

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



Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y aserrín para losas aligeradas

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

AUTOR

Elber Yhoan Hilas Fustamante

ASESOR

Victor Manuel Tepe Atoche

<https://orcid.org/0000-0002-1546-6212>

Chiclayo, 2024

**Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de *Pleurotus*
Ostreatus y aserrín para losas aligeradas**

PRESENTADA POR
Elber Yhoan Hilas Fustamante

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

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Acero Martinez Jose Alberto
PRESIDENTE

Angel Alberto Lorren Palomino
SECRETARIO

Victor Manuel Tepe Atoche
VOCAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	oa.upm.es Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
6	geo-cristhian.weebly.com Fuente de Internet	<1%
7	link.springer.com Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
9	kupdf.net Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción	11
Revisión de literatura	15
Materiales y Métodos	33
Resultados y discusiones.....	46
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	64
Referencias.....	65
Anexos	68

Lista de tablas

Tabla 1 , Propiedades del sustrato	24
Tabla 2 , Caracterización de Residuos procedentes de la madera procesada	25
Tabla 3 , Rango de tamaños de granulometría de aserrín	25
Tabla 4 , Detalle de muestra.....	34
Tabla 5 , Tabla de Operacionalización de variables.....	36
Tabla 6 , Técnica e instrumentos de recolección de datos	36
Tabla 7 , Resultados de tamizado para la muestra A.....	46
Tabla 8 , Resultados de tamizado para la muestra B	47
Tabla 9 , Resultados de tamizado para la muestra C.....	48
Tabla 10 , Resultados de Humedad de las muestras de aserrín.....	49
Tabla 11 , Resistencia a la Compresión de las muestras tipo MA	50
Tabla 12 , Resistencia a la Compresión de las muestras tipo MB	50
Tabla 13 , Resistencia a la Compresión de las muestras tipo MC	51
Tabla 14 , Resultados Módulo de Rotura para la muestra MA	52
Tabla 15 , Resultados Módulo de Rotura para la muestra MB	52
Tabla 16 , Resultados Módulo de Rotura para la muestra MC	52
Tabla 17 , Resultados de densidad para la muestra MA.....	53
Tabla 18 , Resultados de densidad para la muestra MA.....	54
Tabla 19 , Resultados de densidad para la muestra MA.....	54
Tabla 20 , Resultados de Absorción para las muestras MA, MB y MC.....	55
Tabla 21 , Resultados de Alabeo para las muestras MA, MB y MC.....	56
Tabla 22 , Resultados de prueba de adherencia MA, MB y MC	56
Tabla 23 , Comparación de propiedades de las muestras ensayadas vs NTP 331.040.....	58
Tabla 24 , Cuadro comparativo de ahorro de peso por m ² de losa construida con ladrillo de arcilla vs bloques de micelio.....	61

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 , Partes del hongo.	19
Ilustración 2 , Red filamentosa de micelio.	20
Ilustración 3 , Curva de crecimiento.	21
Ilustración 4 , Procedimiento de medición de alabeo	27
Ilustración 5 , Ubicación de las cuñas.	28
Ilustración 6 , Diagrama de procedimiento de investigación	37
Ilustración 7 , Muestras A, B y C con sus respectivas granulometrías.	38
Ilustración 8 , Colocación de agua para la humectación de la muestra	38
Ilustración 9 , Pesado de una de las muestras de aserrín.	39
Ilustración 10 , Tamizado de una de las muestras de aserrín	39
Ilustración 11 , Preparación de moldes	39
Ilustración 12 , Trituración manual del micelio	40
Ilustración 13 , Mezclado de micelio con aserrín	40
Ilustración 14 , Envoltura de papel film.	40
Ilustración 15 , Colocación de la mezcla en los moldes	40
Ilustración 16 , Colocación de la muestra en moldes pequeños	40
Ilustración 17 , Proceso de incubado para la colonización del micelio	41
Ilustración 18 , Proceso de incubado en muestras pequeñas	41
Ilustración 19 , Verificación de proceso de crecimiento y colonización	42
Ilustración 20 , Bloques secados en horno a temperatura de 109 °C.	42
Ilustración 21 , Falla del espécimen después de la aplicación de la carga.	43
Ilustración 22 , Colocación del espécimen para la aplicación de la carga	43
Ilustración 23 , Ampliación de la carga en la parte central de la muestra.	43
Ilustración 24 , Colocación de la muestra para la aplicación de la carga.	43
Ilustración 25 , Masa muestra B	44

Ilustración 26 , Masa de muestra C.....	44
Ilustración 27 , Masa muestra A.....	44
Ilustración 28 , Pesado de la muestra después de ser sumergida.....	44
Ilustración 29 , Muestra sumergida en agua por 24 horas.....	44
Ilustración 30 , Ensayo de alabeo	45
Ilustración 31 , Prueba de adherencia	45
Ilustración 32 , Losa aligerada de ladrillo de arcilla cocida vs losa aligerada con bloques a base de micelio y aserrín.....	60
Ilustración 33 , Muestra de aserrín en carpintería.....	77
Ilustración 34 , Muestra de viruta en carpintería	77
Ilustración 35 , Tamizado de las tres muestras	77
Ilustración 36 , Peso de la muestra retenida pertenecientes a cada tamiz	77

Lista de Gráficos

Gráfico 1 , Curva granulométrica de MA	47
Gráfico 2 , Curva granulométrica de MB	48
Gráfico 3 , Curva granulométrica de MC	49
Gráfico 4 , Resistencia a la compresión promedio de las muestras MA, MB y MC.....	51
Gráfico 5 , Módulo de Rotura promedio de las muestras MA, MB y MC	53
Gráfico 6 , Densidad de las muestras MA, MB y MC.....	54
Gráfico 7 , Resultados del porcentaje de absorción de las muestras MA, MB y MC	55
Gráfico 8 , Resultados del análisis de costos para las muestras propuestas y los materiales convencionales	57
Gráfico 9 , Propiedades mecánicas de ladrillo de arcilla vs bloque de micelio	58
Gráfico 10 , Propiedades físicas de ladrillo de arcilla vs bloque de micelio	59
Gráfico 11 , Grafico comparativo de pesos para distintos espesores de losas utilizando ladrillos de arcilla vs bloques de micelio.....	61
Gráfico 12 , Grafico comparativo de precios de los bloques propuestos versus ladrillos de tecnopor y ladrillo convencional de arcilla cocida.....	62

Resumen

Este trabajo experimental propone una solución sostenible para la construcción mediante el uso de ladrillos hechos de micelio fúngico y aserrín. La idea surge del problema ambiental que enfrenta el mundo debido a la explotación de materias primas no renovables para la fabricación de materiales de construcción convencionales. En este estudio, el micelio de *Pleurotus Ostreatus* se mezcló con tres sustratos de diferentes granulometrías: aserrín (MA), virutas de madera (MB) y una mezcla de aserrín y virutas (MC), en proporciones de 10% de micelio y 90% de sustrato. Después de dejar la mezcla en condiciones húmedas durante unos 30 días para permitir un crecimiento óptimo del micelio, se extrajo del molde como un solo bloque sólido y se sometió a pruebas físicas y mecánicas. Los resultados de estos ensayos arrojaron una resistencia a la compresión máxima de 2.81 kg/cm² perteneciente a la MC y una mínima de 2.38 kg/cm² para la MA; un módulo de rotura máximo de 3.53 kg/cm² perteneciente a la MC y un mínimo de 2.59 kg/cm² para la MA; una densidad de 0.08 g/cm³ para a la MA, 0.15 g/cm³ para la MB y 0.19 g/cm³ para la MC; en absorción se obtuvo un 63.95% para la MA, 30.11% para la MB y 15.4% para la MC; respecto al análisis de costos de producción se halló que es un 28% más barato que un ladrillo convencional de arcilla y un 37% más barato que un ladrillo casetón de tecnopor. En conclusión, este estudio demuestra que el uso de ladrillos hechos a base de micelio fúngico y aserrín podría ser una alternativa sostenible y rentable para el sector construcción.

Palabras clave: Micelio de *Pleurotus Ostreatus*, Bloques de micelio y aserrín, Biocompuestos, Biomateriales.

Abstract

This experimental work proposes a sustainable solution for construction by using bricks made of fungal mycelium and sawdust. The idea arises from the environmental problem facing the world due to the exploitation of non-renewable raw materials for conventional construction materials. In this study, *Pleurotus Ostreatus* mycelium was mixed with three substrates of different granulometries: sawdust (MA), wood chips (MB), and a mixture of sawdust and chips (MC), in proportions of 10% mycelium and 90% substrate. After allowing the mixture to grow optimally for about 30 days under moist conditions, it was extracted from the mold as a single solid block and subjected to physical and mechanical tests. The results of these tests yielded a maximum compressive strength of 2.81 kg/cm² for MC and a minimum of 2.38 kg/cm² for MA; a maximum modulus of rupture of 3.53 kg/cm² for MC and a minimum of 2.59 kg/cm² for MA; a density of 0.08 g/cm³ for MA, 0.15 g/cm³ for MB, and 0.19 g/cm³ for MC; in absorption, 63.95% for MA, 30.11% for MB, and 15.4% for MC were obtained; regarding production cost analysis, it was found to be 28% cheaper than a conventional clay brick and 37% cheaper than an expanded polystyrene brick. In conclusion, this study demonstrates that the use of bricks made from fungal mycelium and sawdust could be a sustainable and cost-effective alternative for the construction sector.

Keywords: Mycelium of *Pleurotus Ostreatus*, Mycelium and sawdust blocks, Bio composites, Biomaterials.

Introducción

Dado al constante cambio que se viene dando en el mundo y el aumento incontrolado de la tasa de crecimiento poblacional, cada día aumenta las necesidades, entra las cuales destaca la necesidad de mayor infraestructura, obligando así a los gobiernos a invertir fuertemente en actividades de construcción, que según E. Elsacker et al [1] en Europa representa la mitad del consumo energético y la explotación de recursos naturales, además que la tercia parte en generación de residuos y consumo del agua, lo cual trae consigo la sobreexplotación de recursos naturales que en su mayoría son recursos no son renovables, acarreando consecuencias graves que cada día desfavorece en mayor medida nuestro planeta. En este sentido nos obliga a encaminarnos en la búsqueda de alternativas más sostenibles y de interés particular en el sector construcción.

En diferentes países del mundo ya se han realizado una serie de estudios con el fin de descubrir nuevas alternativas que resulten más amigables con el medio ambiente. Uno de los conceptos recientemente explorados es el potencial que tiene la materia viva para crear materiales ecológicos y sustentables entre los cuales se ha probado la creación de una base de micelio, que, combinado con materia orgánica como granos de cebada, paja de cebada, trigo, etc. Resulta ser un material prometedor.

El estudio de diseño londinense Blast Studio ha llegado a construir con este material a través de bio-impresión que consiste en dejar que el micelio se desarrolle dentro de un molde y que con el transcurrir del tiempo este va poblando e invadiendo el compuesto que tiene a su alrededor, para que finalmente termine en una estructura sólida y ligera [2].

La realidad en nuestro país no es muy diferente. El ámbito de la construcción es uno de los principales consumidores en cuanto a recursos y emisiones de gases de efecto invernadero. En Perú, un estudio realizado por el Ministerio del Ambiente [3] revela que las mayores emisiones de CO₂ son producidas por industrias como la del cemento, los hornos de ladrillos, las fundiciones y los textiles. Esta situación no solo afecta el medio ambiente, sino que también genera un impacto en la salud de las poblaciones que viven en las cercanías de estas fuentes de emisión. Además, el uso de materiales de construcción convencionales no sostenibles puede generar una importante cantidad de residuos que terminan en vertederos y rellenos sanitarios, contribuyendo a la contaminación del suelo y el agua. Por lo tanto, es fundamental promover

prácticas y soluciones sostenibles en el sector de la construcción civil en el país, para disminuir su impacto ambiental y avanzar hacia un futuro más sostenible y habitable para todos los peruanos.

Si bien es cierto que en nuestro país existe ya la iniciativa en los proyectos de investigación enfocados a materiales amigables con el medio ambiente, pues este tema aún no se ha logrado profundizar demasiado, en este sentido se debe encaminar el desarrollo del sector construcción hacia la sostenibilidad, a través de la búsqueda de nuevas alternativas en materiales de construcción como es el caso del material que se ha propuesto en este proyecto de investigación, que son los bloques elaborados a base de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y aserrín.

Este proyecto de investigación se limita identificar las aplicaciones constructivas del material propuesto en edificaciones familiares, ya que se comprobará que los bloques propuestos elaborado con micelio de *Pleurotus Ostreatus* y aserrín, incluyéndole a este último la viruta de madera, que finalmente se busca que este material propuesto cumpla con las expectativas y requerimientos de diferentes materiales de construcción según normativa, como pueden ser: ladrillos para muros, ladrillos de techo, poliestireno expandido, etc. Y que esta propuesta represente una alternativa a la utilización de materiales convencionales que requieran de extracción de materia prima, el gasto de agua y generación de gases de carbono.

Formulación del problema

La formulación del problema responde la siguiente pregunta: ¿Son los bloques elaborados a base de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y aserrín una alternativa de construcción frente a los materiales de construcción convencionales en losas aligeradas?

Justificación de la investigación

El presente proyecto se justifica por los siguientes motivos:

Justificación Técnica

Técnicamente esta investigación se justifica porque a partir de la utilización de micelio como aglomerante y el aserrín como materia de unión, el bloque a base de micelio mejorará las propiedades de un ladrillo de techo convencional y para corroborar esto se tiene el artículo de

revisión realizado por Elsacker E. [1] en 2019 muestran que los compuestos de micelio utilizando paja de colza y lino se llegó a obtener densidades menores a 0.14 g/cm^3 que si comparamos con la ficha técnica de un ladrillo de techo convencional a base arcilla, el compuesto a base de micelio es 13.5 veces menos denso por lo que con la utilización de este material se reduciría significativamente el peso de las estructuras. Con respecto a la absorción se tiene que el compuesto de micelio presenta absorciones menores al 30% según el residuo utilizado, dando resultados de menor los de cáñamo picado, es por esto que en este proyecto se optará por el aserrín, buscando disminuir este porcentaje de absorción. Este material también presenta una conductividad térmica que varía desde 0.078 W/Mk y 0.08 W/Mk . Con respecto a la resistencia a la compresión se tiene el estudio realizado por Jason O. donde se alcanza una resistencia en los compuestos de micelio hasta los 3.5 MPa , superando los 2 MPa que es requisito por la norma en ladrillos de techos.

Justificaciòn Social

En el ámbito social, este proyecto se justifica por la calidad de vida que se va a mejorar al utilizar un material con una huella ecológica baja, aparte de las propiedades que presenta este material como es el aislamiento acústico que otorgarán una mayor tranquilidad. La conductividad térmica del material que permitirá ser como aislante de la temperatura en el exterior. Este material también presentará beneficios económicos en la población ya que el costo de obtención de este material es mucho menor ya que en cuanto a la empresa que fabrique este bloque solo bastará una inversión de inicio ya que a posterior el micelio es capaz de cultivarse y de esta manera no se generaría mayores gastos. Otro punto importante de esta propuesta es que cuando se requiera demoler algún elemento construido a base de este material, estos residuos son biodegradable, así podrían utilizarse como abono para que cumpla con su ciclo biológico.

Justificaciòn Ambiental

En cuanto al tema ambiental, este proyecto se justifica gracias a un estudio realizado por la empresa ITeC [3] donde estimo que el sector construcción es el principal responsable de aproximadamente casi el 40% de todas las emisiones de CO_2 y del 36% del consumo de energía global y, más del 45% en generación de RCD. Bajo este panorama se necesita buscar nuevas tecnologías que sean a su vez innovadoras con la finalidad de salvar al mundo de la contaminación ya que en su mayoría, los materiales que se utilizan actualmente son una gran

fuentes de emisión de gases de carbono al medio ambiente durante el proceso de producción, un claro ejemplo de estos materiales son los ladrillos que representan una elevada cantidad de huella de carbono, el poliestireno expandido que es obtenido a partir de los últimos procesos derivados del petróleo y por lo tanto es un recurso no renovable, etc. En este sentido se está planteando la alternativa de tener un sustituto o al menos tener una alternativa a estos materiales convencionales y que a su vez cumple con la política de una economía circular, a partir del aprovechamiento de los residuos de los aserraderos y carpinterías que vendría a ser el aserrín, que a través de la utilización del micelio como aglomerante se lograra la producción de un material sólido, apto para ser utilizado en la construcción.

Objetivos de la investigación

Objetivo general:

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de bloques elaborados a base de micelio, y aserrín para granulométricas con TMN de 19.00mm, 4.75mm y 2.00mm para su uso en losas aligeradas.

Objetivos específicos:

- Identificar las características granulométricas del aserrín según la norma ASTM C-136
- Diseñar bloques a base de micelio y aserrín con proporciones de 10% y 90% respectivamente para granulometrías de aserrín con TMN de 19.00mm, 4.75mm y 2.00mm.
- Analizar las propiedades de resistencia a la compresión, módulo de rotura, alabeo, densidad, absorción según los requerimientos de la norma E.070.
- Realizar la verificación de adherencia del material propuesto con el concreto.
- Evaluar el costo de producción por cada unidad de albañilería propuesto.

Revisión de literatura

Consiste en revisar literatura relacionada al tema (libros, artículos científicos, entre otros) y resumirla parafraseando con su respectiva referencia, evitando la copia textual de lo revisado. Se subdivide en dos partes:

Antecedentes

Digafe A. et al. [4] Tiene como objetivo en su investigación explorar el potencial que tienen los biomateriales a base de hongos en el sector construcción y comprobar que los materiales elaborados con micelio fúngico son libres de emisiones, son de bajo costo y reciclables. Para esta investigación se utilizó la especie de hongo *Pleurotus Ostreatus*, que es según otras investigaciones hechas por el autor la que da mayores resultados en la fabricación de estos materiales, debido a la estructura gruesa que presenta el micelio y la facilidad con la que crece en cualquier sustrato orgánico. En este estudio también se demostró que este compuesto muestra una excelente estabilidad térmica, propiedades hidrofóbicas y resistencia mecánica que pueden reemplazar los materiales de construcción convencionales que no son biodegradables, tienen una alta emisión y son de alto costo.

Los factores que afectan la propiedad fisicoquímica del compuesto incluyen el tipo de sustrato, el tiempo de incubación y el proceso de fabricación. El proceso de elaboración de estos materiales, según esta investigación consta de seis etapas principales: cultivo de cepas, preparación y esterilización del sustrato, inoculación del sustrato, moldeo, desactivación y transporte. La temperatura y la humedad por debajo y por encima del nivel óptimo reducen la tasa de crecimiento del micelio o dañan la cepa.

El cultivo puro obtenido se inocula en granos para la producción de semilla. La semilla es el grano inoculado con cultivo puro utilizado para el inicio de la colonización del sustrato. La mayoría de las veces, se puede preparar utilizando grano y aserrín en botellas de vidrio o bolsas de plástico de polietileno. La tasa de colonización del sustrato está determinada por la cantidad de inóculo, los tipos de cepa utilizados y los tipos de sustrato. La cantidad de semilla óptima utilizada para el inóculo varía en diferentes estudios: 10 %–20 %, 10 %, 3 % y 15 % en peso seco. A medida que la cantidad de inóculo aumenta, la tasa de crecimiento también lo hace proporcionalmente y disminuye el nivel de contaminación.

La gran cantidad de inóculo puede ocupar una gran superficie del sustrato para que el micelio pueda colonizar completamente en poco tiempo. Como resultado, la posibilidad de contaminación es menor. Sin embargo, la cantidad extendida de inóculo puede afectar la calidad de los biomateriales.

Jones M. et al. [5] Investigó que los compuestos de micelio son una clase de material que ha emergido entre los materiales baratos y sostenibles. Desde el punto de vista ambiental son considerados como una gran alternativa para aplicaciones en la construcción. En este sentido en esta investigación se realizó una revisión crítica a diferentes estudios que demuestran el comportamiento físico y mecánico de materiales elaborados a partir del compuesto fúngico.

En este estudio realizado una comparación a las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos creados con micelio fúngico, llegando a la conclusión de que estas propiedades varían de acuerdo al sustrato utilizado como fase de relleno. De todos los resultados analizados, las propiedades de tracción reportadas varían significativamente entre estudios para sustratos de aserrín siendo la mayor de (0.05–0.18 MPa), pero el aserrín parece estar asociado con resistencias a la tracción más altas que los sustratos de paja (0.01–0.04 MPa).

Esto indica que las propiedades de tracción de los materiales con base micelio fúngico tal como crecen están más fuertemente influenciadas por la falla del aglutinante de micelio que por el relleno del sustrato disperso ya dependen de que tan ricos son los sustratos en nutrientes, siendo los más nutritivos los más favorables para el crecimiento fúngico, en lugar de fuertes, para establecer una red densa de micelio y maximizar la resistencia a la tracción del compuesto de micelio.

En cuanto a la resistencia a compresión de materiales con compuesto de micelio, los resultados producto de la investigación en mención, nos da a entender que son inconsistentes y limitados, pero de los que se pudo investigar señalan los compuestos de micelio cultivados en un sustrato de aserrín son las que presentaron una mayor resistencia a la compresión llegando a 1.1 MPa.

Yanagang X. et al. [6] En 2018 estudiaron un biomaterial elaborado a base de micelio con el objetivo de hacer una mejora en el rendimiento energético en edificios que en la actualidad utilizan como aislantes térmicos productos elaborados a base de vidrio, lana de roca o espumas

plásticas obtenidas a partir de procesos complejos derivados del petróleo y que cada vez las necesidades son mayores y, en consecuencia, su uso aumenta considerablemente.

En este sentido esta investigación realizó una serie de intentos tratando de desarrollar biomateriales, entre los cuales se menciona un nuevo tipo de material con propiedad de bioaislamiento obtenido a partir de micelio, que finalmente resultó ser un material con un nivel de biodegradabilidad enormemente mayor y con propiedades parecidas al poliestireno expandido.

Los datos de las pruebas llegan a obtener una capacidad calorífica de 0.369 Mj/m^3 hasta 0.501 Mj/m^3 y una conductividad térmica que varía desde 0.078 W/Mk hasta 0.081 W/Mk datos que nos llevan a concluir que este material tiene un buen rendimiento térmico y que deja abierta la posibilidad para seguir investigando en líneas como la elaboración de ladrillos en base a este material. Además, se concluye que es de suma importancia seleccionar las especies de hongos adecuadas si se quiere tener un material con aislamiento térmico en edificios.

Elsacker E. et al. [1] En 2019 proponen el cultivo de materiales ecológicos elaborados a partir de residuos provenientes del sector agrícola. Todo este sistema desarrollado y propuesto en esta investigación está basado en el sistema de economía circular que aprovecha los residuos lignocelulósicos para combinarlo con biomasa fúngica; esta biomasa es la encargada de funcionar como aglomerante que aprovechándose de los nutrientes del material lignocelulósico es capaz de colonizar el sustrato completamente y que posteriormente fue sometido a temperatura por encima de la crítica para volver inerte al material que resulta ser biodegradable y con bajo impacto medioambiental.

En este estudio se realizaron los siguientes ensayos: Tasa de absorción de agua, conductividad térmica, comportamiento mecánico a compresión y caracterización química que a partir de los resultados obtenidos brindan una contribución de gran importancia en cuanto a los materiales de origen biológico, demuestra que para fibras más densas la resistencia a la compresión se ve aumentada llegando hasta 1.18 Mpa .

También se realizó una comparación de la densidad del compuesto a base de micelio con otros materiales, obteniendo resultado para el micelio no superiores a 0.135 g/cm^3 que en

comparación con los ladrillos de techo convencionales que tienen una densidad de 1.9 a 2.0 g/cm³.

Los compuestos a base de cáñamo tienen las propiedades más interesantes como material aislante, con la conductividad térmica más baja 0.0404 [W/(m*K)] y el coeficiente de absorción de agua [0.0073 mm/s^{1/2}]. En pocas palabras, las pruebas realizadas en este trabajo de investigación demuestran que los rendimientos mecánicos de los materiales a base de micelio dependen de condiciones como el tamaño de agregado y el procesamiento de la fibra más no de su composición química.

Carolina G. et al. [7] Hicieron una investigación en 2019 con la finalidad de proponer la reducción de recursos no renovables y adoptar estrategias clave para buscar una economía circular. En este trabajo se da énfasis en los materiales en forma de sándwich que no son nada menos que espumas a base de micelio, basado en el crecimiento del organismo fúngico cementando el sustrato en el que ha sido colocado, rellenando los vacíos por biomasa fúngica. Este producto final puede moldearse a cualquier figura es decir que se puede producir cualquier material desde paneles hasta telas que pocas empresas en el mundo poseen dicho conocimiento.

De acuerdo a este trabajo de revisión se concluye que estos biocompuestos producidos a base de micelio poseen una densidad baja y buenas propiedades aislantes térmicas y acústicas. En cuanto a las propiedades mecánicas de los materiales elaborados a base de micelio se puede decir que muestran una gran variabilidad, dependiendo del tipo de seta, tipo de incubación y tipo de sustrato. En esta investigación también se habla de los tipos de hongos, de los cuales La mayoría de los hongos son selectivos y degradan tanto la celulosa como la lignina.

Sehrish M. et al. [8] Publicaron un artículo en 2021 donde informan del descubrieron que los géneros que aportan mayor rigidez al material son *Pleurotus ostreatus* y *Trametes versicolor*. El objetivo de esta investigación nace a raíz que, durante las últimas décadas, la rapidez con que ha crecido la población ha desarrollado cierta presión significativa hacia la industria de la construcción por la necesidad de explotación continua de materiales, generando una alta demanda de materiales de construcción tradicionales como ladrillos, cemento, paneles aislantes y otros.

En este estudio se afirma que los compuestos a base de micelio que contienen residuos agrícolas podrían mostrar hasta un 70 %-75 % de absorción acústica y que podrían ser

utilizados en techos por lo que puede reemplazar potencialmente las placas de techo convencionales para reducir la contaminación acústica. El problema de este material es que aún no se ha logrado obtener resistencias que superen a un material convencional, por lo que su uso estará limitado a elementos que no soporten carga estructural alguna.

Bases teóricas

Micelio:

El micelio es el organismo principal de los hongos, una definición contraria a lo que la mayoría cree que el órgano principal de un hongo son las setas; sin embargo, es todo lo contrario, ya que la parte más importante de un hongo es nada menos que la parte no visible del este, formado por un conjunto de ramificaciones llamadas hifas que forman la parte vegetativa de este organismo [9].

Según Nicolás B. [10] define al micelio como la parte oculta del hongo que es conformado por múltiples filamentos que pueden extenderse por cientos de kilómetros capaces de conectar diferentes bosques del mundo gracias a los nutrientes que le otorga el suelo

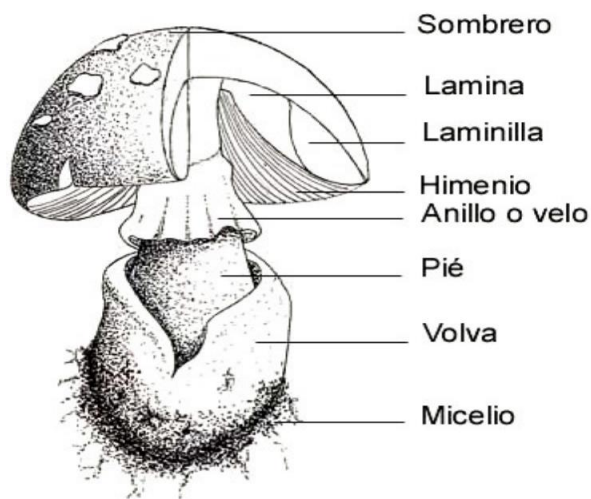


Ilustración 1, Partes del hongo.

Fuente: Tomada de I. Díaz [28]

La presencia de los hongos en nuestro planeta es más común de lo que se cree, y para entender esto como un ejemplo se tiene que el organismo más grande en el mundo es

definitivamente una especie conocido como hongo de la miel, el cual llega a extenderse por cientos de hectáreas y está ubicado en el Bosque Nacional de Malheur en Oregón, EE.UU.

Los hongos colonizan su sustrato a través de células filamentosas alargadas llamadas hifas, que crecen y forman una red filamentosa entrelazada tridimensional (3D), conocida como micelio. El micelio secreta enzimas y degrada diferentes sustratos en componentes más simples que pueden usarse como nutrientes. Los hongos utilizan estos nutrientes y aumentan su biomasa, tanto creciendo en la superficie del sustrato como penetrando en él.



Ilustración 2, Red filamentosa de micelio.

Fuente: Tomada de [11]

Los hongos son una valiosa fuente renovable de polímeros estructurales, como la quitina y el quitosano, que se utilizan en la producción de materiales como la madera y el corcho, que contienen lignocelulosa. A diferencia de la celulosa, que es el componente principal de las células vegetales, estos polímeros presentes en el micelio proporcionan propiedades mecánicas a dichos materiales. A pesar de su pequeño tamaño, los hongos son sorprendentemente resistentes debido a que el micelio funciona como un aglutinante, distribuyéndose como un relleno en un sustrato formado por residuos agrícolas dispersos.

Crecimiento

Los hongos son organismos que presentan una velocidad de crecimiento sorprendente, llegando a incrementar su tamaño en 1 mm por hora. Esta notable capacidad se debe a las hifas que componen el micelio, una estructura ramificada que se extiende en el sustrato en numerosos filamentos. La expansión del micelio está condicionada por factores ambientales como la humedad, la temperatura y

la proporción de CO₂. Las hifas, altamente sensibles a la deshidratación y los cambios térmicos, requieren condiciones ideales para su desarrollo. Por tanto, el crecimiento de los hongos depende en gran medida de mantener un entorno adecuado en términos de temperatura, humedad relativa y proporción de CO₂ en el ambiente [9].

Comportamiento mecánico

De acuerdo con la investigación realizada por I. Fuentes y C. Monereo [9] se han identificado diversas fuentes que estiman las características de resistencia a la tracción de las hifas fúngicas utilizadas en el proceso de fermentación. Estas estimaciones revelan que dichas hifas presentan notables niveles de resistencia a la tracción, alcanzando valores finales de hasta 24 MPa y módulos elásticos de hasta 140 MPa. Sin embargo, en el caso de las hifas de hongos asociados a la pudrición de la madera, aún no se ha logrado una caracterización completa de sus propiedades mecánicas.

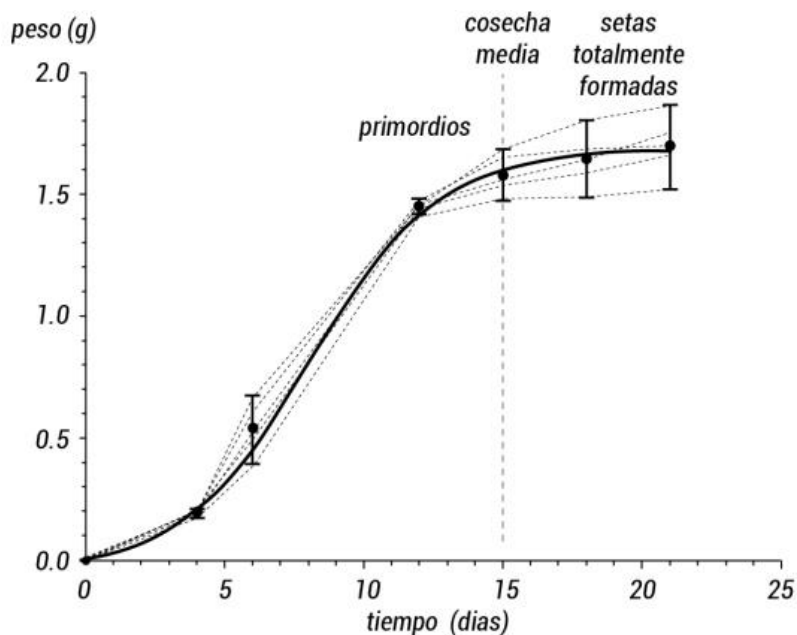


Ilustración 3, Curva de crecimiento.

Fuente: Tomado de [9]

Se han realizado estudios que sugieren que las hifas generativas individuales, que son huecas y contienen citoplasma, tienen una capacidad mecánica limitada, mientras que las hifas de unión son responsables de la resistencia del material [11]. Aunque esto es cierto y no ha sido confirmado de

manera concluyente por ninguna investigación, se ha observado que los compuestos miceliares de especies triméricas como *Coriolus versicolor* o *Polychromia* tienen mayor resistencia a la tracción y a la flexión, mientras que los compuestos monoméricos, *P. otreatus* (resistencia a la tracción de 1 kg/cm²), resistencia a la flexión de 6 kg/cm² cuando se cultiva en paja de canola. Yo vi. *Coriolus versicolor* también mostró una mayor resistencia a la compresión que los hongos ostra cuando se cultivaron en cáñamo (26 kg/cm² frente a 19 kg/cm²). Sin embargo, la importancia de la estructura del micelio es cuestionable porque los polímeros estructurales como la quitina y el quitosano se encuentran principalmente en las delgadas paredes celulares del micelio, que también contienen otros componentes como polisacáridos, fosfatos, proteínas, lípidos y sales minerales. Por lo tanto, la cantidad de biomasa micelial (aglutinante) puede tener una mayor influencia en las propiedades mecánicas [9].

Características del material

La producción de materiales de micelio se realiza a través de procesos de fabricación que implica un consumo energético muy bajo, utilizando subproductos o desechos agrícolas o forestales lignocelulósicos de bajo coste. Esto habilita el reciclaje de residuos y promueve la economía circular. Sin embargo, no todos los residuos lignocelulósicos son aptos para el crecimiento de hongos debido a su bajo contenido de nutrientes. En algunos casos, el uso de estos residuos comprometió las propiedades del complejo de micelio. Por tanto, si se quiere mejorar las propiedades mecánicas y se prioriza este aspecto, se pueden utilizar sustratos de mejor calidad y más caros, como granos de trigo que contienen más nutrientes. Esto ayuda a mejorar el rendimiento de los materiales de micelio [9].

Las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos de micelio varían según el tipo de sustrato y hongo utilizado, pero generalmente se asemejan a las espumas. Estas características los hacen adecuados para aplicaciones en construcción no estructural y no expuestas al aire libre, debido a su capacidad de absorción de humedad. Actualmente, estos compuestos de micelio están disponibles comercialmente en Estados Unidos e Inglaterra para su uso en dichas aplicaciones. Sin embargo, la información detallada sobre sus propiedades físicas y mecánicas no se encuentra disponible al público [9].

Las espumas compuestas de origen biológico destinadas al aislamiento acústico son ampliamente reconocidas y se encuentran fácilmente en el mercado. Estos materiales, además

de ser renovables, poseen cualidades acústicas y térmicas que compiten exitosamente con los materiales sintéticos convencionales. Su popularidad radica en su capacidad para reducir el ruido y mejorar el confort acústico en diferentes aplicaciones, como construcción y fabricación de productos relacionados con el sonido. Además, al ser renovables, contribuyen a la sostenibilidad ambiental y disminuyen la dependencia de materiales no renovables.

Propiedades del sustrato

La selección del sustrato está estrechamente relacionada con la elección del hongo, ya que cada especie requiere un sustrato o material específico para su crecimiento. Por lo tanto, es crucial llevar a cabo un estudio exhaustivo para determinar el sustrato adecuado en el desarrollo del composite, lo cual es un aspecto importante por sí mismo.

El sustrato, como se mencionó anteriormente, debe contener los nutrientes necesarios para el crecimiento del hongo. Sin embargo, su función no se limita solo a mejorar el crecimiento, sino que también influye en las propiedades mecánicas que el compuesto de micelio adquiere durante su desarrollo.

Para el cultivo del micelio *Pleurotus ostreatus* se han utilizado una amplia variedad de sustratos ricos en carbono. Además de los materiales tradicionales como paja de trigo, avena, centeno, algodón y virutas de madera de abedul, que es el árbol donde se encuentra naturalmente este hongo, en la actualidad se emplean mezclas que aprovechan diversos residuos agrícolas, tales como cáscaras de maíz, soja, residuos de arroz, bagazo de caña, entre otros. Incluso se han explorado residuos provenientes de la industria papelera, como periódicos y cartones, como fuentes alternativas de carbono para el cultivo del micelio. Esta diversidad de sustratos ofrece oportunidades para el aprovechamiento de subproductos y residuos, contribuyendo a la sostenibilidad y economía circular en la producción de compuestos de micelio.

Durante el proceso de crecimiento, los compuestos de micelio presentan una amplia gama de densidades, que varían de 60 a 300 kg/m³. Aquellos compuestos que incorporan subproductos agrícolas como fibras de estero o paja como relleno tienen densidades más bajas (60-130 kg/m³), mientras que los compuestos que contienen sustratos de silvicultura o subproductos como aserrín muestran densidades más altas (87-300 kg/m³). Estas diferencias

en densidad están relacionadas con las propiedades del sustrato utilizado, y tienen implicaciones importantes en las características y aplicaciones de los compuestos de micelio. [12].

Hasta el momento, existen datos limitados sobre las propiedades mecánicas de los compuestos de micelio para los diferentes grupos de sustratos. Estos datos se encuentran recopilados en una tabla proporcionada en el artículo científico de Jones M. et al. [5].

Tabla 1, Propiedades del sustrato

Cargando	Tipo de sustrato	Sustrato	" ρ sobre (kg / m ³)"	"E MPa"	" σ ultimate MPa"
Tensión	Fibroso	Colza paja a	115	3.0	0,025
	Partículas	Haya aserrín a	170	13	0,05
		serrín de roble rojo b	300	1,3	0,18
Compresión	Fibroso	Lino hurd c	99	0,73	-
		Cáñamo Hurd c	94	0,64	-
		Paja de trigo d	192	-	0,17
	Partículas	Virutas de pino c	87	0,14	-
		serrín de roble rojo b	300	1.0	0,49
		serrín de roble blanco d	552	-	1.1
traccion	Fibroso	Fibras de algodón a	130	1.0	0,05
		Colza paja a	115	1,5	0,14
	Partículas	Haya aserrín a	170	9.0	0,29

Fuente: Adaptada de [5]

Aserrín

El aserrín se define como todo el polvo o partículas que se separan de la madera durante el aserrado y manipulación, como por ejemplo en carpintería para el montaje de determinados muebles, contrachapados y/o aglomerados. [13]. Además del polvo, el aserrado también produce las virutas obtenidas durante el proceso de cepillado, que son un trozo de material residual con forma curva o en espiral. [14]. El aserrín se caracteriza por tener gran porcentaje de lignina que se forma a partir de la extracción del agua de los azúcares de la madera generando compuestos aromáticos con una variedad de polímeros estructurales. A continuación, se presenta algunas características de residuos madereros corrientes.

Un estudio realizado por Héctor C. [12] determinó los diferentes comportamientos de granulometría de diferentes maderas como se muestra a continuación.

Tabla 2, Caracterización de Residuos procedentes de la madera procesada

Residuos	Tamaño (mm)	Contenido de humedad (%)	Contenido de cenizas (%)
Lijaduras	<1	2 a 10	0,1-0,5
Virutas	1 a 12	10 a 20	0,1-1,0
Aserrín	1 a 10	25 a 40	0,5-2,0
Corteza desmenuzada	1-100	25 a 75	1,0-2,0
Residuos forestales		30 a 60	3,0-20

Fuente: Tomado de [12]

El tamaño y la forma del aserrín producto de la madera tienen un papel importante al momento de hacer la manipulación de las mismas.

Tabla 3, Rango de tamaños de granulometría de aserrín

Rango de tamaño		< 0,25	> 0,25 < 0,425	> 0,425 < 1,00	> 1,00 < 1,40	> 1,40 < 2,00	> 2,00 < 2,80	> 2,80 < 3,35	> 3,35 < 4,75	> 4,75
Proveedor	AGRIFOR	3,6	8,6	38,2	21,1	13,4	7,7	2,8	3,2	1,2
	APSA	1,0	3,3	18,8	24,0	28,0	16,7	3,8	3,2	1,3
	ARAUCO	1,3	2,6	12,8	13,2	19,6	16,0	5,8	9,7	18,9
	CENTEC	3,3	9,7	37,4	18,4	12,8	9,3	2,7	3,4	3,1
	MADEXPOOO	5,8	11,3	36,9	19,0	13,2	7,1	1,8	3,6	1,4

Fuente: Tomado de [12]

Propiedades de los materiales hechos a base de micelio:

Durante el último decenio, el mundo se ha visto bajo presión significativa referente al sector construcción por el constante suministro de materiales tradicionales como ladrillos, cementos, pegamentos, paneles aislantes, etc. La excesiva producción de materiales convencionales genera demanda de mucha energía y explotación de recursos que en su mayoría son no renovables [15]. Según estudios sobre vivienda realizados por Sartory y Hestnes [16] el sector construcción utiliza hasta el 36% de la energía de toda la vida. Bajo los motivos antes

mencionados el crecimiento de micelio en subproductos y desechos agrícolas ha atraído en cierto modo a una gran cantidad de investigadores que están enfocados en la búsqueda de nuevas tecnologías que utilicen micelio para la producción de materiales de construcción de bajo consumo energético, así como también con un enfoque en el reciclaje de desechos [15].

Además, los materiales a base de micelio ofrecen diferentes ventajas que materiales tradicionales simplemente no poseen o si las poseen estas son deficientes, incluido el bajo coste de producción, una baja densidad, la biodegradabilidad y impacto ambiental mínimo. La utilización de una amplia gama de sustratos en combinación con técnicas de procesamiento controlado permite la producción de materiales derivados del micelio con la estructura y función deseadas para aplicaciones específicas. En materiales menos densos, una gran cantidad de aire seco está presente en los espacios de aire libre, lo que disminuye la conductividad térmica. Esta característica convierte a los materiales menos densos en excelentes aislantes térmicos. Las bioespumas a base de micelio ofrecen un gran potencial para el aislamiento alternativo, para la construcción y el desarrollo de infraestructuras [17].

El micelio en sí es un absorbente de sonido especial que exhibe una fuerte absorción intrínseca de bajas frecuencias, por lo que puede reemplazar potencialmente las placas de techo convencionales para reducir la contaminación acústica. Según un estudio, los compuestos a base de micelio que contienen residuos agrícolas podrían mostrar hasta un 70 %–75 % de absorbancia acústica [18]. Las fibras de los compuestos fúngicos actúan como elementos de fricción y que interfieren con el movimiento de las ondas acústicas; por lo tanto, pueden reducir potencialmente su amplitud a medida que las ondas de sonido se mueven a través de los tortuosos pasajes del material y se convierten en calor en el proceso.

Las fibras delgadas ofrecen una absorción acústica mejorada, ya que se pueden mover con facilidad, y una gran cantidad de fibras por unidad de volumen da como resultado más caminos torcidos y ayuda a una mejor resistencia al flujo de aire [19]. La porosidad superficial y la geometría de los materiales a base de micelio también juegan un papel importante en la absorbancia acústica. Un estudio informó un efecto significativo del material menos poroso en el rendimiento de absorción del sonido en comparación con el material altamente poroso [20]. Generalmente, los materiales densos y compactos absorben más energía sonora en comparación con los materiales delgados y relajados. Los compuestos a base de micelio también poseen buenas características de seguridad contra incendios que los materiales de construcción

convencionales como el poliestireno, aislamiento y tableros de partículas, además de ofrecer una mejor resistencia a las termitas al utilizar termicidas naturales [5]. Tales características únicas hacen que los compuestos a base de micelio sean alternativas viables, de bajo costo, seguras y ambientalmente sostenibles a los materiales de construcción convencionales.

Normativa aplicada para la caracterización del material

La caracterización del material elaborado a base de micelio y aserrín se realizará a través de ensayos de laboratorio de acuerdo a la **Norma Técnica Peruana 331.018** los cuales son los siguientes:

Ensayo de Alabeo

El alabeo es una característica física de forma que adopta el material debido al calor, al peso que soporta o por la acción del hombre. Este ensayo será realizado de acuerdo a la NTP 331.018 siguiendo el siguiente procedimiento:

Para determinar la concavidad primeramente se colocará la parte recta de la regla de manera diagonal o longitudinal en una cara mayor del bloque, seguidamente se introducirá la cuña justamente en el punto donde se produce la deformación máxima registrando la lectura con precisión de 1 mm del valor obtenido [21].

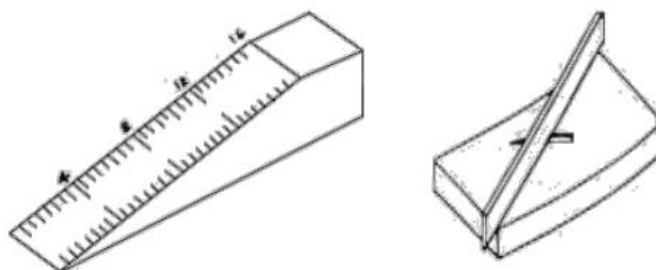


Ilustración 4, Procedimiento de medición de alabeo

Fuente: Tomado de NTP 331.018 [21]

Con respecto a la determinación de convexidad se realizará el siguiente procedimiento: Se colocará el filo recto de la regla esté apoyada en la diagonal de una cara mayor del bloque y luego se deberá introducir una cuña en cada

vértice, buscando el punto en la diagonal en el que la regla logra apoyarse teniendo en consideración que la altura en ambas cuñas sea la misma [21].

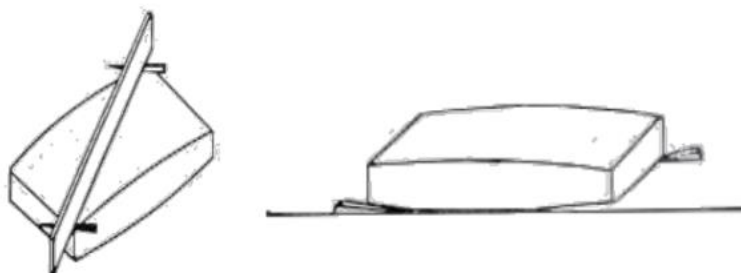


Ilustración 5, Ubicación de las cuñas

Fuente: Tomado de NTP 331.018 [21]

Finalmente, los resultados deberán ser expresados en milímetros enteros obtenidos a partir del promedio de los valores correspondientes tanto para concavidad o si fuese el caso también convexidad.

Resistencia a la compresión

Este ensayo se realizará de acuerdo con la NTP 331.018 mediante la aplicación de una fuerza (carga) desde un rodillo metálico rígido con asiento esférico. El caso es que se deberá tener en cuenta que el centro de la superficie del tapón debe coincidir con el centro de la superficie del bloque en contacto con la probeta. Donde dicho bloque estará en reposo en su esfera, pero podrá girar libremente en cualquier dirección.

Se debe considerar que el diámetro de la superficie en el apoyo de la maquina debe tener una longitud no inferior a 12,5 cm, en caso suceda lo contrario se debe de intercalar una placa delgada de acero con iguales condiciones de horizontalidad que la descrita anteriormente, cuyo espesor debe ser como mínimo un tercio de la distancia entre el punto de contacto de la arista más alejada de la muestra hasta la cara del rodillo.

En cuanto al espécimen, este estará construido por medios bloques secos obtenidos a partir de haber hecho un corte a la mitad con un método que no destroce el bloque dejando una superficie plana y paralela.

En el caso de que las caras del espécimen a ensayar presenten irregularidades, se debe cubrir con cemento Portland, que se dejará fraguar durante 24 horas.

Par el procedimiento de ensayo, el espécimen será colocado con una de su cara mayor sobre el apoyo, haciendo descender el cabezal de la máquina, maniobrando la rótula de tal forma que se tenga un contacto perfecto sobre la cara superior de la muestra asegurando que coincida con el eje longitudinal de la muestra.

Para la expresión de resultados, se calculará la resistencia a la compresión con la siguiente ecuación:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

$f'c$ es la resistencia a la compresión expresada en N/cm^2

P es la carga aplicada para producir la rotura expresada en N

A es promedio de las áreas inferior y superior del espécimen en cm^2

Finalmente se indicará la resistencia a la compresión del bloque obtenida a partir del promedio de los valores obtenidos para cada muestra expresados en N/cm^2

Determinación del módulo de rotura

Al igual que los ensayos anteriores el módulo de rotura también será obtenido de acuerdo a la NTP 331.018 donde indica que este ensayo podrá ser realizado por cualquier maquina empleada para ensayos a flexión cuya longitud de apoyos no sea menor que el anchoo del espécimen ya que se quiere que el contacto sea completo. Los apoyos deberán ser ajustados de tal manera que

permita girar libremente sin ejercer fuerzas en las direcciones transversal y longitudinal del espécimen.

El procedimiento para realizar esta prueba es el siguiente: en primer lugar, se colocan sobre los soportes las muestras con los lados más anchos y planos, asegurándose de que tengan 18 cm. Luego se baja la placa de acero sobre la cara del espécimen hasta el contacto para que seguidamente sea aplicada la carga donde su tasa de incremento no debe ser mayor a 10 N/cm², la carga se aplicará al centro, a través de un Placa de acero de aproximadamente 6,5 mm de espesor y 40 mm de ancho, cuya longitud no sea inferior al ancho de la probeta.

El módulo de rotura se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$fr = \frac{3 * P * L}{2 * b * d^2}$$

Donde:

fr es el módulo de rotura expresado en N/cm²

P es la carga de rotura expresada en N

L es la distancia entre apoyos expresada en cm

b es el ancho promedio de las caras de la muestra en cm

d es el espesor promedio de las caras de la muestra en cm

Finalmente, los resultados del módulo de rotura será el promedio de los valores obtenidos de cada muestra que se realizó el ensayo.

Ensayo de determinación de densidad

El ensayo de densidad será realizado de acuerdo a la NTP 331.018 donde menciona que los aparatos para realizar este ensayo son los siguientes: Una balanza con capacidad mínima de 2kg y una precisión 0,5 g, recipiente de agua capaz de mantener la muestra de ensayo completamente sumergida, horno capaz de libre circulación de aire que permita temperaturas de 110°C a 115°C.

El procedimiento del ensayo se inicia calentando la muestra a temperatura comprendida entre 110°C y 115°C repitiendo el proceso hasta no tener variación en el peso, seguidamente la muestra debe ser colocada en un recipiente lleno de agua destilada hirviendo, disponer de manera que el líquido que cubre completamente la muestra permanezca hirviendo durante 3 h. Luego, se pesará la muestra sumergible, se pesará previamente utilizando el aparato de suspensión y la muestra sumergible. Luego se saca la muestra del recipiente y se seca la superficie con un trapo húmedo para pesar, de lo cual la masa de la muestra será:

$$V = G1 - G2$$

Donde:

V es el volumen en cm^3

$G1$ es la masa de la muestra saturada (3 horas de ebullición) en gramos.

$G2$ es la masa de la muestra saturada sumergida, en gramos.

$G3$ es la masa de la muestra seca, en gramos.

Finalmente, la densidad será el promedio de los valores D obtenidos de cada muestra ensayada:

$$D = \frac{G3}{V}$$

Donde:

D es la densidad del espécimen en gramos por centímetros cúbicos.

Ensayo de absorción

Este ensayo también será realizado de acuerdo a la norma NTP 331.018 donde se indica el siguiente procedimiento: se inicia calentando la muestra a temperatura comprendida entre 110°C y 115°C repitiendo el proceso hasta no tener variación en el peso. Seguidamente las muestras deben ser introducidas en un recipiente con agua destilada, dejándolos completamente sumergidas por un periodo de 24 horas y a temperaturas desde los 15°C hasta

30°C. Una vez realizado este proceso las muestras deberán ser retiradas del baño secándolas superficialmente con un trapo húmedo y posteriormente pesadas en un lapso de 5 minutos desde que las muestras se extraen del envase, donde el contenido de agua absorbida se calcula según la siguiente fórmula:

$$A = (G4 - G3) * 100$$

Donde:

A es el contenido de agua absorbida en porcentaje.

G3 es la masa de la muestra seca, en gramos.

G4 es la masa de la muestra saturada luego de 24 h, en gramos.

Finalmente, los resultados de absorción será el promedio de los valores obtenidos de cada muestra que se realizó el ensayo.

Materiales y Métodos

Tipo y nivel de Investigación

Tipo

Teniendo en cuenta el fin de este proyecto de investigación es de tipo experimental ya que se busca determinar diferentes resultados a partir de la realización de diferentes ensayos realizados a los bloques elaborados a base de micelio y aserrín con las diferentes proporciones de cada uno de estos materiales, especificados anteriormente [22].

Nivel

En cuanto al nivel sería correlacional ya que según las propiedades encontradas se busca que el material propuesto termine siendo verdaderamente una alternativa al uso de los bloques tradicionales utilizados en la construcción de losas aligeradas [23]

Enfoque

Este proyecto tiene un enfoque cuantitativo ya que se busca probar la hipótesis a partir de la obtención de resultados producto de ensayos de laboratorio.

Diseño de investigación

El diseño del presente proyecto de investigación corresponde al tipo experimental ya que la hipótesis que se busca comprobar se realizara a partir de la variación de la variable independiente mediante ensayos realizados en laboratorio. [24]

Poblacion, muestra, muestreo

Poblacion

En este proyecto de investigación la población son los bloques elaborados a base de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y aserrín, con el fin de tener una alternativa más amigable con el medio ambiente en comparación con los ladrillos convencionales.

Muestra

La muestra en este proyecto son 32 bloques elaborados a base de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y aserrín realizando muestras para cada ensayo, las 3 dosificaciones refieren a muestras realizadas de tipo A, tipo B y tipo C, y con su respectivo tamaño de muestra indicado en la siguiente tabla.

Tabla 4, Detalle de muestra

ENSAYOS	TAMAÑO DE MUESTRA (Largo x Ancho x Altura) cm	NÚMERO DE MUESTRAS	DOSIFICACIONES	TOTAL DE MUESTRAS
Alabeo	30 x30x15	1	3	3
Resistencia a la compresión	15x15x15	3	3	9
Densidad	15x15x15	3	3	9
Módulo de rotura	20 x15x15	3	3	9
Absorción	15x15x15	3	3	9
Adherencia	15x15x15	3	3	9
TOTAL				48

Fuente: Elaboración propia

Muestreo

Para la muestra de estudio, el micelio se obtendrá a partir de la compra en mercado específicamente la especie de *Pleurotus Ostreatus* ya que esta variedad es la que genera mejores resultados según estudios anteriores a este proyecto de investigación. En cuanto a la obtención del aserrín se realizará de las distintas carpinterías de la ciudad de Chiclayo independientemente de la variedad de madera de la que se haya obtenido.

Las combinaciones propuestas en esta investigación son para granulometrías de aserrín con TMN de 19.00mm, 4.75mm y 2.00mm.

Criterio de selección

En la planificación de este proyecto de investigación se realizaron los siguientes criterios de selección.

Selección del micelio

El micelio de *Pleurotus Ostreatus* fue seleccionado debido a los antecedentes, ya que en estos se muestra resultados en los que los compuestos fabricados a base de micelio muestran una mayor resistencia aquellos en los que se utilizó la especie de *Pleurotus Ostreatus* o conocida comercialmente como hongo ostra. Para la obtención de este material se debe considerar que deba contar con ficha técnica respectiva, dónde se especifique los medios adecuados para su crecimiento.

Selección del aserrín

El aserrín debe ser obtenido a partir de la generación de residuos de madera ya sea por aserradero o cualquier otro proceso de manejo de la madera como carpinterías de la ciudad de Chiclayo, se seleccionará de acuerdo a la granulometría propuesta comprendida en TMN de 19.00mm, 4.75mm y 2.00mm independientemente de la variedad de madera de la que haya sido obtenido.

Hipótesis y Operacionalización de variables

Hipótesis

Los bloques elaborados a base de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y aserrín, cumplen con los parámetros mínimos requeridos por la NTP 331.040 para su uso como una alternativa a los materiales convencionales en su uso como ladrillos para losas aligeradas.

Operacionalización de variables

Tabla 5, Tabla de Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	ENSAYO DE MEDICION	UNIDAD	
INDEPENDIENTE	Micelio de pleurotus ostreatus y aserrín con proporciones de 10% y 90% con TMN de aserrín de 25.4mm, 9.5 mm y 1.65 mm.	Humedad	Ensayo de humedad NTP 331.018	%	
		Pretratamiento y seleccion	Granulometria	Tamizado NTP 400.012	-
DEPENDIENTE	Propiedades físicas y mecánicas de los bloques de micelio y aserrín		Alabeo	Ensayo de Alabeo NTP 331.018	mm
			Resistencia a compresión	Ensayo de Resistencia a compresión NTP 331.018	MPa
		Bloque de micelio y aserrín endurecido	Resistencia a la flexión	Ensayo de Resistencia a la flexión NTP 331.018	MPa
			Densidad	Ensayo de densidad NTP 331.018	g
			Absorción	Ensayo de absorcion NTP 331.018	%
		Adherencia	Prueba de adherencia		

Fuente: Elaboración propia

Técnica e instrumento de recolección de datos

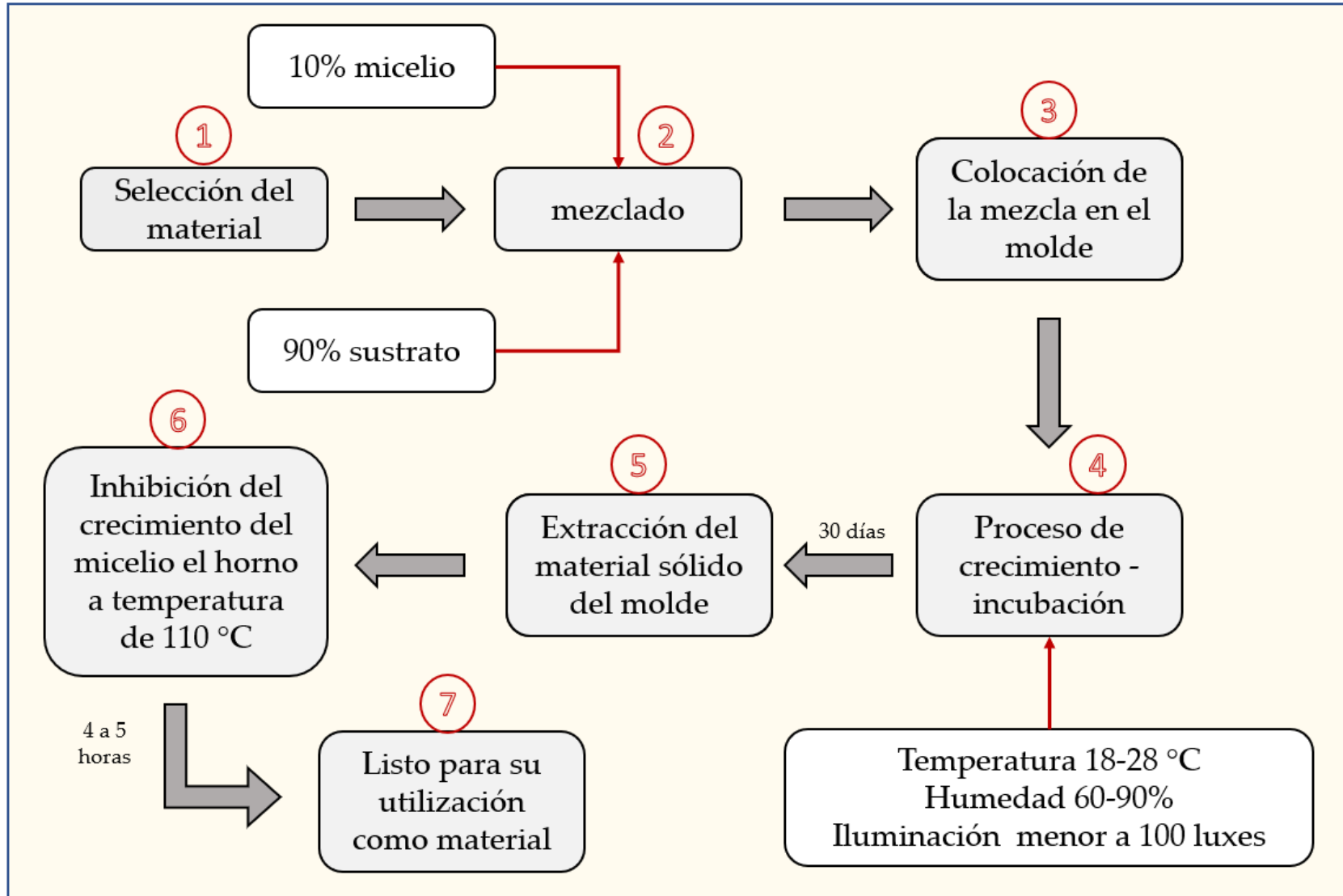
Tabla 6, Técnica e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS		
TÉCNICA	INSTRUMENTO	INSTRUMENTO DE REGISTRO
FICHAJE	Artículos de investigacion Tesis de pregrado Normas técnicas Fichas técnicas	Microsoft Office Word Microsoft Office Excel
ANALISIS DE DOCUMENTOS	Guías de análisis de documentos	
ENSAYOS DE LABORATORIO	Norma Técnica Peruana (NTP) Guías de Laboratorio Instrumentos de laboratorio	Camara fotográfica Microsoft Office Excel Informe de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento

Ilustración 6, Diagrama de procedimiento de investigación



PASO I: Caracterización del aserrín y preparación de los moldes

- **Preparación de aserrín:** El aserrín destinado a la creación del material fue tamizado obteniéndose TMN de 19.00mm (MA), 4.75mm (MB) y 2.00mm (MC) (Ver ilustración 8), luego se prosiguió a agregar agua para asegurar que esté con una humedad del 60 al 90 % (Ver ilustración 8) [1].



Ilustración 7, Muestras A, B y C con sus respectivas granulometrías



Ilustración 8, Colocación de agua para la humectación de la muestra

Posteriormente se prosiguió con el análisis granulométrico por tamizado según la norma ASTM C-136



Ilustración 10, Tamizado de una de las muestras de aserrín

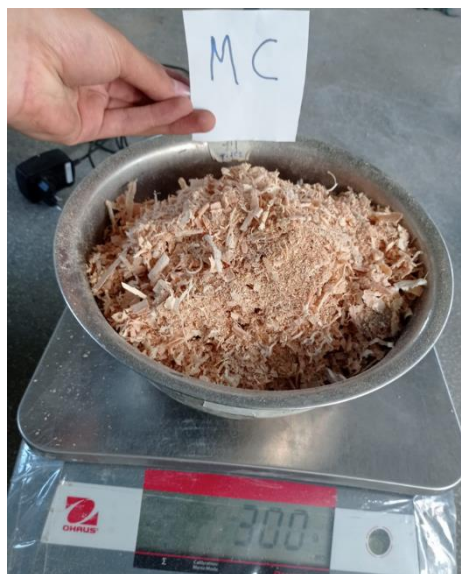


Ilustración 9, Pesado de una de las muestras de aserrín

- **Preparación de los moldes:** Los moldes para los ensayos de los bloques serán fabricado de tecnopor con el objetivo de mantener la temperatura en el rango de 18 a 28 gados Celsius, además se tendrá al descubierto la parte superior con el objetivo de llevar una inspección visual durante el periodo de colonización del micelio con medidas indicadas anteriormente en la muestra.



Ilustración 11, Preparación de moldes

PASO II: Proceso de fabricación del bloque de micelio y aserrín

- **Preparación de la mezcla:** Para la mezcla se considera el 10 % de porcentaje en seco destinado para la semilla de micelio previamente triturada en granos no mayores a 0.5 cm (ver ilustración 9) y el 90% de volumen perteneciente al sustrato de aserrín, mezcla que será introducida en forma de capas en todo el

molde, comprimiendo cada capa para obtener una mezcla densa y compacta. Una vez llenado el molde, este será cubierto con papel film transparente. Se ilustra el proceso en la siguiente secuencia de imágenes. Para más detalle ver anexo 1^a.



Ilustración 12, Trituración manual del micelio



Ilustración 13, Mezclado de micelio con aserrín



Ilustración 15, Colocación de la mezcla en los moldes



Ilustración 14, Envoltura de papel film



Ilustración 16, Colocación de la muestra en moldes pequeños

- **Incubación:** Las muestras serán puestas en un ambiente con condiciones de temperatura entre 18°C a 28°C con una humedad entre 60% y 90%. Para el desarrollo de la seta también es necesario mantener ciertas condiciones de luminosidad, requiriendo un máximo de 100 luxes; es decir el ambiente debe estar en penumbra. Estas características pueden ser logradas tapando las con una manta oscura o papel oscuro todas las fuentes de luz que pueda tener el ambiente como ventanas, etc.



Ilustración 17, Proceso de incubado para la colonización del micelio



Ilustración 18, Proceso de incubado en muestras pequeñas

Las muestras serán verificadas cada 3 días, con el objetivo de vigilar el crecimiento de la seta e identificar cualquier contaminación que se haya producido. Este proceso será repetitivo hasta los 30 días, a partir del cual se verificará si el micelio ha sido capaz de colonizar todo el sustrato de aserrín.

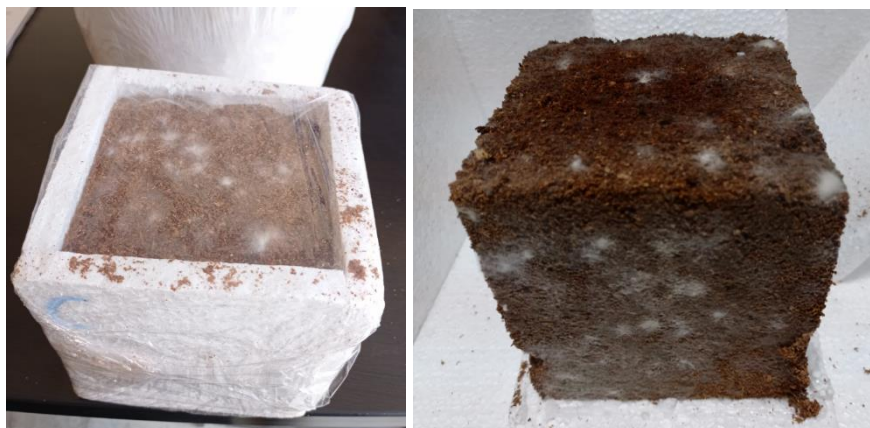


Ilustración 19, Verificación de proceso de crecimiento y colonización

- **Proceso de secado:** Todas las muestras serán pasadas por el horno de convección a una temperatura de 70°C a 110°C por un tiempo de 5 a 10 horas hasta tener su peso estabilizado, esto implica que se debe estar controlando el peso seguidamente a partir de la quinta hora puesto en horno para identificar que el material se ha secado correctamente. Este proceso también ayuda a desactivar el crecimiento del hongo, transformando así al material en algo sólido y compacto.



Ilustración 20, Bloques secados en horno a temperatura de 109 °C

PASO III: Caracterización del material elaborado

La caracterización del material se realizará de acuerdo a los ensayos propuestos en la normativa correspondiente como se muestra a continuación (para mayor detalle ver Anexo 2B).

- **Determinación de resistencia a la compresión según NTP E 0.70**

El ensayo de compresión fue realizado a muestras con dimensiones de 13cm x 13cm x 13cm siguiendo el procedimiento de ensayo mostrado en las bases teóricas.



Ilustración 22, Colocación del espécimen para la aplicación de la carga



Ilustración 21, Falla del espécimen después de la aplicación de la carga

- **Determinación del módulo de rotura NTP E 0.70**

Para el ensayo de modulo de rotura se utilizó muestras con dimensiones de 15cm de espesor, 15cm de altura y 23 cm de largo.



Ilustración 24, Colocación de la muestra para la aplicación de la carga



Ilustración 23, Ampliación de la carga en la parte central de la muestra

- **Ensayo de determinación de densidad**

La densidad se calculó correlacionando la masa con su respectivo volumen.



Ilustración 27, Masa muestra A



Ilustración 25, Masa muestra B



Ilustración 26, Masa de muestra C

▪ **Ensayo de absorción NTP E 0.70**

Para el ensayo de absorción se siguió los pasos descritos en la NTP E.070. Cabe mencionar que en el proceso de dejar sumergido al material por 24 horas se dejó un bloque pesado encima de las muestras debido a su flotabilidad.



Ilustración 29, Muestra sumergida en agua por 24 horas



Ilustración 28, Pesado de la muestra después de ser sumergida

- **Ensayo de Alabeo:** Este ensayo se realizó de acuerdo a lo estipulado en la NTP E.070.



Ilustración 30, Ensayo de alabeo

- **Prueba de Adherencia:** Esta prueba fue adaptado teniendo en cuenta la norma NCh 167 con un mortero 1:3 y en proporción agua cemento de 0.60.



Ilustración 31, Prueba de adherencia

Consideraciones éticas

En esta investigación se respeta lo estipulado en el Código Nacional de la Integridad Científica, con respecto “uso de ideas o formulaciones verbales, orales o escritas de otras personas, sin dar a éstos, de modo claramente expresado, su debido crédito, ocasionando así, la percepción de que son ideas o formulaciones de autoría propia.

También se tomará en consideración lo estipulado en el reglamento del comité de ética institucional propuesta en el reglamento de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Resultados y discusiones

Caracterización de las muestras de aserrín

Características Granulométricas

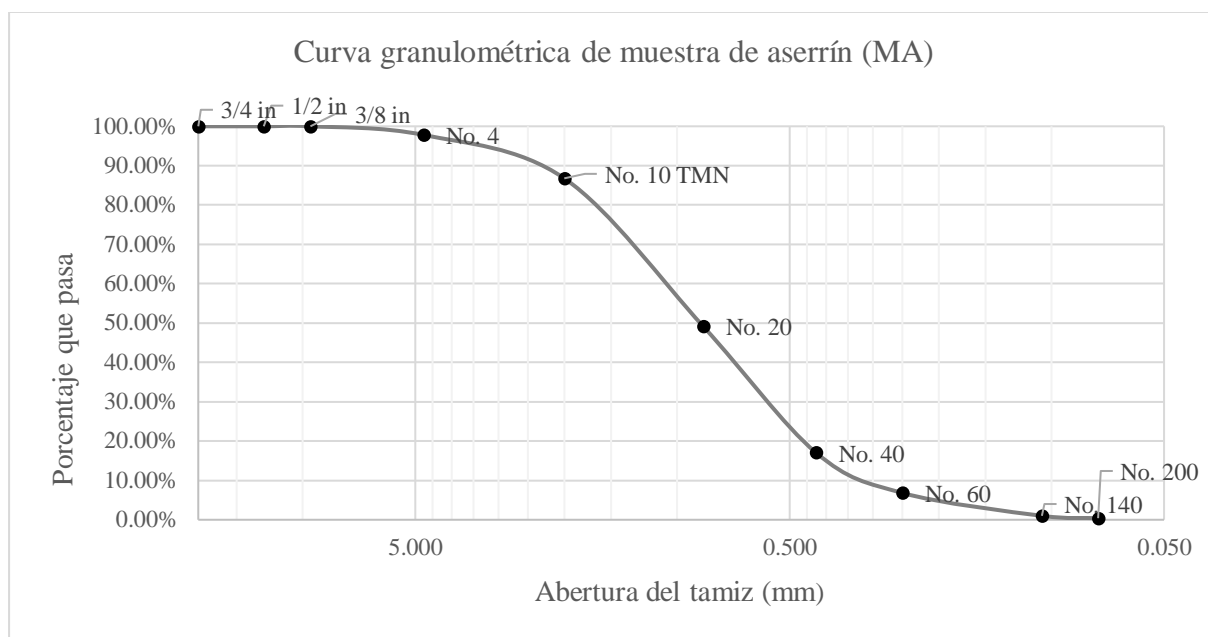
La caracterización se realizó a las tres muestras de aserrín; para la MA se tomó una muestra de 500 gr de dónde se obtuvo un TMN de 2 mm perteneciente al tamiz N° 10 (Ver gráfico 1), en el caso de la MB se ensayó un total de 300 gr para la cual se obtuvo un TMN de 4.75 mm perteneciente al tamiz N° 4 (Ver gráfico 2) y, finalmente para la MC se ensayaron 150 gr dando como resultado un TMN de 19 mm que corresponde al porcentaje retenido en el tamiz de N° ¾ (Ver gráfico 3). A continuación, se presentan las respectivas tablas y curvas granulométricas obtenidas para cada muestra ensayada.

Para la muestra MA se tienen los siguientes resultados granulométricos.

Tabla 7. Resultados de tamizado para la muestra A

Abertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
3/4 in	19.000	0	0.00%	100.00%
1/2 in	12.700	0	0.00%	100.00%
3/8 in	9.530	0	0.00%	100.00%
No. 4	4.750	11	2.20%	97.80%
No. 10	2.000	55	11.02%	86.77%
No. 20	0.850	188	37.68%	49.10%
No. 40	0.425	160	32.06%	17.03%
No. 60	0.250	51	10.22%	6.81%
No. 140	0.106	29	5.81%	1.00%
No. 200	0.075	3	0.60%	0.40%
Fondo	2	0.40%	100.00%	0.00%
TOTAL	499	100.00%		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1, Curva granulométrica de MA

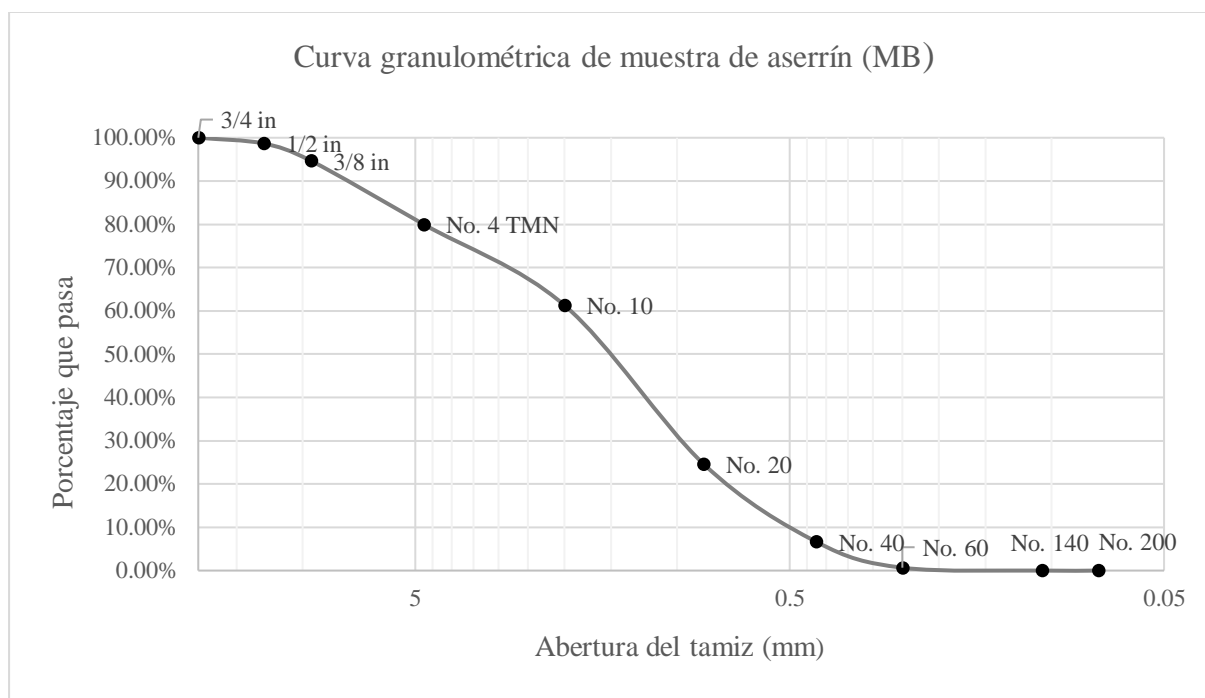
Fuente: Elaboración propia

Resultados granulométricos de la muestra MB.

Tabla 8, Resultados de tamizado para la muestra B

Abertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
3/4 in	19	0	0.00%	100.00%
1/2 in	12.7	4	1.33%	98.67%
3/8 in	9.5	12	4.00%	94.67%
No. 4	4.75	44	14.67%	80.00%
No. 10	2	56	18.67%	61.33%
No. 20	0.85	110	36.67%	24.67%
No. 40	0.425	54	18.00%	6.67%
No. 60	0.25	18	6.00%	0.67%
No. 140	0.106	2	0.67%	0.00%
No. 200	0.075	0	0.00%	0.00%
Fondo	0	0	0.00%	0.00%
TOTAL	300	100.00%	100.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2, Curva granulométrica de MB

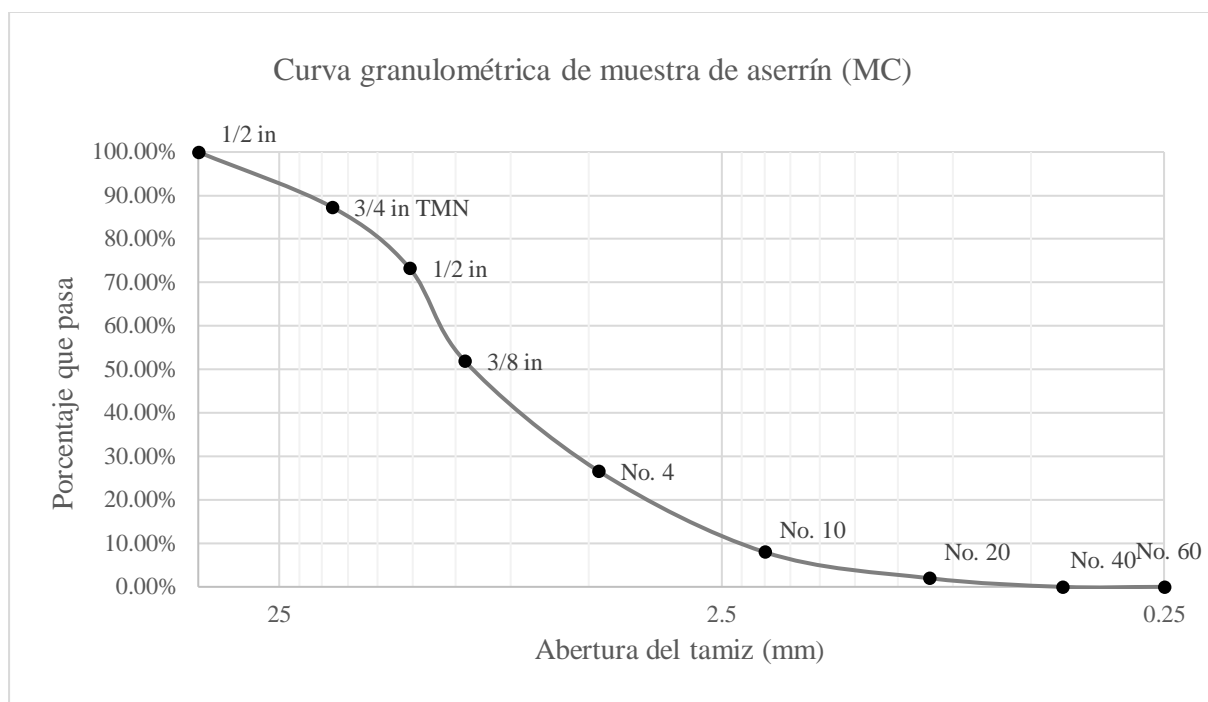
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se muestran los resultados granulométrico realizados a la muestra MC.

Tabla 9, Resultados de tamizado para la muestra C

Abertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
1/2 in	38.1	0	0.00%	100.00%
3/4 in	19	19	12.67%	87.33%
1/2 in	12.7	21	14.00%	73.33%
3/8 in	9.53	32	21.33%	52.00%
No. 4	4.75	38	25.33%	26.67%
No. 10	2	28	18.67%	8.00%
No. 20	0.85	9	6.00%	2.00%
No. 40	0.425	3	2.00%	0.00%
No. 60	0.25	0	0.00%	0.00%
No. 140	0.106	0	0.00%	0.00%
No. 200	0.075	0	0.00%	0.00%
Fondo	0	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	150	100.00%		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3, Curva granulométrica de MC

Fuente: Elaboración propia

Humedad de las muestras de aserrín

Del ensayo de humedad realizado a las muestras de aserrín se obtuvo que la muestra con mayor porcentaje de humedad fue la MB con un 10.84%, seguida de la MC con un 8.44% y finalmente la MA que fue la que presentó una humedad del 4.78% (ver tabla 10).

Tabla 10, Resultados de Humedad de las muestras de aserrín

Muestra	Peso de la muestra (gr)	Peso seco (gr)	Humedad (%)
Muestra (MA)	64.08	61.02	4.78%
Muestra (MB)	143.34	127.8	10.84%
Muestra (MC)	119.14	109.09	8.44%

Fuente: Elaboración propia

Propiedades Físicas y Mecánicas del material propuesto

Resistencia a la compresión (RC)

La resistencia a compresión se obtuvo para cada muestra ensayada, obteniéndose como resultado final el promedio de las tres muestras ensayadas para cada tipo (MA, MB y MC). Los resultados se muestran a continuación en las siguientes tablas.

Para la MA se obtuvo una resistencia mínima de 2.34 kg/cm² y una máxima de 2.40 kg/cm² obteniendo finalmente un promedio de resistencia a la compresión de 2.38 kg/cm² (ver tabla 11)

Tabla 11, Resistencia a la Compresión de las muestras tipo MA

Muestra N°	Unidad ensayada	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	RC (kg/cm ²)
01	Muestra (MA)	169	440	2.40
02	Muestra (MA)	169	430	2.34
03	Muestra (MA)	169	440	2.40
Promedio de RC				2.38

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la MB se obtuvo una resistencia mínima de 2.61 kg/cm² y una máxima de 2.83 kg/cm² obteniendo finalmente un promedio de resistencia a la compresión de 2.69 kg/cm² (ver tabla 12).

Tabla 12, Resistencia a la Compresión de las muestras tipo MB

Muestra N°	Unidad ensayada	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	RC (kg/cm ²)
01	Muestra (MB)	169	480	2.61
02	Muestra (MB)	169	520	2.83
03	Muestra (MB)	169	480	2.61
Promedio de RC				2.69

Fuente: Elaboración propia

En lo que se refiere MC, la resistencia parte desde 2.72 kg/cm² y llegando a un máximo de 2.94 kg/cm² obteniendo finalmente un promedio de resistencia a la compresión de 2.81 kg/cm² (Ver tabla 13).

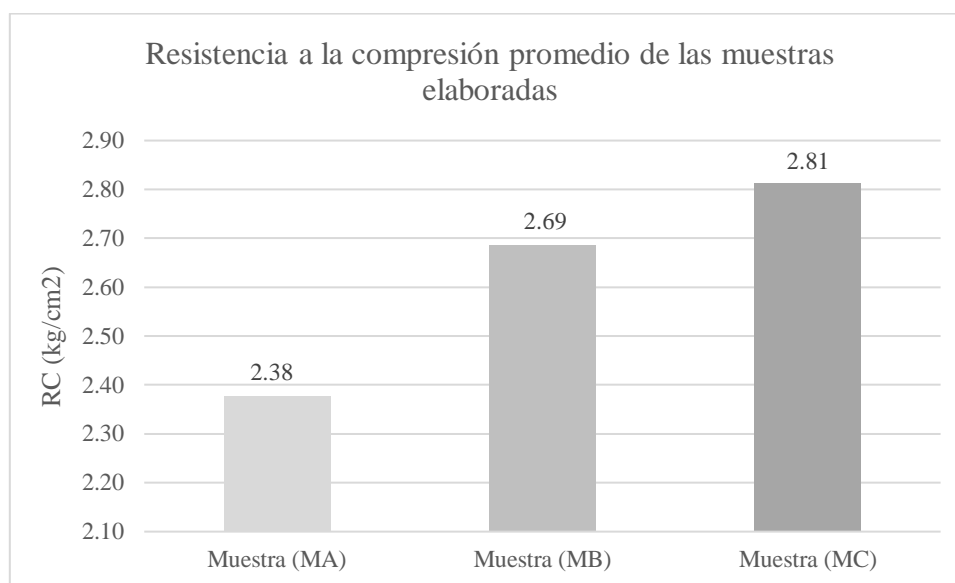
Tabla 13, Resistencia a la Compresión de las muestras tipo MC

Muestra N°	Unidad ensayada	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	RC (kg/cm ²)
01	Muestra (MC)	169	510	2.78
02	Muestra (MC)	169	500	2.72
03	Muestra (MC)	169	540	2.94
Promedio de RC				2.81

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, como resumen a los resultados mostrados anteriormente se muestra el siguiente gráfico (ver gráfico 4).

Gráfico 4, Resistencia a la compresión promedio de las muestras MA, MB y MC



Fuente: Elaboración propia

Módulo de Rorura (MR)

Con respecto al MR realizado a cada muestra de los tipos MA, MB y MC se tienen los resultados que se muestran a continuación.

Para la muestra MA se obtuvo un MR promedio de 2.59 kg/cm² con un MR máximo y mínimo de 2.72 kg/cm² y 2.49 kg/cm² respectivamente (ver tabla 14).

Tabla 14, Resultados Módulo de Rotura para la muestra MA

Muestra N°	Unidad ensayada	Ancho cm	Espesor cm	Dist. Entre apoyos cm	Carga Kg	MR (kg/cm ²)
01	Muestra (MA)	15	15	17.00	330.00	2.49
02	Muestra (MA)	15	15	17.00	360.00	2.72
03	Muestra (MA)	15	15	17.00	340.00	2.57
Promedio de MR						2.59

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la muestra MB el valor del MR de las muestras ensayadas oscila entre un máximo y mínimo de 3.48 kg/cm² y 3.17 kg/cm² respectivamente, obteniéndose un MR promedio de 3.27 kg/cm² (ver tabla 15).

Tabla 15, Resultados Módulo de Rotura para la muestra MB

Muestra N°	Unidad ensayada	Ancho cm	Espesor cm	Dist. Entre apoyos cm	Carga Kg	MR (kg/cm ²)
01	Muestra (MB)	15	15	17.00	420.00	3.17
02	Muestra (MB)	15	15	17.00	420.00	3.17
03	Muestra (MB)	15	15	17.00	460.00	3.48
Promedio de MR						3.27

Fuente: Elaboración propia

Para la muestra MC se obtuvo un MR promedio de 3.53 kg/cm² respectivamente, con un MR mínimo y máximo de 3.48 kg/cm² y 3.55 kg/cm² respectivamente (ver tabla 16).

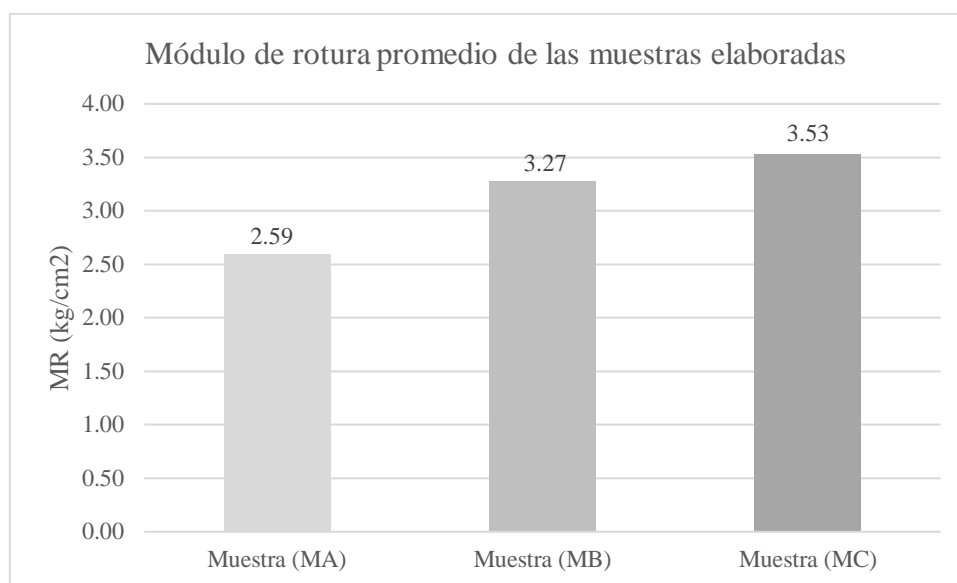
Tabla 16, Resultados Módulo de Rotura para la muestra MC

Muestra N°	Unidad ensayada	Ancho cm	Espesor cm	Dist. Entre apoyos cm	Carga Kg	MR (kg/cm ²)
01	Muestra (MC)	15	15	17.00	470.00	3.55
02	Muestra (MC)	15	15	17.00	470.00	3.55
03	Muestra (MC)	15	15	17.00	460.00	3.48
Promedio de MR						3.53

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se presentan los resultados de MR promedio de las muestras ensayadas (ver gráfico 5).

Gráfico 5, Módulo de Rotura promedio de las muestras MA, MB y MC



Fuente: Elaboración propia

Densidad

Los resultados realizados a los especímenes de la muestra MA sale un promedio de 0.08 g/cm³, lo cual indica que tiene una densidad baja, si lo comparamos con la de un ladrillo convencional de techo (ver tabla 17)

Tabla 17, Resultados de densidad para la muestra MA

Muestra N°	Unidad ensayada	Masa g	Volumen cm ³	Densidad g/cm ³
01	Muestra (MA)	168	2197	0.08
02	Muestra (MA)	172	2197	0.08
03	Muestra (MA)	176	2197	0.08
Promedio				0.08

Fuente: Elaboración propia

La densidad para la muestra tipo MB aumenta a un resultado promedio de 0.15 g/cm³ debido a que la granulometría para esta muestra es mas fina que la anterior (ver tabla 18).

Tabla 18, Resultados de densidad para la muestra MA

Muestra N°	Unidad ensayada	Masa g	Volumen cm ³	Densidad g/cm ³
01	Muestra (MB)	296	2197	0.13
02	Muestra (MB)	346	2197	0.16
03	Muestra (MB)	320	2197	0.15
Promedio				0.15

Fuente: Elaboración propia

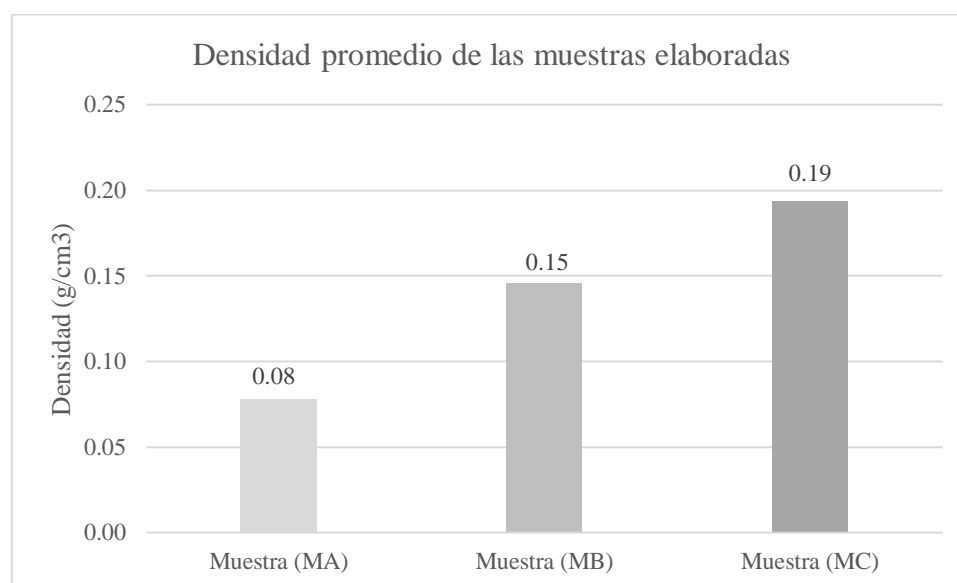
En la muestra MC se obtuvo una densidad promedio de 0.19 g/cm³ como se muestra en la siguiente tabla (ver tabla 19).

Tabla 19, Resultados de densidad para la muestra MA

Muestra N°	Unidad ensayada	Masa g	Volumen cm ³	Densidad g/cm ³
01	Muestra (MC)	428	2197	0.19
02	Muestra (MC)	418	2197	0.19
03	Muestra (MC)	432	2197	0.20
Promedio				0.19

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se muestran los resultados promedio en el gráfico mostrado a continuación, donde se observa que la MA es la de menor densidad con 0.08 g/cm³, seguido por la muestra MB y MC con densidades de 0.15 g/cm³ y 0.19 g/cm³ respectivamente.

Gráfico 6, Densidad de las muestras MA, MB y MC

Fuente: Elaboración propia

Absorción

Los resultados obtenidos por el ensayo de absorción indican que la MA absorbe en promedio el 63.95% seguido por la muestra MB con un 30.11% y MC que presenta un menor porcentaje de absorción que las anteriores con un 15.40 % (ver tabla 20)

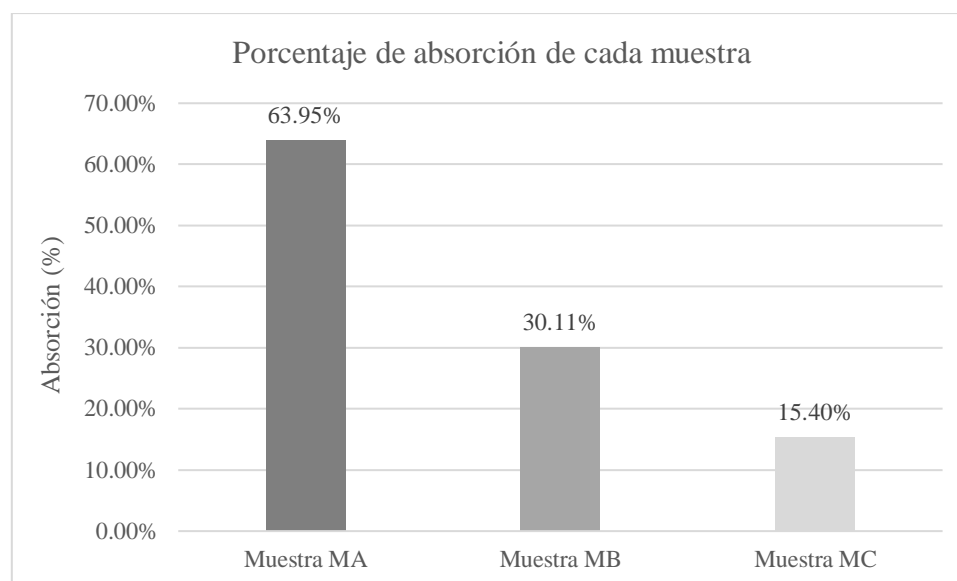
Tabla 20, Resultados de Absorción para las muestras MA, MB y MC

Muestra	Peso seco (gr)	Peso húmedo (gr)	Absorción (%)
Muestra A (MA)	172	282	63.95%
Muestra B (MB)	372	484	30.11%
Muestra C (MC)	435	502	15.40%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para tener una mejor visual de los resultados, estos se presentan en el siguiente gráfico (ver gráfico 7).

Gráfico 7, Resultados del porcentaje de absorción de las muestras MA, MB y MC



Fuente: Elaboración propia

Alabeo

Los resultados obtenidos en alabeo indicaron que la muestra MA tubo 4 mm de concavidad en la cara superior y 2.6 mm de convexidad en la cara inferior, para muestra MB se obtuvo 2.5 mm de concavidad en la cara superior y 1.5 mm de concavidad en la cara inferior, en la muestra

MC se obtuvo 1.05 mm de concavidad en la cara superior y 1 mm de convexidad en la cara inferior.

Tabla 21, Resultados de Alabeo para las muestras MA, MB y MC

Muestra	Cara Arriba		Cara Abajo	
	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
# / Código	mm		mm	
MA	4.00	0.00	0.00	2.60
MB	2.50	0.00	1.50	0.00
MC	1.05	0.00	0.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

Adherencia

Esta prueba dio como resultado una adherencia promedio de 2,41 kg/cm² para la MA, 2.46 en la MB y 2.44 kg/cm² en la MC, y una carga máxima aplicada de 520 kg, debido a que, pasada esta carga, la unión entre mortero y bloque falla.

Tabla 22, Resultados de prueba de adherencia MA, MB y MC

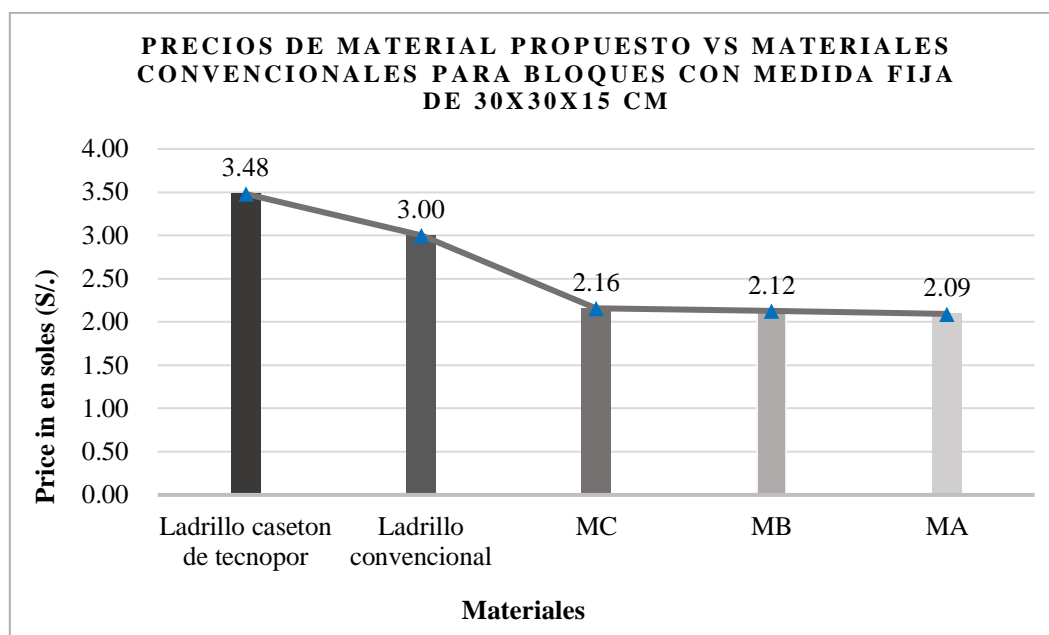
Muestra N°	Unidad ensayada	Ancho cm	Espesor cm	Area de contacto cm ²	Carga máxima kgf	Adherencia kgf/cm ²
01	Muestra (MA)	15	15	210	500	2.38
02	Muestra (MA)	15	15	210	510	2.43
03	Muestra (MA)	15	15	210	500	2.38
04	Muestra (MB)	15	15	210	510	2.43
05	Muestra (MB)	15	15	210	510	2.43
06	Muestra (MB)	15	15	210	500	2.38
07	Muestra (MC)	15	15	210	520	2.48
08	Muestra (MC)	15	15	210	510	2.43
09	Muestra (MC)	15	15	210	510	2.43

Fuente: Elaboración propia

Costos

Respecto al análisis de costos, se ha comparado los costos obtenidos en la fabricación del material a base de micelio para sus tres diferentes muestras que son MA, MB y MC con el costo de mercado de un ladrillo convencional de arcilla y ladrillo casetón de tecnopor, estos resultados se muestran a continuación en el siguiente gráfico.

Gráfico 8, Resultados del análisis de costos para las muestras propuestas y los materiales convencionales



Fuente: Elaboración propia

Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en este estudio son prometedores, ya que demuestran que el material a base de micelio y aserrín no solo es una alternativa viable a los materiales comúnmente utilizados en el mercado, sino que también supera a estos en términos de sus características mecánicas y su bajo coste de producción. Además, este material presenta la ventaja de ser más amigable con el medio ambiente, ya que se crea a partir de materiales renovables y biodegradables. Este hallazgo sugiere que el uso de este material puede revolucionar el sector de la construcción y ofrecer soluciones más sostenibles y rentables para la industria.

Después de un riguroso proceso de ensayos llevados a cabo en el laboratorio, se logró identificar la combinación más eficiente y adecuada para las necesidades del proyecto. La muestra C (MC), elaborada a partir de una mezcla cuidadosamente seleccionada de micelio y viruta de madera con un tamaño medio de partícula (TMN) de 2.00 mm, demostró un rendimiento sobresaliente en cuanto a sus propiedades mecánicas se refiere, cumpliendo con todos los requisitos establecidos por la normativa NTP 331.040. Los resultados obtenidos

muestran que esta combinación es altamente efectiva y puede ser una excelente opción para su aplicación en la construcción de losas aligeradas.

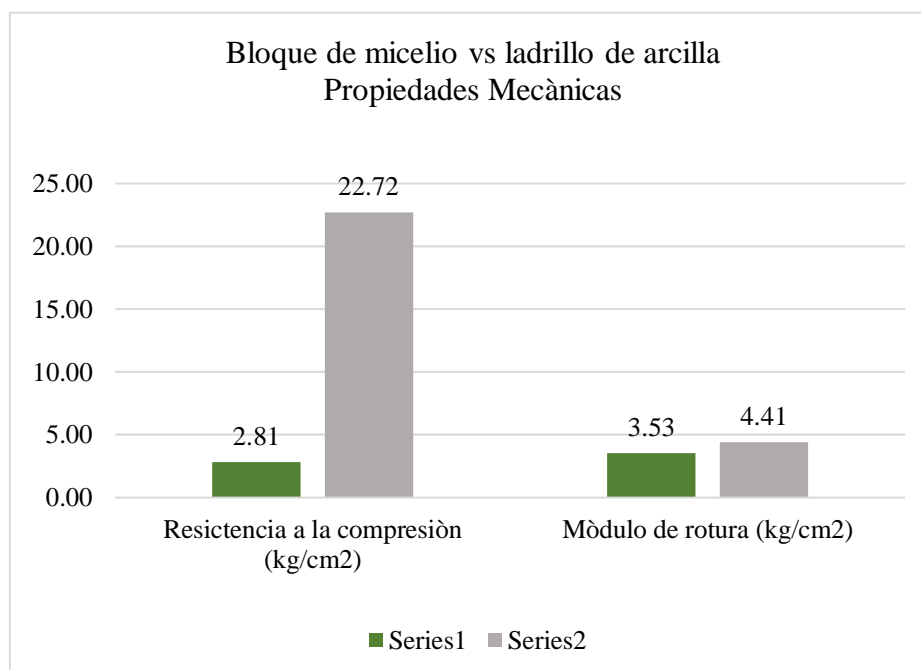
Tabla 23, Comparación de propiedades de las muestras ensayadas vs NTP 331.040

	SEGÚN NORMA	SEGÚN MUESTRA		
	NTP 331.040	MA	MB	MC
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	-	2.38	2.69	2.81
Módulo de rotura (kg/cm ²)	2.00	2.59	3.27	3.53
Densidad (g/cm ³)	-	0.08	0.15	0.19
Absorción (%)	22%	64%	30%	15%
Adherencia (kg/cm ²)	-	2.10	2.15	2.18

Fuente: Elaboración propia

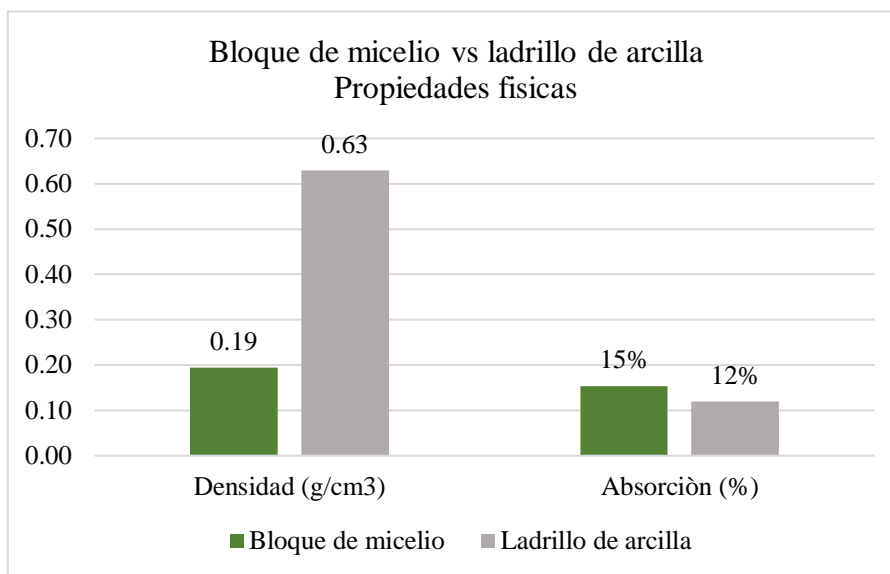
Ahora, si bien es cierto la muestra C, logró superar los requerimientos de la normativa, también se analizará sus propiedades comparadas a las de un ladrillo convencional de arcilla cocida para techo, estas propiedades fueron estudiadas por [25] y los resultados se muestran en los siguientes gráficos:

Gráfico 9, Propiedades mecánicas de ladrillo de arcilla vs bloque de micelio



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10, Propiedades físicas de ladrillo de arcilla vs bloque de micelio



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las propiedades mecánicas sin duda el ladrillo de arcilla presenta resultados más elevados, comenzando con la resistencia a la compresión que llega hasta 22.72 kg/cm² contra los apenas 2.81 kg/cm² de los bloques de micelio, en cuanto al módulo de rotura obtenemos resultados casi parejos, 4.41 kg/cm² para el ladrillo de arcilla y 3.53 para los bloques propuestos, aquí vemos una clara diferencia entre estos dos materiales ya que el primero presenta una alta resistencia a la compresión y un módulo de rotura bajo, esto nos lleva a concluir que estamos ante un material frágil, en cambio el material propuesto vemos que los valores de resistencia a la compresión y módulo de rotura son similares por lo que si sometemos a este material a esfuerzos de deformación hasta romperlo, este presentará una falla dúctil. Pese a la alta resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla claramente esto no es un indicador a tener en cuenta al momento de elegir un material u otro, ya que en los ladrillos para losas aligeradas no se busca que tengan una alta resistencia a compresión, sino que cumplan su principal función, que es aligerar el peso, en consecuencia, analizamos las propiedades físicas donde no hay duda que el material propuesto a base de micelio es mucho mejor debido a que su densidad es de 0.19 g/cm³ frente a los 0.63 g/cm³ de los ladrillos de arcilla.

Además de su reducido peso, el material a base de micelio ofrece una ventaja significativa en términos de diseño y construcción de losas aligeradas que como se muestra en la ilustración 32.

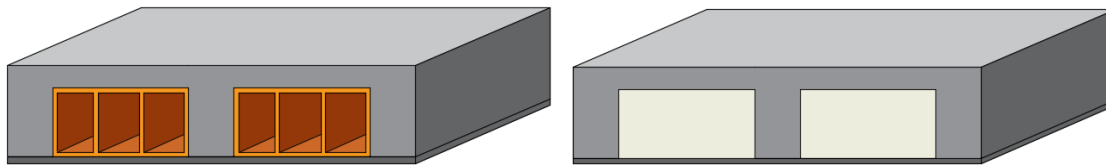


Ilustración 32, Losa aligerada de ladrillo de arcilla cocida vs losa aligerada con bloques a base de micelio y aserrín

La principal función de un ladrillo para techo es reducir el peso total de la losa, y esto se logra gracias a la baja densidad del micelio. En comparación con un ladrillo convencional de arcilla cocida, se logró reducir en promedio el peso de la losa aligerada en un 30% utilizando el material propuesto. Esta reducción de peso permite una mayor versatilidad en el diseño y construcción de las losas aligeradas, ya que se pueden utilizar materiales más livianos en la estructura sin comprometer la resistencia y estabilidad de la misma. Los resultados se presentan a continuación para losas de distintos espesores.

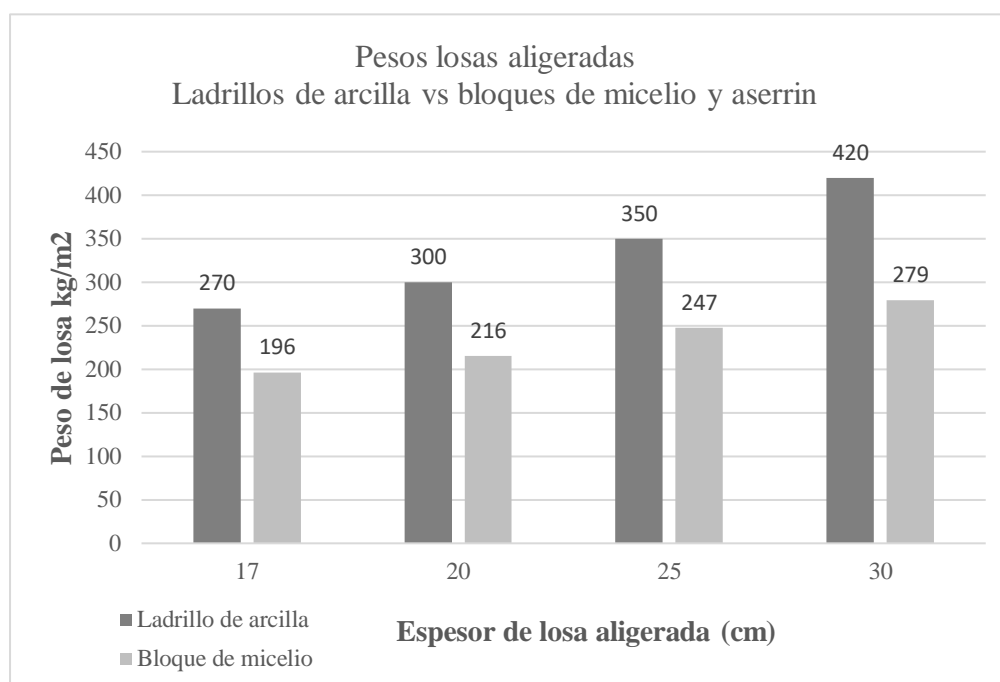
Si bien es cierto la adherencia del material no es como la de un ladrillo convencional y esto mismo sucede con los ladrillos casetones de poliestireno expandido, pues se puede solucionar con la colocación de una malla de gallinero en la cara inferior de la losa par que al momento de realizar el tarrajeo, este quede bien fijo a la losa.

Tabla 24, Cuadro comparativo de ahorro de peso por m² de losa construida con ladrillo de arcilla vs bloques de micelio

Altura de losa cm	CON LADRILLO DE ARCILLA COCIDA		CON BLOQUES DE MICELIO		Ahorro en peso kg	Ahorro en peso %
	Peso de losa kg/m ²	Peso de ladrillo Kg/m ²	Peso de losa kg/m ²	Peo de bloque Kg/m ²		
17	270	60	196	19	74	27%
20	300	68	216	24	84	28%
25	350	90	247	31	103	29%
30	420	110	279	39	141	34%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11, Grafico comparativo de pesos para distintos espesores de losas utilizando ladrillos de arcilla vs bloques de micelio

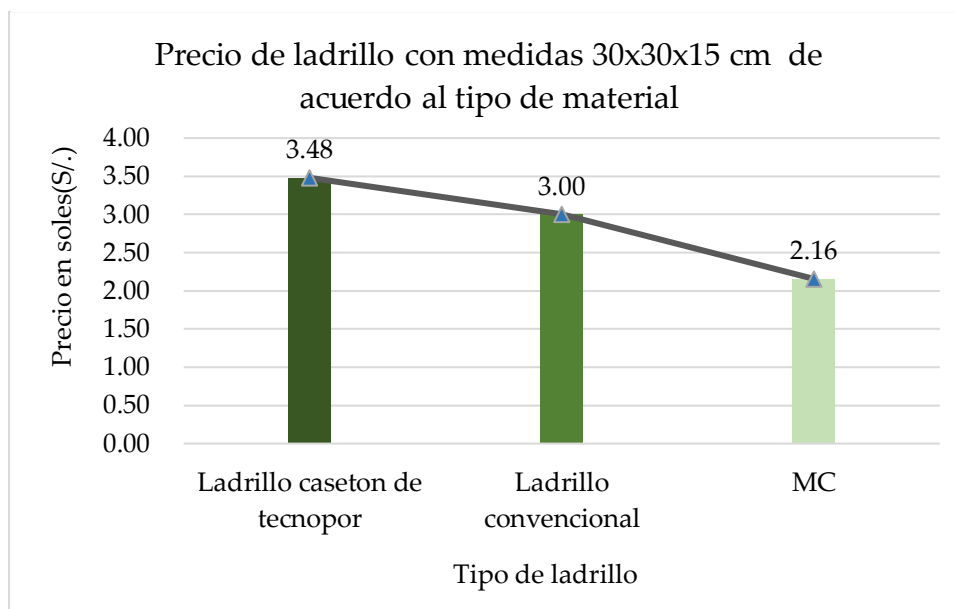


Fuente: Elaboración propia

La investigación previa explica de manera detallada que el material elaborado a partir de micelio representa una alternativa atractiva para la reducción del peso de la losa aligerada, sin incrementar los costos. Por tanto, se puede afirmar con certeza que el material propuesto es una solución rentable y efectiva. En comparación con los ladrillos convencionales y los ladrillos casetón de poliestireno expandido, el costo de producción del material a base de micelio es notablemente inferior, con una reducción del 37% y

28%, respectivamente. Esto significa que no solo se está proporcionando una solución de alta calidad y sostenible, sino también una solución económica y accesible.

Gráfico 12, Grafico comparativo de precios de los bloques propuestos versus ladrillos de tecnopor y ladrillo convencional de arcilla cocida



Fuente: Elaboración propia

Para corroborar este resultado, existe un estudio realizado por Jones M. et al. [5], en el que presenta los costos de este material por kg en el que se utilizan diferentes sustratos, y los compara con el precio de espumas y productos comerciales, de donde concluye que los compuestos de micelio también son competitivos con las espumas sintéticas y productos de madera, con el costo de la materia prima de los compuestos de micelio (0.07–0.17 \$US/kg), constituyendo el costo de los subproductos agrícolas e industriales utilizados para fabricarlos, mucho más bajo que el precio mayorista del poliestireno (2,1–2,3 \$US/kg), poliuretano (8,2–10,4 \$US/kg), resina de formaldehído fenólico (1,7–1,9 \$US/kg), espumas y madera contrachapada (0,5–1,1 \$US/kg), productos de madera blanda (0,7–1,4 \$US/kg) y de madera dura (3–11 \$US/kg). No hay datos disponibles sobre el costo total de fabricación de los compuestos de micelio, sin embargo, debido a que los compuestos de micelio se pueden cultivar en condiciones ambientales y la fabricación simplemente consiste en dispensar una combinación de sustrato de subproducto agrícola esterilizado con vapor e inóculo en un molde y esperar la colonización completa de hongos.

Aunque es verdad que los ladrillos hechos de poliestireno expandido tienen un peso más ligero, su precio es significativamente elevado en comparación. Además, el material utilizado en su producción proviene de recursos naturales que pueden agotarse en el futuro, y su proceso de fabricación implica un alto consumo de energía [1]. Por otro lado, el material propuesto no presenta estos inconvenientes, ya que se crea a partir de una materia viva que no representa una amenaza para el medio ambiente.

Conclusiones

- Las características granulométricas del aserrín y viruta de madera obtenidas por tamizado según la Norma ASTM C-136 arrojó un TMN de 19.00mm para la muestra A, 4.75 mm para la muestra B y 2.00 mm para la muestra C.
- El diseño de los bloques propuestos considera medidas que pueden adaptarse al espesor de losas aligeradas desde los 20 cm hasta 30 cm, considerando una mezcla dosificada en volumen de 10% micelio y 90% aserrín y viruta de madera con TMN de 19.00 mm, 4.75 mm y 2.00 mm.
- Los ensayos de laboratorio se realizaron de acuerdo a la NTP E-0.70 y los resultados obtenidos se compararon con la NTP 331.040 llegando a la conclusión que la muestra C con TMN de 2.00 mm cumplió con los requerimientos: módulo de rotura de 3.53 kg/cm² frente a una resistencia requerida de 2.00 kg/cm², en cuanto a absorción se llegó hasta el 15% frente a la máxima requerida del 22%; Si bien es cierto los siguientes ensayos no son un requisito para ladrillos de techo, se realizaron con el objetivo de caracterizar mejor al material propuesto, obteniendo un ladrillo más liviano con densidad de 0.19g/cm³ frente a 0.63g/cm³ de un ladrillo convencional de arcilla; una resistencia a la compresión de 2.81kg/cm² frente a 22.8 kg/cm² del ladrillo convencional y un alabeo de ± 1.05 mm. Pese a que las muestras A y B no cumplieron con los requisitos de absorción de la norma, sus propiedades obtenidas son las siguientes: módulo de rotura de 2.59kg/cm² para la MA y 2.27kg/cm² para la MB; Una resistencia a la compresión de 2.38 kg/cm² en la MA y 2.69 kg/cm² para la Mc; en densidad la Ma presento el menor valor con 0.08g/cm³ y la MB con 0.15g/cm³; finalmente, en absorción la MA presenta un 64% y la MB un 30% valores que exceden el 22% de la norma, motivo por el cual estas muestras fueron excluidas al producto final.
- La baja densidad del material hace que disminuya hasta un 28% el peso por m² de losa aligerada en comparación a una losa convencional con ladrillos de arcilla, como se

muestra en la tabla 27, resultado que permitirá que los entresijos requieran menor armadura, además se hará más fácil el transporte y manejo requiriendo menor mano de obra.

- Se verificó la adherencia del material propuesto con el concreto obteniéndose un resultado de 2.44 kg/cm², una resistencia suficiente para el bajo peso que tiene el material.
- Se evaluó el costo de producción para bloques de 30cm de ancho, 30cm de largo y 15cm de altura, obteniendo un precio de s/. 2.16 que comparando con los precios de un ladrillo casetón de tecnopor y un ladrillo convencional de arcilla cocida resulta ser un 37% y 28 % más económico respectivamente (ver gráfico 12), por lo que no solo está proporcionando una solución de alta calidad y sostenible, sino también una solución económica y accesible

Recomendaciones

- Se recomienda verificar que la viruta esté libre de impurezas para evitar la contaminación del micelio en su etapa de crecimiento.
- Si se quiere lograr mejores resultados, se recomienda utilizar laboratorios con condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento del micelio.
- Se recomienda utilizar la semilla de micelio *Pleurotus Ostreatus* (hongo ostra), ya que este coloniza y puede reproducirse posteriormente con el fin de reducir los costos de producción.
- Se recomienda fijar los bloques de micelio propuestos entre sí, debido a que pueden moverse al momento del vaciado de concreto, esto se puede lograr amarrándolos con alambre número 16 a la mitad del bloque.
- Si se utiliza un buggy para verter el concreto, se recomienda colocar tablas sobre los bloques de micelio para evitar dañarlos durante el proceso de vaciado.
- Al momento de realizar el tarrajeo, los bloques propuestos deberán ser mojados con agua antes del primer pañeteo con la finalidad de mejorar la adherencia con el mortero y finalmente se aplicará la segunda capa, acabado final.

Referencias

- [1] E. ElsackerI, S. Vandelook, J. Brancar, E. Peeters y L. De Laet, «Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates,» *PLOSONE*, 2019.
- [2] A. M, «3dnatives,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.3dnatives.com/es/tree-column-micelio-residuos-010220222/#!>.
- [3] ITeC, «Incorpora el cálculo del análisis ambiental a tu presupuesto,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=w4l4VM-LKZo&t=1s>.
- [4] A. Digafé, M. Tefesse y A. Kanti Mondal, «Compuesto a base de micelio: el futuro biomaterial sostenible,» *International Journal of Biomaterials*, 2022.
- [5] J. Mitchell, A. Mautner, S. Luenco, A. Bismarck y S. John, «Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review,» *Materials Design*, vol. 187, 2020.
- [6] Y. Xing, M. Brewer, H. El Gharebawi, G. Griffith y P. Jones, «Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials,» *IOP SCIENCE*, vol. 121, 2018.
- [7] C. Girometta, A. M. Picco, R. M. Baiguera, D. Dondi, S. Babbini, M. Cartabia, M. Pellegrini y E. Savino, «Physico-Mechanical and Thermodynamic Properties of Mycelium-Based Biocomposites: A Review,» *MDPI*, vol. 11, p. 281, 2019.
- [8] S. Manan, W. U. Muhammad, M. Ul-Islam, O. Mohammad Atta y G. Yang, «Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials,» *ScienceDirect*, vol. 6, n° 1, pp. 1-10, 2021.
- [9] I. Fuentes y C. Monereo, Bio Fabricación, Madrid, 2020.
- [10] N. Boullosa, «Micelios: hongos para salvar al mundo,» 2010.
- [11] P. Sustentable, «Micelio, el material de futuro,» [En línea]. Available: <https://puntosustentable.com/2019/02/06/micelio-el-material-de-construccion-a-base-de-hongos/>.
- [12] H. R. Cea Muñoz, Caracterización de astillas y aserrín para una planta de tableros de partículas en Valdivia, Chile: Valdivia, 2003.
- [13] J. I. Reyes Mejía, Reacción asistida por microondas para la obtención de hidrocarburos a partir de aserrín de madera, Quito: Tesis de pregrado, 2013.

- [14] N. Serret Guasch, M. Quintero Ríos y G. Giralt Ortega, «Caracterización de aserrín de diferentes maderas,» *Scielo*, vol. 36, nº 3, 2016.
- [15] M. V. Madurwar, R. V. Relegaonkar y S. A. Mandavgane, «Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review,» *ScienceDirect*, vol. 38, pp. 872-878, 2013.
- [16] I. Sartori y A. G. Hestnes, «Uso de energía en el ciclo de vida de edificios convencionales y de bajo consumo energético: un artículo de revisión,» *ScienceDirect*, vol. 39, nº 3, pp. 249-257, 2017.
- [17] Z. Yang, F. Zhang, B. Still y M. White, «Physical and Mechanical Properties of Fungal Mycelium-Based Biofoam,» *ResearchGate*, 2017.
- [18] M. G. Pelletier, G. A. Holt, J. D. Wanjura y E. Bayer, «An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates,» *ScienceDirect*, vol. 51, pp. 480-485, 2013.
- [19] M. Jailani, M. Nor y N. Jamaludil, «Un estudio preliminar de absorción de sonido utilizando fibras de coco multicapa.,» *Google Académico*, pp. 1-8, 2014.
- [20] E. M. Samsudin, L. H. Ismail y A. A. Kadir, «A review on physical factors influencing absorption performance of fibrous sound absorption material from natural fibers(Review),» *Scopus*, vol. 11, nº 6, pp. 3703-3711, 2016.
- [21] Norma Técnica Peruana 331.018, Lima.
- [22] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, Mexico: Mc Graw Hill Education, 2014.
- [23] O. Castellero Mimenza, «Los 15 tipos de investigación,» 2017. [En línea]. Available: <https://psicologiyamente.com/miscelanea/tipos-de-investigacion>.
- [24] J. Á. Garrido Cuicas, «QuestionPro,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/blog/es/disenio-de-investigacion/>.
- [25] M. A. Salinas Quezada y J. T. Vega Castillo, *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos elaborados con bolsas recicladas de base polimérica para techos aligerados*, Chimbote 2019, Chimbote, 2019.
- [26] M. d. Ambiente, *Diagnóstico Ambiental del Perú*, Lima, 2008.
- [27] ADNDECE, *Muros de bloques y ladrillos de Hoormigón*, Madrid, 2019.

- [28] I. Díaz Pérez, Determinación del Rendimiento del Hongo *Pleurotus ostreatus* en Diferentes Sustratos, México, 2008.

Anexos

Anexo 1: Formatos de ensayos realizados en laboratorio

1.A: Ensayo de Compresión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Hilas Fustamante Elber Yhoan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y aserrín para losas aligeradas
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 12 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
01	Muestra (MA)	169	440	2,40
02	Muestra (MA)	169	430	2,34
03	Muestra (MA)	169	440	2,40
04	Muestra (MB)	169	480	2,61
05	Muestra (MB)	169	520	2,83
06	Muestra (MB)	169	480	2,61
07	Muestra (MC)	169	440	2,40
08	Muestra (MC)	169	430	2,34
09	Muestra (MC)	169	440	2,40

NOTA:

- Ensayo realizado en muestra de 13x13x13
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad de muestra entera.

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 12/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



1.B: Ensayo de Módulo de Rotura



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Hilas Fustamante Elber Yhoan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de Pleurotus Ostreatus y aserrín para losas aligeradas
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 16 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Módulo de Rotura
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 331.018

Muestra	Unidad ensayada	Ancho	Espesor	Dist. Entre apoyos	Carga	MR
Nº		cm	cm	cm	Kg	(kg/cm ²)
01	Muestra (MA)	15	15	17	330	2,49
02	Muestra (MA)	15	15	17	360	2,72
03	Muestra (MA)	15	15	17	340	2,57
04	Muestra (MB)	15	15	17	420	3,17
05	Muestra (MB)	15	15	17	420	3,17
06	Muestra (MB)	15	15	17	460	3,48
07	Muestra (MC)	15	15	17	470	3,55
08	Muestra (MC)	15	15	17	470	3,55
09	Muestra (MC)	15	15	17	460	3,48

NOTA:

- Ensayo realizado en muestra de 13x13x13
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad de muestra entera.

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 14/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



1.C: Ensayo de absorción



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Hilas Fustamante Elber Yhoan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de Pleurotus Ostreatus y aserrín para losas aligeradas
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 14 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Absorción
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 331.018

Muestra	Unidad ensayada	Peso seco	Peso húmedo	Absorción
Nº		gr	gr	%
01	Muestra (MA)	172	282	63,95
02	Muestra (MA)	372	484	30,11
03	Muestra (MA)	435	502	15,40

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



1.D: Ensayo de Densidad



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Hilas Fustamante Elber Yhoan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y aserrín para losas aligeradas
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 10 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Densidad
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 331.018

Muestra	Unidad ensayada	Masa	Volumen	Densidad
Nº		gr	cm3	gr/cm3
01	Muestra (MA)	168	2197	0,08
02	Muestra (MA)	172	2197	0,08
03	Muestra (MA)	176	2197	0,08
04	Muestra (MB)	296	2197	0,13
05	Muestra (MB)	346	2197	0,16
06	Muestra (MB)	320	2197	0,15
07	Muestra (MC)	428	2197	0,19
08	Muestra (MC)	418	2197	0,19
09	Muestra (MC)	432	2197	0,20

NOTA:

- Ensayo realizado en muestra de 13x13x13

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



1.E: Determinación de Alabeo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Hilas Fustamante Elber Yhoan
Tesis : Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de Pleurotus Ostreatus y aserrín para losas aligeradas
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Alabeo de ladrillo					
% Dosific.	Ladrillo				
	Cara Arriba		Cara Abajo		
Muestra	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo	
# / Código	mm		mm		
MA	4,00	0,00	0,00	2,60	
MB	2,50	0,00	1,50	0,00	
MC	1,05	0,00	0,00	1,00	

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.



1.F: Granulometría



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

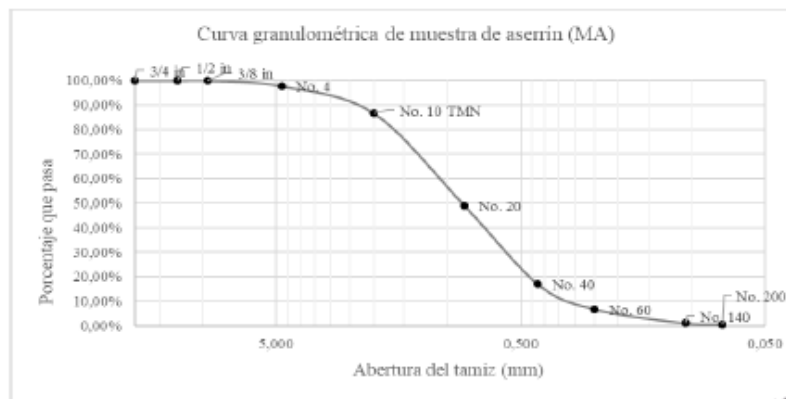


Tesista : Hilas Fustamante Eiber Yhoan
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de Pleurotus Ostreatus y aserrín para losas aligeradas
Lugar : Chiclayo, Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 14 de Septiembre del 2022

NORMA DE REFERENCIA : ASTM C-136

MUESTRA A

Abertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
3/4 in 19.000	0	0.00%	0.00%	100.00%
1/2 in 12.700	0	0.00%	0.00%	100.00%
3/8 in 9.530	0	0.00%	0.00%	100.00%
No. 4 4.750	11	2.20%	2.20%	97.80%
No. 10 2.000	55	11.02%	13.23%	86.77%
No. 20 0.850	188	37.68%	50.90%	49.10%
No. 40 0.425	160	32.06%	82.97%	17.03%
No. 60 0.250	51	10.22%	93.19%	6.81%
No. 140 0.106	29	5.81%	99.00%	1.00%
No. 200 0.075	3	0.60%	99.60%	0.40%
Fondo	2	0.40%	100.00%	0.00%
TOTAL	499	100.00%		



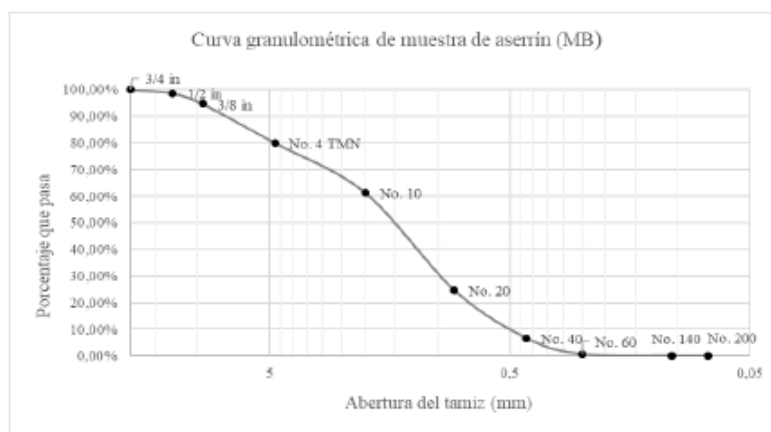


Tesista : Hilas Fustamante Elber Yhoan
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de Pleurotus Ostreatus y aserrín para losas aligeradas
Lugar : Chiclayo, Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 14 de Septiembre del 2022

NORMA DE REFERENCIA : ASTM C-136

MUESTRA B

Abertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
3/4 in	19	0	0.00%	100.00%
1/2 in	12.7	4	1.33%	98.67%
3/8 in	9.5	12	4.00%	94.67%
No. 4	4.75	44	14.67%	80.00%
No. 10	2	56	18.67%	61.33%
No. 20	0.85	110	36.67%	24.67%
No. 40	0.425	54	18.00%	6.67%
No. 60	0.25	18	6.00%	0.67%
No. 140	0.106	2	0.67%	0.00%
No. 200	0.075	0	0.00%	0.00%
Fondo	0	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	300	100.00%		





Tesista : Hilar Fustamante Elber Yhoan
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de Pleurotus Ostreatus y aserrín para losas aligeradas
Lugar : Chiclayo, Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 14 de Septiembre del 2022

NORMA DE REFERENCIA : ASTM C-136

MUESTRA C

Abertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
1/2 in	38.1	0	0.00%	100.00%
3/4 in	19	19	12.67%	87.33%
1/2 in	12.7	21	14.00%	73.33%
3/8 in	9.53	32	21.33%	52.00%
No. 4	4.75	38	25.33%	26.67%
No. 10	2	28	18.67%	92.00%
No. 20	0.85	9	6.00%	98.00%
No. 40	0.425	3	2.00%	100.00%
No. 60	0.25	0	0.00%	100.00%
No. 140	0.106	0	0.00%	100.00%
No. 200	0.075	0	0.00%	100.00%
Fondo	0	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	150	100.00%		



1.G: Densidad de las muestras de aserrín y viruta de madera



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Hilas Fustamante Elber Yhoan
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de bloques elaborados a base de micelio de Pleurotus Ostreatus y aserrín para losas aligeradas
Lugar : Chiclayo, Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Septiembre del 2022

NORMA DE REFERENCIA : NTP 331.018

MUESTRA A-B-C

Muestra	Peso de la muestra (gr)	Peso seco (gr)	Humedad (%)
Muestra (MA)	64.08	61.02	4.78%
Muestra (MB)	143.34	127.8	10.84%
Muestra (MC)	119.14	109.09	8.44%



Anexo 2: Panel fotográfico de procedimientos

2.A: Obtención de las muestras de aserrín



Ilustración 34, Muestra de viruta en carpintería



Ilustración 33, Muestra de aserrín en carpintería

2.B: Ensayos granulométricos de aserrín



Ilustración 35, Tamizado de las tres muestras

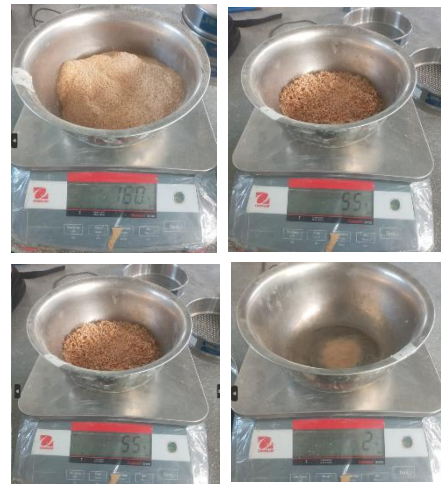


Ilustración 36, Peso de la muestra retenida pertenecientes a cada tamiz

2.C: Fotos finales del material propuesto



Verificación de tránsito sobre el bloque propuesto



Bloque final

Anexo 3: Análisis de Costos unitarios

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA SEMILLA						
Partida:	PRODUCCION DE 1 KG SEMILLA					
Rendimiento:	100	Kg/día	9.450	m3	Fecha	04/04/024
					TOTAL S/.	5.90
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio		
				P. Unitario	Parcial	Total
Mano de obra						3.13
Peòn	hh	2.000	0.160	19.570	3.131	
Materiales						2.64
Micelio	kg		0.100	25.000	2.500	
Pajilla de arroz	kg		0.900	0.047	0.042	
Agua	m3		0.001	1.700	0.001	
bolsas	und		1.000	0.100	0.100	
Herramientas y equipos						0.12
Termometro higrometro digital	und	1.000	0.001	29.300	0.029	
Desgaste de herramientas	%MO	1.000	3%	3.131	0.094	

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS G1						
Partida:	Elaboración de bloques de micelio y aserrín					
Rendimiento:	960	und/día			Fecha	14/05/20231
					TOTAL S/.	1.95
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio		
				P. Unitario	Parcial	Total
Mano de obra						0.33
Peòn	hh	2.000	0.017	19.570	0.327	
Materiales						1.54
Rollo papel film (15 pulg)-100m	und		0.010	25.000	0.250	
Micelio	kg		0.143	5.898	0.843	
Aserrín/viruta de madera	m3		0.012	37.037	0.450	
Agua	m3		0.001	1.700	0.001	
Herramientas y equipos						0.08
Termometro higrometro digital	und	1.000	0.001	29.300	0.029	
Molde	und	1.000	0.010	3.600	0.036	
Desgaste de herramientas	%MO	1.000	3%	0.327	0.010	

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS G2						
Partida:	Elaboración de bloques de micelio y aserrín					
Rendimiento:	960	und/día			Fecha	14/05/20231
					TOTAL S/.	1.98
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio		
				P. Unitario	Parcial	Total
Mano de obra						0.33
Peòn	hh	2.000	0.017	19.570	0.327	
Materiales						1.58
Rollo papel film (15 pulg)-100m	und		0.010	25.000	0.250	
Micelio	kg		0.143	5.898	0.843	
Aserrín/viruta de madera	m3		0.012	39.683	0.482	
Agua	m3		0.001	1.700	0.001	
Herramientas y equipos						0.08
Termometro higrometro digital	und	1.000	0.001	29.300	0.029	
Molde	und	1.000	0.010	3.600	0.036	
Desgaste de herramientas	%MO	1.000	3%	0.327	0.010	

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS G3						
Partida:	Elaboración de bloques de micelio y aserrín					
Rendimiento:	960	und/día			Fecha	14/05/20231
					TOTAL S/.	2.01
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio		
				P. Unitario	Parcial	Total
Mano de obra						0.33
Peòn	hh	2.000	0.017	19.570	0.327	
Materiales						1.61
Rollo papel film (15 pulg)-100m	und		0.010	25.000	0.250	
Micelio	kg		0.143	5.898	0.843	
Aserrín/viruta de madera	m3		0.012	42.328	0.514	
Agua	m3		0.001	1.700	0.001	
Herramientas y equipos						0.08
Termometro higrometro digital	und	1.000	0.001	29.300	0.029	
Molde	und	1.000	0.010	3.600	0.036	
Desgaste de herramientas	%MO	1.000	3%	0.327	0.010	

GASTOS GENERALES				
Descripcion	Indicador	Cant	precio	Precio por und
Transporte	Sacos	50	80	0.10
Técnico	mensual		2000	0.05
				0.15

PAJILLA DE ARROZ		
1 saco	8	soles
Vol	0.27	m3
1m3 =	3.7037	sacos
Precio por m3	29.6296	sacos

EQUIVALENCIAS		
material	vol m3	masa kg
micelio	1	10.582
acerrin	1	0.54
micelio	0.0945	1
acerrin	1.851851852	1

INCIDENCIA DE MICELIO		
1 kg	7	Und
Vol de bloque	0.0135	m3
Vol de micelio 1kg	0.0095	m3
Cant micel por und	0.0014	m3

0.1429	kg
--------	----

ASERRIN - INCIDENCIA		
Precio saco	8	Soles
Vol und	0.0135	m3
Rend por saco	16.00	und
Vol saco	0.216	m3
1m3 en sacos	4.63	und
Precio de m3	37.04	Soles

VIRUTA - INCIDENCIA		
Precio saco	8	Soles
Vol und	0.0135	m3
Rend por saco	14.00	und
Vol saco	0.189	m3
1m3 en sacos	5.29	und
Precio de m3	42.33	Soles

RENDIMIENTO (8 h DIARIAS)		
1 DIA	480	min
T elab 1 bloque	0.5	min
Rend	960	und

ROLLO PAPEL FILM		
1 ROLLO	100	m
Gasto por und	1	m
Cant. Por und rollo	0.01	rollo

RESULTADOS DE COSTOS DE PRODUCCION DE UNA UNIDAD CON MEDIDAS DE 30X30X15			
Ladrillo caseton de tecnopor	3.48	S/.	und
Ladrillo convencional	3.00	S/.	und
MC	2.16	S/.	und
MB	2.12	S/.	und
MA	2.09	S/.	und