se da en 15 días a una temperatura de ambiente: 24°C (aprox.)

En la elaboración de ladrillos con cáscara de cacao (Figuroa y Pérez, 2018) y cáscara de trigo (Ahmad, Iqbal y Muhammad, 2017), si bien ambas fueron realizadas a mano. En el primero, el secado del material se realiza a una temperatura de ambiente (20°C aprox.) durante 15 días, para su proceso de cocción se realizó en un horno artesanal a 850°C durante 3 días, por otro lado, (Ahmad, Iqbal y Muhammad, 2017) dirigió las muestras a un horno de secado a 110°C por un lapso de 4 horas; en lo que refiera al proceso de cocción usaron un horno eléctrico donde llegó su temperatura a 1000°C finalizando su enfriamiento dentro del mismo horno a temperatura de ambiente (Figura 13)

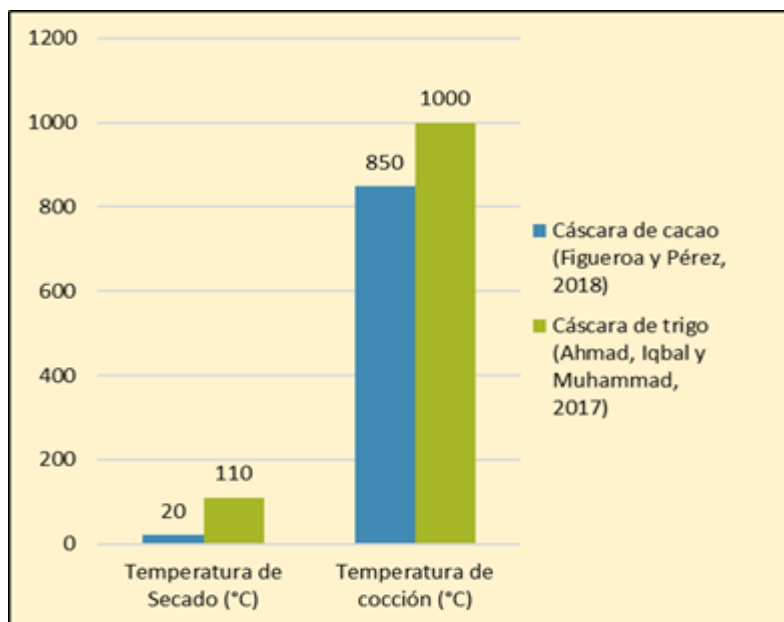


Figura 13. Temperatura de secado y cocción de los aditivos orgánicos de Cáscara de cacao y trigo

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 14, 15 y 16 resume lo mencionado en los párrafos anteriores:

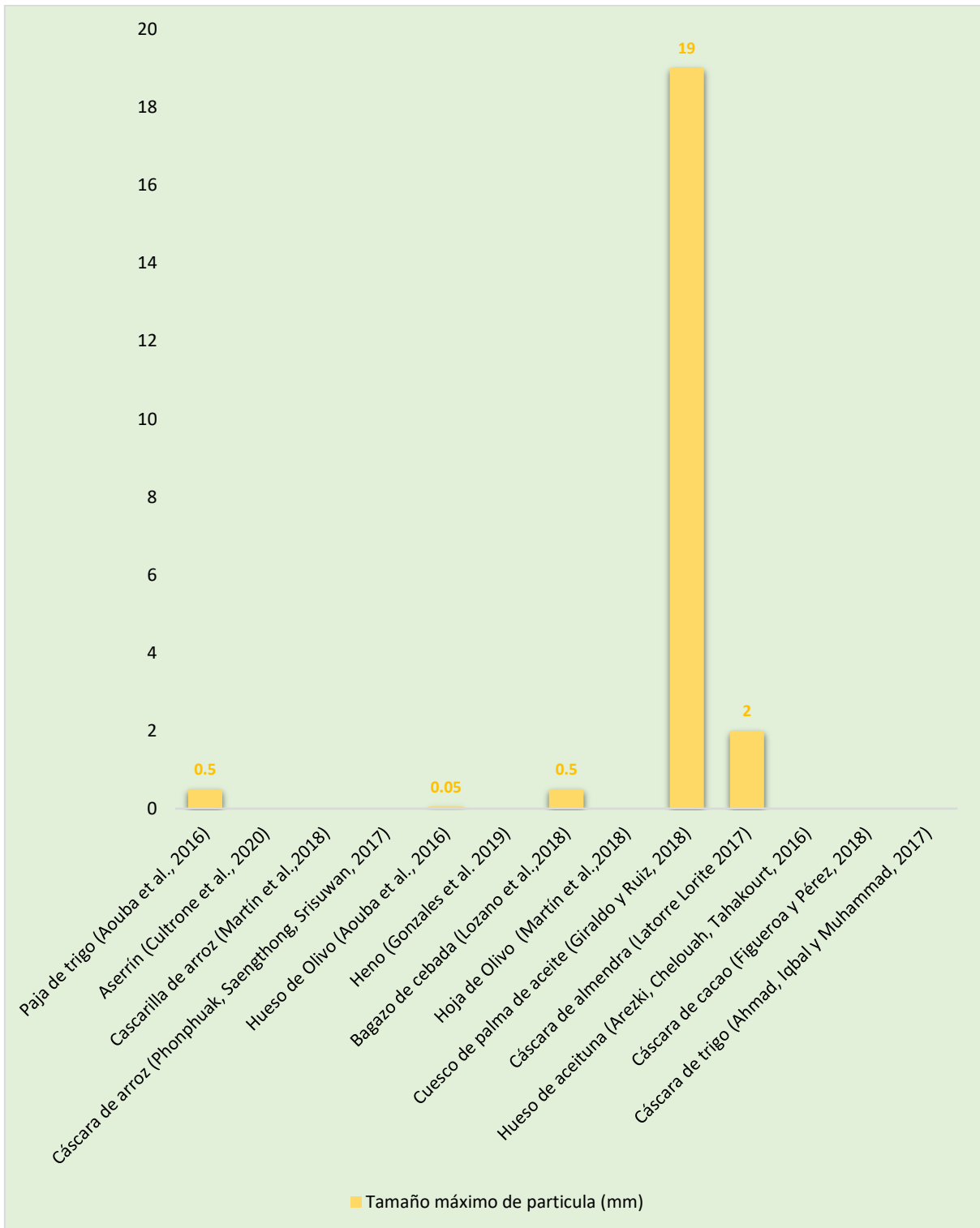


Figura 14. Clasificación según el tamaño de partícula del aditivo orgánico empleado en la fabricación de ladrillos.

Fuente: Elaboración propia.

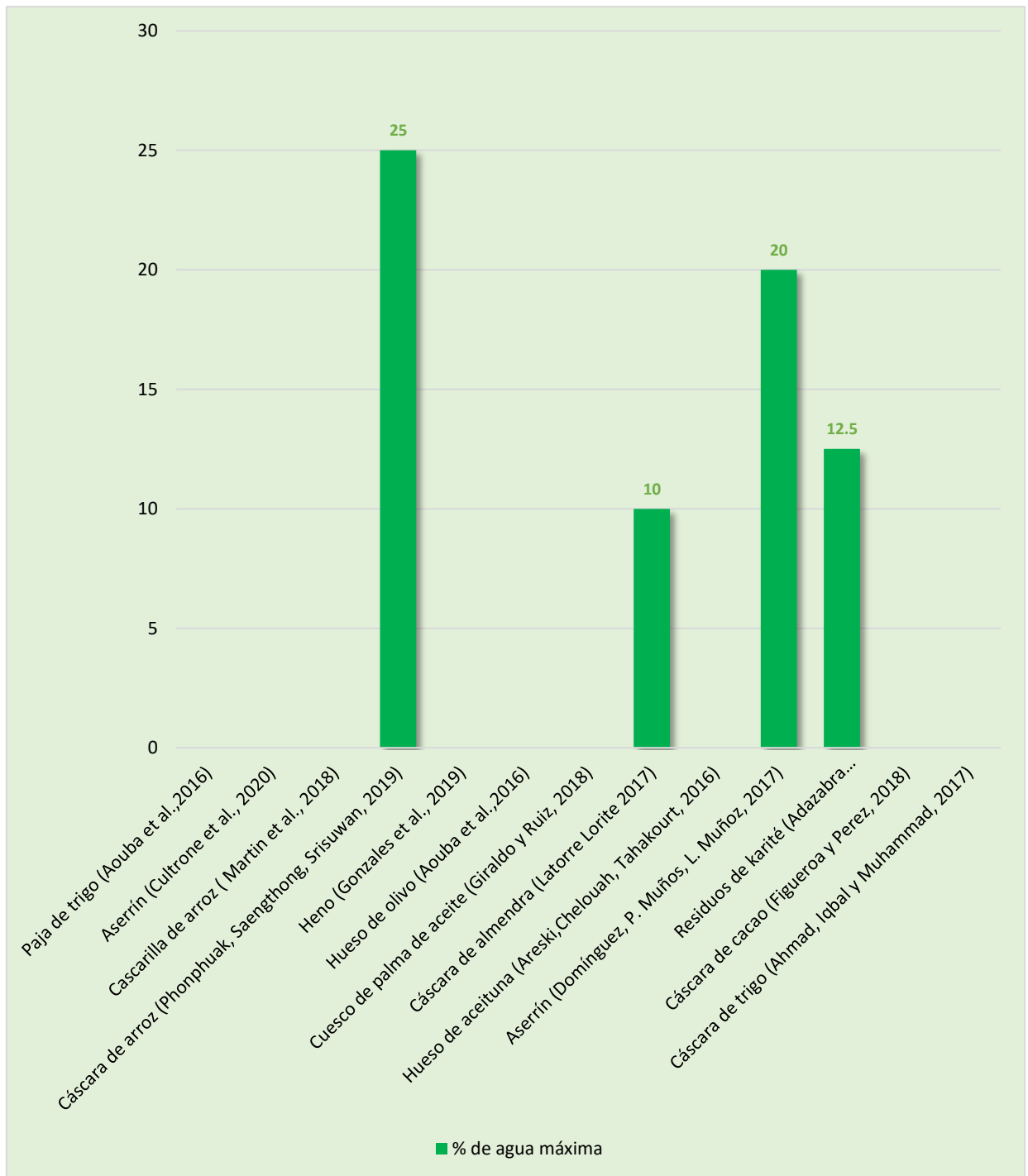


Figura 15. Clasificación según porcentaje máximo de agua empleado en la fabricación de ladrillos con aditivos orgánicos.

Fuente: Elaboración propia.

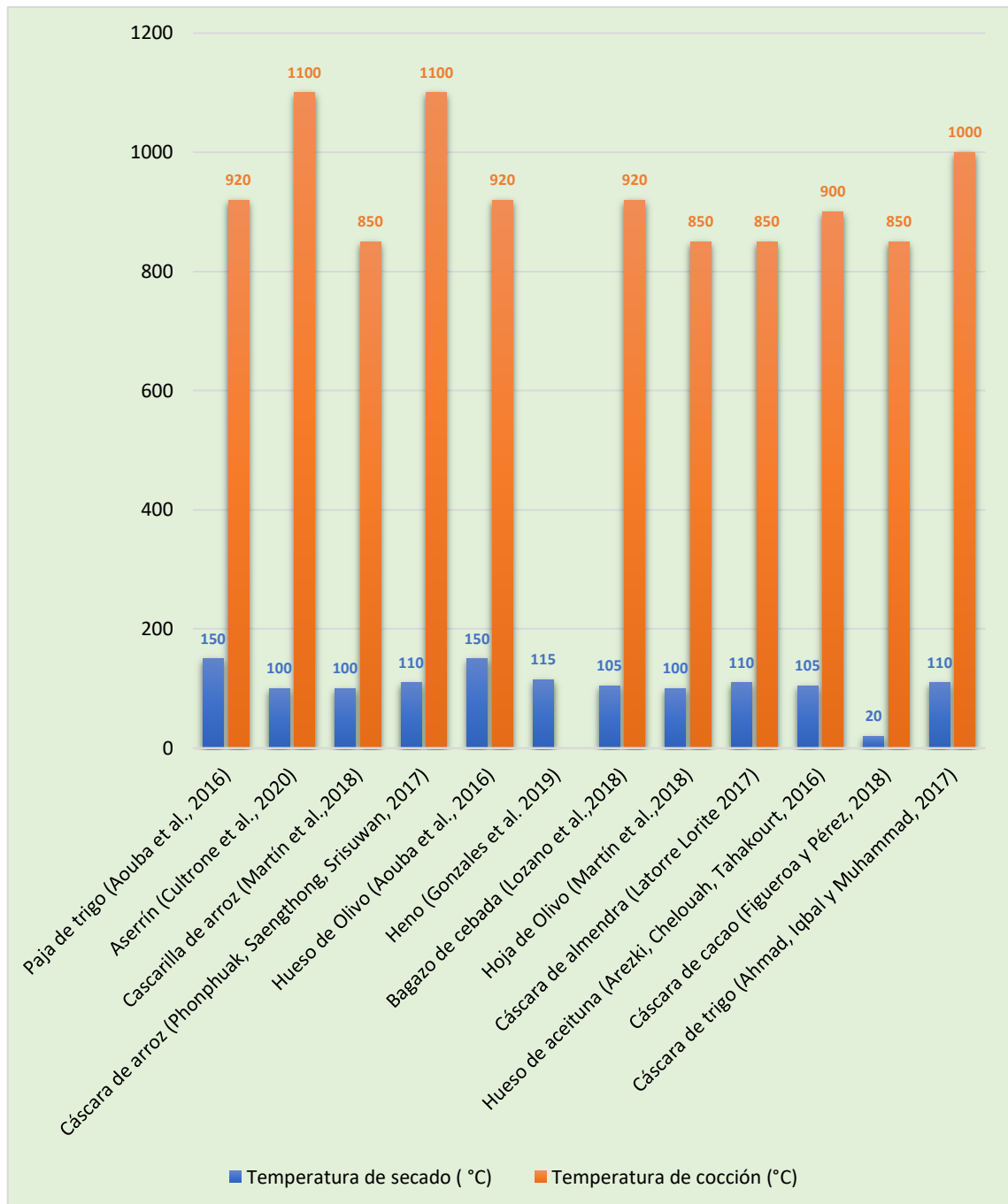


Figura 16. Clasificación según temperatura de secado y de cocción utilizadas en la fabricación de ladrillos con aditivos orgánicos.

Fuente: Elaboración propia

O.E. 2: Analizar los tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos

Tabla 13. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos:
Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo inorgánico y tamaño de partícula usado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO				
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA			SECADO	COCCIÓN
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	TAMAÑO DE PARTICULAS		
Malawi	(Mahdjoub et al.,2021)	Innovación de materiales de construcción tradicionales en Chembe, Malawi: evaluación de residuos de vidrio y ladrillo de arcilla quemada posconsumo para determinar rendimiento y la circularidad.	Vidrio	2, 5 y 10%	19 mm	Duración = 6 días	T ^o _{máx} = 950°C duración = 48 h
México	(Rojas y Aquino, 2019)	Reciclaje de residuos de la construcción para fabricación de ladrillos sostenibles	Residuos de construcción	17%	9.5 mm	T ^o _{máx} = 95 °C duración = 3 horas	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos:
Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo inorgánico sin mención del tamaño de partícula usado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO			
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA		SECADO	COCCIÓN
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO		
Egipto	(Abdel, 2021)	Investigación del uso de residuos de lodos de granito y humo de sílice en ladrillos de arcilla a diferentes temperaturas de cocción	Lodo de granito Hoja de olivo	5, 10, 15, 20 y 25%	T° _{máx} = 120 °C duración = 3 h	T° _{máx} = 800°C
Bolivia	(Gareca et al, 2020)	Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos	Poliestireno	5%	-	-
			Polietileno de baja densidad	1%		
			Polipropileno	2%		
			Tereftalato de polietileno	3.5%		
España	(De la Casa y Castro, 2016)	Reciclaje de ceniza de orujo de aceituna lavada para la fabricación de ladrillos de arcilla cocida	Ceniza de orujo de aceituna	5%	T° _{máx} = 110 °C duración = 8 h	T° = 1050 °C
Colombia	(Ayala y Lagos, 2018)	Elaboración de ladrillos incorporando como materia prima vidrio reciclado y cenizas de biosólido de la PTAR El Salitre	Vidrio	10 y 20%	T° = 60 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 1050°C
			Ceniza de biomasa			

						duración = 3 h
Colombia	(Sánchez, Corpas y Rojas, 2019)	Cenizas volantes de Termoeléctrica como Materia Prima para la fabricación de Materiales Cerámicos de Construcción: Efecto de la Temperatura de cocción sobre el material	Ceniza volante	5, 10, 15 y 20%	T° = 110 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 1150°C duración = 2 h
Colombia	(Zuluaga, 2020)	Implementación de residuos mineros en formulación de mezclas para elaboración de ladrillos cerámicos	Residuo de minería de carbón	60%	duración = 24 h	T° _{máx} = 980°C duración = 3 h
			Residuo de minería aluvial	40%		
			Residuo de flotación	30%		
Turquía	(Dogan et al., 2021)	Ladrillo cocido ecológico producido a partir de ceniza industrial y arcilla natural: un estudio de reutilización de residuos	Ceniza industrial	10, 20, 30 y 40%	T° = 105 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 1100°C duración = 2 h
Colombia	(Santacruz y Torres, 2019)	Aprovechamiento de escorias de fundición secundaria de plomo en ladrillos cerámicos	Escoria de fundición	15%	T° _{máx} = 110 °C	T° _{máx} = 1000°C duración = 2.5 h
Colombia	(Roa, Paredes y Lara, 2017)	Aplicación de MgSO.7H2O y cenizas volantes como refuerzo en la matriz de unidades cerámicas macizas	Cenizas volantes	20%	T° = 90 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 950°C duración = 3 h

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos
Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo inorgánico y con mención de contenido de agua empleado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO				
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA			SECADO	COCCIÓN
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	PORCENTAJE DE AGUA		
Colombia	(Roa, Paredes y Lara, 2017)	Aplicación de MgSO.7H ₂ O y cenizas volantes como refuerzo en la matriz de unidades cerámicas macizas	Cenizas volantes	20%	20%	T° = 90 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 950°C duración = 3 h
Colombia	(Sánchez, Corpas y Rojas, 2019)	Cenizas volantes de Termoeléctrica como Materia Prima para la fabricación de Materiales Cerámicos de Construcción: Efecto de la Temperatura de cocción sobre el material	Ceniza volante	5, 10, 15 y 20%	20%	T° = 110 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 1150°C duración = 2 h
Colombia	(Ayala y Lagos, 2018)	Elaboración de ladrillos incorporando como materia prima vidrio reciclado y cenizas de biosólido de la PTAR El Salitre	Vidrio Ceniza de biomasa	10 y 20%	20%	T° = 60 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 1050°C duración = 3 h
Malawi	(Mahdjoub et al., 2021)	Innovación de materiales de construcción tradicionales en Chembe, Malawi: evaluación de residuos de vidrio y ladrillo de arcilla quemada posconsumo para determinar rendimiento y la circularidad.	Vidrio	2, 5 y 10%	13%	Duración = 6 d	T° _{máx} = 950°C duración = 48 h

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos
Investigaciones de ladrillos a base de arcilla con aditivo inorgánico sin mención de contenido de agua empleado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO			
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA		SECADO	COCCIÓN
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO		
España	(De la Casa y Castro, 2016)	Reciclaje de ceniza de orujo de aceituna lavada para la fabricación de ladrillos de arcilla cocida	Ceniza de orujo de aceituna	5%	T° _{máx} = 110 °C duración = 8 h	T° = 1050 °C
Colombia	(Santacruz y Torres, 2019)	Aprovechamiento de escorias de fundición secundaria de plomo en ladrillos cerámicos	Escoria de fundición	15%	T° _{máx} = 110 °C	T° _{máx} = 1000°C duración = 2.5 h
Bolivia	(Gareca et al, 2020)	Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos	Poliestireno	5%	-	-
			Polietileno de baja densidad	1%		
			Polipropileno	2%		
			Tereftalato de polietileno	3.5%		
Colombia	(Zuluaga, 2020)	Implementación de residuos mineros en formulación de mezclas para elaboración de ladrillos cerámicos	Residuo de minería de carbón	60%	duración = 24 h	T° _{máx} = 980°C

			Residuo de minería aluvial	40%		duración = 3 h
			Residuo de flotación	30%		
México	(Rojas y Aquino, 2019)	Reciclaje de residuos de la construcción para fabricación de ladrillos sostenibles	Residuos de construcción	17%	T° _{máx} = 95 °C duración = 3 h	-
Turquía	(Dogan et al., 2021)	Ladrillo cocido ecológico producido a partir de ceniza industrial y arcilla natural: un estudio de reutilización de residuos	Ceniza industrial	10, 20, 30 y 40%	T° = 105 °C duración = 24 h	T° _{máx} = 1100°C duración = 2 h
Egipto	(Abdel, 2021)	Investigación del uso de residuos de lodos de granito y humo de sílice en ladrillos de arcilla a diferentes temperaturas de cocción	Lodo de granito	5, 10, 15, 20 y 25%	T° _{máx} = 120 °C duración = 3 h	T° _{máx} = 800°C

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos
Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo inorgánico, sin curado ni mención de contenido de agua.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO		
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA		
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	TAMAÑO DE PARTICULAS
Ecuador	(Camacho y Mena 2018)	Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades mecánicas con un ladrillo tradicional.	Ceniza de cáscara de arroz	6%	4 mm
Malasia	(Nur et al., 2017)	Característica del porcentaje de biomasa en absorbentes de microondas de compuestos de ladrillos de cemento	Carbón de cáscara de coco	5%	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos
Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo inorgánico, solo con mención de curado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO		
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA		CURADO
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	
India	(Priyadarshini, et al 2021)	Variabilidad en la resistencia a la compresión de ladrillo no convencionales que contienen residuos agrícolas e industriales	Ceniza de bagazo de	20%	21 días

			caña de azúcar		
Brasil	(Martins et al. 2020)	Ladrillos ecológicos a partir de residuos de piedra de dimensión y resina de poliéster	Resina de poliéster	10, 15, 20 y 30%	12 horas
Perú	(Ibáñez y Rodrigues, 2018)	Propiedades físico mecánicas del ladrillo de concreto al sustituir el cemento por cenizas de aserrín en un 10%, 15% y 20% Nuevo Chimbote-2018	Cenizas de aserrín	10, 15 y 20%	28 días
Ecuador	(Reinoso, 2017)	Elaboración de Ladrillos Ecológicos a base de Polietileno	Polietileno reciclado	6.2%	7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos
Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo inorgánico, con curado y mención de contenido de agua

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO			
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA			CURADO
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	PORCENTAJE DE AGUA	
Estados Unidos	(Bhairapanavar, Liu y Shakoor, 2021)	Ladrillos de cemento de material dragado ecológicos	Material dragado	8, 10 y 12%	10%	28 días
Brasil	(Contreras et al., 2016)	Reciclaje de residuos de construcción y demolición para la producción de nuevos materiales de construcción	Residuos de construcción	10, 20 y 30%	13%	28 días

			ón y demolición (RCD)			
Alemania	(Záleská et al., 2017)	Aditivo mineral a base de cenizas de biomasa preparado a partir de lodos de depuradora municipal y su aplicación en compuestos de cemento.	Cenizas de biomasa	10, 20 y 30%	50%	28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Resultados del objetivo 2. Tipos de aditivos inorgánicos que se pueden utilizar en la elaboración de ladrillos
Investigaciones de ladrillos a base de cemento con aditivo inorgánico, con curado y tamaño de partícula usado.

PAÍS	AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	PROCESO OPERATIVO			
			PREPARACIÓN DE LA MEZCLA			CURADO
			ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	TAMAÑO DE PARTICULA	
Perú	(Minaya, 2018)	Efectos de las cenizas de hojas secas de bambú en la resistencia de ladrillos de concreto	Cenizas de hojas de bambú	15, 20 y 25%	0.074 mm	28 días
Colombia	(Peña y Rincón, 2018)	Evaluación de una alternativa de ladrillo no convencional usando residuos de construcción y demolición (RCD) desde el impacto ambiental y su aplicación en la construcción sostenible en Bogotá, Colombia.	Policloruro de Vinilo (PVC)	20 y 30%	2.5 mm	8 días
Malasia	(Ekhlásur et al., 2018)	Uso de materiales de desecho mezclados en ladrillos	Cenizas volantes	10, 20 y 30%	0.045 mm	90 días

Fuente: Elaboración propia.

La siguientes resultados muestran aquellos estudios de los últimos cinco años relacionados a la elaboración de ladrillos con adición de aditivos inorgánicos, de los cuales resaltan en la revisión las investigaciones con aplicación de cenizas, Záleská et al.(2017) estudiaron la fabricación de los ladrillos a base de cemento con la incorporación de cenizas provenientes de la calcinación de lodos residuales en donde agregaron dosis de aditivos del 10, 20 y 30 % en relación al peso del cemento, a diferencia de Roa, Paredes y Lara (2017) que usaron cenizas volante, que en este caso son atrapadas por precipitación electrostática o captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión en dónde se utilizó un 20% del aditivo. Al comparar los resultados podemos identificar que en la investigación de Záleská se logró añadir un mayor porcentaje (30%) de ceniza de biomasa que permitiría tener mayor impacto ambiental positivo para la reducción de mayor cantidad de desechos (Figura 17).

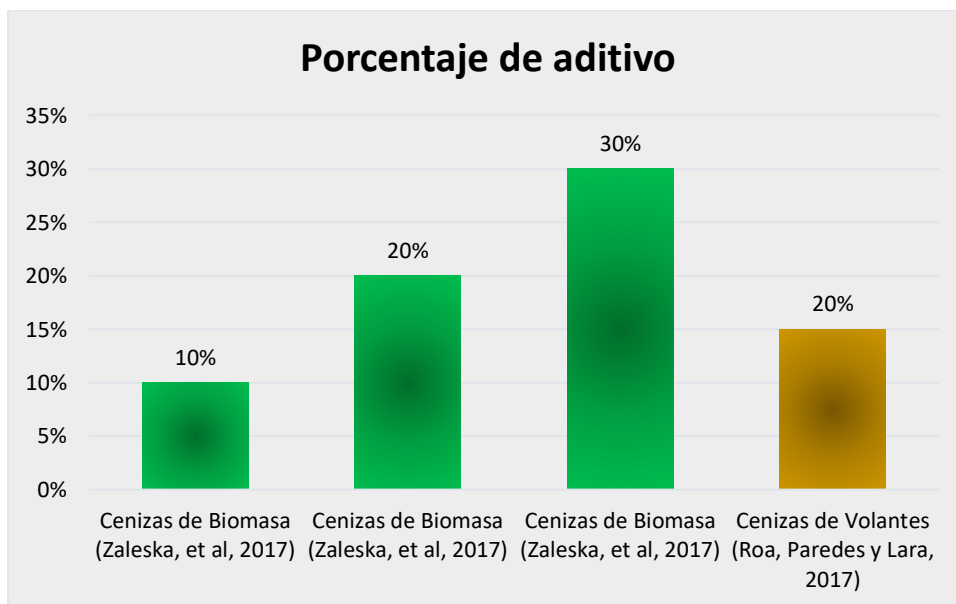


Figura 17. Clasificación según el porcentaje de aditivo inorgánico empleado en la fabricación de ladrillos.

Fuente: Elaboración propia

Según Rojas y Aquino (2019) los estudios de reciclaje de residuos de construcción son escasos, por ello su investigación contribuye en su aplicación como aditivo en diferentes porcentajes, que sustituyen a la arcilla y una vez mezclada con agua y llevado a cabo el proceso completo de fabricación del ladrillo se estudia cuales cumplen los lineamientos de calidad. Además, el proceso de secado de residuos

de construcción es de 95°C a diferencia del aditivo de ceniza volantes (Roa, Paredes y, Lara,2017) que tuvo que realizar el secado a 90°C (Figura 18), lo que permite indicar que las cenizas de volantes tienen una mayor eficiencia en el uso de recursos energéticos.

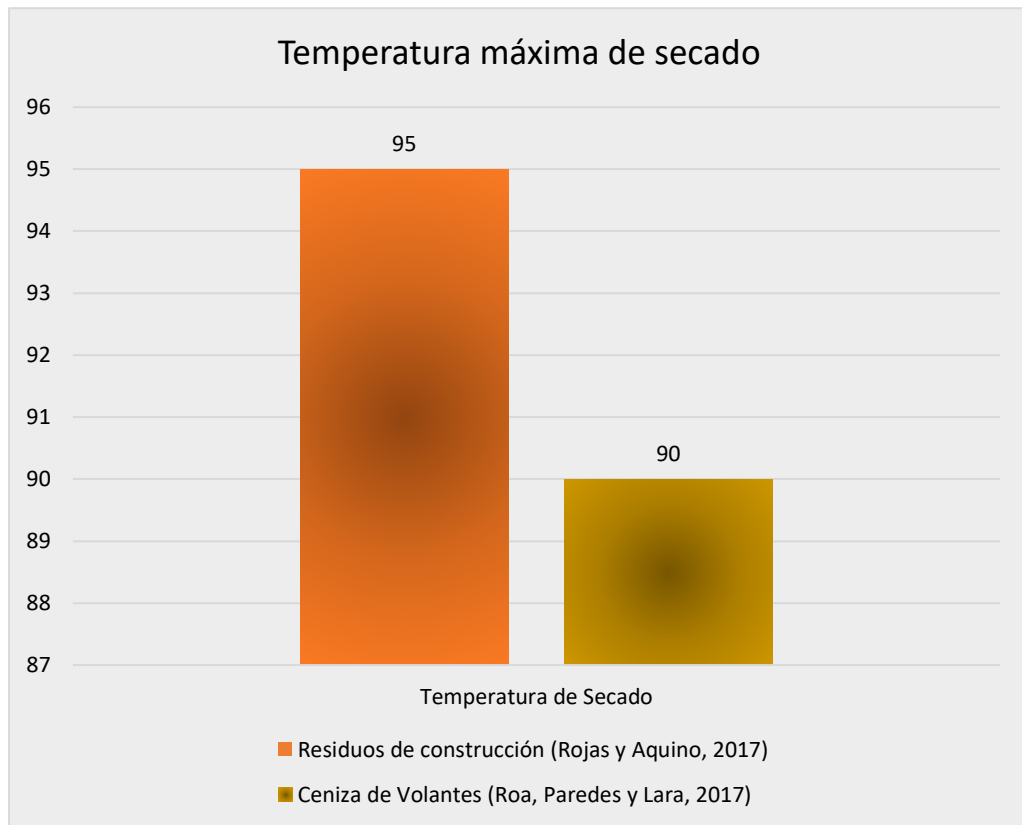


Figura 18. Temperatura máxima de secado en aditivo inorgánico de residuo de construcción y ceniza de volantes.

Fuente: Elaboración propia

El PET se trata de otro aditivo inorgánico estudiado recurrentemente por investigadores, así como Reynoso (2017) que menciona al PET como un material con propiedades hidrófobas y que le brindan al ladrillo ecológico valores de baja absorción de agua, pero también a medida que aumenta brinda bajos niveles de resistencia. Además, en esta investigación se observó que se utilizó un 6,2 % del aditivo de polietileno y el proceso de curado se realizó irrigándolo dos veces diarias durante 7 días a diferencia de la investigación de Zaleska (2017) que se realizó el curado durante 28 días (Figura 19), se infiere que los ladrillos con ceniza de biomasa demandan mayor cantidad de días para llegar a obtener una óptima

resistencia a la compresión brindando ladrillos de calidad y durabilidad para la construcción a diferencia del aditivo del ladrillo con polietileno que obtiene su óptima resistencia en una menor cantidad de días.

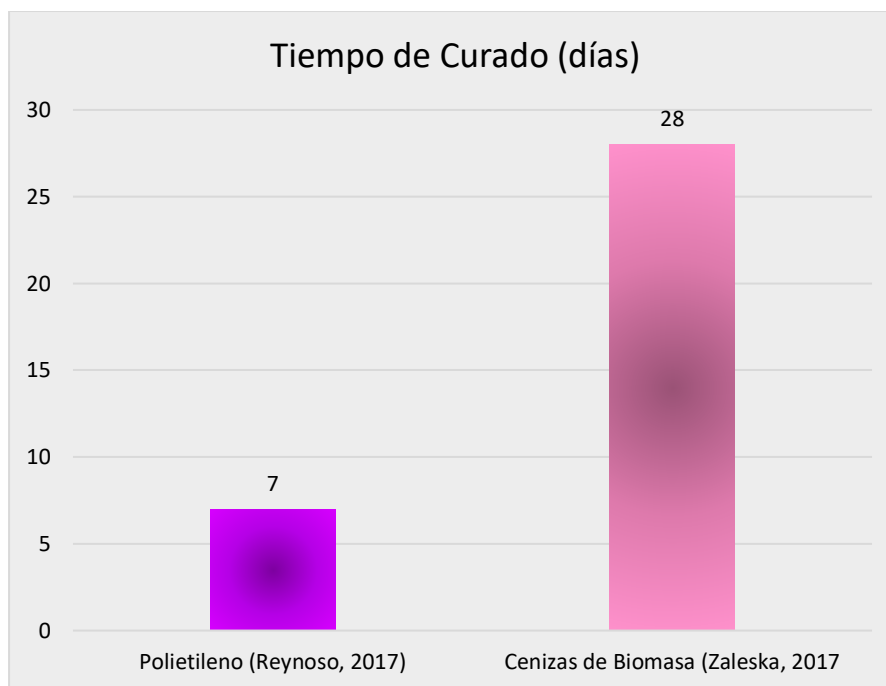


Figura 19. Tiempo de curado para aditivo inorgánico de Polietileno y ceniza de biomasa.

Fuente: Elaboración propia

En la investigación que realizaron Santacruz y Torres (2019) se añadió el aditivo inorgánico de escoria de fundición, donde se realizaron los procesos de cocción a una temperatura de 1000° C con 2,5 horas de sostenimiento y luego redujo 100° C durante 4 horas que en comparación con el la investigación de Roa, Paredes y Lara se logró la cocción en una menor temperatura de 400°C hasta 950°C con tiempos de cocción de 2 y 3 horas (Figura 20), por último, el proceso de secado también varía en las investigaciones donde se observa que el proceso de secado de Santa Cruz y Torres (2019) logra alcanzar 110°C a diferencia de la otra investigación (Roa, Paredes y Lara, 2017) en donde el secado se realiza a 90°C (Figura 21), en el proceso de secado se observan diferencias mínimas en el alcance máximo de temperatura a ceniza de volantes ya que se reduce el uso de recursos energéticos, aunque estas diferencias no son amplias en relación al aditivo de escorias de fundición.

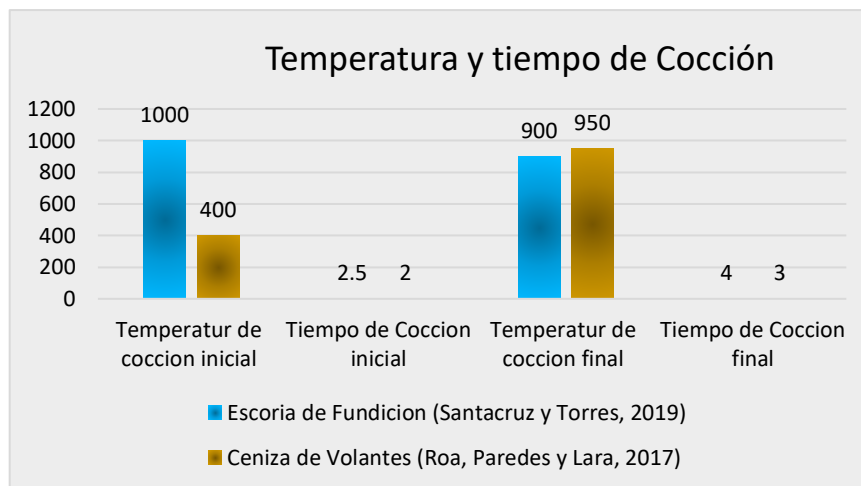


Figura 20. Temperatura y tiempo de cocción para aditivo inorgánico de Escoria de fundición y ceniza de volantes.

Fuente: Elaboración propia

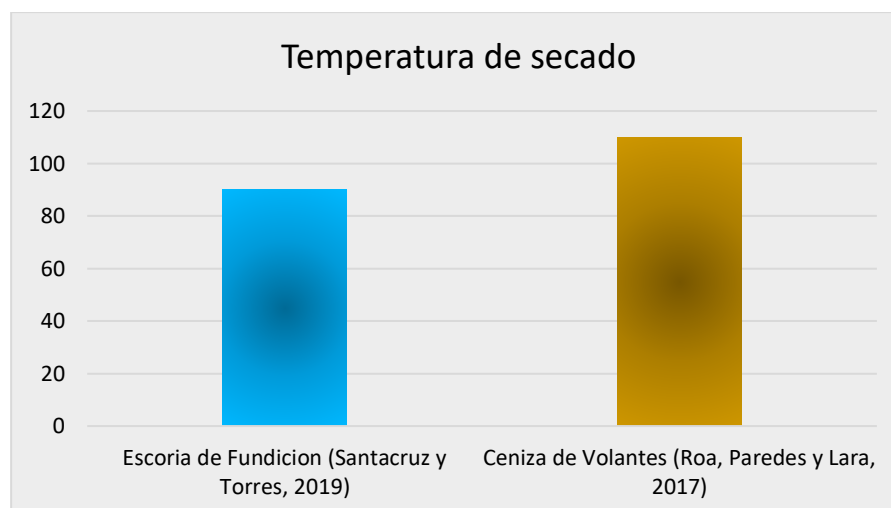


Figura 21. Temperatura de secado para aditivo inorgánico de Escoria de fundición y ceniza de volantes.

Fuente: Elaboración propia

Algunos de los ladrillos elaborados con concreto emplearon las cenizas de hojas secas de bambú como aditivo al 20% de reemplazo, (Minaya, 2014) utiliza este material reducido a un tamaño máximo de partículas de 0.074 mm y el proceso de curado durando hasta 28 días, en contraste con (Ekhlaur et al., 2018) la ceniza volante también fue empleada al 20% con un tamaño de partículas de 0.045 mm y un curado de hasta 90 días, a diferencia de las cenizas (Peña y Rincón, 2018)

agregaron al concreto como reemplazo Policloruro de Vinilo(PVC) un mayor tamaño de sus partículas de 2.5 mm y un curado de tan sólo 8 días (Figura 22 y 23).

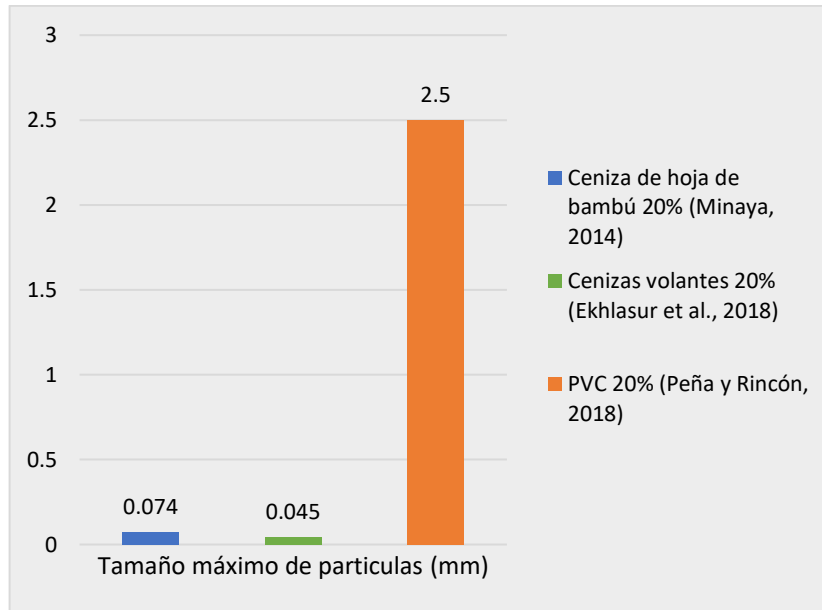


Figura 22. Tamaño máximo de las partículas con aditivos inorgánicos de cenizas de hoja de bambú, cenizas volantes y Policloruro de Vinilo (PVC).

Fuente: Elaboración propia

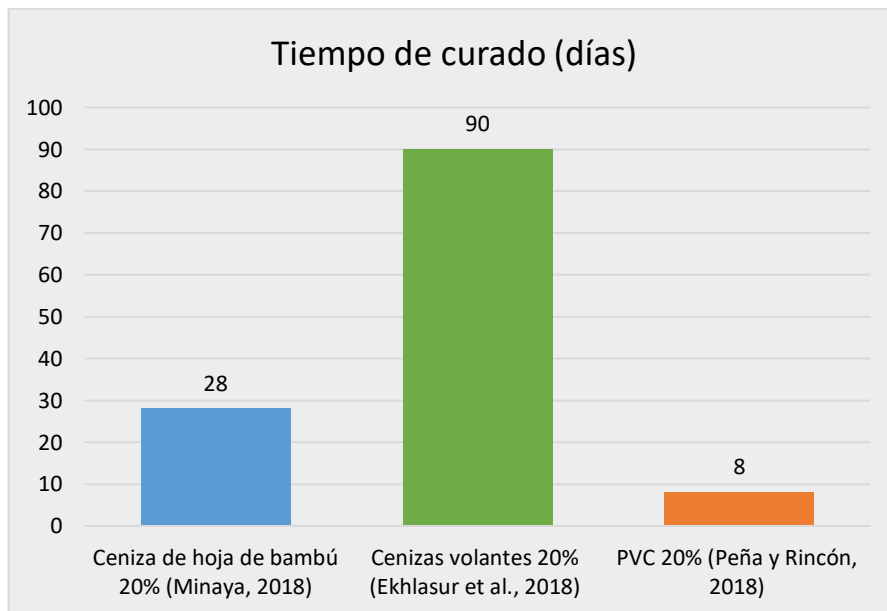


Figura 23. Tiempo de curado para aditivo inorgánico de ceniza de hoja de bambú, ceniza de volantes y Policloruro de Vinilo (PVC).

Fuente: Elaboración propia

En la investigación de (Contreras et al., 2016) hicieron uso como aditivo inorgánico, a los residuos de construcción y demolición (RCD) al 10% de reemplazo en cemento, se trituro este material haciendo uso hasta un tamaño máximo de 4.8 mm y con aumento en un 13% de agua a la mezcla, en contraste (Bhairappanavar, Liu y Shakoor, 2021) añadieron en el mismo porcentaje material dragado, que requería en este caso tan sólo el 10% de agua del total de peso de la mezcla de ladrillo (Figura 24);y además, se empleó en ambos casos el mismo tiempo de curado de 28 días.

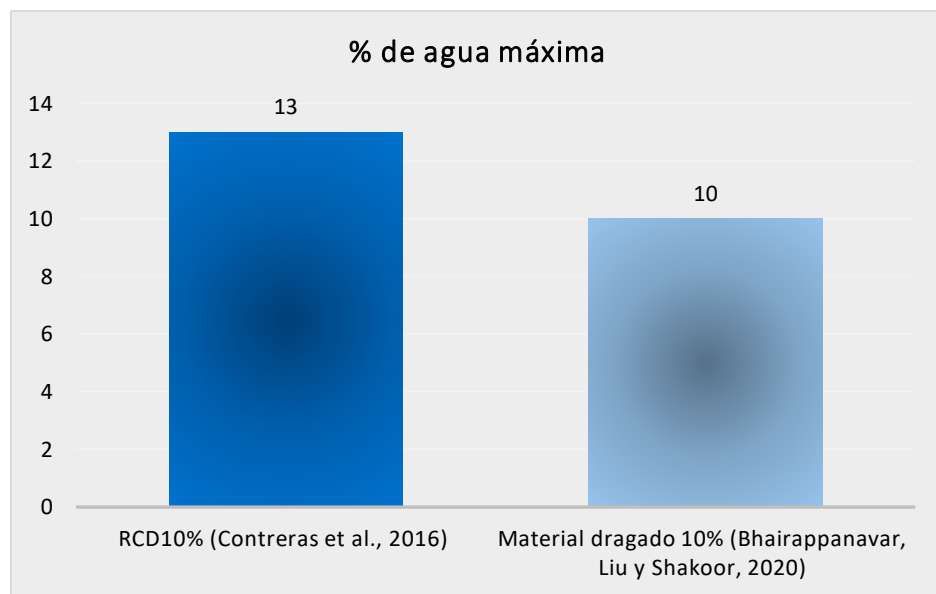


Figura 24. Porcentaje máximo de agua con aditivo inorgánico de RCD y Material dragado.

Fuente: Elaboración propia

Los desechos de vidrio son un material que puede volverse parte de la conformación de ladrillos de arcilla como lo estudia (Ayala y Lagos, 2018), y que a su vez y en la misma proporción de adición que (Mahdjoub et al.,2021) 10%, usaron el vidrio triturado con un tamaño máximo de partícula 1 mm, y añaden una cantidad de agua al 20% en la mezcla, y así mismo 19 mm y 13% de agua respectivamente (Figura 25).

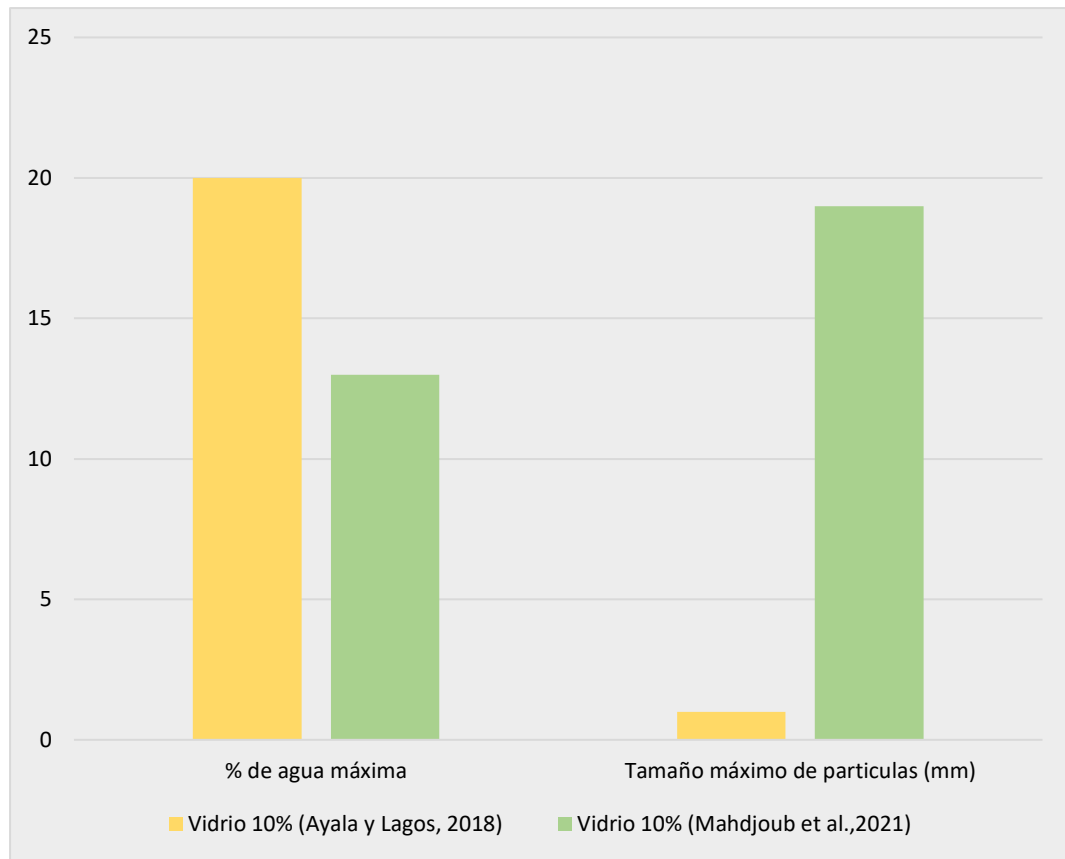


Figura 25. Porcentaje de agua máxima añadida y tamaño de partículas para aditivo inorgánico de Vidrio.

Fuente: Elaboración propia.

Muchos de los materiales inorgánicos usados para los ladrillos fabricados con este tipo de aditivos, son las cenizas. (Dogan et al., 2021) utilizó la ceniza industrial al 10%; en su etapa de secado empleó una temperatura de 105°C y de cocción 1100°C durante dos horas, (Sánchez, Corpas y Rojas, 2019) empleó las cenizas volantes en la misma proporción, con la temperatura de hasta 110°C en el secado de ladrillo, su cocción duro dos horas y la temperatura fue 1150°C, en contraste con los anteriores (Ayala y Lagos, 2018) utilizó cenizas de biomasa al 10% en la mezcla de ladrillo, que duro 24 horas de secado a una temperatura de 60°C para finalizar su proceso de fabricación con una temperatura de cocción de 1050°C que se sostuvo durante tres horas (Figura 26).

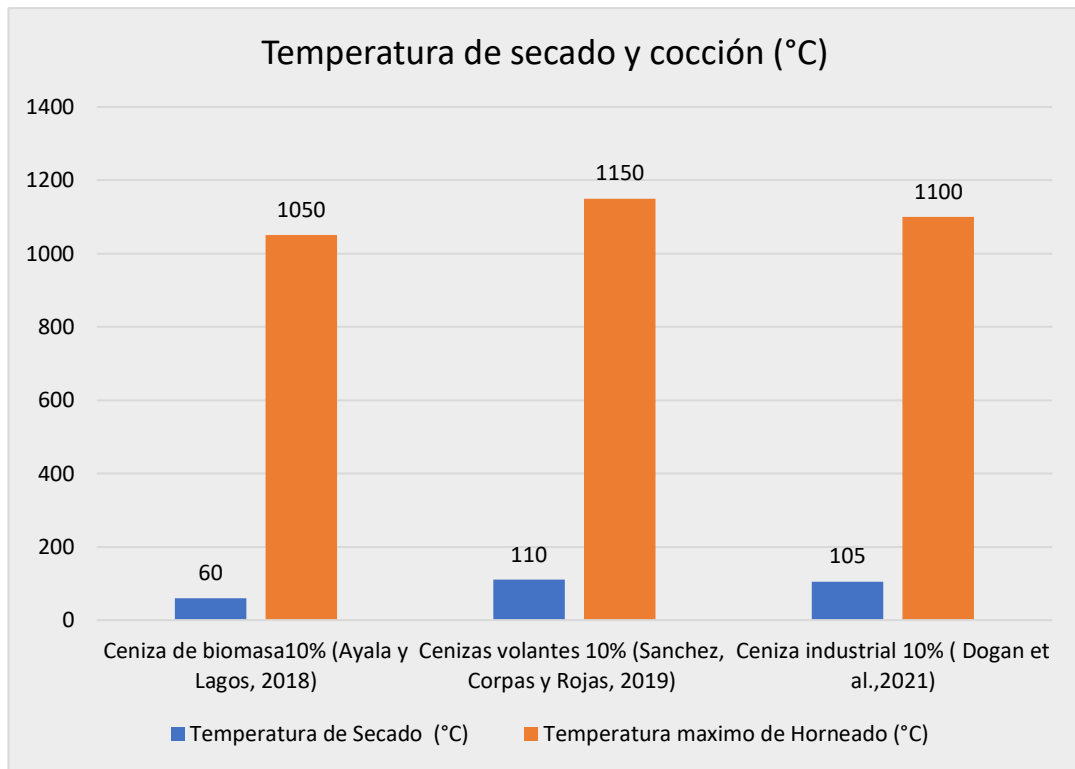


Figura 26. Temperatura de secado y máxima cocción con aditivos inorgánicos de ceniza industrial, de biomasa y volantes.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 29 resume lo mencionado en los párrafos anteriores en relación a los datos de temperatura máxima que se alcanza tanto en la etapa de secado y cocido de los ladrillos con aditivos inorgánicos. Se resalta que algunos aditivos no emplearon secado y cocción debida principalmente a que no se usó la arcilla como elemento matriz en la preparación y que normalmente para obtener este ladrillo se debe cocer, sin embargo, en la Figura 28 se señalan aquellos aditivos que emplearon como material aglutinante al cemento que requiere una cantidad de días de curado para obtener ladrillos con mayor resistencia. En la Figura 27 se resumen los máximos tamaño de partículas de aditivos empleados en la mezcla de ladrillos, resultado aquel de mayor tamaño de partícula 19 mm correspondiente al aditivo de vidrio .

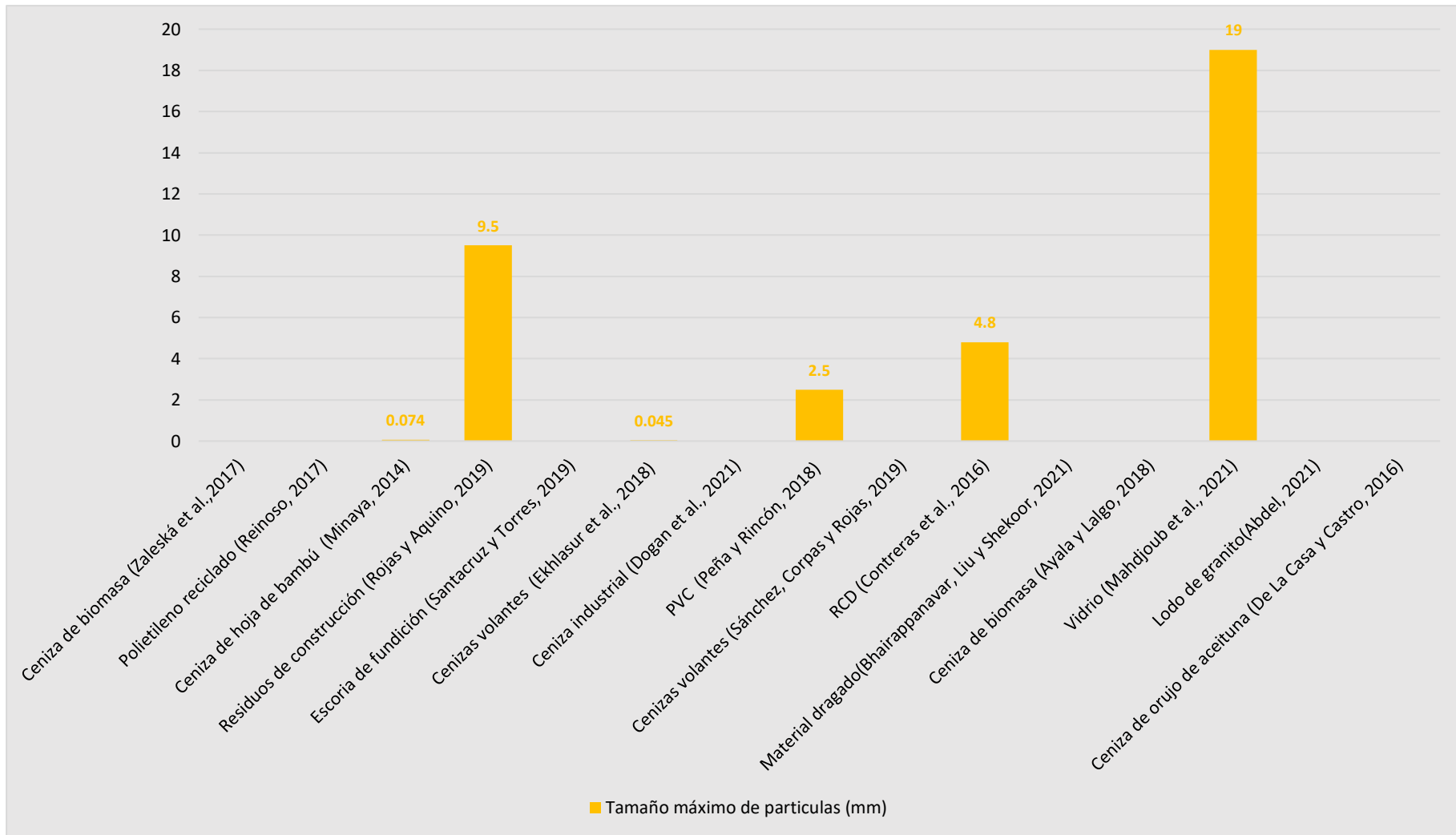


Figura 27. Clasificación según el tamaño de partícula del aditivo inorgánico empleado en la fabricación de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

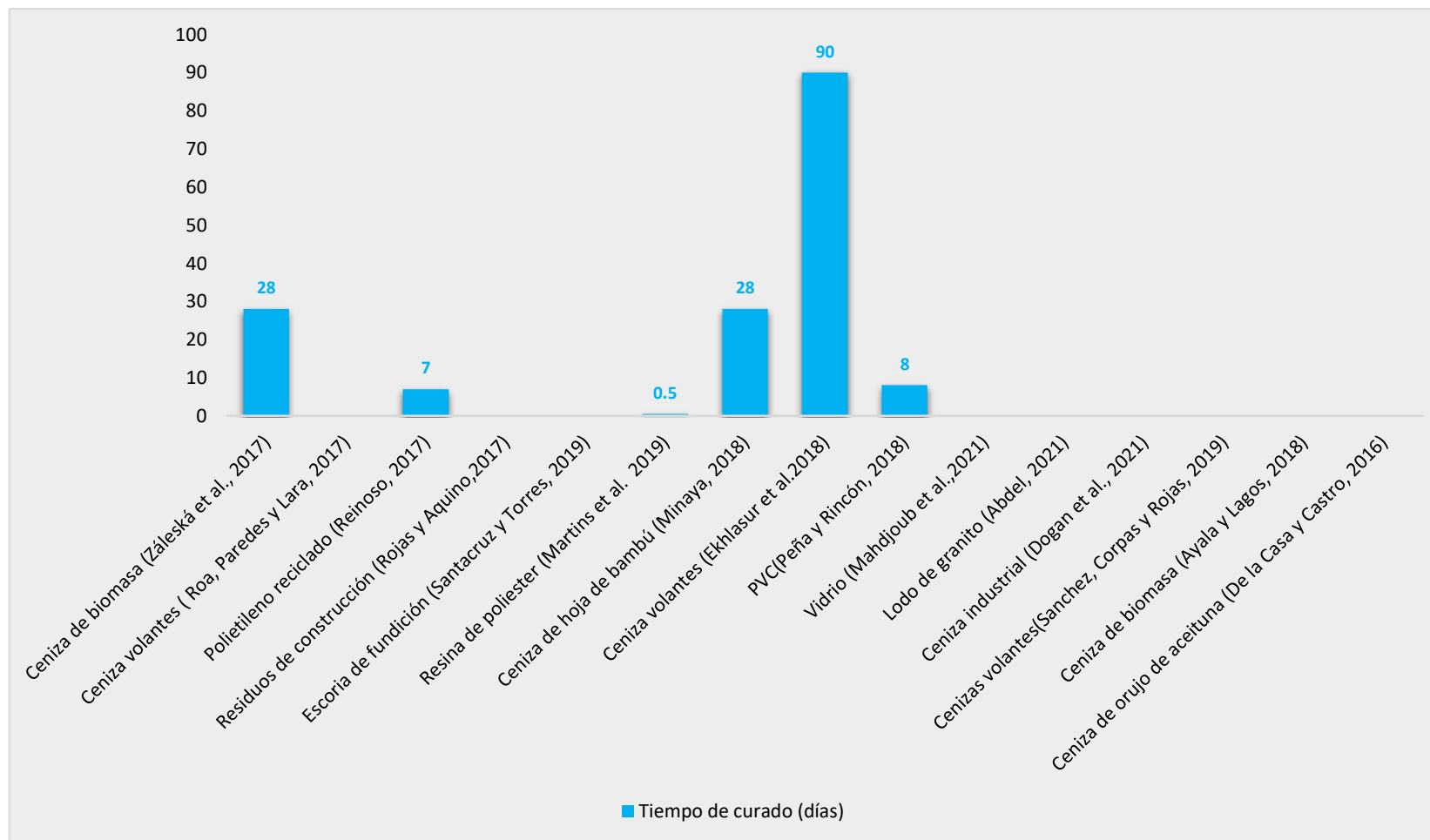


Figura 28. Clasificación según el tiempo de curado empleado en la fabricación de ladrillos con aditivos inorgánicos.

Fuente: Elaboración propia

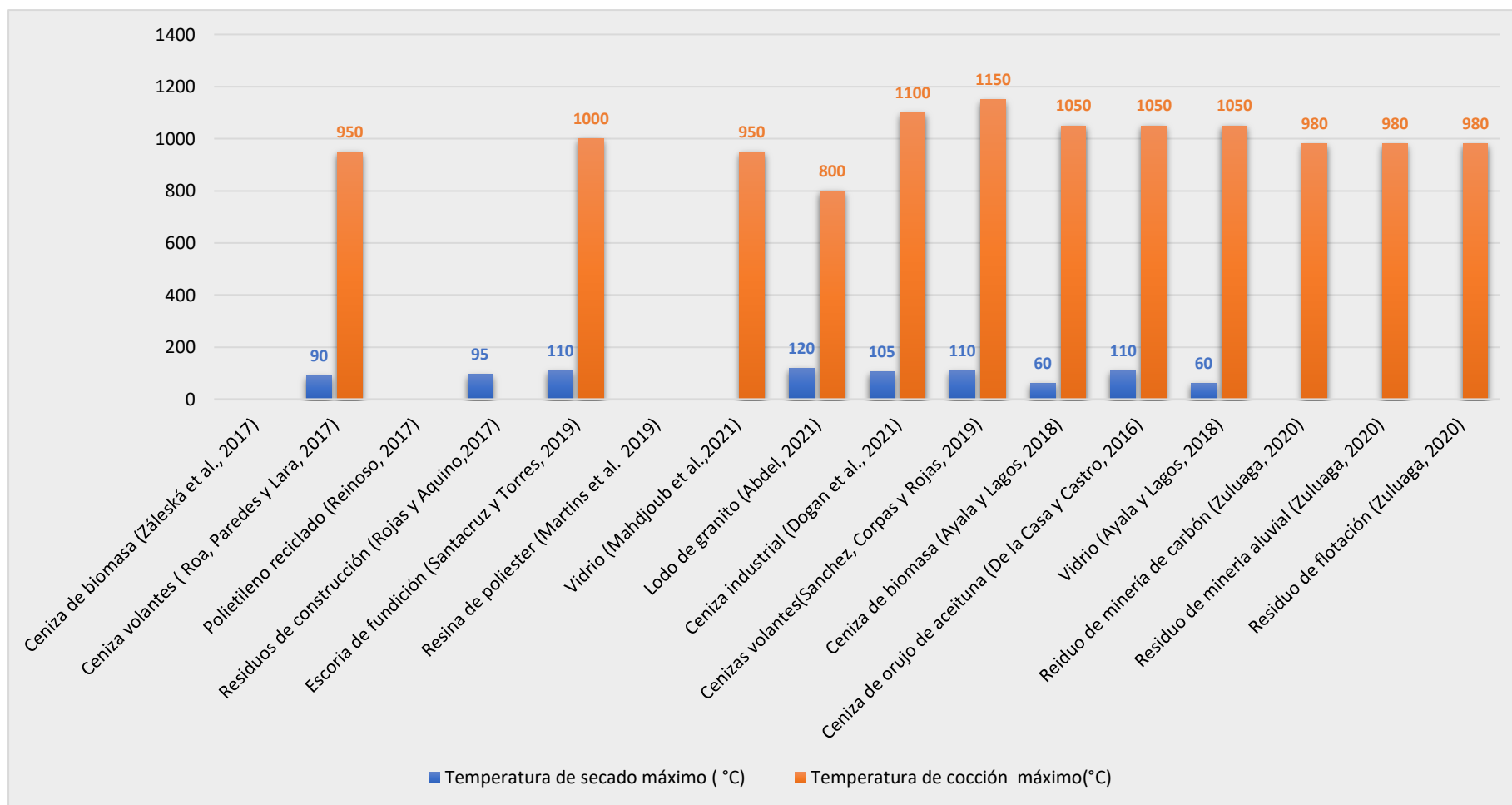


Figura 29. Clasificación según temperatura máxima de secado y de cocción utilizadas en la fabricación de ladrillos con aditivos inorgánicos.

Fuente: Elaboración propia

O.E. 3: Estimar los valores aceptables de los parámetros físico-mecánico en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos.

Los porcentajes de aditivos orgánicos utilizados para cada estudio se demuestran en la Tabla 18, con sus respectivos valores de parámetros físico-mecánicos.

Cabe decirse que no todas las investigaciones detallan los valores de los parámetros para cada porcentaje aditivo, pero sí de aquellos que se ajustan a los fines de uso de su investigación, y, por otro lado, en algunos estudios no se determinó ningún valor para absorción o densidad.

De la misma manera, en la Tabla 19 se demuestran los porcentajes de aditivos inorgánicos utilizados para cada estudio encontrado, y con sus respectivos valores de parámetros físico-mecánicos.

Igualmente, como en la tabla anterior no todas las investigaciones detallan los valores de parámetros para cada porcentaje de aditivo, pero sí de aquellos que se ajustan a los fines de su estudio, o que presentan las mejores características según la cantidad de aditivo, por otro lado, en algunos estudios no se determinó ningún valor para absorción o densidad.

Resultados del objetivo 3: Valores de parámetros físico-mecánico en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos

Tabla 21. *Valores de parámetros físico-mecánicos en investigaciones relacionadas a la elaboración de ladrillos con aditivos orgánicos.*

AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	ADITIVO ORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPA)	ABSORCIÓN DE AGUA (%)	DENSIDAD (g/cm ³)
(Aouba et al., 2016)	Propiedades de los ladrillos de arcilla cocida con biomasas incorporadas: Casos de residuos de harina de hueso de olivo y paja de trigo.	Paja de trigo	1	36.2	13.6	1.85
			3	26.6	15.3	1.74
			5	21.4	18.9	1.66
			7	18.1	24.7	1.57
		Harina de hueso de olivo	2	34.0	15.2	1.79
			4	31.5	17.9	1.76
			5	30.5	20.2	1.73
			8	24.8	26.3	1.58
(Cultrone et al., 2020)	Reciclaje de aserrín en la producción de ladrillos ligeros: cómo la cantidad	Aserrín	2.5	25.2	25.5	1.49

	de aditivo y la temperatura de cocción influyen en las propiedades físicas de los ladrillos.		5	17.5	30.1	1.31
			10	4.9	43.2	1.12
(Martín et al.,2018)	Comportamiento de eco ladrillos con inclusión de biomosas residuales	Cascarilla de arroz	7.5	40	25.0	1.65
			15	37.4	26.7	1.58
			25	35.8	32.4	1.47
		Hoja de olivo	7.5	36.3	27.3	1.49
			15	25.9	29.3	1.38
			25	19.5	29.8	1.37
(Phonphuak, Saengthong, Srisuwan, 2019)	Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocidos con arroz.	Cáscara de arroz	2.5	16.2	12.7	1.89
			5	-	-	-
			7.5	-	-	-
			10	-	-	-
(Gonzales, Pita, 2019)	Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como	Heno	4	0.52	41.6	0.98

	soporte de material vegetal en muros verdes					
(Lozano et al.,2018)	Estudio comparativo sobre el impacto ambiental de los ladrillos de arcilla tradicionales mezclados con residuos orgánicos mediante análisis de ciclo de vida	Bagazo de cebada	15	42	13.8	1.83
(Khaleel, Madhavi, Basutkar, 2020)	Características mecánicas de la mampostería de ladrillo utilizando compuestos de fibra natural.	Fibra de yute	-	1.173	6.76	1.82
(Latorre Lorite 2017)	Reciclado de cáscara de almendra como materia prima secundaria en la fabricación de ladrillos de arcilla	Cáscara de almendra	7.5	33.72	31	1.41
			25	16.9	35.58	1.26

Arezki,Chelouah, Tahakourt, 2016)	El efecto de la adición de huesos de aceituna molidos sobre las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla.	Hueso de aceituna	1	22.68	27.59	1.58
			2	22.14	26.21	1.54
			3	21.69	25.84	1.49
			4	21.27	24.74	1.46
			5	20.46	24.00	1.42
			10	15.11	18.53	1.32
(Domínguez, P. Muños, L. Muñoz, 2017)	Impacto del uso de ladrillos ecológicos livianos como cerramientos para casas individuales de un piso en zonas de alta sismicidad	Aserrín	5	17.15	-	1.48
			11	5.07	-	1.26
			17	2.63	-	1.08
(Adazabra Viruthagiri y Shanmugam, 2018)	Fabricación de ladrillos ligeros de arcilla con mejores propiedades de aislamiento térmico mediante la incorporación de	Residuos de karité	15	6	15.95	-

	residuos de karité gastado.					
(Gomes et al, 2020)	Reciclaje de lodos de tratamiento de agua cruda en compuestos cementosos: efectos sobre la evolución del calor, la resistencia a la compresión y la microestructura	Lodo residual	1	71.30	-	-
			2	69.71	-	-
			5	54.45	-	-
			10	46.96	-	-
(Figuroa y Pérez, 2018)	Prototipo de ladrillo en base de mezcla de cascarilla de cacao y barro para construcciones en la zona cacaotera de Bucay	Cáscara de cacao	40	3.7	-	-
			60	2.0	-	-
			80	0.5	-	-

(Ahmad, Iqbal y Muhammad, 2017)	Efecto de los aditivos de carbón y de cáscara de trigo en las propiedades físicas, térmicas y mecánicas de ladrillos de arcilla	Cáscara de trigo	5	24.9	16	
			10	24.5	19	
			15	20	20	
			50	10	45	
(Muhammad et al 2021)	Efecto sinérgico de la cáscara de arroz, el vidrio y los lodos de mármol sobre las características de ingeniería de los ladrillos ecológicos	Cáscara de arroz	-	4		

(Giraldo y Ruiz, 2018)	Incorporación del cuesco de palma de aceite africana como agregado grueso en mezclas de concreto.	Cuesco de palma de aceite	25	11.60	-	2.27
			50	7.62	-	2.21
(Camargo y Yambay,2020)	Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe	Lodo residual	5	2.82	28.4	1.33
			10	2.06	29.3	1.28
			15	1.42	30.4	1.24

Fuente: Elaboración propia

Resultados del objetivo 3: Valores de parámetros físico-mecánico en la elaboración de ladrillos a partir de aditivos orgánicos e inorgánicos

Tabla 22. *Valores de parámetros físico- mecánicos en investigaciones relacionadas a la elaboración de ladrillos con aditivos inorgánicos.*

AUTOR Y AÑO	ESTUDIO	ADITIVO INORGÁNICO	PORCENTAJE DE ADITIVO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPA)	ABSORCIÓN DE AGUA (%)	DENSIDAD (g/cm ³)
(Záleská et al., 2017)	Aditivo mineral a base de cenizas de biomasa preparado a partir de lodos de depuradora municipal y su aplicación en compuestos de cemento.	Cenizas de biomasa	10	54.3	-	2.04
			20	53.4	-	2.01
			30	53.2	-	2.00

(Roa, Paredes y Lara, 2017)	Aplicación de MgSO.7H2O y cenizas volantes como refuerzo en la matriz de unidades cerámicas macizas	Cenizas volantes	20	15.6	14.5	-
(Reinoso, 2017)	Elaboración de Ladrillos Ecológicos a base de Polietileno	Polietileno reciclado	6.2	3.8	-	-
(Rojas y Aquino, 2017)	Reciclaje de residuos de la construcción para fabricación de ladrillos sostenibles	Residuos de construcción	17	8.1	-	-
(Santacruz, Torres, 2019)	Aprovechamiento de escorias de fundición secundaria de plomo en ladrillos cerámicos	Escoria de fundición	15	6.3	7.5	-
(Martins et al. 2020)	Ladrillos ecológicos a partir de residuos de piedra de dimensión y resina de poliéster	Resina de poliéster	10	12	4	-
			15	39	-	-

			20	50	-	-
			30	54	-	-
(Ibáñez y Rodrigues,2018)	Propiedades físico mecánicas del ladrillo de concreto al sustituir el cemento por cenizas de aserrín en un 10%, 15% y 20% Nuevo Chimbote-2018	Ceniza de aserrín	10	18.1	5.8	-
			15	18.3	6.0	-
			20	18.5	6.8	-
(Minaya, 2018)	Efectos de las cenizas de hojas secas de bambú en la resistencia de ladrillos de concreto	Cenizas de hojas secas de bambú	15	-	-	-
			20	18.2	-	-
			25	-	-	-
(Dogan et al.,2021)	Ladrillo cocido ecológico producido a partir de ceniza industrial y arcilla natural: un estudio de reutilización de residuos	Ceniza industrial	10	21.9	17.8	1.75
			20	22.8	18.0	1.68
			30	26.2	18.2	1.62

			40	28.8	18.4	1.60
(Peña y Rincón, 2018)	Evaluación de una alternativa de ladrillo no convencional usando residuos de construcción y demolición (RCD) desde el impacto ambiental y su aplicación en la construcción sostenible en Bogotá, Colombia.	Policloruro de Vinilo (PVC)	20	-	6.9	1.59
			30	-	3.6	1.78
(Ekhlaur et al., 2018)	Uso de materiales de desecho mezclados en ladrillos	Cenizas volantes	10	22.5	-	-
			20	20.0	-	-
			30	16.5	-	-
(Zuluaga, 2020)	Implementación de residuos mineros en formulación de mezclas para elaboración de ladrillos cerámicos	Residuo de flotación	30%	-	-	1.82
		Residuo de minería aluvial	40%	-	-	1.81
		Residuo de minería de carbón	60%	-	-	1.84

(Priyadarshini, et al 2021)	Variabilidad en la resistencia a la compresión de ladrillo no convencionales que contienen residuos agrícolas e industriales	Ceniza de bagazo de caña de azúcar	20	4.23	-	-
		Polvo de mármol residual	10	9.96	-	-
			20	4.46	-	-
(Sánchez, Corpas y Rojas, 2019)	Cenizas volantes de Termoeléctrica como Materia Prima para la fabricación de Materiales Cerámicos de Construcción: Efecto de la Temperatura de cocción sobre el material	Cenizas volantes	5	-	11.9	-
			10	-	12.4	-
			15	-	12.1	-
			20	-	13.2	-
(Ayala y Lagos, 2018)	Elaboración de ladrillos incorporando como materia prima vidrio	Vidrio	10	63.34	11.6	1.93
			20	70.06	7.4	1.96
			10	45.14	14.8	1.89

	reciclado y cenizas de biosólido de la PTAR El Salitre	Cenizas de biomasa	20	41.16	13.3	1.88
(Contreras et al., 2016)	Reciclaje de residuos de construcción y demolición para la producción de nuevos materiales de construcción	Residuos de construcción y Demolición	10	-	18.5	1.71
			20	-	18.2	1.80
			30	-	19.2	1.84
(Bhairappanavar, Liu y Shakoor, 2021)	Ladrillos de cemento de material dragado ecológicos	Material dragado	8	11.3	15.4	-
			10	13.1	14.3	-
			12	15.9	13.7	-
(De la Casa y Castro, 2016)	Reciclaje de ceniza de orujo de aceituna lavada para la fabricación de ladrillos de arcilla cocida	Ceniza de orujo de aceituna	5	-	12	1.81
(Camacho y Mena 2018)	Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades mecánicas con un ladrillo tradicional.	ceniza de cascara de arroz	6	7.48	17.28	-

(Nur et al.,2017)	Característica del porcentaje de biomasa en absorbedores de microondas de compuestos de ladrillos de cemento	Carbón de cascará de coco	5	-	-	-
(Mahdjoub et al.,2021)	Innovación de materiales de construcción tradicionales en Chembe, Malawi: evaluación de residuos de vidrio y ladrillo de arcilla quemada posconsumo para determinar rendimiento y la circularidad	Vidrio	2	14.33	12.77	-
			5	13.84	12.56	-
			10	13.53	12.50	-
(Gareca et al, 2020)	Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos	Poliestireno (PS)	5	9.96	9.63	1.91
		Polietileno de baja densidad (PEBD)	1	10.11	10.28	2.04

		Polipropileno (PP)	2	11.03	11.05	2.10
		Tereftalato de polietileno (PET)	3.5	10.74	10.11	2.12
(Abdel, 2021)	Investigación del uso de residuos de lodos de granito y humo de sílice en ladrillos de arcilla a diferentes temperaturas de cocción	Lodo de granito	25	12.9	18.1	-
			20	12.9	18	-
			15	12.4	19	-
			10	15.1	17.9	-
			5	18.5	18.2	-

Fuente: Elaboración propia

Respecto al tercer objetivo específico, se estimaron los valores aceptables de los parámetros físico-mecánicos en los estudios de aditivos orgánicos e inorgánicos. En las siguientes figuras se demuestran los porcentajes de aditivos orgánicos e inorgánicos con los mejores resultados de valores de resistencia a la compresión, absorción y densidad de los ladrillos, en comparación con los valores máximos de absorción, mínimos de densidad y resistencia a la compresión según la Norma Técnica Peruana 331.017.

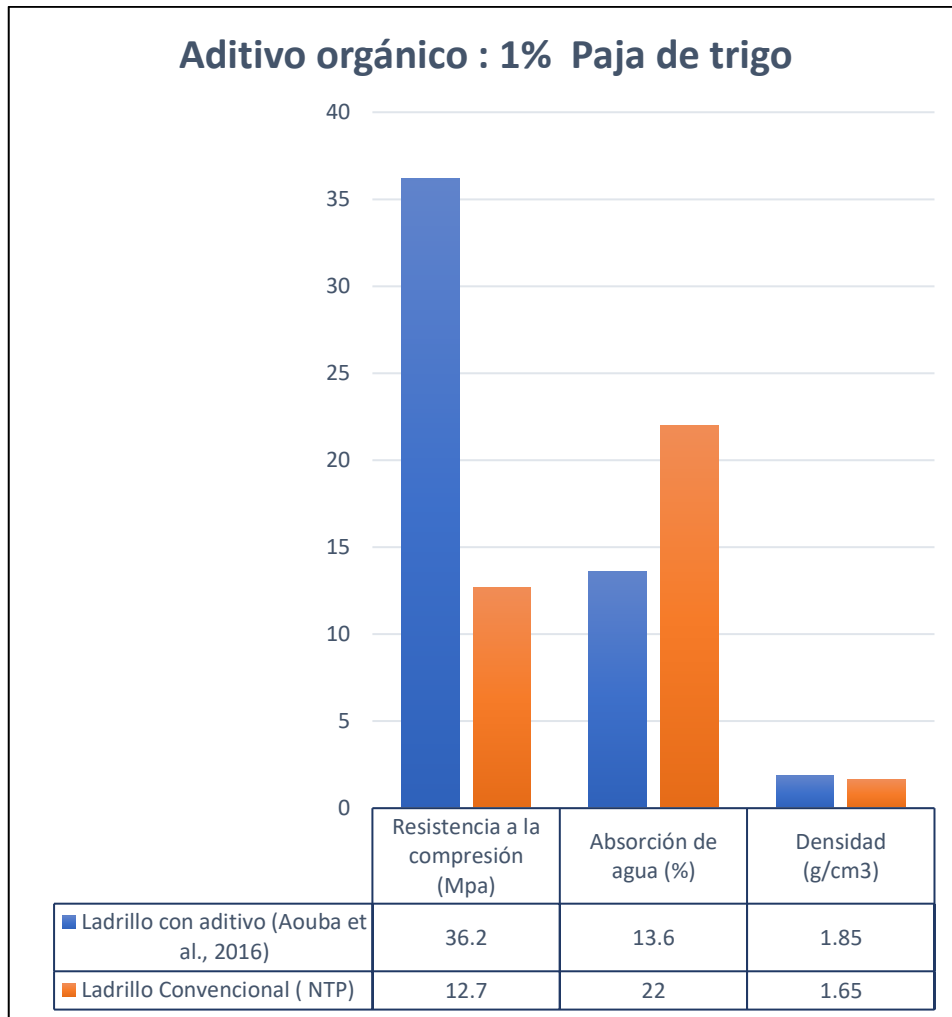


Figura 30. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de paja de trigo en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

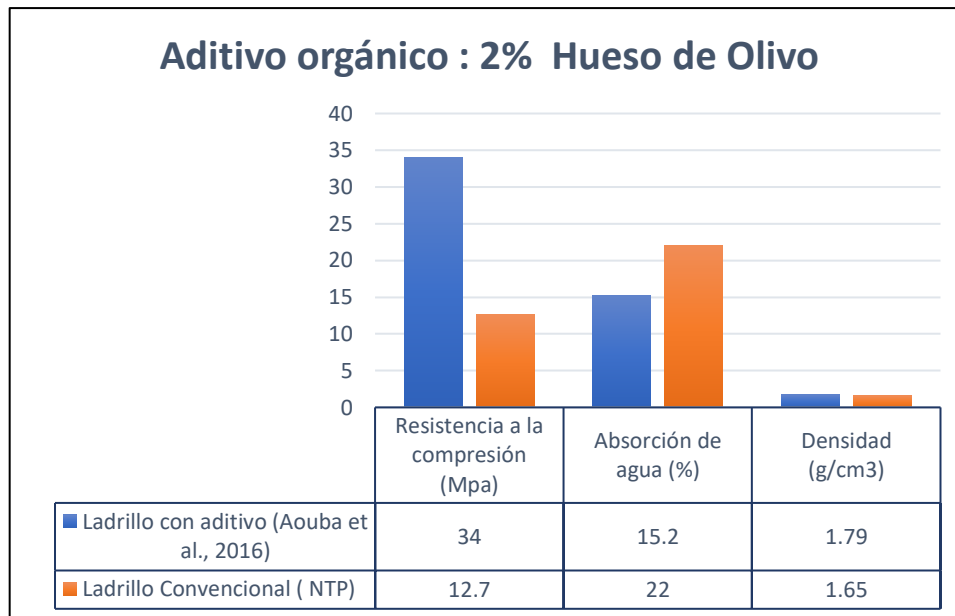


Figura 31. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de harina de olivo en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

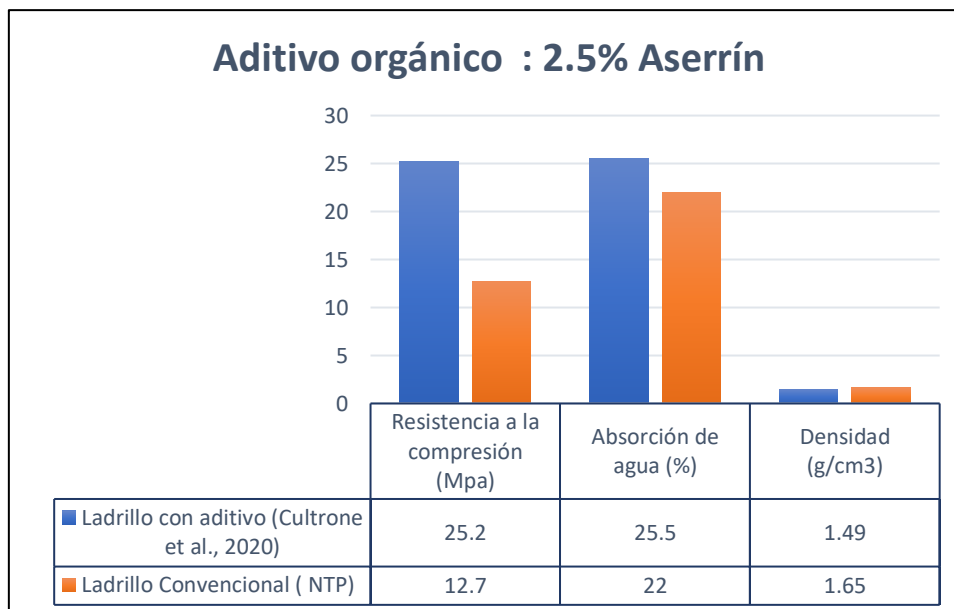


Figura 32. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de aserrín en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

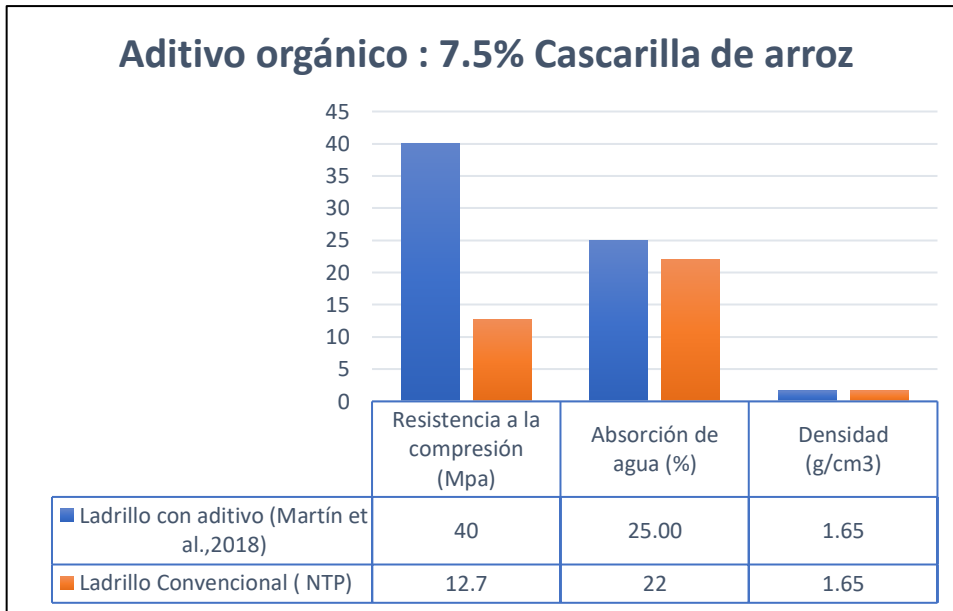


Figura 33. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cascarilla de arroz en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

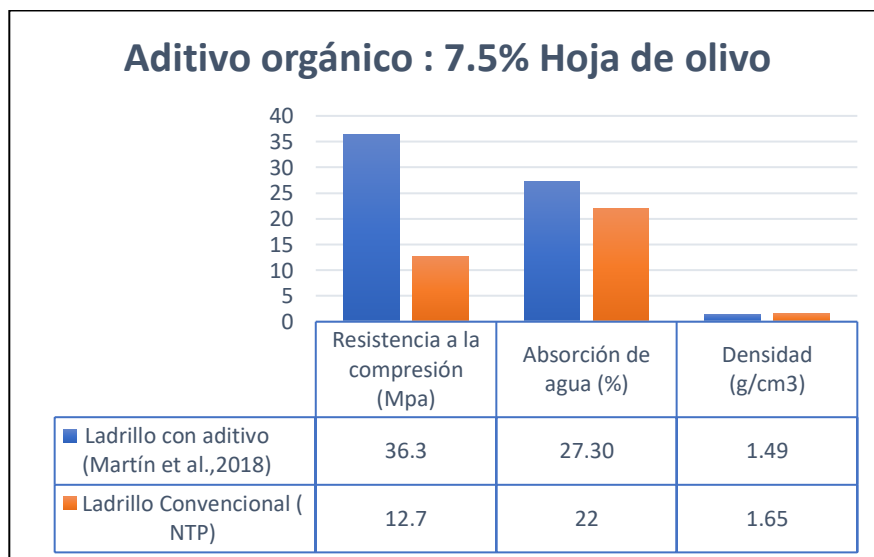


Figura 34. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de hoja de olivo en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

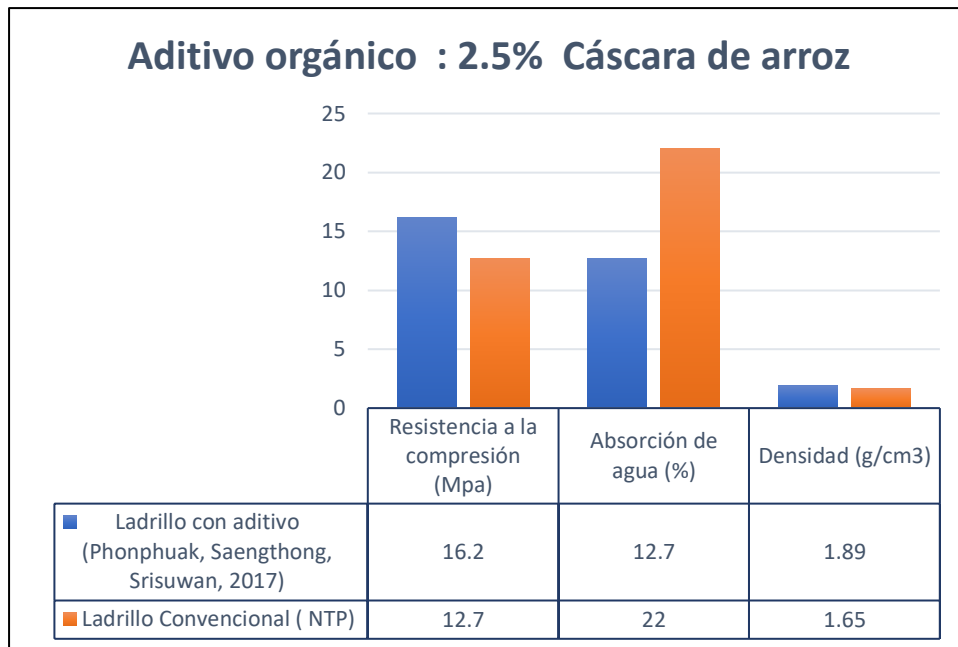


Figura 35. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de arroz en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

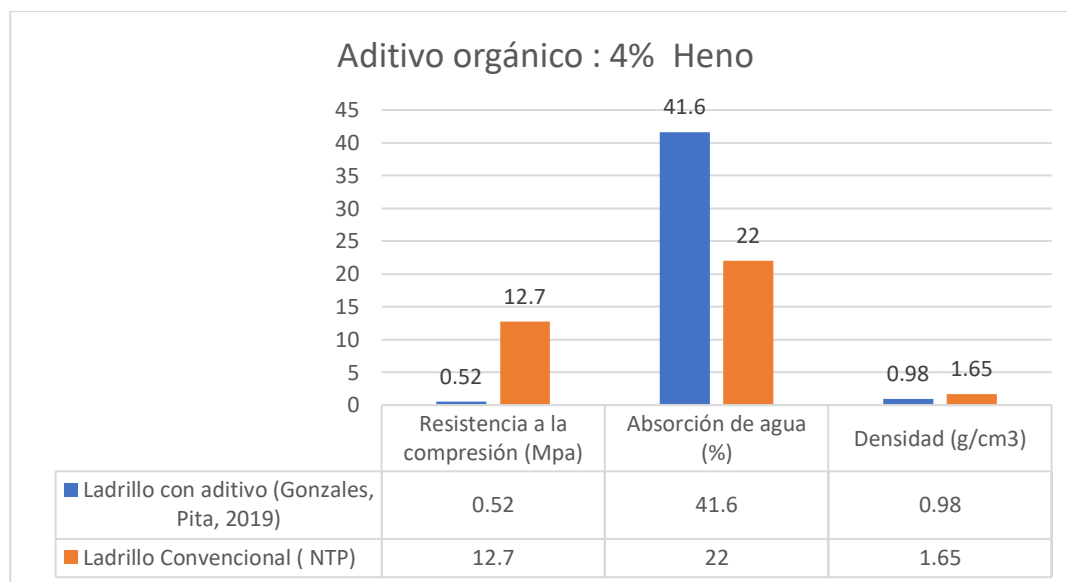


Figura 36. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de heno en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

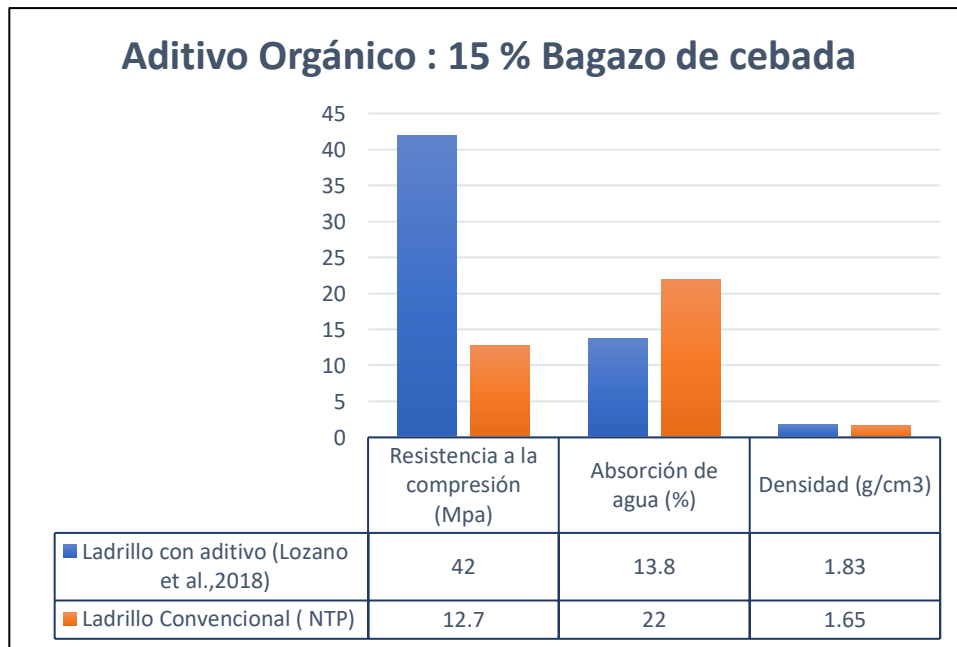


Figura 37. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de heno en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

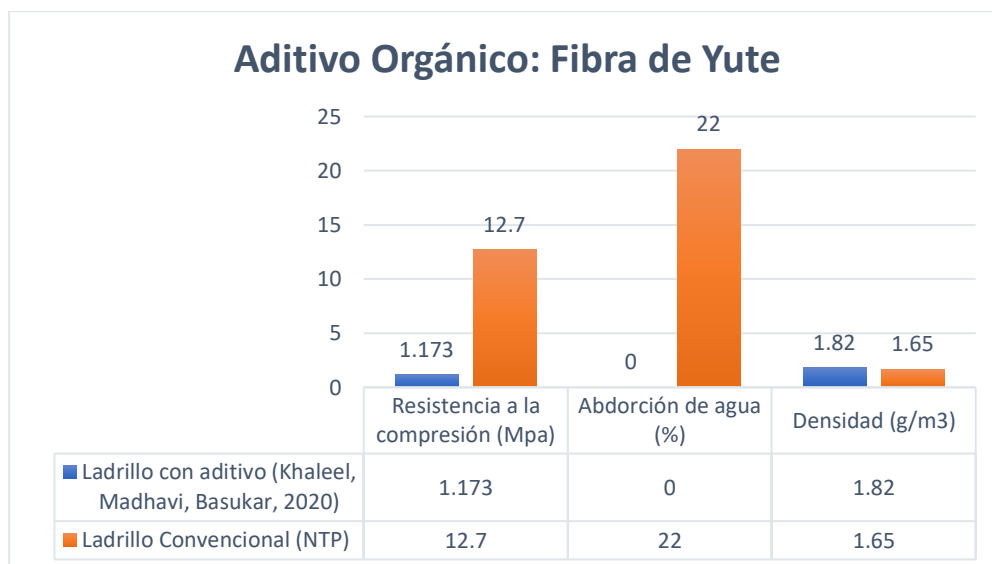


Figura 38. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de fibra de yute en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

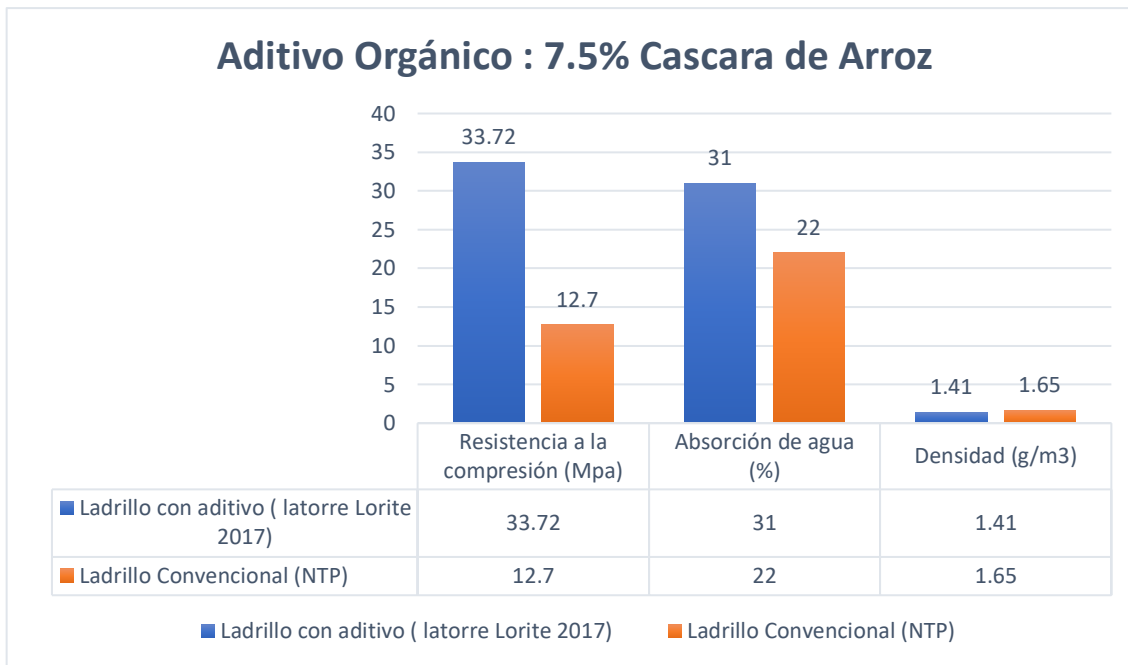


Figura 39. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de almendra en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

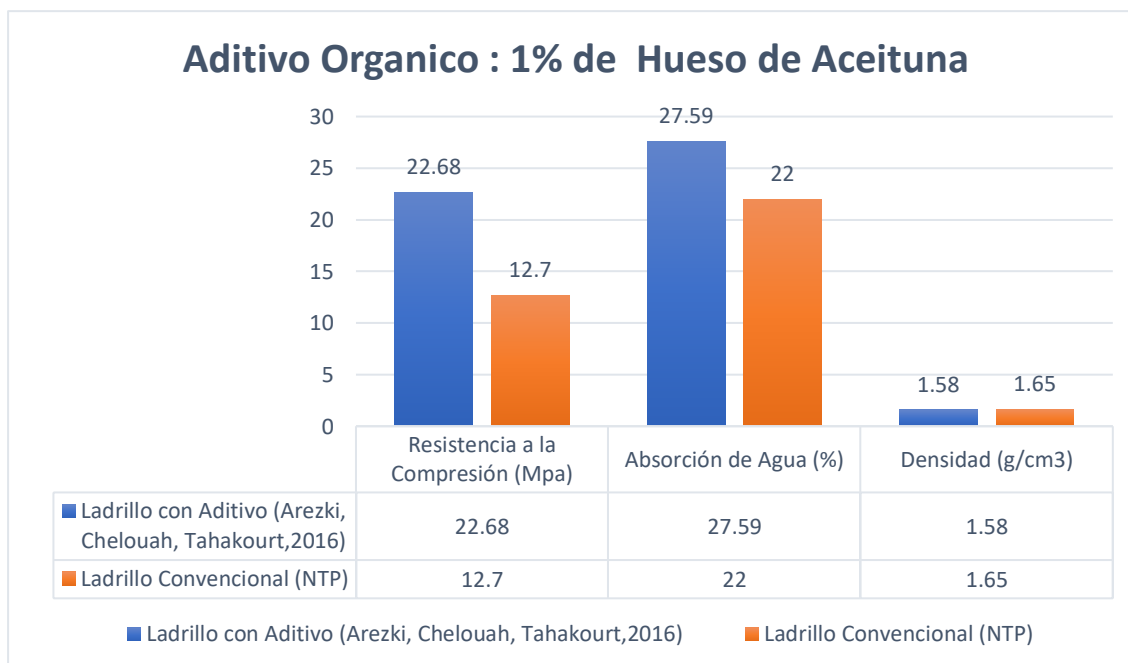


Figura 40. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de almendra en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

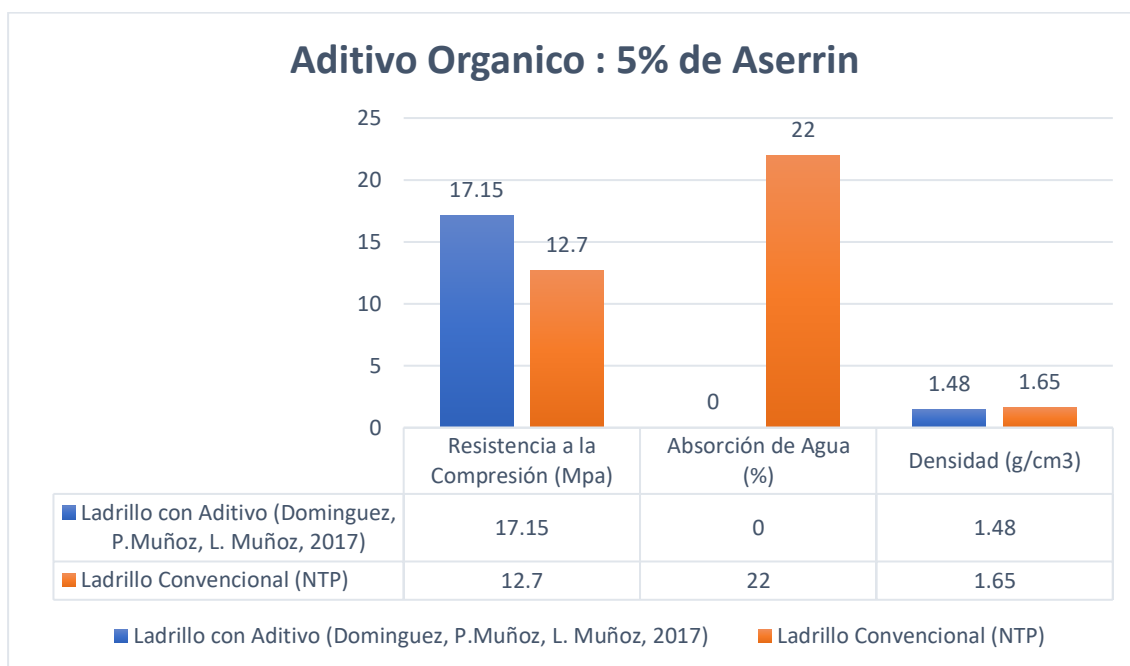


Figura 41. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de almendra en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

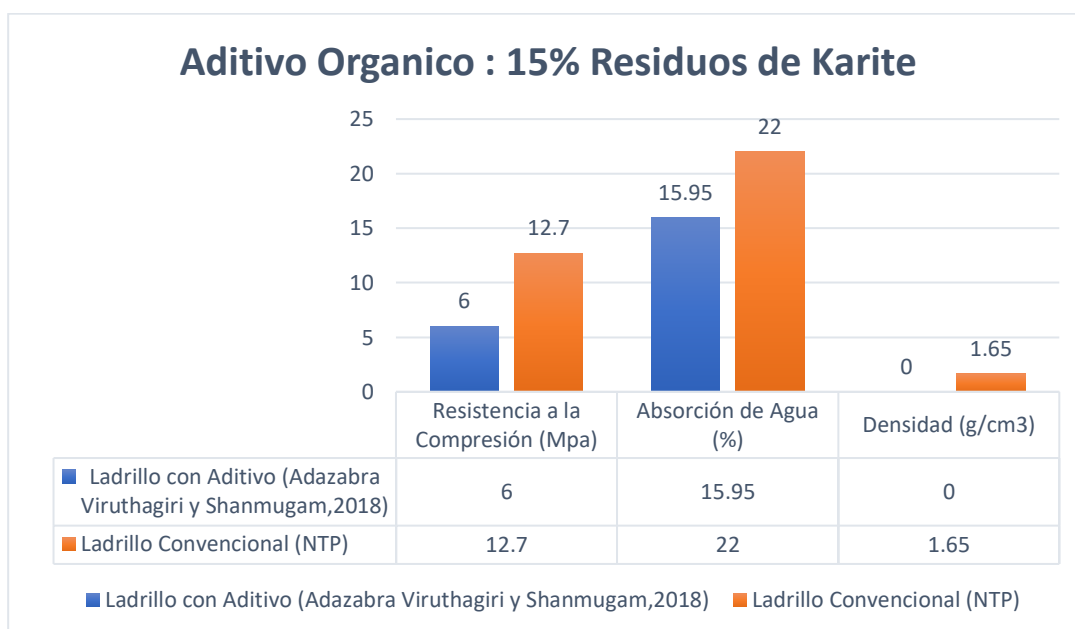


Figura 42. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de residuos de karité en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

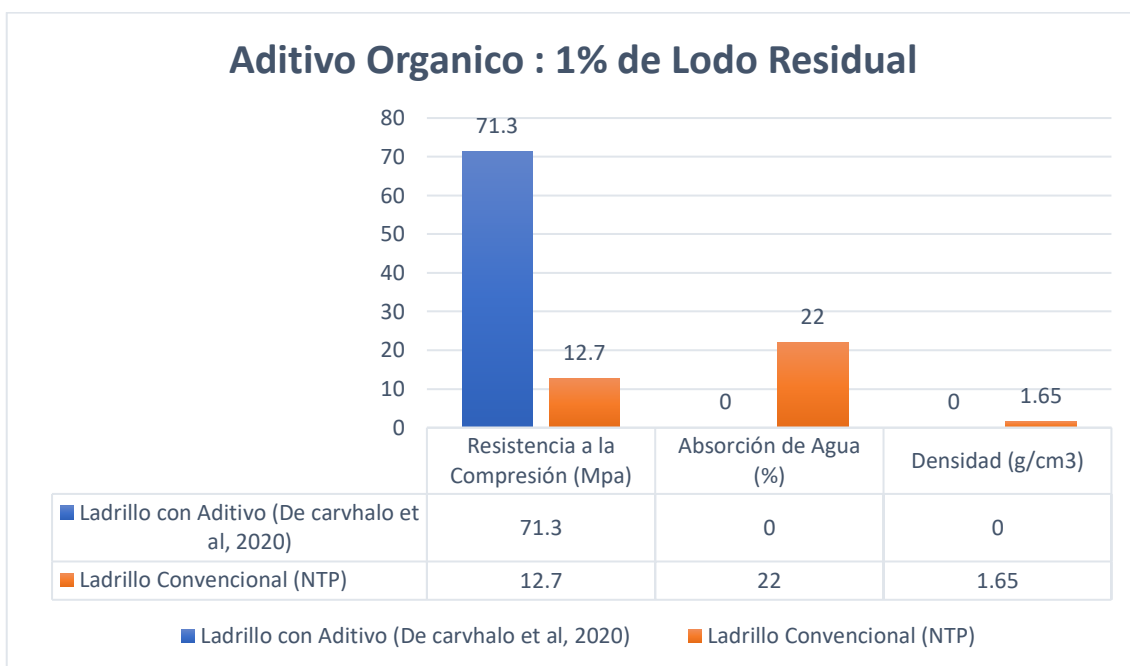


Figura 43. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de lodo residual en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

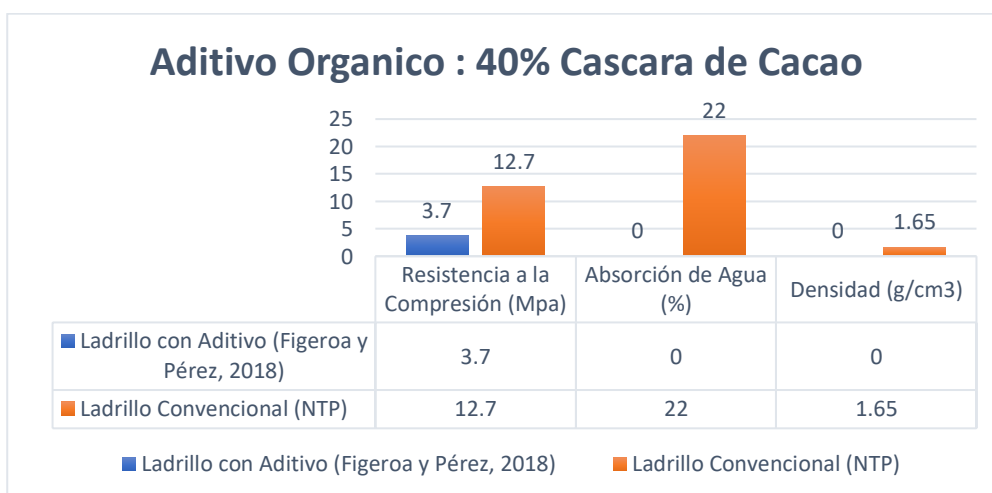


Figura 44. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de cacao en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia.

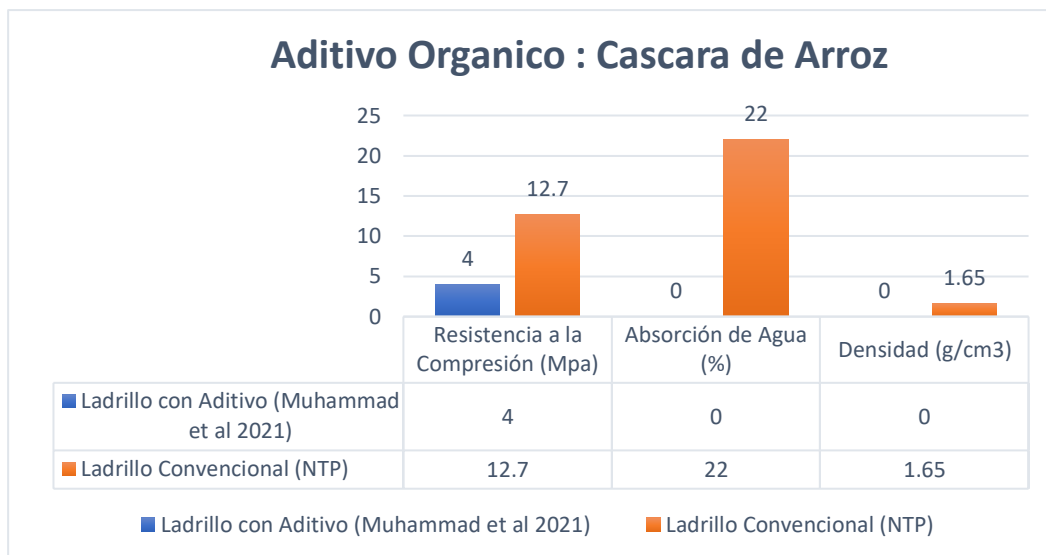


Figura 45. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cáscara de arroz en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

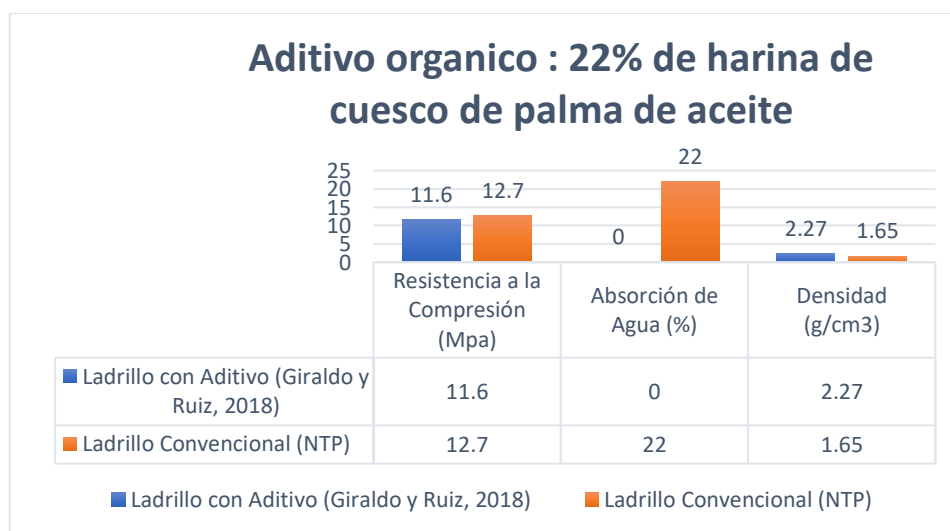


Figura 46. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cuesco de aceite de palma en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

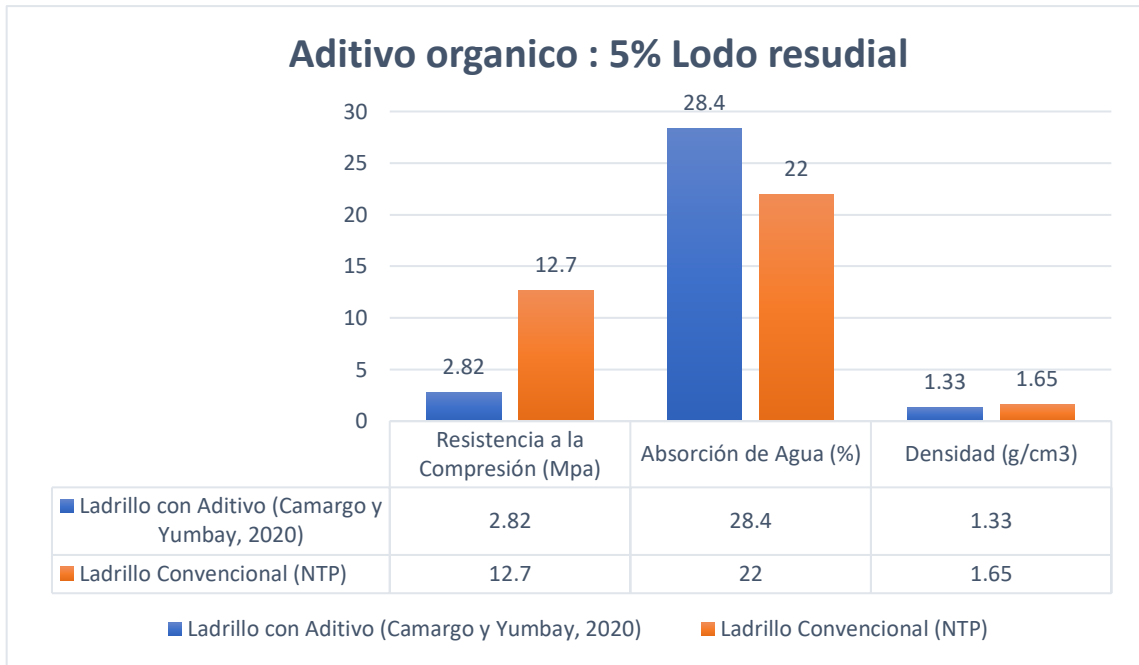


Figura 47. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de lodo residual en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 48 se comparan los ladrillos elaborados con aditivos orgánicos que cumplen o difieren de los mínimos y máximos parámetros físico-mecánicos según la Norma Técnica Peruana 331.017, en donde se observa que el ladrillo que presenta mayor resistencia a la compresión es el que utiliza aditivo lodo residual (71.3 MPa), los que cumplen son el bagazo de cebada (42 MPa), la cascarilla de arroz (40 MPa), hoja de olivo (36.3 MPa), paja de trigo (36.2 MPa), hueso de olivo (34 MPa), cáscara de almendra (33.7 MPa), aserrín (25.2 MPa y 17.5 MPa), cáscara de trigo (24.9 MPa), hueso de aceituna (22.7 MPa) y cáscara de arroz (16.2 MPa). Respecto a la absorción del agua en la elaboración del ladrillo, el que presenta mejor valor de porcentaje es la fibra de yute (6.7%) y los que cumplen la normativa técnica peruana son la cáscara de arroz (12.7%), paja de trigo (13.6%), bagazo de cebada (13.8%) y hueso de oliva (15.2%). Por último respecto a la densidad en la elaboración de ladrillos, el mejor valor lo presenta el aditivo de cuesco de palma de aceite (2.27 g/cm³) y los que cumplen la normativa son la cáscara de arroz (1.89 g/cm³), paja de trigo (1.85 g/cm³), bagazo de cebada (1.83 g/cm³), hueso de olivo (1.79 g/cm³) y cascarilla de arroz (1.65 g/cm³).

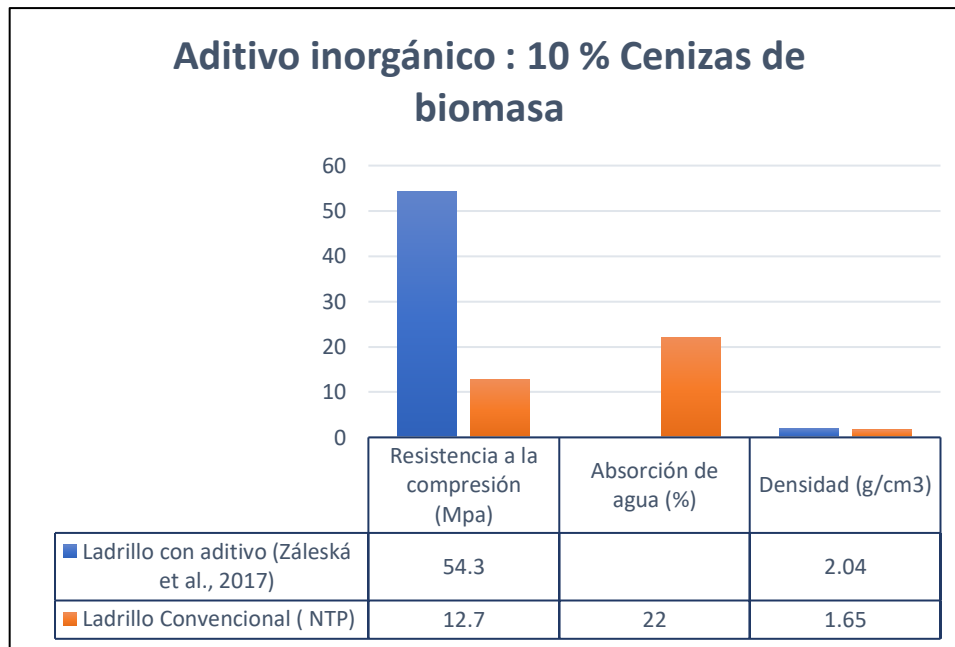


Figura 49. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas de biomasa en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

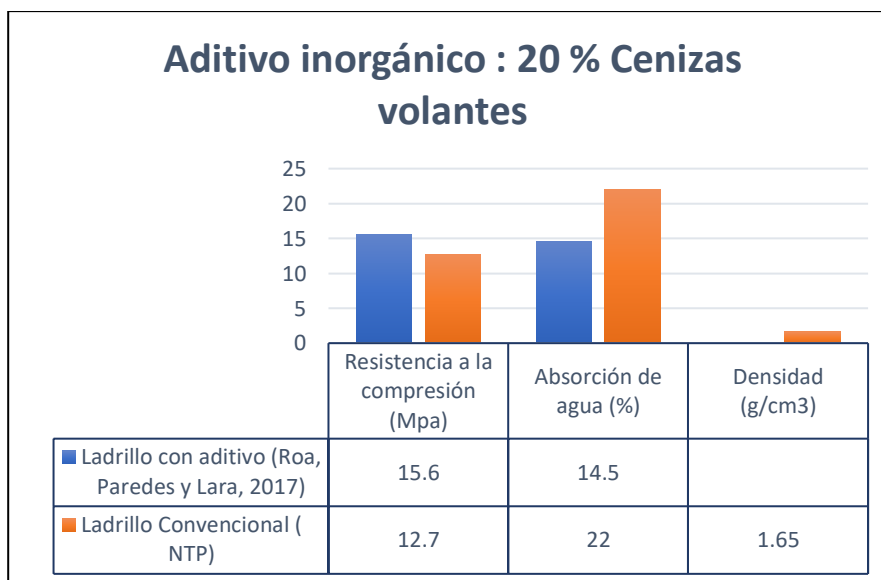


Figura 50. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas volantes en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

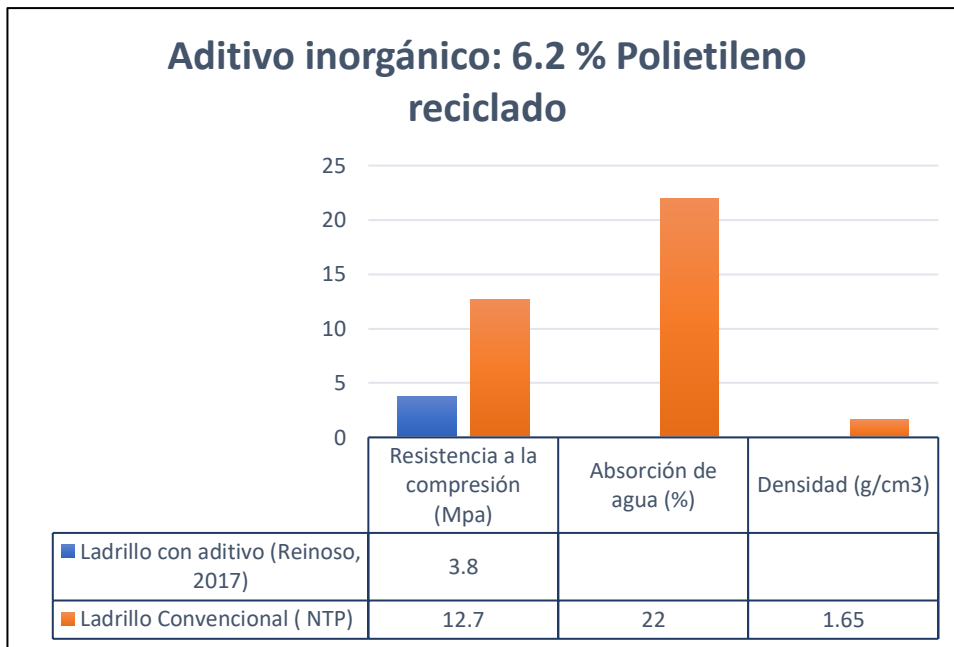


Figura 51. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de polietileno reciclado en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

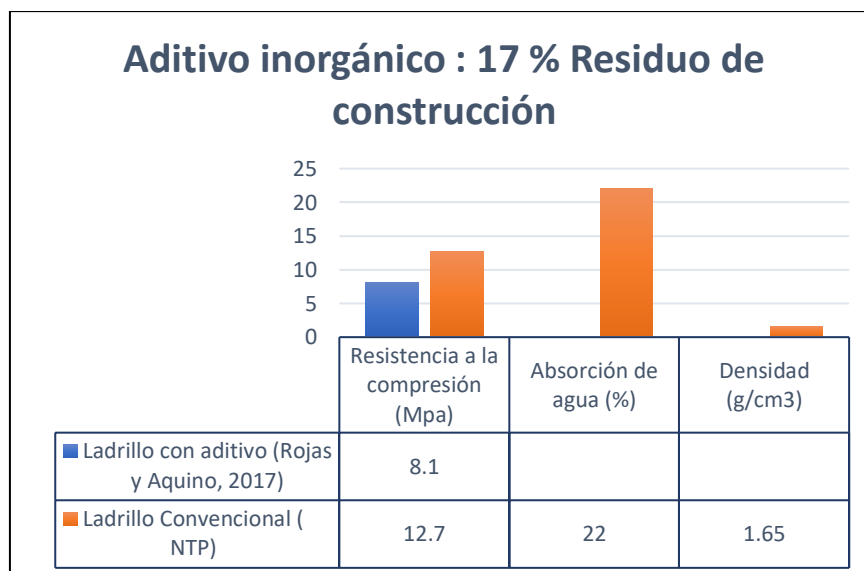


Figura 52. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de residuo de construcción en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

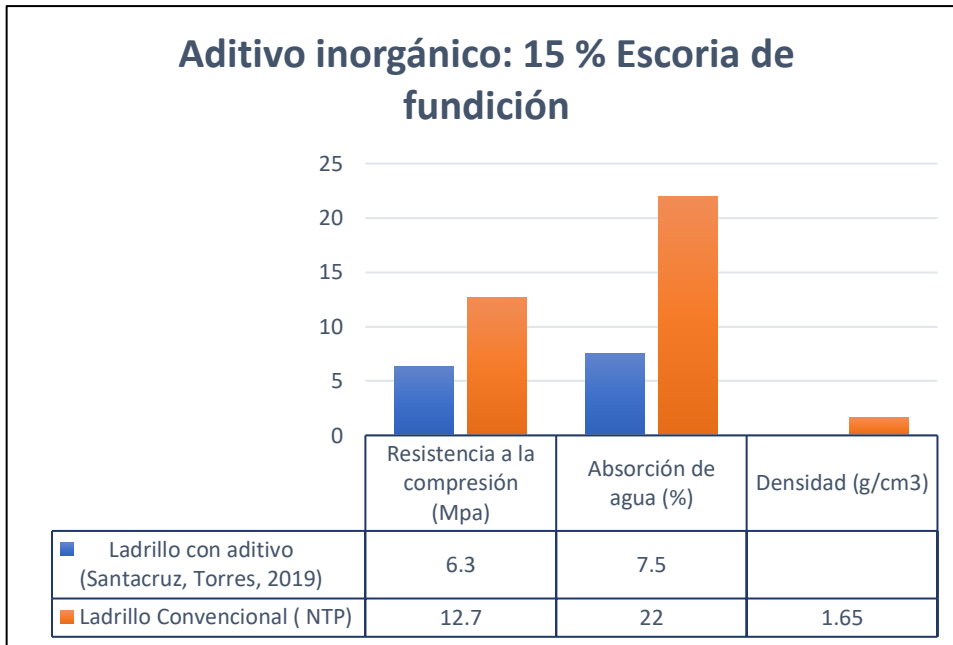


Figura 53. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de escoria de fundición en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

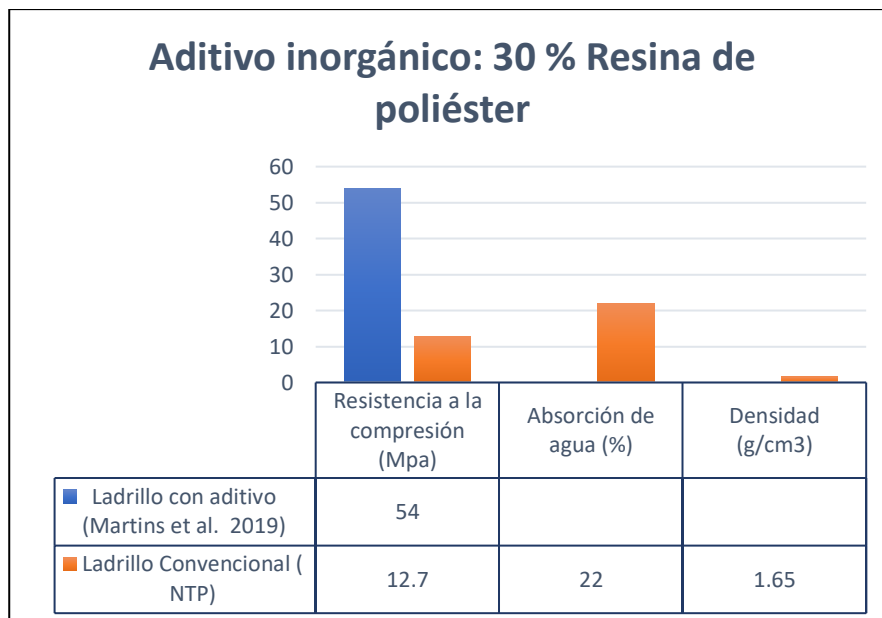


Figura 54. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de resina de poliéster en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017.

Fuente: Elaboración propia

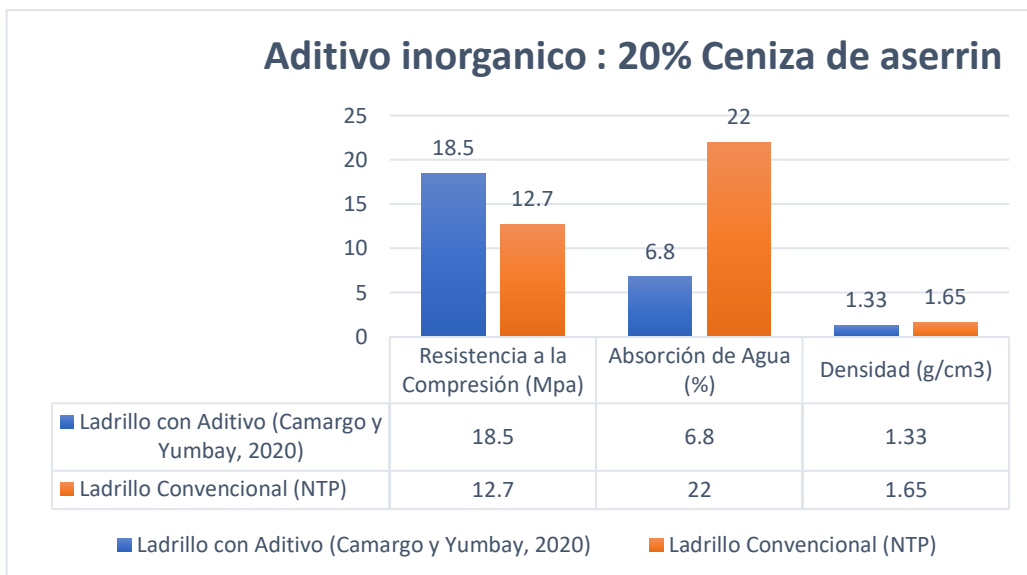


Figura 55. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de ceniza de aserrín en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

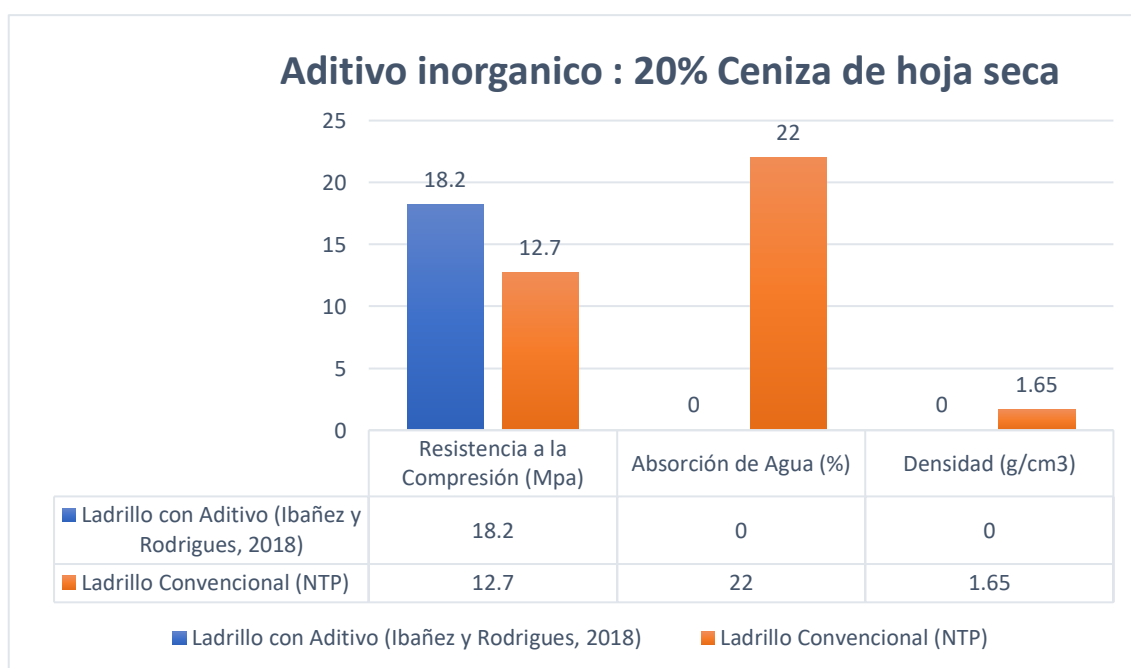


Figura 56. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas de hoja seca en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

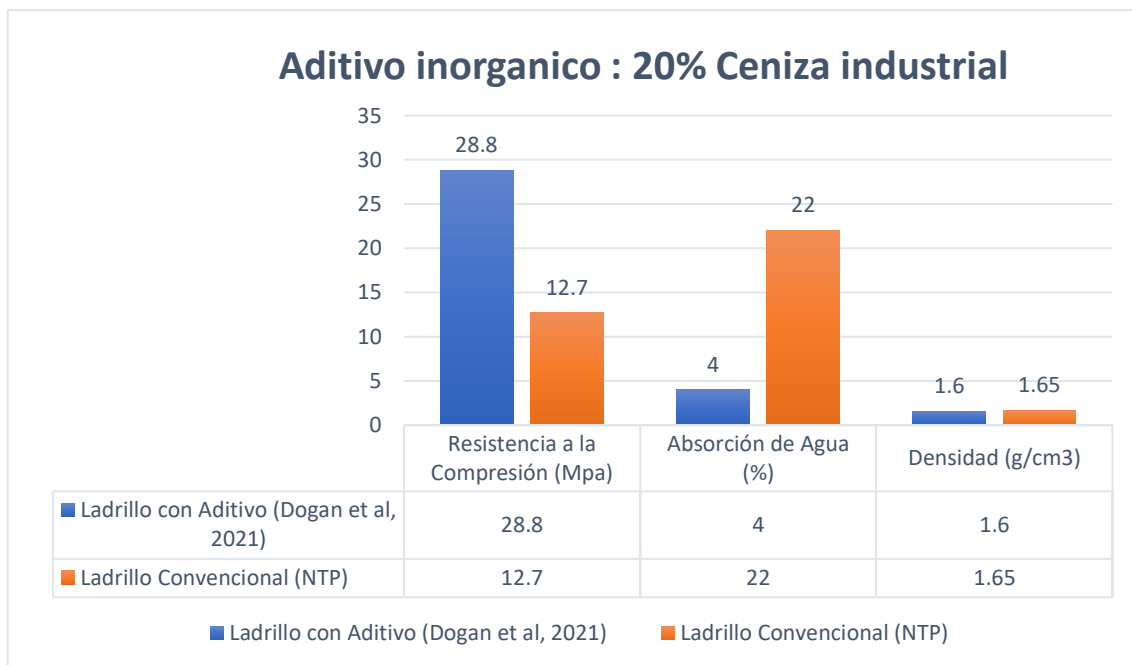


Figura 57. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de ceniza industrial en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

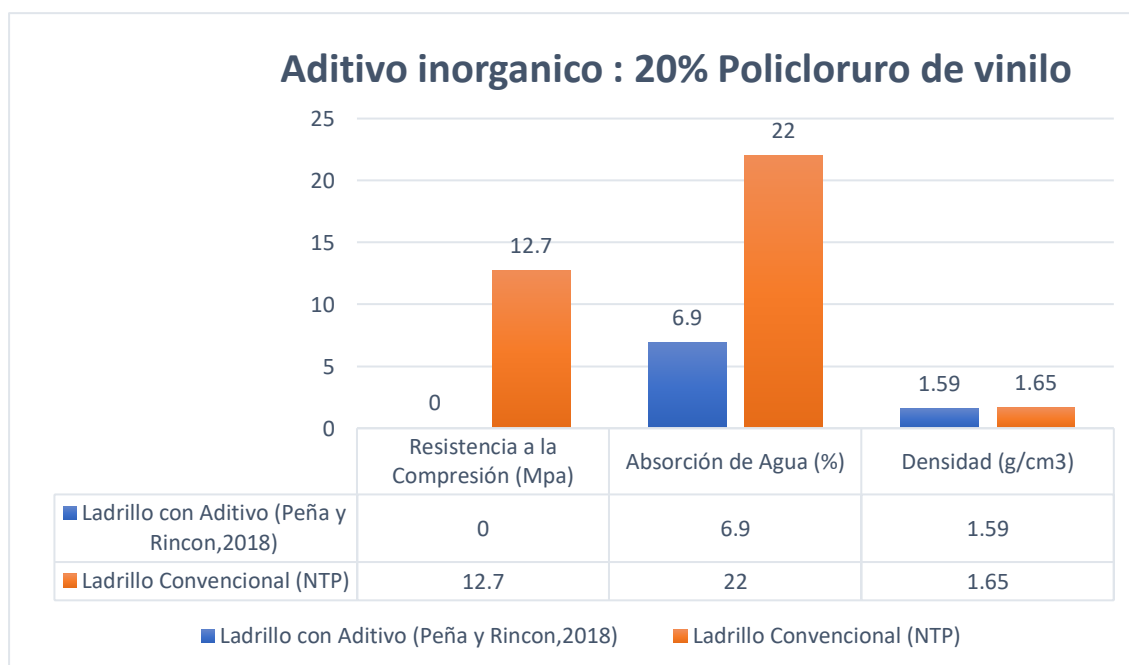


Figura 58. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de policloruro de vinilo en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

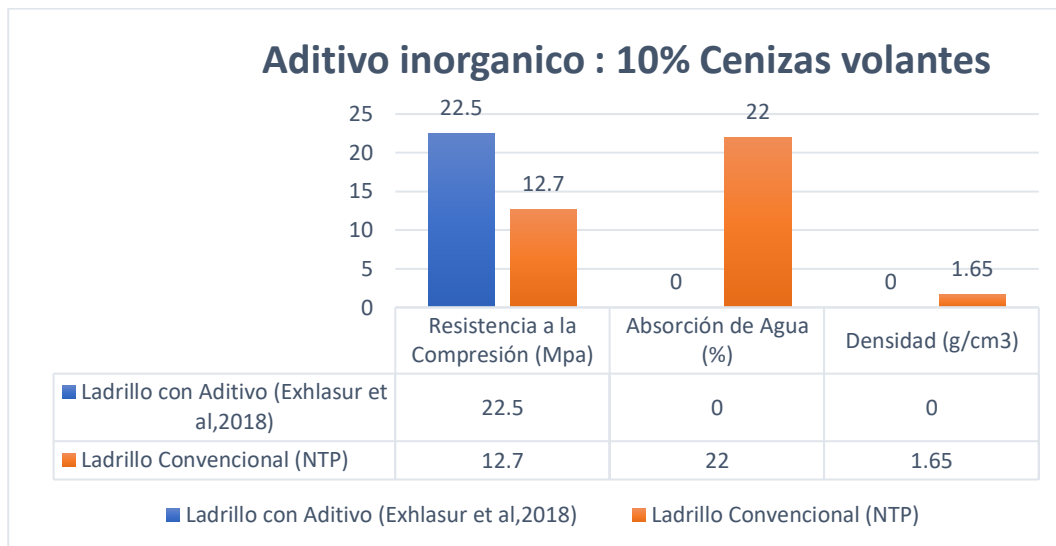


Figura 59. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas volantes en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

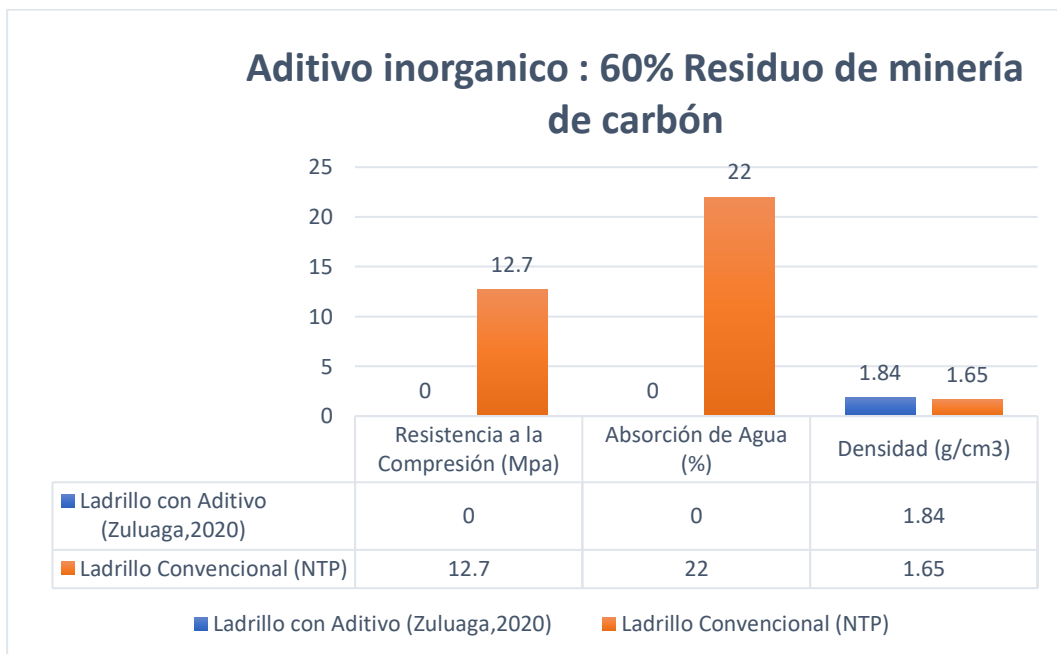


Figura 60. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de residuo de minería en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

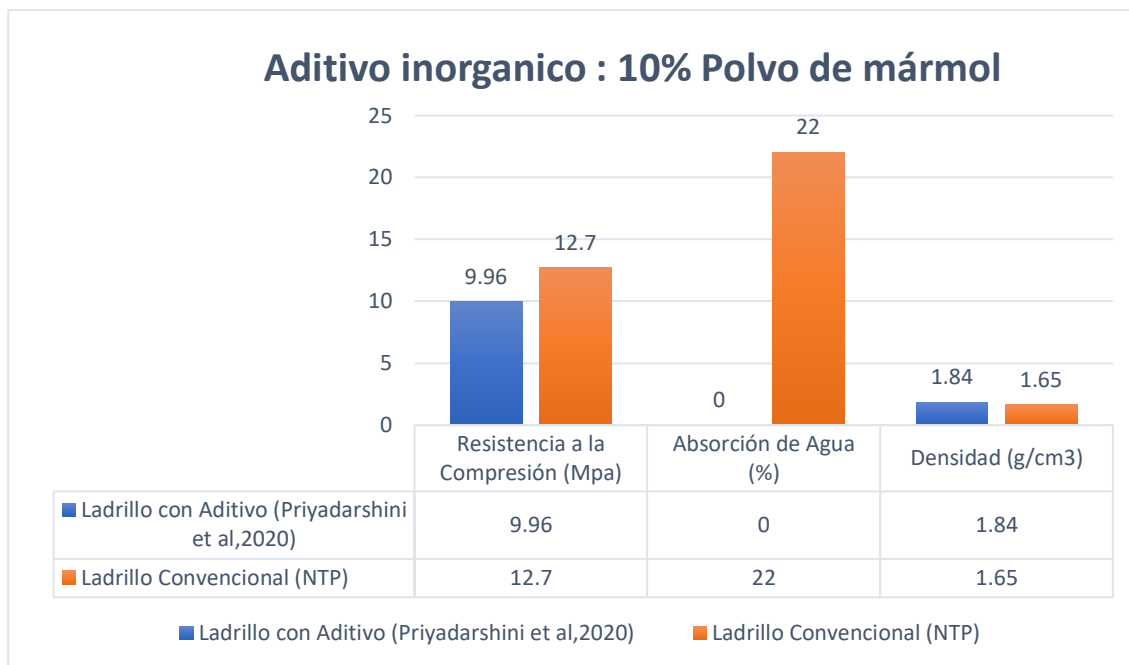


Figura 61. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de polvo de mármol en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

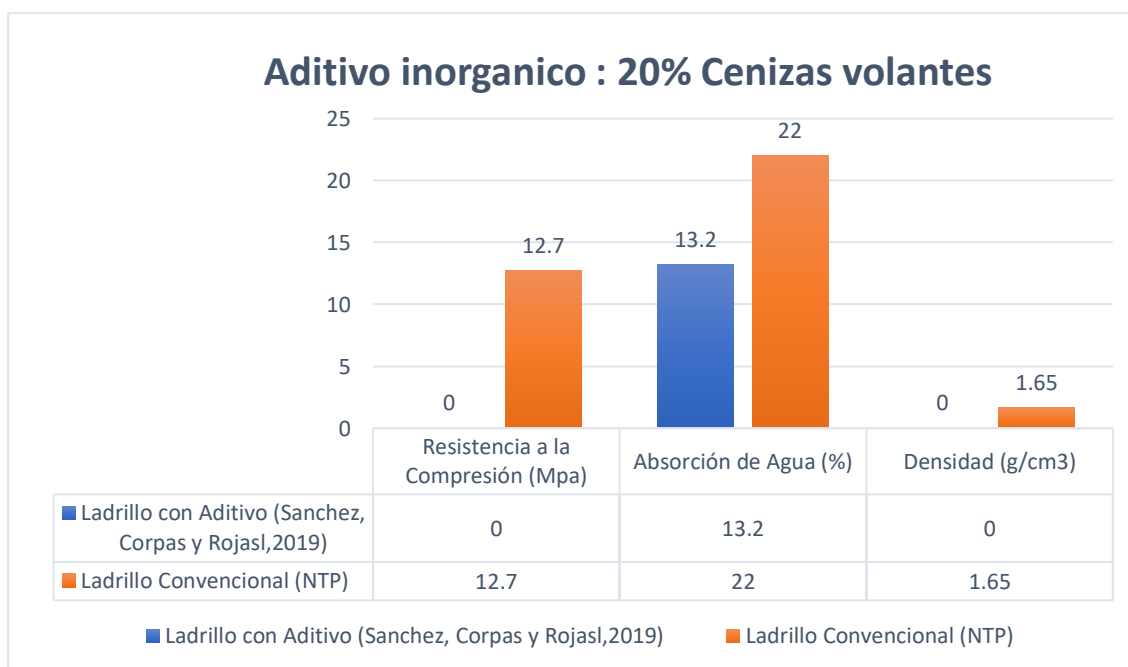


Figura 62. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas volantes en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

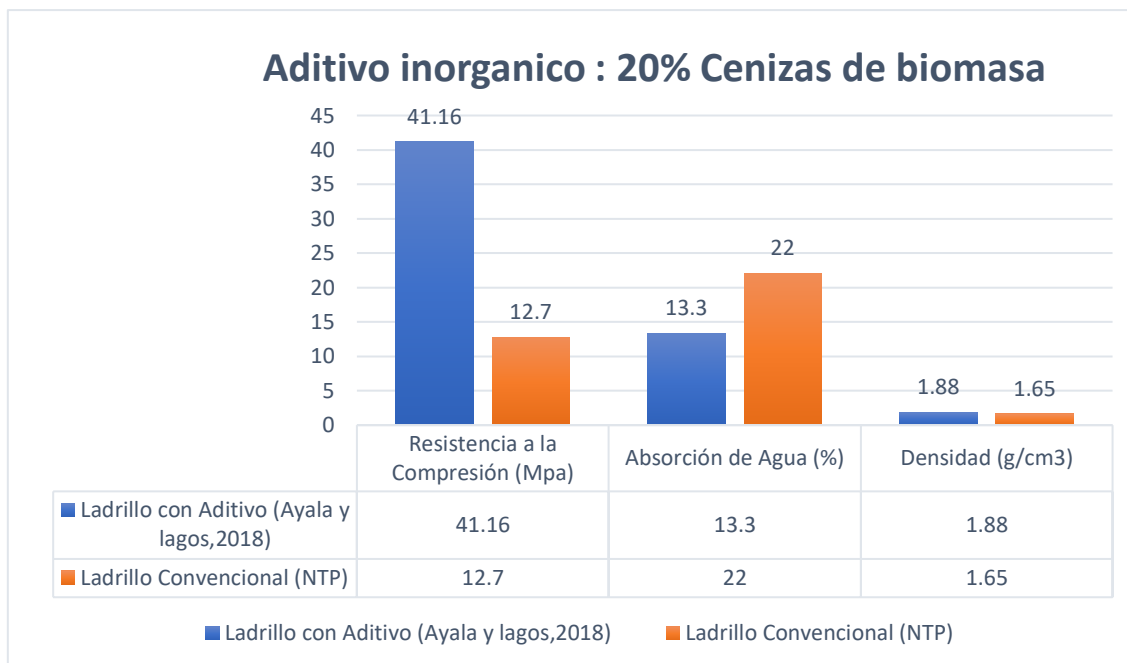


Figura 63. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cenizas de biomasa en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

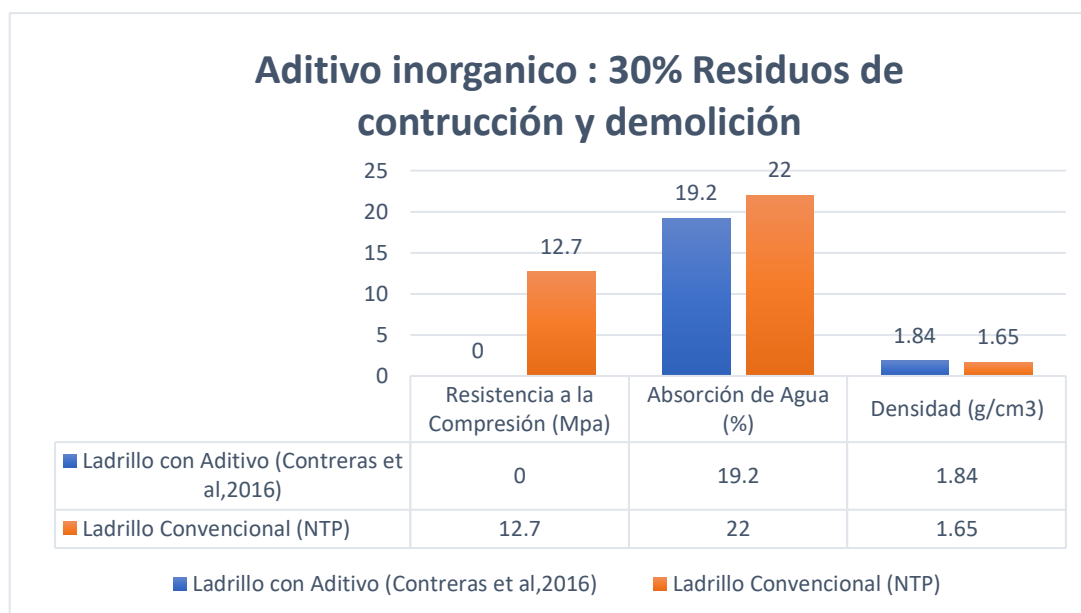


Figura 64. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de residuos de construcción y demolición en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

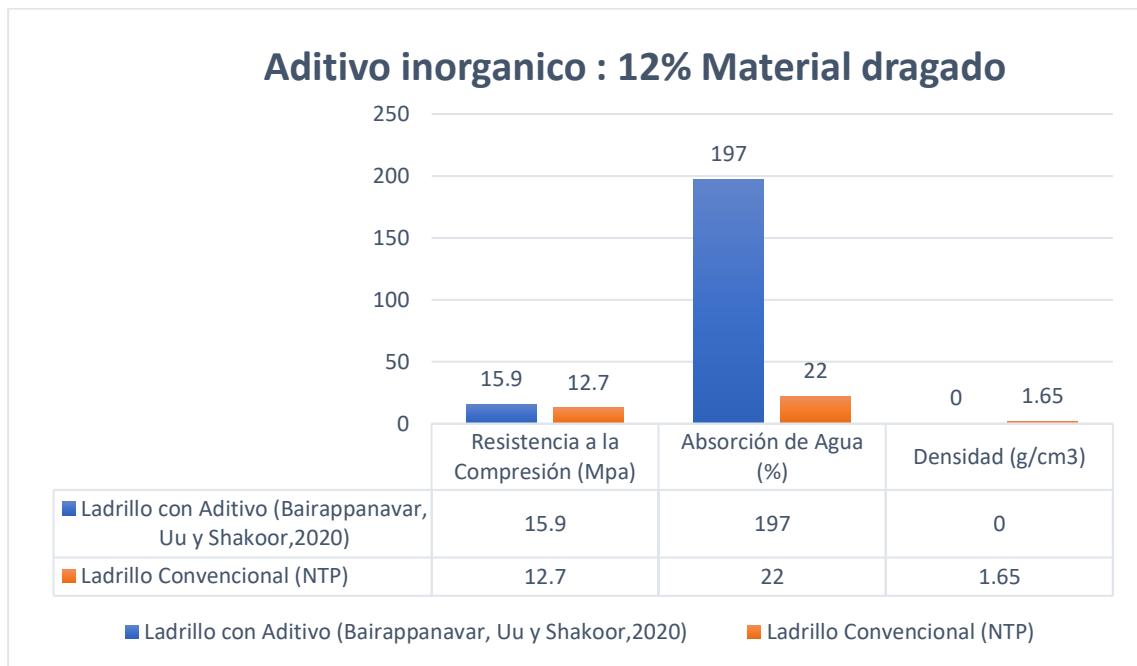


Figura 65. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de material dragado en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

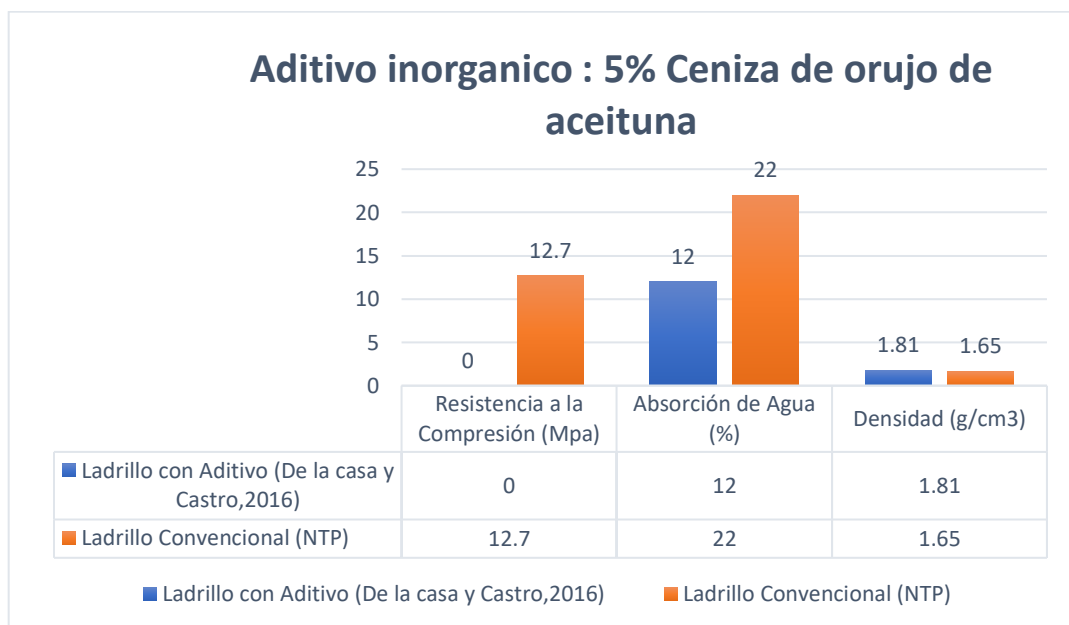


Figura 66. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de ceniza de orujo de aceituna en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

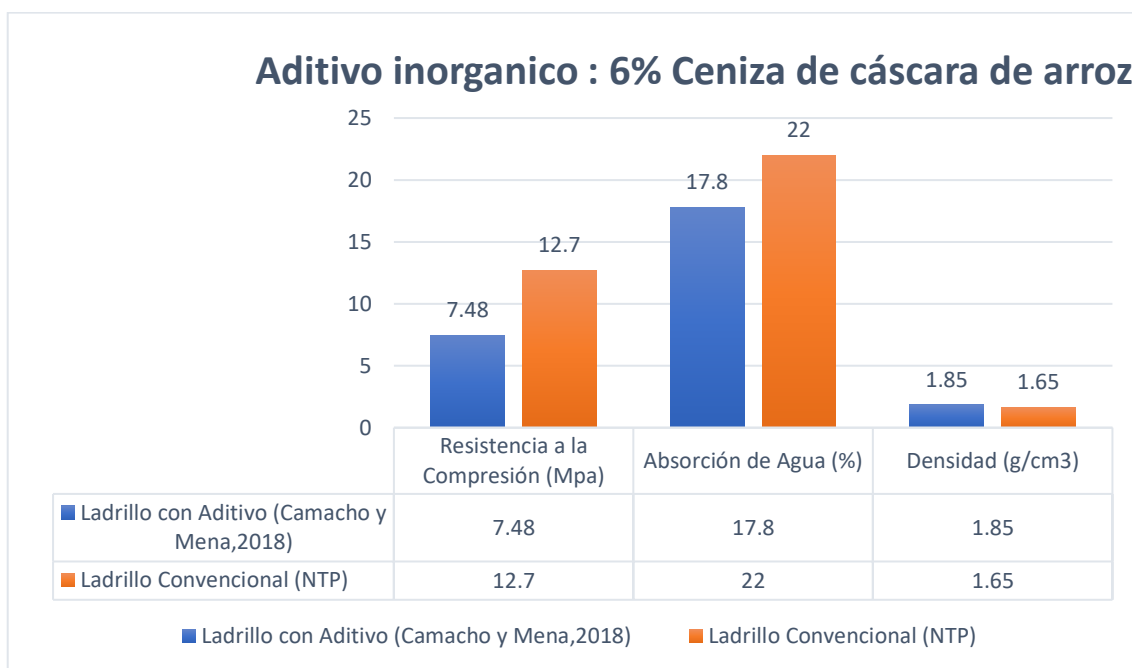


Figura 67. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de ceniza de cáscara de arroz en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

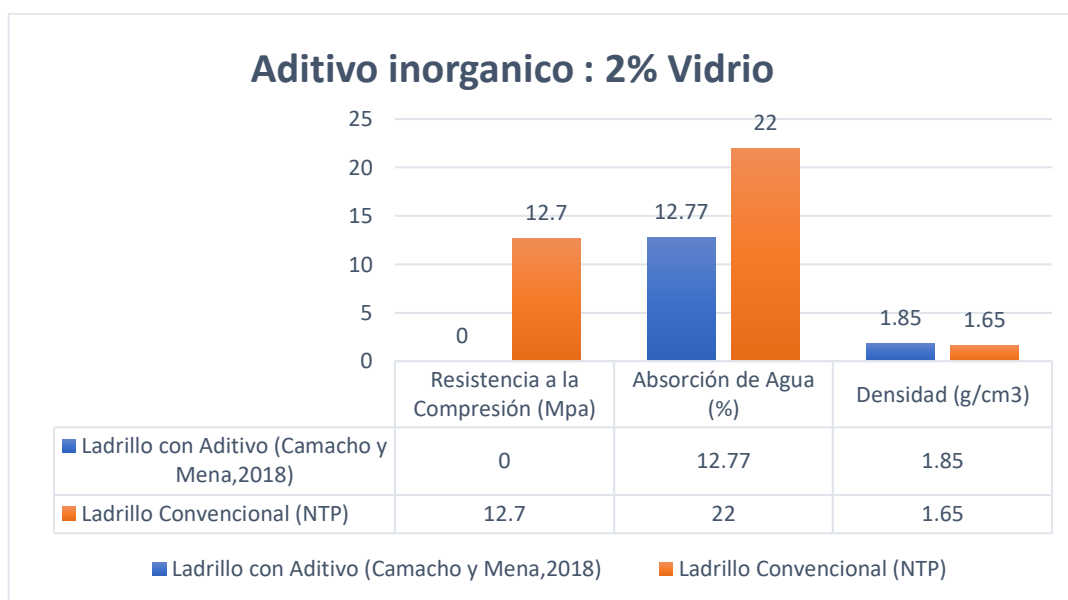


Figura 68. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de vidrio en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

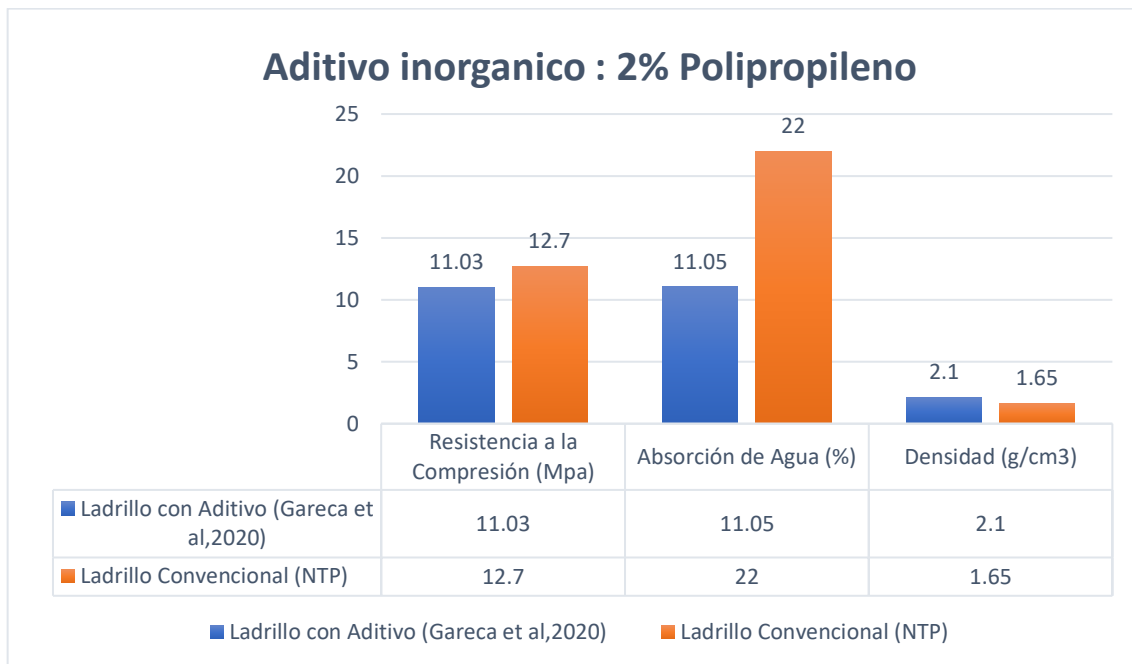


Figura 69. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de polipropileno en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

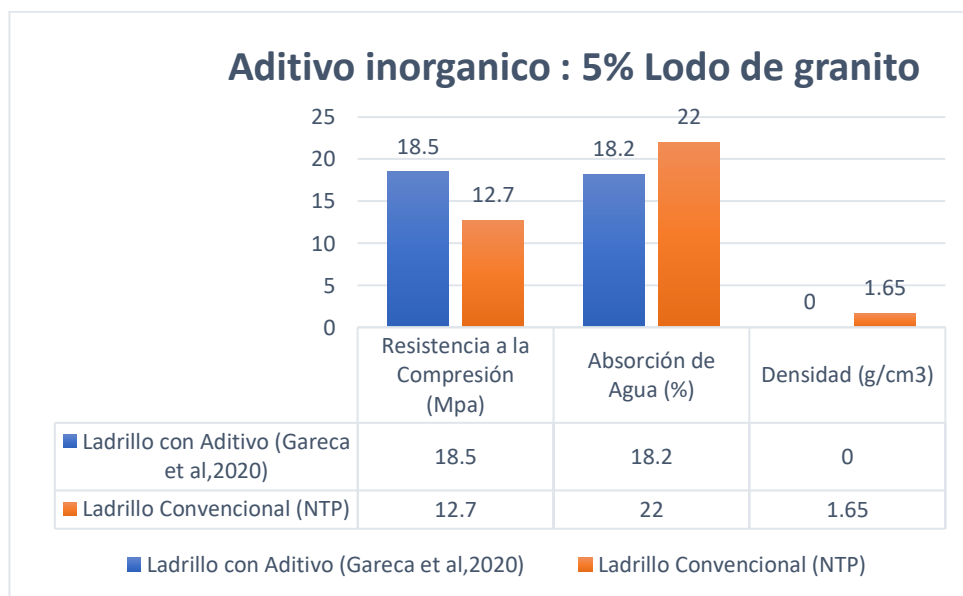


Figura 70. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de lodo de granito en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

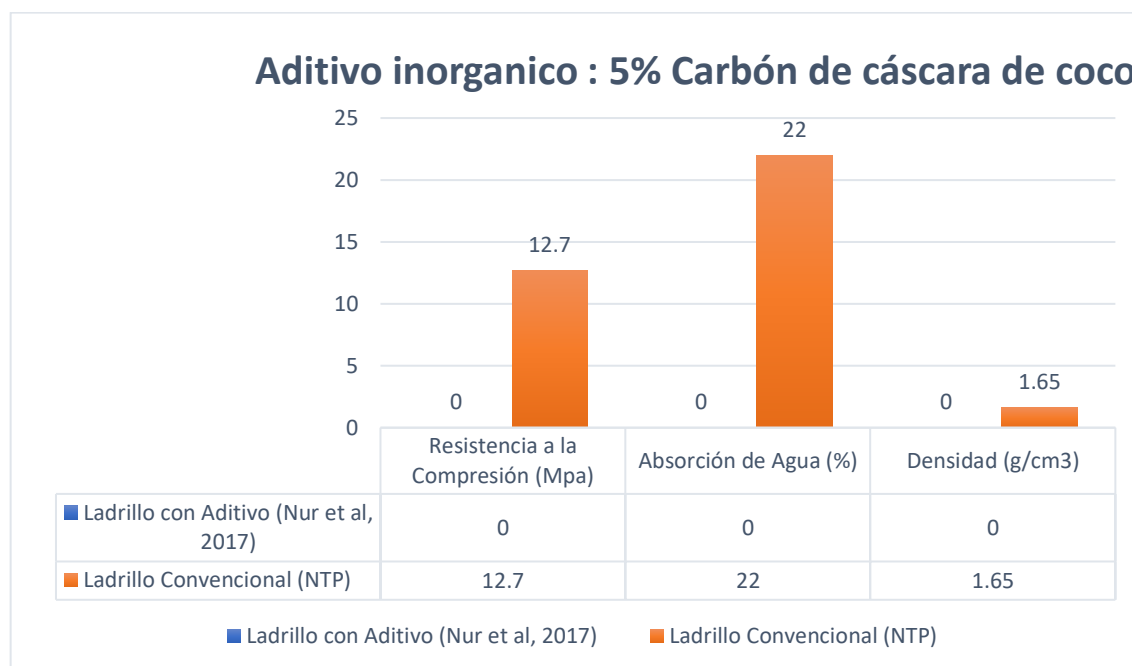


Figura 71. Valor de parámetros físico-mecánicos con la adición de cascara de coco en la elaboración de ladrillos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 72 se comparan los ladrillos elaborados con aditivos inorgánicos que cumplen o difieren de los mínimos y máximos parámetros físico-mecánicos según la Norma Técnica Peruana 331.017, en donde se observa que el ladrillo que presenta mayor resistencia a la compresión es el que utiliza aditivo ceniza de biomasa (54.3 MPa), los que cumplen son la resina de poliéster (54 MPa), y ceniza de volantes (15.6 MPa). Respecto a la absorción del agua en la elaboración del ladrillo, el que presenta mejor valor de porcentaje es la escoria de fundición (7.5%) y ceniza de volantes (14.5%). Por último respecto a la densidad en la elaboración de ladrillos el que cumple la normativa es la ceniza de biomasa (2.04 g/cm³).

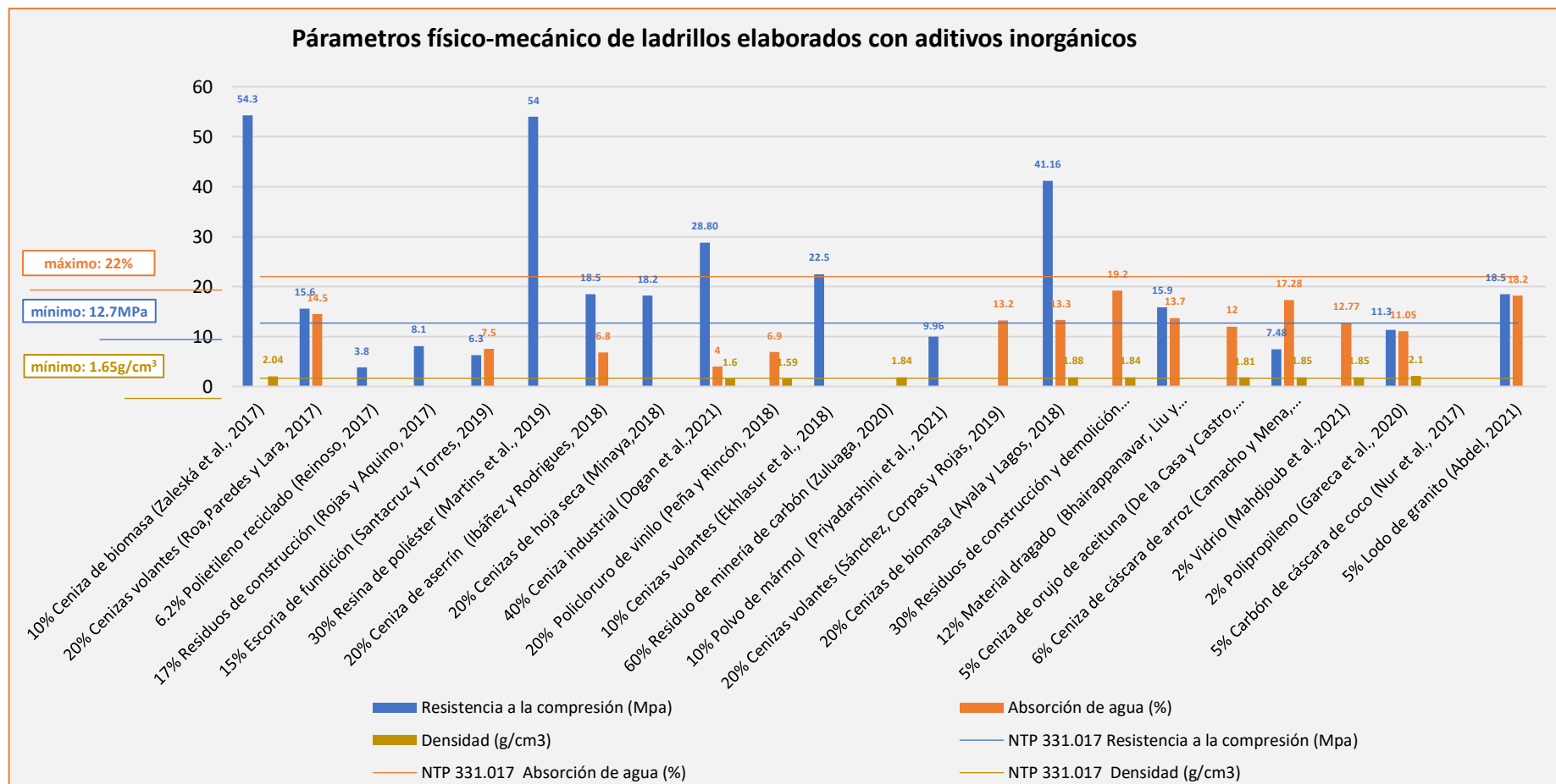


Figura 72. Valor de parámetros físico-mecánicos en ladrillos elaborados con aditivos inorgánicos vs los valores según la NTP 331.017

Fuente: Elaboración propia.

IV. CONCLUSIONES

OG: Los aditivos orgánicos e inorgánicos incorporados en los ladrillos son alternativas sostenibles para emplearse en las actividades de construcción, antes de ello, este material ecológico requiere plantear las condiciones operativas para su elaboración, una vez producido el ladrillo es fundamental evaluar bajo ensayos sus parámetros físico-mecánicos y conocer si cumple con la normativa técnica de acuerdo al uso que se le destine.

OE 1: De acuerdo con la revisión sistemática realizada los principales aditivos orgánicos que se encontraron fueron la paja de trigo, hueso de aceituna, hueso de olivo, aserrín, hoja de olivo, cáscarilla de arroz, cáscara de cacao, cáscara de trigo, cáscara de almendra, heno, fibra de yute, bagazo de cebada, residuo de karité, lodo residual y cuesco de aceite de palma. Además, las que usan menor temperatura y alcanzan un grado de cocción son cascarilla de arroz, hoja de olivo, cáscara de almendra y cacao con 850°C y por último las que utilizan menor temperatura en el secado son la cáscara de cacao con 20°C , el aserrín, cascarilla de arroz y la hoja de olivo con 100°C.

OE 2: De acuerdo con la revisión sistemática realizada los principales aditivos inorgánicos encontrados fueron cenizas de biomasa, cenizas volantes, polietileno reciclado, residuos de construcción, escoria de fundición, resina de poliéster, vidrio, lodo de granito, ceniza industrial, ceniza de orujo de aceituna, residuo de minería de carbón, de minería aluvial y de flotación. Además, las que usan menor temperatura y alcanzan un grado de cocción son lodos de granito con 800°C, cenizas volantes y vidrio con 950°C y por último las que utilizan menor temperatura en el secado son cenizas de biomasa y vidrio con 60°C.

OE 3: De acuerdo con la revisión sistemática de los valores de parámetros físico-mecánico de los aditivos se estimó que, de los aditivos orgánicos, la de lodo residual en relación con la resistencia a la compresión con 71.3 MPa fue el mejor valor. La fibra de yute en relación al porcentaje de absorción con 6.7% fue el mejor valor. El cuesco de aceite de palma con relación a la densidad con 1.89 g/cm³ fue el mejor valor. De los aditivos inorgánicos, la escoria de fundición en relación a la absorción de agua con 7.5% fue el mejor valor, las cenizas de biomasa en relación a la

resistencia a la compresión con 54.3 MPa fue el mejor valor y en relación a la densidad con 2.04 g/cm³ fue el único y mejor valor que se estimó de los aditivos inorgánicos.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de aditivos orgánicos como hoja de olivo, cascarilla de arroz y cáscara de cacao ya que presentan un menor uso de temperatura para los procesos de cocción y el secado para la elaboración de ladrillos

Se recomienda el uso de aditivos inorgánicos como lodo de granito, vidrio y cenizas volantes ya que tienen adecuado proceso de cocción, y en relación al proceso de secado se recomienda el uso de vidrio y cenizas de biomasa en la elaboración de ladrillos

Se recomienda el uso de dos aditivos orgánicos como el de hueso de olivo porque presenta mejor resistencia a la compresión y la cascara de arroz ya que presenta mejor porcentaje de absorción y valor de la densidad para la elaboración de ladrillos. Además, respecto a los aditivos inorgánicos se recomienda el uso de cenizas de biomasa ya que alcanzo el mayor valor en relación a la resistencia a la compresión y de valor de densidad.

Es recomendable que se realicen proyectos de construcción de viviendas con el uso de ladrillos elaborados, pero considerando porcentajes menores al 5% de aditivos orgánicos, por la baja densidad que le aportan al ladrillo. El uso de estos ladrillos en muros de separación o como muros verdes, le aportan las propiedades que necesitan a este tipo de estructuras.

Se recomienda realizar otras investigaciones de aplicación de aditivos PET en la elaboración de ladrillos, con porcentajes de adición menores al 6.2% y evaluar los parámetros físico- mecánicos. Y de la misma manera para residuos de construcción y escorias de fundición, pero con diferentes dosis de aditivos menores del 15%.

REFERENCIAS

1. ABDEL H. Investigación del uso de residuos de lodos de granito y humo de sílice en ladrillos de arcilla a diferentes temperaturas de cocción. *Revista HBRC*, 2021, vol. 17, no 1, pág. 123-136. DOI: <https://doi.org/10.1080/16874048.2021.1904549>
2. ADAZABRA, A. N.; VIRUTHAGIRI, G.; SHANMUGAM, N. Manufacture of lightweight clay bricks with improved thermal insulation properties via the incorporation of spent shea waste. *Journal of applied research and technology*, 2018, vol. 16, no 3, p. 186-203.
3. AOUBA, Laila, et al. Properties of fired clay bricks with incorporated biomasses: cases of olive stone flour and wheat straw residues. *Construction and Building Materials*, 2016, vol. 102, p. 7-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.040>
4. AHMAD, Safeer; IQBAL, Yaseen; MUHAMMAD, Raz. Effects of coal and wheat husk additives on the physical, thermal and mechanical properties of clay bricks. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 2017, vol. 56, no 3, p. 131-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2017.02.001>
5. AMPUERO, A. y ROMERO, P. Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos a base de material reciclado (plástico PET) para Construcción: Una Revisión. 2020. Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/3740>
6. AREZKI, S.; CHELOUAH, N.; TAHAKOURT, A. The effect of the addition of ground olive stones on the physical and mechanical properties of clay bricks. *Materiales de Construcción*, 2016, vol. 66, no 322, p. 082. DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2016.00815>.
7. AYALA, Aleyra y LAGOS, Angela. Elaboración de ladrillos incorporando como materia prima vidrio reciclado y cenizas de biosólido de la PTAR el salitre. 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/33388>
8. BHAIAPPANAVAR, S.; LIU, R.; SHAKOOR, A. Eco-friendly dredged material-cement bricks. *Construction and Building Materials*, 2021, vol. 271, p. 121524. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121524>

9. CAMACHO, Adriana; MENA, María. *Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades mecánicas con un ladrillo tradicional*. 2018. Tesis de Licenciatura. PUCE. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14548>
10. CAMARGO, L.; YAMBAY, B. *Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe*. 2020. Tesis de Licenciatura. Quito: UCE. Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/20679/1/T-UCE-0011-ICF-231.pdf>
11. CARCAUSTO, Wilfredo; MORALES, Juan. Publicaciones sobre ética en la investigación en revistas biomédicas peruanas indizadas. En *Anales de la Facultad de Medicina*. UNMSM. Facultad de Medicina, 2017. p. 166-170. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/anales.v78i2.13199>
12. CONTRERAS, M., et al. Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). *Construction and Building Materials*, 2016, vol. 123, p. 594-600. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.044>
13. CULTRONE, Giuseppe, et al. Sawdust recycling in the production of lightweight bricks: How the amount of additive and the firing temperature influence the physical properties of the bricks. *Construction and Building Materials*, 2020, vol. 235, p. 117436. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117436>
14. DE LA CASA, J.; CASTRO, E. Recycling of washed olive pomace ash for fired clay brick manufacturing. *Construction and Building Materials*, 2016, vol. 61, p. 320-326. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.03.026>
15. DOĞAN, N, et al. Eco-friendly fired brick produced from industrial ash and natural clay: A study of waste reuse. *Materials*, 2021, vol. 14, no 4, p. 877. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14040877>
16. DOMÍNGUEZ, D.; MUNOZ, V.P.; MUNOZ, V.L. Impacto del uso de eco-ladrillos ligeros como cerramientos para casas individuales de un piso en zonas de alta sismicidad. *Materiales de Construcción*, 2017, vol. 67, no 328, pág. 133. DOI: <https://doi.org/10.3989/mc.2017.03316>

17. EKHLASUR, M. et al. Utilization of blended waste materials in bricks. *Technologies*, 2018, vol. 6, no 1, p. 20. DOI: <https://doi.org/10.3390/technologies6010020>
18. FEBRES, Thanud. Alternativa de solución a la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en Arequipa. 2017. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2840>
19. FIGUEROA, T. y PÉREZ, T. *Prototipo de ladrillo en base de mezcla de cascarilla de cacao y barro para construcciones en la zona cacaotera de Bucay*. 2018. Tesis de Licenciatura. Guayaquil: ULVR, 2018. Disponible en: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2541>
20. GARECA, M. et al. NUEVO MATERIAL SUSTENTABLE: LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE RESIDUOS INORGÁNICOS. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2020, vol. 18, no 21, p. 25-61.
21. GIRALDO, L. y RUIZ, F. Incorporación del cuesco de palma de aceite africana como agregado grueso en mezclas de concreto. 2018. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/5808>
22. GONZALES, Krystle et al. Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verdes. *Revista Ingeniería Investigación y Tecnología*. 2019 p.1-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.030>
23. GOMES, Samuel De Carvalho, et al. Recycling of raw water treatment sludge in cementitious composites: effects on heat evolution, compressive strength and microstructure. *Resources, Conservation and Recycling*, 2020, vol. 161, p. 104970. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104970>
24. IBÁÑEZ, Celeste; RODRÍGUEZ, Yoel. Propiedades físico mecánicas del ladrillo de concreto al sustituir el cemento por cenizas de aserrín en un 10% 15% y 20% Nuevo Chimbote-2018. 2018. Disponible: repositorio.ucv.edu.pe
25. INACAL. NTP 331.017. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos. 2003 Lima, Perú. Disponible en: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22249>
26. JAVED, Usma et al. Sustainable incorporation of lime-bentonite clay composite for production of ecofriendly bricks, *Journal of Cleaner Production*, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121469>.

27. KAZA, Silpa, et al. *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications, 2018. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bnN_DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP13&dq=KAZA,+Silpa,+et+al.+What+a+waste+2.0:+a+global+snapshot+of+solid+waste+management+to+2050.+World+Bank+Publications,+2018.&ots=f9NgFr50O6&sig=HV89KMFVzrt7paRuSd_84kpz-Fc#v=onepage&q=KAZA%2C%20Silpa%2C%20et%20al.%20What%20a%20waste%202.0%3A%20a%20global%20snapshot%20of%20solid%20waste%20management%20to%202050.%20World%20Bank%20Publications%2C%202018.&f=false
28. KHALEEL, S.; MADHAVI, K.; BASUTKAR, S. M. Mechanical characteristics of brick masonry using natural fiber composites. *Materials Today: Proceedings*, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.319>
29. KUMAR, Sazal et al. Distribution, contamination status and source of trace elements in the soil around brick kilns, *Chemosphere*, 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127882>
30. LATORRE, Marta. Reciclado de cáscara de almendra como materia prima secundaria en la fabricación de ladrillos de arcilla. 2018. Disponible en: <http://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/6591>
31. LOZANO, José, et al. Comparative study on the environmental impact of traditional clay bricks mixed with organic waste using life cycle analysis. *Sustainability*, 2018, vol. 10, no 8, p. 2917. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11215982>
32. MAHDJOUR, N. et al. Innovación de materiales de construcción tradicionales en Chembe, Malawi: evaluación de residuos de vidrio y ladrillos de arcilla quemada postconsumo para el rendimiento y la circularidad. *International Journal of Sustainable Engineering*, 2021. DOI: 10.1080 / 19397038.2021.1889706
33. MARTÍN, María, et al. Comportamiento de ecoladrillos con inclusión de biomásas residuales. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 2018, no 11. DOI: <https://doi.org/10.51302/tce.2018.223>
34. MARTÍNEZ, Cristian, et al. Caracterización fisicoquímica de las arcillas utilizadas en la preparación de pastas cerámicas para la producción de los lotes de ladrillo tipo h-10 en la empresa Ladrillera Valledupar sas (Colombia). *Aibi revista de*

- investigación, administración e ingeniería*, 2020, vol. 8, no 3, p.56.
DOI: <https://doi.org/10.15649/2346030X.850>
35. MARTINS, Maiccon et al. Ecological bricks from dimension stone waste and polyester resin. *Construction and Building Materials*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117252>
36. MINAYA, L. Efectos de las cenizas de hojas secas de bambú en la resistencia de ladrillos de concreto. 2018. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/4347>
37. MORENO, B., et al. Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 2018, vol. 11, no 3, p. 184-186. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184>
38. MUNIR, Muhammad Junaid, et al. Synergistic effect of rice husk, glass and marble sludges on the engineering characteristics of eco-friendly bricks. *Journal of Building Engineering*, 2021, vol. 42, p. 102484. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102484>
39. MUÑOZ, S.; DELGADO, J.; FACUNDO, L. Elaboración de ladrillos ecológicos en muros no estructurales: una revisión. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 2021, vol. 18, no 1, p. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.20983/culcyt.2020.2.2.4>
40. MURMU, Anant y PATEL, A. Towards sustainable bricks production: An overview. *Construction and building materials*, 2018, vol. 165, p. 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.038>
41. NUR K., et al. Characteristic of biomass percentage in cement brick composites microwave absorber. En *2017 International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE)*. IEEE, 2017. p. 21-26.
42. ÑAUPAS, Humberto Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis Ediciones de la U. Disponible en: <http://www.ebooks7-24.com/?il=8046>
43. PEÑA, Santiago; RINCÓN, Hernando. Evaluación de una alternativa de ladrillo no convencional usando residuos de construcción y demolición (RCD) desde el impacto ambiental y su aplicación en la construcción sostenible en Bogotá, Colombia. 2018.

44. PRIYADARSHINI, Monalisa; GIRI, Jyoti Prakash; PATNAIK, Manaswinee. Variability in the compressive strength of non-conventional bricks containing agro and industrial waste. *Case Studies in Construction Materials*, 2021, vol. 14, p. e00506. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00506>
45. PHONPHUAK, Nonthaphong; SAENGTHONG, Chiawchan; SRISUWAN, Anuwat. Physical and mechanical properties of fired clay bricks with rice husk waste addition as construction materials. *Materials Today: Proceedings*, 2019, vol. 17, p. 1668-1674. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.197>
46. RAMOS, D., et al. Life cycle assessment of traditional and alternative bricks: A review. *Environmental Impact Assessment Review*, 2020, vol. 80, p. 106335. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106335>
47. RAUT, S.; RALEGAONKAR, R. y MANDAVGANE, S. Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: a review of waste-create bricks, *Constr. Build. Mater.* 2011, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.04.038>
48. REINOSO, Ericka et al. Elaboracion de ladrillos ecológicos a base de Polietileno *Revista Científica de la Ingeniería y Aplicadas*. 2017. Disponible en: <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/ciya/article/view/74>
49. ROA, Karol; PAREDES, Ricardo y LARA, Luis. Aplicación de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ y cenizas volantes como refuerzo en la matriz de unidades cerámicas macizas. 2017. DOI: 10.22395/rium.v17n32a2
50. ROJAS, M.; AQUINO, E. Recycling of construction wastes for manufacturing sustainable bricks. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Construction Materials*, 2019, vol. 172, no 1, p. 29-36. DOI: <https://doi.org/10.1680/jcoma.16.00046>
51. SÁNCHEZ, Jorge; CORPAS, Francisco; ROJAS, Jhan. Cenizas Volantes de Termoeléctrica como Materia Prima para la Fabricación de Materiales Cerámicos de Construcción: Efecto de la Temperatura de Cocción sobre el Material. *Información tecnológica*, 2019, vol. 30, no 1, p. 285-298.
52. SANTA CRUZ, Jessica y TORRES, Janneth. Aprovechamiento de escorias de fundición secundaria de plomo en ladrillos cerámicos. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18359/rcin.3495>

53. SEPÚLVEDA, Esteban Leonardo; MEDINA, Jonathan Julián. Caracterización de arcillas para la elaboración de ladrillos en el municipio de Tunja-Boyacá. *L'esprit Ingénieux*, 2018, vol. 9, no 1, p.84-85 Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1846>
54. SINIA Estadística Ambiental 2019 Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/estadisticas>
55. UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO Referencias estilo ISO 690 y 690-2 Adaptación de la norma de la International Organización for Standardization (ISO). Fondo editorial Universidad Cesar Vallejo. 2017. Disponible en: https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual_ISO.pdf
56. ZULUAGA, Daniel. Implementación de residuos mineros en formulaciones de mezclas para elaboración de ladrillos cerámicos. 2020. Disponible en: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/17386>
57. ZÁLESKÁ, M. et al. Biomass ash-based mineral admixture prepared from municipal sewage sludge and its application in cement composites. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2018, vol. 20, no 1, p. 159-171. DOI: <https://doi.kazaorg/10.1007/s10098-017-1465-3>
58. MINAM, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1278/>.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo, GRECIA DAYANA CALLE ZEVALLOS estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: **Elaboración de Ladrillos a partir de Aditivos Orgánicos e Inorgánicos. Revisión Sistemática 2021**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
CALLE ZEVALLOS GRECIA DAYANA DNI: 70263962 ORCID: 0000-0002-3015-7901	