

MATERIALES SUSTENTABLES PARA LA CONSTRUCCION

ELABORACION DE LADRILLO ECOLOGICO

“NATUBLOCK”

ALUMNO: INSAURRALDE JAVIER IGNACIO

TUTOR: Dra. Arq. VICENTA QUALLITO



**Universidad Abierta
Interamericana**

CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA AÑO 2023

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo, guía y motivación.

**A mi hermana y amigos con los cuales puedo contar
incondicionalmente.**

**Una especial dedicación a mi hija Juana por hacerme querer
avanzar y mejorar cada día más.**

A la memoria de mi abuelo José Francisco Torrontegui.

**Y finalmente pero no menos importante, a la Dra. Arq. Vicenta
Quallito. El desarrollo de este trabajo no podría haber sido
posible sin su guía, dedicación y seguimiento.**

INDICE

PREFACIO	5
CONTEXTO DE LA INVESTIGACION	6
DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS	10
Desechos en aserraderos	12
Incidencia ambiental de los materiales de construcción	17
OBJETO DEL TRABAJO	19
CASO DE ESTUDIO: DESARROLLO DE NATUBLOCK	21
RESEÑA HISTORICA.....	21
El adobe	21
El ladrillo	24
INVESTIGACION EXPERIMENTAL	27
Características	30
Suelo limoso para construcción	35
Aserrín.....	35
Acículas de pino (pinocha)	36
REQUISITOS DE LOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES DE TIERRA REFORZADA	38
Anexo N° 1. Prueba “Cinta de barro”	39
Anexo N°2. Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”	39
Análisis de suelo	41
Metodologia	41
Composicion de mezclas	44
Combinacion de dosificaciones	44
Preparacion de muestras.....	44
Materia prima	51
Extracción y meteorización	51
Preparación.....	51
Moldeo	51
Secado	52
Ensayo de resistencia a compresión simple	52
Ensayos de absorcion	53
RESULTADOS.....	55
NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	89
Tipos de ladrillos ecologicos.....	89
CONCLUSIONES	98
BIOGRAFIA	115

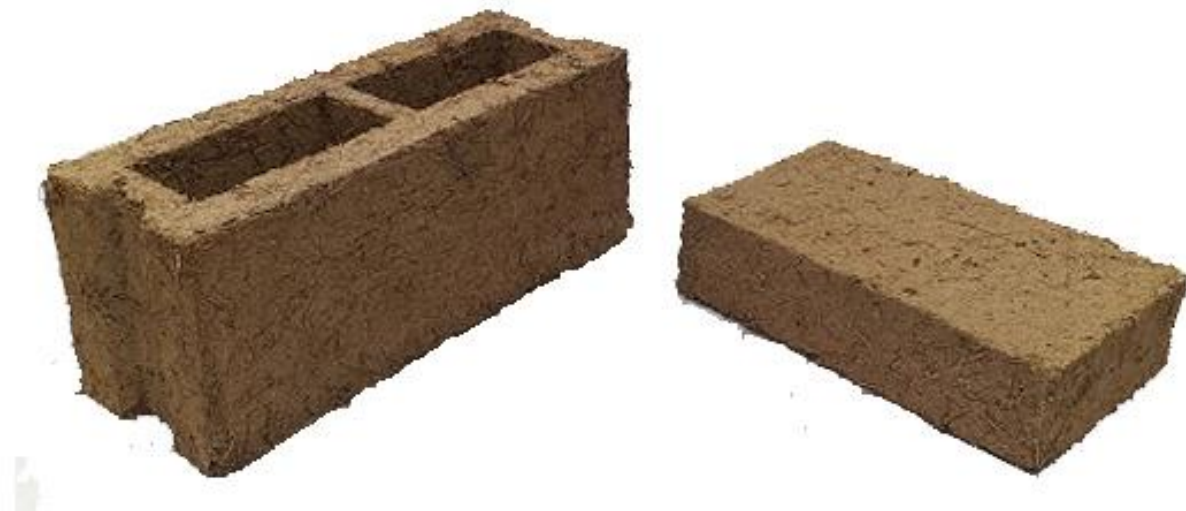
PREFACIO

Este proyecto pretende concientizar y alentar el desarrollo de alternativas innovadoras para una arquitectura más sostenible, realizando materiales de la construcción sustentables.

La elaboración de ladrillos ecológicos, sin cocción, eliminando la emisión de CO2 a la atmósfera. Conformados por una biomasa vegetal, mediante el aprovechamiento de los residuos provenientes de la industria maderera y disminuyendo la erosión de suelos, posibilitando una alternativa de abaratamiento de costos y cuidado del medio ambiente para empresas del sector maderero y ladrillero de las provincias a las cuales, hasta la actualidad, no se le había acercado esta opción, con la convicción de aportar al bienestar de la sociedad.

Con este trabajo se intenta vincular distintos sectores que se encuentran mayormente en las provincias del norte argentino, el sector de la industria maderera y el sector ladrillero, logrando satisfacer la necesidades de las regiones más pobres, incentivando también a la autoconstrucción de materiales de la construcción para ser utilizados en la edificación de viviendas sociales. En zonas rurales, agrícolas y/o ganaderas se puede aplicar para la construcción de proyectos e instalaciones, como: stu, box, chiqueros, etc.

El costo de estos ladrillos pretende ser relativamente bajo debido principalmente al aprovechamiento de los residuos de la madera provenientes de bosques de cultivos, de aserraderos y empresas madereras. Esto equivale a una disminución al impacto ambiental al producir materiales no convencionales y/o reciclados para la construcción consolidando un mercado más sostenible y ecológico



Ladrillo ecológico NATUBLOCK

CONTEXTO DE LA INVESTIGACION

ESTADO DE SITUACION

Introducción

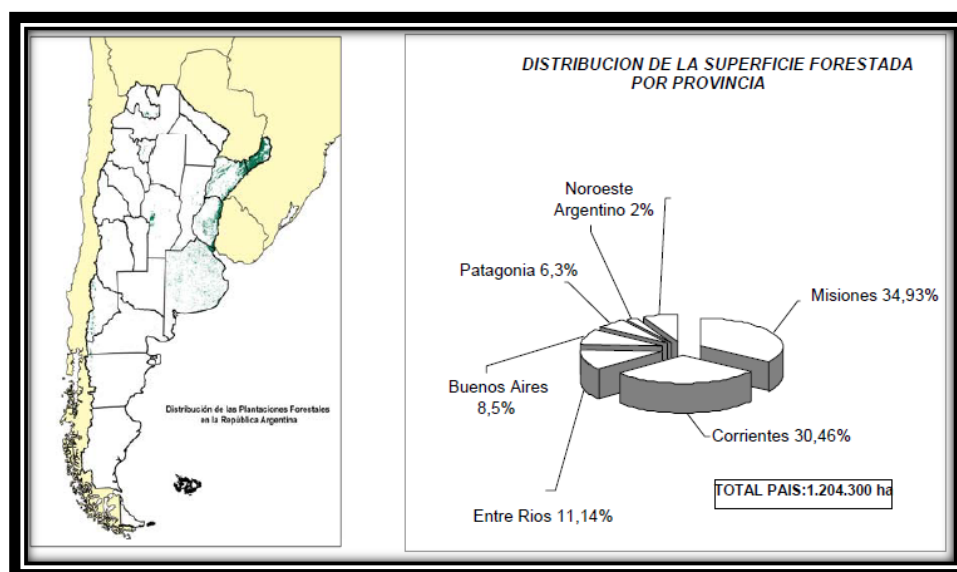
Según un informe del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, la República Argentina cuenta actualmente con aproximadamente 33.2 millones de hectáreas de Bosques Nativos y 1.2 millones de hectáreas de Bosques Cultivados, de los cuales la Dirección de Producción Forestal indica que la mitad están en pleno crecimiento.

Las mejoras en el sector de la construcción, un sector demandante de productos madereros está aumentando los niveles de consumo y por ende la producción de productos forestales para abastecerlo.

Región / provincia	Coníferas	Eucaliptos	Salicáceas	Otras	TOTAL
Misiones	337.100	27.700	0	55.900	420.700
Corrientes	263.500	101.800	0	1.500	366.800
Entre Ríos	12.300	92.300	16.100	13.400	134.100
Buenos Aires	7.300	39.100	47.900	8.100	102.400
Patagonia	56.200	0	19.000	700	75.900
Noroeste argentino	6.600	16.400	100	1.000	24.100
Resto	34.700	14.900	29.400	1.300	80.300
Total	717.700	292.200	112.500	81.900	1.204.300

Superficie forestada (en hectáreas) estimada por especie y región en la República Argentina

Fuente: Inventario Forestal de Bosques Cultivados.

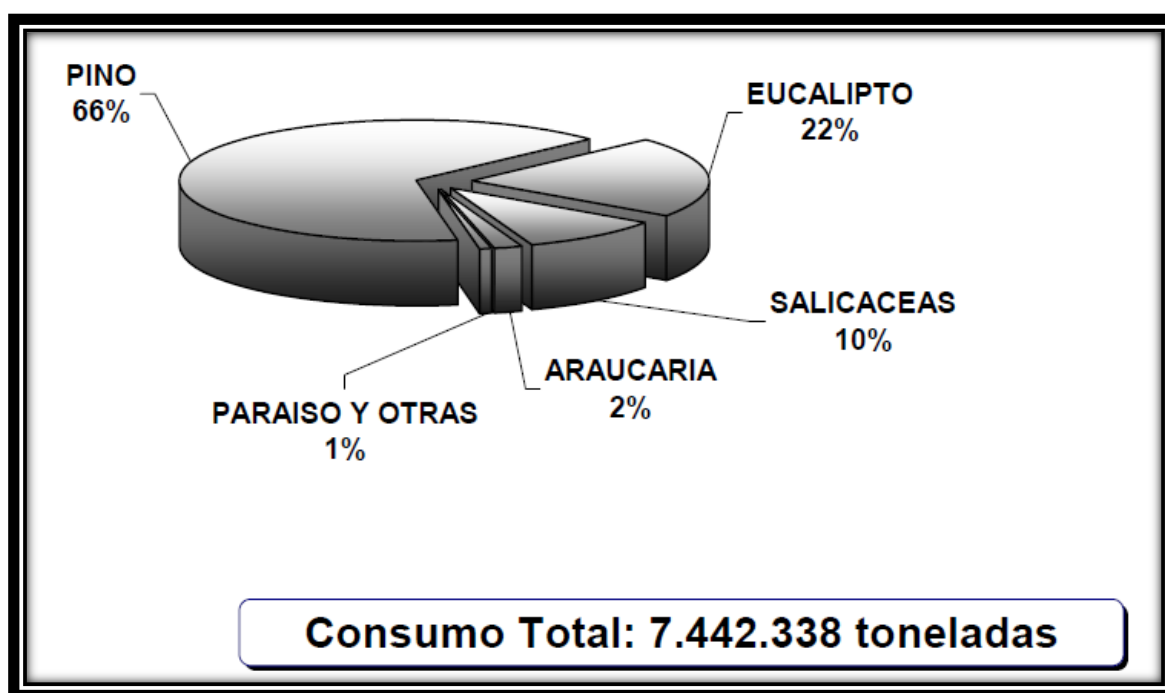


Fuente: Inventario Forestal de Bosques Cultivados.

Prácticamente el 60% de las forestaciones del país corresponde a especies de coníferas, fundamentalmente *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* y en menor medida otras especies como *Araucaria angustifolia*, *Pinus ponderosa* y *Pseudotsuga menziesii*.

En Misiones se ha alcanzado el mayor grado de madurez; la actividad forestal constituye para esta provincia uno de los ejes de la economía contando con una planta de pulpa de escala internacional, una fábrica de papel competitiva, una planta de tableros de fibra (MDF) moderna, dos aserraderos de escala, decenas de aserraderos medianos y competitivos y cientos de aserraderos pequeños. Cabe mencionar el gran desarrollo que tuvo lugar en esta provincia el segmento de las remanufacturas de madera de pino entre las que se destacan: machimbres, molduras y tableros alistonados.

La Provincia de Entre Ríos cuenta con gran cantidad de pequeños aserraderos que procesan madera de eucaliptos y también de pinos. En general se están generando inversiones importantes en Pymes, sobre todo en aserraderos que avanzaron en remanufacturas. En general el mercado se ha reactivado por el consumo interno.

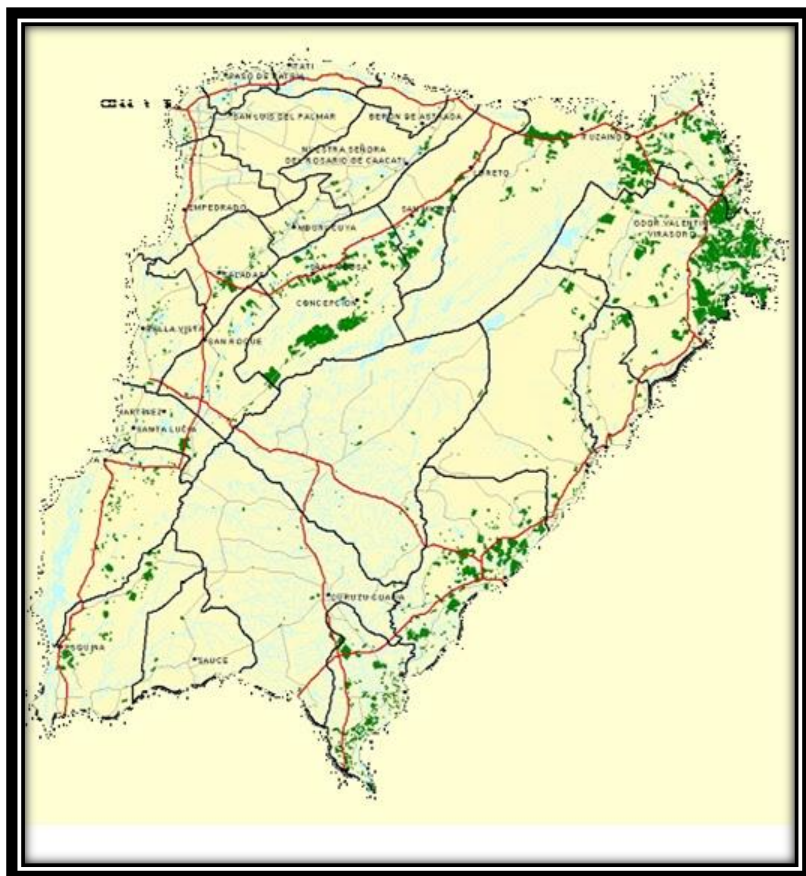


Fuente: Inventario Forestal de Bosques Cultivados.

La mayor parte del consumo nacional de maderas de los aserraderos corresponde a especies implantadas de las cuales prevalece pino y en menor medida eucalipto y salicáceas.

La provincia de Corrientes tiene uno de los mayores potenciales de crecimiento respecto de los demás sectores productivos, el ritmo de aumento de la superficie de los bosques implantados es el más alto del país y sus tasas de crecimiento son muy altas. Corrientes cuenta con la mayor superficie forestada del país: alrededor de 500.000 hectáreas.

La distribución del área forestada permite constatar que seis departamentos correntinos (Santo Tomé, Ituzaingó, Paso de los Libres, Concepción, San Martín y San Miguel), reúnen más del 80 por ciento de la superficie provincial cultivada con pinos, eucaliptos y otras especies.



Mapa foresto industrial de la provincia de ctes. Fuente: NEA Corrientes forestal

Se han realizado trabajos donde se muestran una caracterización de diferentes aspectos ecológicos de los suelos de pinares. La descomposición de los materiales más representativos de la hojarasca está influenciada por diferentes factores y en general el proceso completo de la descomposición de acículas de pino se realiza lentamente debido a la alta concentración de materiales difícilmente biodegradables.

Los estudios presentes en los pinares en el proceso de descomposición de la hojarasca, constituida mayoritariamente por acículas (este tipo de hoja presenta unos elevados niveles de compuestos de lenta tasa de descomposición ralentizando las etapas más tempranas de este proceso, como también son partícipes estimuladores de episodios de incendios), demuestran que contribuye a la modificación de los suelos: combustión de la materia orgánica, aumento del PH, erosión, etc.

Hay que tener en cuenta la evolución del PH en la hojarasca. Un estudio realizado en Suecia durante nueve años (1985-1994) observó un avance de la acidificación del suelo, este hecho es bastante comprensible ya que la hojarasca del pino es considerada como “acidificante” ya que presenta un fuerte contenido en lignina, en lípidos y presencia de taninos.



Estudio de impacto de plantaciones. Fuente: CONICET 2017

DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS

Acidificación de suelos

La acidez constituye otra causa de degradación de los suelos, determinándose por el valor de su pH (si se aumenta la concentración de hidrógeno disminuye la magnitud del pH y si disminuimos la concentración de iones hidrógenos aumenta el pH).

Los suelos que han sido afectados por esta causa representan 3,4 millones de ha (hectáreas).

El exceso de acidez, alcalinidad y salinidad figuran entre los factores limitantes para obtener una buena cosecha en un determinado cultivo.

Los suelos ácidos, son aquellos cuyo pH es menor de 7 (quiere decir que la reacción de solución del suelo es ácida); los suelos neutros, cuando su pH es igual a 7; suelos alcalinos o básicos cuando el valor sea superior a 7, lo que significaría que la reacción de la solución del suelo es alcalina o básica.

Cuando el pH es menor que 4 (debido a ácidos minerales) se consideran fuertemente ácidos y cuando es superior a 9 (debido a que hay presencia de carbonatos de calcio) se consideran fuertemente alcalinos.

Para el desarrollo de los cultivos el pH óptimo se encuentra entre 5 y 7.5 unidades.

Algunos autores opinan que no se debe perder de vista, la aplicación al suelo, año tras año de fertilizantes industriales fisiológicamente ácidos como el cloruro de potasio, cloruro de aluminio, sulfato de amonio, entre otros; pues al hacer un uso continuado de los mismos podría provocarse un aumento considerable de la acidez, influyendo en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, bajando los rendimientos agrícolas.

Otro aspecto importante para tener en consideración es el uso de los abonos comerciales en los suelos. Se debe tener presente la acidez de cambio presente en el suelo y no dejar rotar cada año los fertilizantes fisiológicamente ácidos con los alcalinos y neutros.

Algunos suelos son naturalmente ácidos, pero también pueden acidificarse producto de la acción de la lluvia ácida o de la deposición en seco de gases y partículas ácidas.

Se ha estimado que la principal causa atmosférica de la acidificación está dada por la creciente presencia en ésta de óxidos de azufre y nitrógeno emitidos por la quema de combustibles fósiles, como ocurre en las centrales térmicas.

Cuadro 3. Términos descriptivos de los suelos según el pH y efectos esperables en cada rango.

Término descriptivo	Rango de pH en agua	Efectos esperables
Extremadamente ácido	< 4,5	Condiciones muy desfavorables
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0	Toxicidad de Al^{+3} y Exceso de Co, Cu, Fe, Mn y Zn
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5	Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P, S Actividad bacteriana escasa
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0	Adecuado para la mayoría de los cultivos
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5	Máxima disponibilidad de nutrientes
Neutro	6,6 – 7,3	Mínimos efectos tóxicos Bajo pH 7,0 no hay carbonato de calcio
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8	Suelos generalmente con $CaCO_3$
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4	Disminuye la disponibilidad de P Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe, Mn, Zn Clorosis férrica
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0	En suelos no sódicos, puede haber $MgCO_3$ Mayores problemas de clorosis férrica Toxicidad de B
Muy fuertemente alcalino	> 9,0	Presencia de carbonato de sodio Suelo sódico Toxicidad de B y Na Deficiencias de micronutrientes excepto Mo Actividad microbiana escasa Condiciones muy desfavorables

Fuentes: Soil Society of América, 1987; porta, López- Acevedo y Roquero, 1999, Brady y Weil, 2002; Schoeneberger et al., 2002.

Desechos en aserraderos

El sector del aserrío está compuesto por una gran cantidad de establecimientos pequeños, casi familiares y unos pocos instalados como industrias. Son estos últimos los que deciden el comportamiento y la dinámica del mercado.

El grado de desarrollo de los aserraderos es importante y su equipamiento para secado y conversión de la madera también tiene envergadura.

El pino taeda, elliottii y el eucaliptus grandis son las dos especies de mayor empleo en las industrias de aserrío en la región mesopotámica argentina.

En la Mesopotamia argentina (Entre Ríos, Corrientes y Misiones) existe una gran producción de residuos de la industria de la madera, los cuales se componen desde los restos del apeo de árboles (ramas, corteza, etc.) hasta los restos obtenidos en la transformación primaria y secundaria de la madera (costaneros, viruta, aserrín, polvo de lijado, recortes, etc.).

En general el régimen de aprovechamiento o rendimiento en la industria maderera, comparando volumen de entrada de materia prima con volumen de salida de productos elaborados, es bajo.

Los valores indican un aprovechamiento de aproximadamente 48% lo cual da idea de la magnitud de los residuos generados y el problema que representa esto para la misma industria, en cuanto al manejo y ubicación física del mismo, o para la sociedad en particular que debe soportar los efectos de la quema sin aprovechamiento y en general sin control de contaminantes emitidos de estos residuos.

Aserraderos por departamento y por tipo, en establecimientos							
Departamento Nombre	Aserradero Bosque Cultivado	Aserradero Bosque Nativo	Aserradero con Remanufactura	Aserradero sin Información	Sin Actividad	Sin datos	Total general
Alvear	1			1			2
Bella Vista	7	2					9
Capital	8	3			1		12
Concepcion	38				1		39
Empedrado	2						2
Esquina	2	4	1				7
General Paz	3			1			4
Goya	8	1			1		10
Itati	3	2					5
Ituzaingo	27		1		1		29
Lavalle	10	1					11
Mburucuya	2				1		3
Monte Caseros	21			2	3		26
Paso de los Libres	7						7
Saladas	8			1			9
San Cosme	3	1					4
San Luis del Palmar	3			1			4
San Martin	8						8
San Miguel	4						4
San Roque	3						3
Santo Tome	26		3		3		32
Sauce	1						1
Curuzu Cuatia	1						1
Sin datos							
Total general	196	14	5	6	11		232

Aserraderos de localidades en ctes. Fuente: NEA Corrientes forestal

El aserrín y la corteza resultan desechos de la industria de la elaboración de la madera.

En el mundo se desarrollan cada día nuevas tecnologías para dar un uso racional a estos residuos, que además contribuyen con su acumulación a la contaminación del entorno.

El aserrín, uno de los residuos forestales de mayor impacto ambiental. No son pocos los expertos y las instituciones a nivel global y local, incluida la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) que, de un tiempo a la fecha, advierten sobre el impacto del aserrín como agente contaminante del suelo y del agua.

Sin embargo, todavía se acumulan en los patios de los aserraderos o son vertidos en los alrededores de comunidades rurales, con el consecuente perjuicio para todos. Debemos considerar además que la degradación natural de los residuos de la industria es casi nula.

Pero hay más por lo que preocuparse. Estos subproductos reducen el espacio disponible en los centros de elaboración de la madera y con ello la movilidad necesaria para la producción; generan y acumulan polvo en el aire, que conlleva otro mal, el de la emisión de dióxido de carbono a la atmosfera, y perjudican la salud de los trabajadores y de los

habitantes de zonas cercanas a los aserraderos, a la vez que suponen otros problemas ambientales por incendios y auto combustión.

El aserrín acumulado en el bosque o en los aserraderos constituye un depósito y un foco para la propagación de hongos (especialmente de los géneros *fomes*, *schyzophylum* y *polyporus* entre otros) que provocan la podredumbre de los árboles moribundos o muertos con un contenido de humedad relativamente alto. Los residuos pueden ser un medio ideal para la propagación de plagas y enfermedades.

La cuestión del uso de los desechos madereros es muy compleja, sobre todo en los países en desarrollo y depende de consideraciones económicas y de medios de transporte.



Aserradero de la provincia de ctes, año 2023



Desechos de aserradero de la provincia de ctes, año 2006

Materiales de construcción sustentables

El impacto ambiental ha generado nuevos modos de construir, haciendo hincapié en producir materiales no convencionales.

La arquitectura y construcción actuales no solo buscan innovar en el diseño, sino también en el uso de materiales de construcción no convencionales. Es por eso que, en los últimos tiempos, han comenzado a utilizarse, en forma experimental en algunos casos, materiales no convencionales y/o reciclados para la construcción de viviendas. Cuando el material utilizado es reciclado o podría reutilizarse, se habla de materiales de construcción sostenibles.

El que un material de construcción sea considerado sustentable depende tanto de su obtención, como del transporte que requiere su traslado. Por eso, cada vez más, se privilegia el uso de materiales de la zona en que se construirá, que no requieran largos traslados. También es necesario que sea un material de larga duración, no contaminante,

que sea un recurso renovable, autóctono y, en caso de ser fabricado industrialmente, que consuma poca energía para su fabricación e incluya material reciclado en su composición.

A raíz de los efectos que generan las construcciones sobre el cambio climático es necesario que tanto durante el proceso constructivo de una obra como sobre el edificio terminado podamos saber que impacto produce sobre el medio ambiente, poder disminuirlo y controlarlo.

Sería interesante y novedoso que en nuestro país los habitantes puedan saber que contiene el edificio que van a habitar, que gases emite dicho edificio, que consumo energético tiene, etc.

Es por eso por lo que los materiales sustentables proponen consolidar una base de datos de aquellos materiales y servicios que aporten al cuidado del medio ambiente.

Podemos considerar materiales de construcción sostenibles a aquellos que sean duraderos y que necesiten un escaso mantenimiento, que puedan reutilizarse, reciclarse o recuperarse.

Siempre produce menor impacto reutilizar y reciclar que desechar.

No se puede negar la importancia de los materiales de construcción sostenibles al momento de idear un modelo de construcción sustentable. Hemos pasado por cambios fundamentales en el desarrollo de la obtención de los materiales, ya que tiempo atrás las poblaciones rurales los conseguían en las proximidades con un bajo impacto sobre el territorio. Luego, con medios de extracción y elaboración más poderosa y eficaz, y medios de transporte más accesibles, la producción de materiales devino en una actividad de alto impacto.

En síntesis, podríamos considerar las siguientes pautas para una selección de materiales sostenibles:

Que tengan larga duración

Que puedan ajustarse a diferentes modelos

Que sean valorizables

Que sean no contaminantes, de bajas emisiones de gases

Que consuman poca energía en su ciclo de vida

Que provengan de fuentes renovables

Que posean un porcentaje de material reciclado

Que al final de su vida útil sean recuperables y reciclables

Incidencia ambiental de los materiales de construcción

Hay 5 puntos en los que podemos focalizar el impacto que causan los materiales sobre la salud y el medio ambiente:

Consumo de energía

Utilizar materiales de bajo consumo energético en todo su ciclo vital, será uno de los mejores indicadores de sostenibilidad. Los materiales pétreos como la tierra, la grava o la arena, y otros como la madera, presentan el mejor comportamiento energético, y los plásticos y los metales, sobre todo el aluminio, el más negativo.

Los plásticos y los metales consumen mucha energía en el proceso de fabricación; sin embargo, los plásticos son muy aislantes y los metales, muy resistentes.

Consumo de recursos naturales

El consumo a gran escala de ciertos materiales puede llevar a su desaparición. Sería una opción interesante el uso de materiales que provengan de recursos renovables y abundantes, como la madera.

Impacto sobre los ecosistemas

El uso de materiales cuyos recursos no provengan de ecosistemas sensibles, es otro punto a tener en cuenta. Como la bauxita que proviene de las selvas tropicales para fabricar el aluminio o las maderas tropicales sin garantías de su origen.

Emisiones que generan

La capa de ozono se redujo, entre otras razones, por la emisión de los clorofluorocarbonos. El efecto invernadero se produjo como consecuencia de la emisión de gases como el metano y el dióxido de carbono.

El PVC, defensor en la causa en la industria del cloro, debido a sus emisiones de furanos y dioxinas, tan contaminantes, van siendo prohibidos en cada vez más usos, como el suministro de agua para consumo humano.

Comportamiento como residuo

Al concluir su vida útil, los materiales pueden causar graves problemas ambientales. El impacto será menor o mayor según su destino (reciclaje, incineración, reutilización directa).

El uso posterior de vigas de madera, antiguas tejas cerámicas o material metálico para chatarra es muy apreciable.

Ciclo de vida de los materiales

Extracción: consideración por la transformación del medio.

Producción: plástico y metal: emisiones generales y consumo energético.

Transporte: consumo de energía (más alto cuanto de más lejos provenga el material) y emisiones de gases.

Puesta en obra: riesgos sobre la salud de la población y generación de residuos.

Deconstrucción: emisiones contaminantes y transformación del medio, residuos.

La comunidad mundial está muy preocupada por el uso sostenible de los recursos naturales por parte de las generaciones presentes y futuras, y por la calidad del medio ambiente.

Tiende a crearse una ética ambiental; se habla, por ejemplo, cada vez más, de usar sin abusar, los recursos, de no forzarlos, de reutilizarlos, de hacer más con menos.

El término “desarrollo sostenible” fue difundido por el informe de la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo. En el mismo se define el desarrollo sostenible como el que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para hacer frente a las suyas.

Por esta causa ninguna rama de las ciencias o la tecnología escapa al análisis ecológico o ambiental.

Según Lester Brown, “la revolución ambiental” está forjando un cambio universal y profundo en los valores humanos, al transformar, ante todo, nuestras percepciones acerca del mundo en que vivimos. Por primera vez la humanidad despertó a una verdad básica: la naturaleza es finita y el uso equivocado de la biosfera amenaza, en última instancia, la propia existencia humana (Brown, 1992).

Es indispensable crear tareas de investigación para obtener tecnologías que contribuyan a reducir el costo ecológico de las transformaciones agrarias y a potenciar recursos actualmente desaprovechados o sub aprovechados.

Entre las actividades susceptibles de degradar el ambiente se consideran las que propenden a la acumulación de residuos, basuras, desechos y desperdicios.

Las personas siempre han generado residuos, lo que sucede es que nunca como ahora los problemas originados por elevado nivel de producción y el escaso reciclaje habían sido tan importantes. Considerables cantidades de residuos que en su mayoría no se volverán a utilizar nunca más, se acumulan por doquier, rompiendo lo esencial en la economía de los ecosistemas.

Recuperar, reciclar, reutilizar son las “erres” que deben marcar el próximo milenio.

En el tema que nos ocupa, podemos señalar que la acumulación de residuos en los aserraderos provoca:

Que al descomponerse los mismos, se devuelva a la atmosfera el dióxido de carbono contenido en la materia orgánica. El contenido de CO₂ en la atmosfera está aumentando a un índice de entre un 0,4 y 0,48% anual, que es el índice más rápido que se haya registrado jamás en los últimos 500 millones de años. Si no se toman medidas inmediatas para contrarrestar esta situación, se prevé que entre los años 2025 y 2050, el contenido de CO₂ atmosférico se duplicara. Se presume que el marcado aumento que se está registrando actualmente en los niveles de CO₂ tendrá profundos efectos en el clima de la tierra, así como en los ecosistemas naturales y su biodiversidad.

Que por la incidencia del sol y las altas temperaturas de nuestro país se provoca en las grandes montañas de aserrín una descomposición a baja temperatura, producto de lo cual se emiten gases contaminantes al medio ambiente. Por otro lado, esta combustión aumenta la temperatura en la zona, provocando un efecto invernadero, lo cual ocurre fundamentalmente en la parte externa, por lo que estas partículas, al quedar con muy poco peso, son arrastradas por el aire.

Estos residuos constituyen un medio ideal para la generación de plagas y enfermedades. Por lo tanto, transformar estos desechos en productos de uso social se traduce también como la aplicación de tecnología para el saneamiento ambiental.



Residuos de aserraderos. Año 2023

OBJETO DEL TRABAJO

La búsqueda del ladrillo sin cocción como material ecológico y sustentable.

Planteo de la metodología

El principal objeto es el desarrollo de ladrillos sin cocción, como material ecológico y sustentable de la construcción, alternativa a los ladrillos tradicionales cocidos.

Se trabajará utilizando el limo arcilloso, residuos como acículas de pino procedentes de sectores forestales y residuos como aserrín, desechos de los sectores aserraderos.

Para ello se han seguido los siguientes pasos:

- **Estudio del arte de la técnica del ladrillo sin cocción, orígenes y desarrollo.**
- **Realización de las pruebas necesarias en laboratorio para poder determinar las distintas combinaciones de materiales implementados.**
- **Establecimiento y especificación del comportamiento óptimo de los ladrillos mediante la realización de diversos ensayos que prueben la durabilidad y resistencia de la nueva pieza constructiva.**
- **Planteo de un nuevo concepto de autoconstrucción a partir del uso de residuos de distintos sectores madereros de la Mesopotamia Argentina.**
- **Concientización hacia el uso de materiales ecológicos de construcción como una alternativa viable y sostenible.**

CASO DE ESTUDIO:

DESARROLLO DE NATUBLOCK

En este capítulo se desarrollará el caso de “NATUBLOCK”.

Son ladrillos ecológicos sin cocción mediante la incorporación de residuos procedentes de la industria forestal, bosques nativos e implantados, (acículas de pino) y de la industria maderera, aserraderos, (aserrín), con bajo costo energético y económico al remplazar los materiales por otros menos beneficiosos para el medio ambiente. Colaboración que contribuye a mejorar las capacidades tecnológicas y ayudan a pensar alternativas sustentables, desde una visión social y ecológica en el sector de la construcción.

Los aspectos favorables en el desarrollo del proyecto son los siguientes:

- **Aprovechamiento de los residuos procedentes de bosques nativos e implantados y de los aserraderos.**
- **Disminución de la acidificación de los suelos en pinares.**
- **Minimización del gasto energético en el proceso de elaboración de los ladrillos.**
- **Eliminación de emisión de CO₂ al ser un ladrillo sin cocción.**
- **Disminución en la erosión de suelos.**
- **Contribución en la eliminación de los residuos de los aserraderos (el aserrín), evitando también la emisión de dióxido de carbono a la atmosfera, la propagación de plagas y posibles focos ígneos.**

RESEÑA HISTORICA

El adobe

El barro es quizás, el material de construcción más antiguo de la humanidad. De hecho, el barro se encuentra presente en las viviendas más antiguas conocidas, estas son, construcciones que datan del año 8.300 a.C., excavadas en Oriente Próximo, de forma circular y levantadas con ladrillos de adobe. Incluso la ciudad de Atenas, contrariamente a la creencia popular que la imagina como una ciudad construida en mármol, estaba edificada mediante ladrillos de adobe.

Esta sencilla mezcla de arcilla con paja que una vez compactada es dejada secar al sol, ha acompañado al ser humano desde que empezó a construir. Y sigue empleándose en

muchas regiones del mundo como un método sencillo, duradero y ecológicamente impecable.

El adobe ha sido empleado en todos aquellos lugares donde la geología y el clima lo han permitido. Su fácil elaboración permitía que los propios habitantes de las viviendas confeccionasen sus propios ladrillos. Para hacerlo bastaba con que hubiese en la zona tierra arcillosa. Se mojaba, se batía, se colocaba dentro de unos marcos y se dejaba secar al sol. Para los últimos retoques bastaba con prensarlo con la mano, nivelarlo y desmoldarlo.

El terreno ideal para confeccionar el adobe son las cuencas limosas próximas a los ríos. En ellas se puede obtener una arcilla untuosa, muy apropiada para moldear ladrillos de adobe.

No hay que olvidar que la plasticidad de la tierra depende de su contenido en arcilla. La mezcla ideal para confeccionar ladrillos de adobe contiene un 20% de arcilla y un 80% de arena.

Consecuentemente, las propiedades del adobe van a estar ligadas a la composición del suelo del que provenga.

En el caso de que el suelo sea excesivamente arcilloso, exigirá la incorporación de una mayor proporción de arena para balancear la mezcla.

En las construcciones de adobe, un mismo material puede asumir todas las funciones necesarias para concluir la construcción.

La tierra, transformada en adobas, mortero o revoco, estructura, unifica y protege toda la construcción.

En función de su combinación con agua, arena, paja, yeso o cal, da lugar a todos los elementos necesarios para lograr concluir la vivienda.

Desde la solidez de las piezas de adobe solidificadas por la acción del sol hasta la plasticidad del mortero combinado con yeso o cal, la tierra se convierte en el único elemento material imprescindible.

Y así, las estructuras de adobe se convierten en sólidos muros que resisten perfectamente el paso del tiempo.

El grosor de los muros es importante por varios motivos. En primer lugar, proporciona la solidez necesaria para que las piezas de adobe soporten el peso de toda la estructura de la casa. En segundo lugar, mejora su resistencia a las variaciones higrométricas que provocan los cambios de temperatura, y protege la estructura de la desecación con que amenaza la continua insolación. Por último, el grosor de los muros contribuye a aumentar la inercia térmica de la vivienda contribuyendo a que su interior conserve temperaturas estables durante todo el año; los muros de tierra absorben el calor del día y lo liberan poco a poco durante el frío de la noche en invierno y viceversa en verano. El grosor de los muros también proporciona a la construcción otras cualidades como la insonorización acústica y el aislamiento frente a radiaciones electromagnéticas.

Cuando la fabricación de los muros de adobe ha sido la adecuada, su densidad es semejante a la del hormigón. Pero al contrario que éste, presenta la ventaja de intercambiar la humedad con el exterior.

Además, el adobe es un material prácticamente ignífugo e incombustible.

Aunque las medidas y tipos de tierra que se emplean en cada zona son diferentes, el sistema de fabricación es muy similar en todas ellas. A saber, se recolecta la tierra de las inmediaciones de la localidad, se criba para limpiarla de impurezas (raíces y piedras), se amontona y mezcla con paja, y posteriormente se le añade agua y se pisa para facilitar una mixtura fluida y homogénea. Una vez completada la mezcla, se vuelca en unos moldes rectangulares de madera. El barro se aprieta bien con las manos retirando el sobrante con un rasero para lograr que las piezas queden lisas.

Finalmente, una vez hechos los adobes, se dejan secar al sol. Conforme el agua que contienen se va evaporando, los ladrillos van ganando consistencia. Y cuando ya son capaces de sostenerse por sí mismos, se cambian de lado para que se sequen de forma homogénea. Al cabo de unos pocos días están listos para ser apilados. Una vez que ha pasado un mes, los adobes son ya tan resistentes como el cemento.

Al no requerir el uso de combustible para su elaboración, el adobe es un material excelente desde el punto de vista de su eficiencia energética. Esta ventaja encajaba a la perfección con el sistema económico tradicional, convirtiéndose en un material idóneo para aquellos que no podían hacer frente al coste de los ladrillos cocidos o bien no disponían de piedra en las inmediaciones de su localidad.

Aunque paradójicamente, en el imaginario tradicional el adobe estaba asociado a la pobreza de los habitantes que lo empleaban y era considerado un material inestable y quebradizo, el testimonio de la pirámide de Dahsur en Egipto o los trechos de la muralla china que están contruidos con adobe desmienten esta supuesta fragilidad.

El adobe es un material duradero y resistente si se protege bien de la humedad. Para ello, es necesario que posea un basamento resistente, un tejado que lo impermeabilice y un revoque que lo cubra.



Edificio de adobe y ladrillo en Tauste, España



Edificios de adobe en Alhama de Aragón, España

El ladrillo

Orígenes y desarrollos.

El ladrillo simboliza más que una simple masa de barro para construir muros, un ladrillo es un símbolo de la construcción misma. Este paralepípedo es el alma mater de la arquitectura. Nunca una receta tan sencilla fue capaz de dar lugar a tantos usos, alimentando el progreso del hombre y sus construcciones, igual en la prehistoria, que en la edad media hasta llegar a la actualidad. Cuando empezaron a erguirse las primeras ciudades en los comienzos de la humanidad, el ladrillo ya era la piel cobertora en el habitat del hombre.

El ladrillo es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre. En los primeros tiempos se lo elaboro en su forma cruda, que es el adobe. Su difusión se debió a que el hombre le dio el tamaño que se acomodaba a su mano y para hacerlo recurrió a materias primas accesibles, que se pueden encontrar casi en cualquier parte.

No puede menos que llamar la atención que con elementos tan comunes como la tierra, el agua, el aire (para el secado) y el fuego (para la cocción) el hombre logro fabricar un material de construcción que, con muy pocas variantes tecnológicas, siguen manteniendo plena vigencia y demanda.

Se sabe que el ladrillo se originó en las antiguas civilizaciones del Medio Oriente que tenían sus centros en territorios que hoy corresponden a Irak e Irán aproximadamente, pero que extendían mucho más su influencia y se remontan en el tiempo a más de dos mil

quinientos años antes de nuestra era. Desde esa región, las caravanas de pueblos nómades y, sucesivamente las conquistas de Alejandro Magno, del Imperio Romano y la rutas comerciales de Marco Polo pusieron en contacto a las diversas culturas y contribuyeron a generalizar, entre otras costumbres y modalidades, el uso del ladrillo.

Como el adobe es atacado por el agua, en las regiones con grandes precipitaciones, se comenzaron a desarrollar las técnicas de cocción, que le dan una definitiva estabilidad como material de construcción. Dan cuenta de su lejano pasado los restos de mastabas y zigurats que aún se encuentran, casi siempre sepultados por la arena de los desiertos, destruidos por el abandono y principalmente por la acción del clima. Sobre el adobe (es decir el ladrillo crudo) tan débil a la erosión. La mítica torre de Babel es el modelo emblemático de esos zigurats, cuya memoria perdura con un pie en la historia y otra en la leyenda.

Los pueblos que habían utilizado la piedra empezaban a reemplazarla por el ladrillo, al resultar mucho más sencillas y asequibles las técnicas de producción y de colocación de este último, además de la facilidad que otorga la regularidad de la forma.

Podemos definir que el ladrillo es una “piedra artificial” de forma geométrica, que resulta de la propiedad plástica de la materia prima empleada, la arcilla que al moldearse con agua, una vez seca y tras su posterior cocción adquiere una gran dureza y resistencia. Se llega así al ladrillo común “de campo” tan conocido y popularizado en nuestros días.

El hombre descubre el fuego hace más de 100.000 años y solo 7.000 años atrás descubre que humectando, amasando, secando y posteriormente sometiendo a cocción las arcillas se tornan estables y resistentes, logrando lo que conocemos como cerámica. Es apenas 5500 años que los sumerios aplicaron por primera vez la cerámica a la construcción, elaborando ladrillos que reemplazarían a la piedra. Esto ocurrió en las llanuras mesopotámicas, donde se establecieron tribus nómades dando origen al sedentarismo que hace surgir las primeras ciudades del mundo, en sumeria, y que propiciara el desarrollo de las construcciones de ladrillos. Estos a su vez brindan la posibilidad de ser combinados y trabados entre sí, facilitando la rigidización de los mampuestos.

El uso del ladrillo, se popularizó en el mundo conocido por los europeos gracias a que la técnica de producción resultó muy sencilla, como también la técnica de colocación.

Entre ambas se acortaron los tiempos de construcción, se incrementó la posibilidad de expresión y se enriquecieron de manera notable, especialmente, las fachadas. Uno de los ejemplos característicos de este desarrollo es la notable basílica de Santa Sofía, en Constantinopla, la actual Estambul, en Turquía Europea, donde las cúpulas se ejecutaron con ladrillos. Esto significó la utilización del ladrillo no solo como decorativo y ornamental sino también como elemento estructural, como en los minaretes y mezquitas diseminados por Asia.

Es difícil asegurar con exactitud qué pueblo desarrolló el uso del ladrillo, teniendo en cuenta que a través de la historia se verifica una sucesión de ocupaciones, conquistas e

intercambios comerciales y culturales. De esta manera el uso del ladrillo fue incrementándose en función del desarrollo cultural.

En la mayoría de las ciudades europeas que florecieron en el medioevo y el renacimiento, se conservan monumentales construcciones hechas de ladrillo, particularmente en España, Italia, Francia, Holanda, Bélgica y Alemania.

Ya en el siglo XX, fueron España e Italia los países que más contribuyeron nuevos criterios de diseño de los más actuales ladrillos cerámicos.

En tanto, en América, las civilizaciones precolombinas no muestran antecedentes del uso del ladrillo. Para la mayoría de las construcciones importantes se recurría a la piedra encuadrada y pulimentada. En el caso de las originarias culturas centroamericanas y mexicanas, se han encontrado vestigios del uso de adobe de grandes dimensiones, pero en templos y palacios se empleaba siempre la piedra. Los Incas y sus predecesores utilizaron la piedra en el altiplano y el adobe en regiones costeras, lo que en general se repitió en todo tipo de construcciones. Con la llegada de los conquistadores españoles se incorporó el uso del ladrillo cocido a las nuevas

Construcciones de relevancia, pero el adobe, por razones de economía y facilidad, se continuó usando.

Esta reseña es sumamente breve e incompleta de la larga historia del ladrillo, elemento de construcción que sirve a la humanidad desde los más antiguos tiempos y continua formando parte de su vida.

Valen estos párrafos para tributar homenajes al esfuerzo decidido de la incontable gente que continua produciéndolo, ya sea de la manera más precaria o bien a través del diseño y aplicación de las más avanzadas tecnologías, que podrán mejorar el proceso y la calidad del ladrillo, pero que no logran superar la nobleza perdurable de un material hecho por el hombre a su medida y con medios esenciales que le brinda la naturaleza.

INVESTIGACION EXPERIMENTAL

En el incansable camino hacia la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente, la innovación en la construcción ha tomado un papel fundamental. Entre las soluciones eco amigables que han surgido, se desarrolló el NATUBLOCK, un ladrillo ecológico compuesto por elementos naturales. Este material no solo promete resistencia estructural, sino que también abraza la responsabilidad ambiental al utilizar ingredientes cuidadosamente seleccionados: tierra, aserrín y acículas de pino. En este contexto, exploraremos los componentes fundamentales del NATUBLOCK, comprendiendo su impacto positivo en la construcción sostenible. Desde su origen en suelos francos limosos hasta la inclusión de aserrín y desechos de aserraderos, hasta la esencia misma de las acículas de pino, cada elemento desempeña un papel crucial en la creación de un material de construcción que no solo edifica estructuras, sino también un futuro más respetuoso con nuestro planeta. A continuación se desarrollaran los materiales que dan forma al NATUBLOCK.

Materiales a utilizar en la fabricación del NATUBLOCK

Suelo franco limoso

El suelo limoso está compuesto de partículas que son de menor tamaño y más suave al tacto que las que se encuentran en los suelos arenosos. Conserva el agua por un lapso mayor, así como los nutrientes. Su color por lo general, es marrón oscuro, los limos son el resultado de la combinación de una mezcla de arena fina y arcilla que forma una especie de barro junto al lodo y restos vegetales.

Este tipo de suelos, se origina por lo general, en el lecho de los ríos. Son suelos que resultan ser muy productivos debido a su grado de humedad y nutrientes. Más fácil de cultivar que suelos arenosos o los de arcilla.

El limo es un sedimento clástico incoherente que es trasladado en suspensión por los ríos y por el viento, que se acumula en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0,0039 mm a 0,0625 mm.

Es típico el limo que se acumula en el río Nilo después de las inundaciones periódicas que proporcionaban terreno fértil para la agricultura, desde el antiguo Egipto, hasta que este flujo fue interrumpido por la construcción de la presa de Asuán.

Al no tener cohesión, es un terreno que presenta muchas dificultades para construir sobre él y en obras de arquitectura o ingeniería, es necesario adoptar sistemas especiales de cimentación.

El Limo puede ser tanto orgánico como inorgánico.

Limo orgánico o Légamo: está compuesto por barro, lodo, restos vegetales.

Limo inorgánico: con incorporación de polvo de rocas. En este tipo se encuentra el loess pampeano: limo fino sin estratificación.

Dentro de la clasificación granulométrica de las partículas del suelo, los limos se ubican en el siguiente lugar en lo que se refiere al escalafón:

Granulometría

Se conoce como clasificación granulométrica o granulometría, a la medida y regulación que es realizada a los granos de una constitución sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con la finalidad de analizar y estudiar, su origen así como de sus características mecánicas y el cómputo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños que han sido determinados por una escala granulométrica.

Partícula Tamaño

Arcillas < 0,0039 mm

Limos 0,0039-0,0625 mm

Arenas 0,0625-2 mm

Gravas 2-64 mm

Cantos rodados 64-256 mm

Bloques >256 mm

Suelo limoso natural

Los suelos limosos tienen la particularidad de que pueden retener el agua por más tiempo, que otros tipos de suelos. Su color es marrón oscuro, los limos es la combinación de arena fina y arcilla que forma una especie de barro junto al lodo y restos vegetales.

Limo en estado húmedo

Como se ha dicho, el limo es un material de sedimento cuyas medidas resultan ser la media entre las de la arena y la arcilla. Es llevado por el agua en las inundación, forma un depósito fértil en el suelo de los valles. El tamaño de partícula del limo oscila entre 0,002 y 0,06 mm.

El limo es un material no plástico o de baja plasticidad debido a su finura. Dada su finura, cuando se moja, se transforma en un lodo suave, con el que se puede formar con facilidad bolas u otras formas en la mano, y cuando el suelo de cieno está muy mojado, se mezcla totalmente con el agua para formar charcos finos y húmedos de barro.



Suelo Franco Limoso

Suelos mixtos, franco limoso y franco

Se le llama suelo franco a las zonas superficiales del terreno, que está compuesto cuantitativa en proporciones excelentes o muy próximas a ellas. Es suelo de una gran productividad agrícola, gracias a su: Textura relativamente suelta -propiciada por la arena- Fertilidad -que es dada por los limos.



Suelos mixtos, franco limoso y franco

Características

El suelo limoso es aquel cuya componente principal y en mayor medida es el limo, el cual es un sedimento cuyo tamaño no pasa de los 0,05 milímetros. Debido a su tamaño tan pequeño y ligero, es llevado por medio de las corrientes de aire y de los ríos y es depositado en diferentes áreas, particularmente en aquellas cercanas a los cauces de los ríos.

El suelo limoso es una de las tres clasificaciones de los suelos según su textura, siendo los otros dos suelos arenosos y arcillosos.

El suelo arenoso tiene la particularidad de tener una textura más gruesa, son ásperos y poco cohesivo. Por otro lado, el suelo arcilloso resulta espumoso al humedecerse y es bastante impermeable.

Por su parte los suelos limosos están compuestos también por partículas de grava, arcilla y arena; quizás, es esta característica, es la que los hace tan productivos y aptos para trabajarlos. No obstante, para que un suelo limoso sea estimado como tal, debe estar compuesto en por lo menos un 80% de limo.

La propiedad frágil y suave del limo, es la que hace que pueda viajar con el viento y el agua. Mientras ese recorrido se desarrolla, las partículas se hacen más y más pequeñas, producido por el impacto que sufren con diferentes superficies en el camino y a otros procesos químicos que suceden en este traslado.

El limo tiene la capacidad de alterar totalmente la apariencia de los paisajes, debido a que después de su viaje puede acumularse en espacios como lagunas o humedales.

Al incrementarse el tamaño de este cúmulo, el agua que allí se encuentra se traslada a otra masa de agua. De hecho, muchos deltas se han originado como resultado del traslado y depósito de limo.



Elementos que componen el suelo franco limoso

A continuación, las principales características más importantes de los suelos limosos, cuáles son los sitios en donde se pueden encontrar y qué cultivos son más fértiles en sus superficies.

Granulado

Los granos de los suelos limosos tiene la particularidad que son pequeños, aunque tienen los granos un poco más grandes que los granos de arcilla, pero un poco más pequeños que los granos de arena fina.

Por otro lado el limo tiene la peculiaridad de que todos sus gránulos son más o menos del mismo tamaño, si se toma en cuenta todas sus dimensiones; esto lo distingue de la arcilla, cuyos granos son más irregulares entre sí.

Las partículas que componen el suelo limoso son ligeras, razón por la que este tipo de gránulos son transportados con facilidad por medio del viento y del agua.

Fácil de moldear

Por lo general, es de color marrón muy oscuro y, al tocarlo, pueden llegar a ser confundidos un poco con los suelos arcillosos debido a que los dos son fáciles de moldear y pegajosos cuando están húmedos.

No obstante, los suelos limosos son frágiles cuando se secan, lo que los diferencia de los suelos arcillosos, que son firmes y compactos. El suelo limoso posee suavidad e inconsistencia cuando está húmedo, pero cuando se seca, tiene la particularidad de tener una textura como la del polvo, debido a que se desmorona.



Suelo Franco Limoso

Fértil

El suelo limos tiene la particularidad de ser muy fértil, debido a la materia orgánica que posee, tiene un ritmo alto de descomposición. Como resultado de esto se produce una gran cantidad de nutrientes y, por las propiedades de los suelos limosos, estos nutrientes son retenidos durante más tiempo en dicho suelo.

Los suelos limosos presentan una gran facilidad para trabajarlos y cultivarlos. Son suelos suaves que cuelean el agua y no muestran un aspecto plástica cuando están mojados.



Marga es un tipo de textura del suelo que contiene una mezcla de partículas de arena, limo y arcilla. Muchas plantas crecen mejor en suelo arcilloso, ya que no sólo mantener la humedad sino que también proporciona la circulación de aire. Sin embargo, no todos los suelos limosos son idénticos; que se clasifican en función de sus proporciones de arena, limo y arcilla.

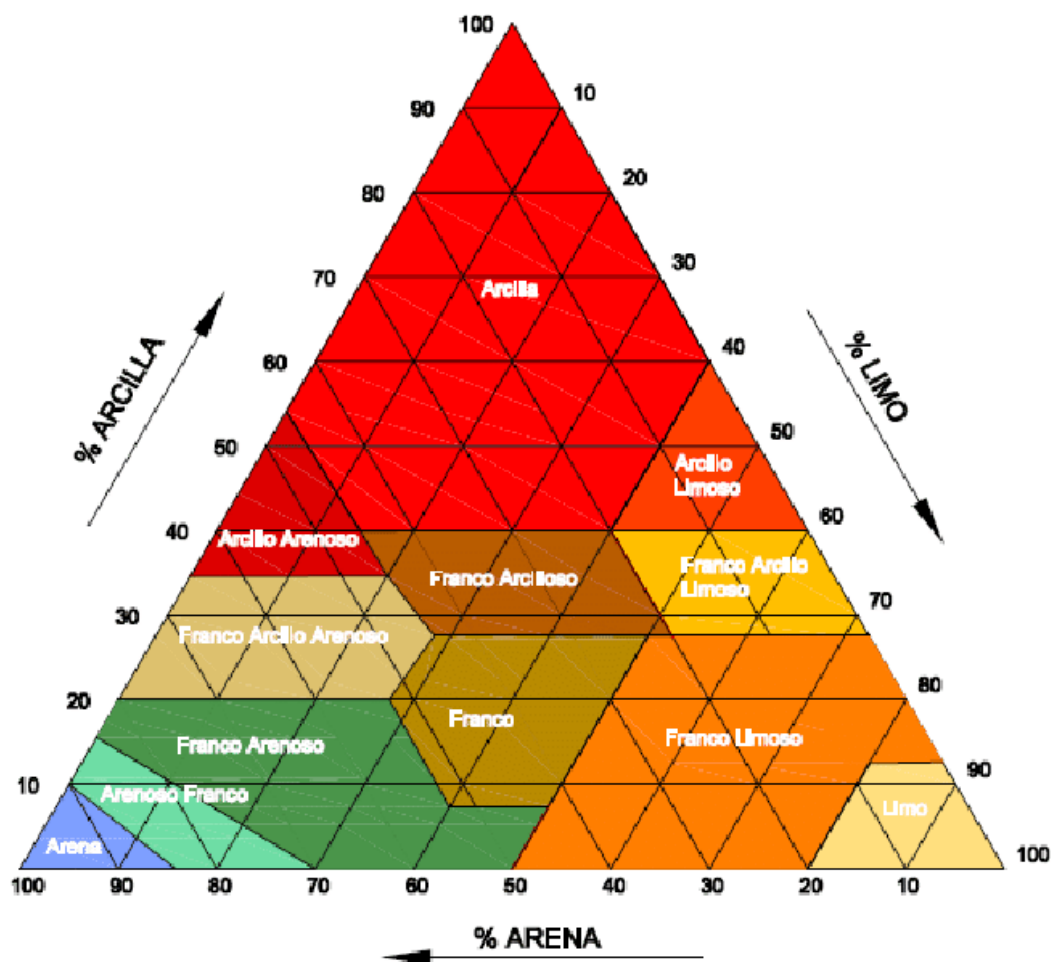
Fundamentos de la textura del suelo

Arena, el mayor tipo de partículas del suelo, es arenosa al tacto. Los suelos arenosos tienen una buena ventilación, pero no tienen agua de pozo. Las partículas de limo son de menor tamaño que son arena y suave, pero no pegajosa. Las partículas de arcilla son los más pequeños y sentirse pegajosa al tacto. Los suelos arcillosos retienen bien el agua, pero no permiten la circulación del aire, lo que hace que sea difícil para que las plantas crezcan.

Tipos de marga

La clasificación de los suelos limosos se lleva a cabo según las proporciones de las diferentes partículas del suelo. Por ejemplo, arenas francas son la mayor parte de arena, pero contienen algo de limo y arcilla. Franco arcilloso tiene incluso proporciones de arena, limo y arcilla, pero es pegajoso al tacto, cuando está humedecido. Franco limoso es principalmente limo, pero también contiene arcilla y arena.

Puede encontrar las condiciones de proporción de limo, arcilla y arena en diversos tipos de suelo franco, tales como arcilla limosa y franco arcillo arenoso, por medio del examen de un diagrama USDA llamado el “Triángulo de Textura del suelo.”



Triángulo de Texturas

Textura identificar

Lo primero que se debe hacer es identificar el tipo de suelo que tiene, para lo que se debe exprimir un macizo de tierra humedecida en una bola, se abre la mano y observar cómo la pelota se fractura con facilidad. Los suelos que tienen una textura gruesa, como por ejemplo arena arenas arcillosas y se rompen con facilidad, margas arenosas y margas limo, cuya textura media, cambian de forma fácil y no se rompe tan fácilmente

Arcillas y limos arcillosos, que tienen una textura fina y por lo general, se siente algo pegajosa, no se rompen más de otras texturas.



Nivel limo-arcilloso en el monte del silo

El suelo se modifica

Para la modificación de los suelos se utilizan lo que se conoce como enmiendas del suelo, lo cual sirve para mejorar la textura del mismo. Por ejemplo, si se trata de un suelo franco arenoso, enmiendas del suelo contribuyen a que el suelo retenga más agua.

Si el suelo es un suelo franco arcilloso o limoso, modificaciones incrementan la circulación de aire y hacer que el suelo sea menos pegajoso.

Enmiendas del suelo comunes son a base de compost, abono edad, turba de Sphagnum, virutas de madera o corteza de madera dura. Se debe definir la textura del suelo antes de la agregarla enmiendas para que pueda determinar qué modificaciones será la más efectiva.



Enmiendas del suelo

Suelo limoso para construcción

Del mismo modo como se sabe que el suelo limoso es perfecto para la agricultura dado a su elevado nivel de fertilidad, también es relevante resaltar que puede que no sea el suelo apropiado para la construcción de viviendas y otras estructuras.

El suelo limoso, como ya hemos visto, tiene la particularidad de ser húmedo y frío, debido a la gran capacidad para retener agua durante bastante tiempo. Esto lo hace un suelo que se desaguan muy lentamente y con inestabilidad, por lo que es un suelo que puede extenderse como resultado de la retención de humedad, puede chocar permanentemente con una estructura y, con el tiempo, debilitarla. De hecho, investigaciones realizadas hace poco tiempo, han concluido que hay la probabilidad de que el limo juegue un rol importante en la licuefacción del suelo, que es la debilitación de la superficie posterior a un movimiento telúrico. La licuefacción puede resultar mortal, dado que, al debilitarse el suelo que es la base de la estructura, ésta se puede derrumbar.

Aserrín

El aserrín es el desperdicio del proceso de serrado de la madera, como el que se produce en un aserradero. Los residuos forestales, sobre todo el aserrín, son altamente contaminantes para el Medio ambiente. No son pocos los expertos y las instituciones a nivel global y local, incluida la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) que, de un tiempo a la fecha, advierten sobre el impacto del aserrín como agente contaminante del suelo y del agua.

Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizadas como recurso energético: biomasa natural, residual seca y húmeda y los cultivos energéticos. La biomasa residual (seca y húmeda) son los residuos que se generan en las actividades de agricultura y ganadería, en las forestales, en la industria maderera y agroalimentaria, entre otras y que todavía pueden ser utilizados.

El procesamiento de la madera genera cantidades considerables de desechos en forma de aserrín y pequeños pedazos de madera, que causan problemas ambientales por su quema o el vertido en ríos. Se generan grandes cantidades de aserrín de diferentes maderas. El aserrín constituye uno de los residuos forestales más abundantes, por lo que se hace necesario aprovechar estos residuos y así minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente.

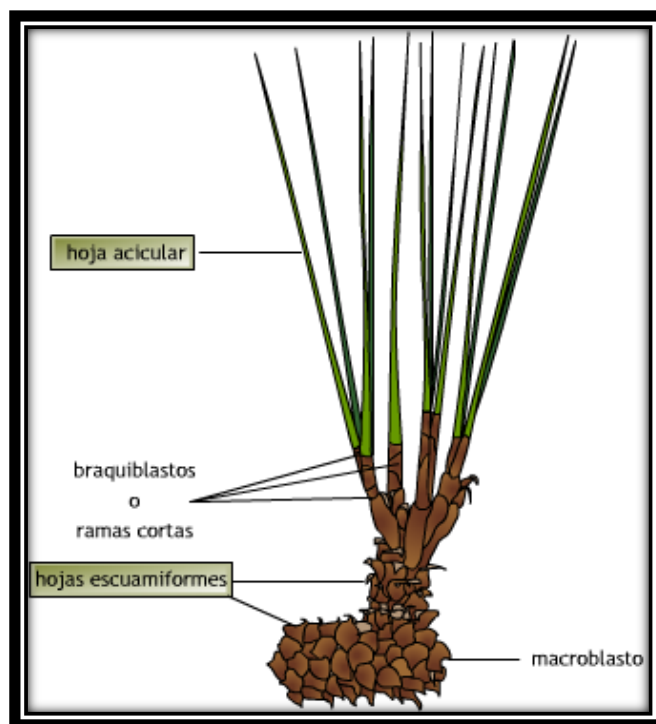
El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral.

Acículas de pino (pinocha)



Hojas aciculares de pino.

Acícula (del latín vulgar *acūcūla*, diminutivo de *acūs* aguja) es el término empleado en botánica para designar aguijones finos y delicados que no son hirientes. En algunas regiones recibe el nombre de pinocha. Por extensión, los órganos aciculares son aquellos con forma larga y fina, muy especialmente las hojas de los pinos. También tienen forma acicular las hojas coloquialmente llamadas cebollinas, a las que también se llama simplemente «acículas».



Morfología de acícula de pino. Fuente: facultad de ciencias agrarias

Por lo regular simplemente las llamamos hojas de pino, pero su nombre preciso es acículas. Y no es un nombre exclusivo de ello, ya que también así se le conoce a las hojas de otros árboles como puede ser el abeto y el cedro.

Su forma es muy particular, bastante distinta a las de otros árboles: cuando pensamos en una hoja, se nos viene a la mente su forma plana. Pero en este caso es distinto, ya que más bien parecen unas agujas.

Son lineares e incluso si la tomas desde el extremo, puedes sentir una sensación punzante. Y la forma en la que se encuentra en la planta es en los braquiblastos, un pequeño tallo muy limitado, donde las hojas se agrupan en fascículos.

Y aun así incluso entre ellos hay cambios, ya que según la especie la forma de la agrupación será distinta. Por lo que para algunas vendrá en una forma redondeada, mientras que para otras será una bastante irregular.

El NATUBLOCK, ladrillo ecológico, compuesto por tierra, aserrín y acículas de pino, se alinea rigurosamente con los estándares establecidos por la normativa peruana. En particular, nos referimos a la Norma E.080 "Diseño y construcción con tierra reforzada" del Reglamento Nacional de Edificaciones. Esta normativa guía los parámetros en la fabricación del NATUBLOCK.

REQUISITOS DE LOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES DE TIERRA REFORZADA (Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, LIMA_PERU)

Tierra: debe verificarse que la tierra contenga adecuada presencia de arcilla mediante las pruebas indicadas en los anexos N° 1 y 2 de la presente norma. Asimismo, que se encuentre libre de cantidades perjudiciales de materia orgánica. Su resistencia debe cumplir lo indicado en el artículo 8, inciso 8.1 (para adobe) de dicha norma.

Artículo 8, inciso 8.1_ Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la resistencia del material tierra a la compresión se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- a) La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0,1m de arista.**
- b) La resistencia ultima se calcula conforme a la expresión siguiente
 $f_o = 1.0\text{Mpa} = 10.2\text{kgf/cm}^2$**
- c) Los cubos de adobe deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia ultima indicada.**

Agua: debe cumplir las características siguientes

- a) Agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.**
- b) Estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas.**
- c) El agua de mar solo puede emplearse se cuenta con la autorización del proyectista y del responsable de la supervisión.**

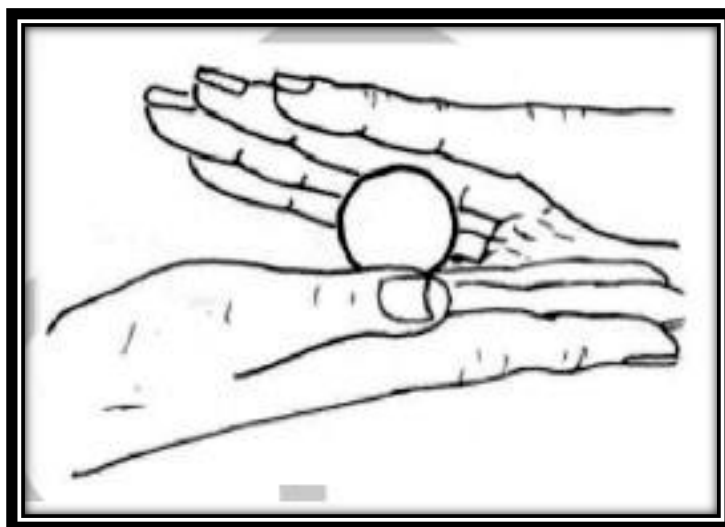
Anexo N° 1. Prueba “Cinta de barro”

Para tener una primera evaluación de la existencia de arcilla en un suelo se puede realizar la prueba “Cinta de barro” (en un tiempo aproximado de 10 minutos).

Utilizando una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso. Si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla.

Anexo N°2. Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”

Formar cuatro bolitas con tierra de la zona. Utilizar la tierra de la zona que se considera apropiada para emplearla como material de construcción y agregarle una mínima cantidad de agua para hacer cuatro bolitas. La cantidad de agua es la mínima necesaria para formar sobre las palmas de las manos cada una de las bolitas, sin que estas se deformen significativamente a simple vista, al secarse.



Dejar secar las cuatro bolitas.

Las cuatro bolitas deben dejarse secar por 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrames de agua, etc.

Presionar las cuatro bolitas secas.

Una vez transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano.

En caso que luego de la prueba, se quiebre, rompa o agriete al menos una sola bolita se debe volver a formar cuatro bolitas con los mismos materiales y dejando secar en las mismas condiciones anteriores.



Luego del tiempo de secado, se debe repetir la prueba.

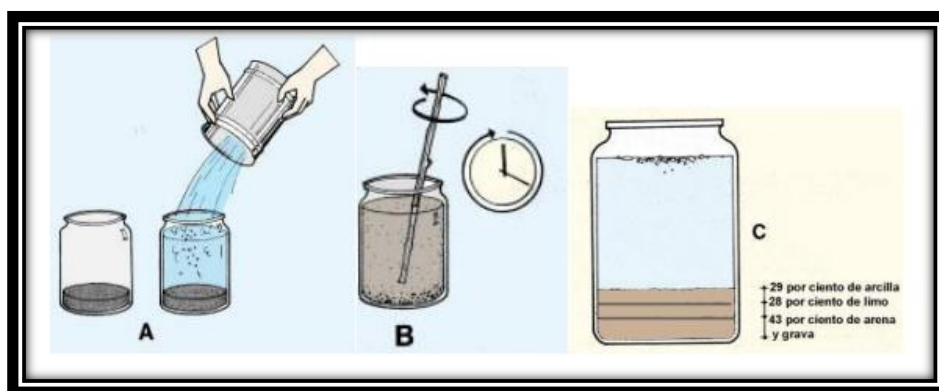
Si se vuelve a romper, quebrar o agrietar, se debe desechar la cantera de suelo donde se ha obtenido la tierra. Salvo que se mezcle con arcilla o suelo muy arcilloso.

En caso, que luego de la prueba no se rompa, no se quiebre o no se agriete ninguna de las cuatro bolitas, dicha cantera puede utilizarse como material de construcción.

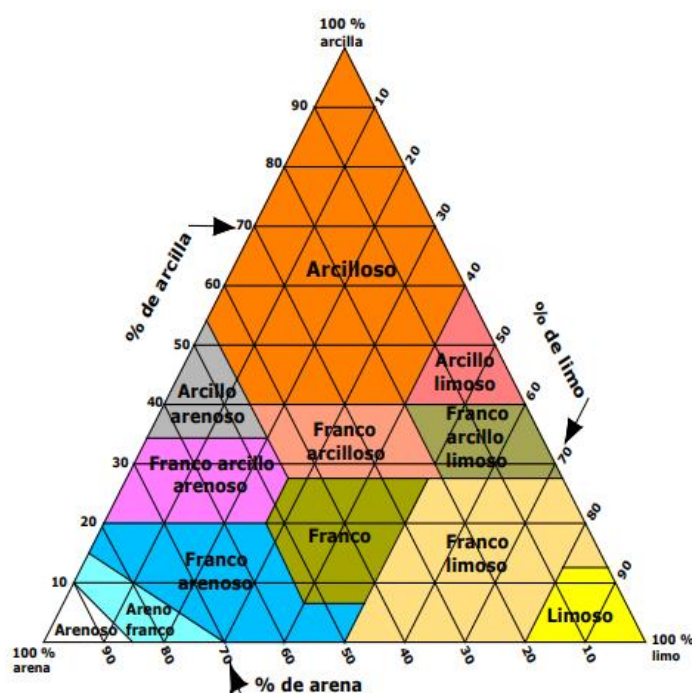
Aplicación al caso de estudio

Análisis de suelo

Tomamos una muestra de suelo, para ello cavamos un agujero de 30cm de profundidad y recogemos tierra de todos los niveles de ese hoyo. En un recipiente transparente, por ejemplo una botella de agua, metemos la muestra de suelo con ayuda de un embudo. Llenamos $\frac{3}{4}$ partes la botella de agua, agitamos y dejamos reposar. Cuando haya reposado mediremos la altura total de la tierra depositada en la botella y la altura de las diferentes capas que se han depositado. En el fondo, estarán los elementos más gruesos como arena o grava, luego elementos finos como limo y luego los más finos como las arcillas. Sabiendo la altura total de todas las capas y la altura parcial de cada una, podemos saber la proporción o tanto por cien de cada una de las capas.

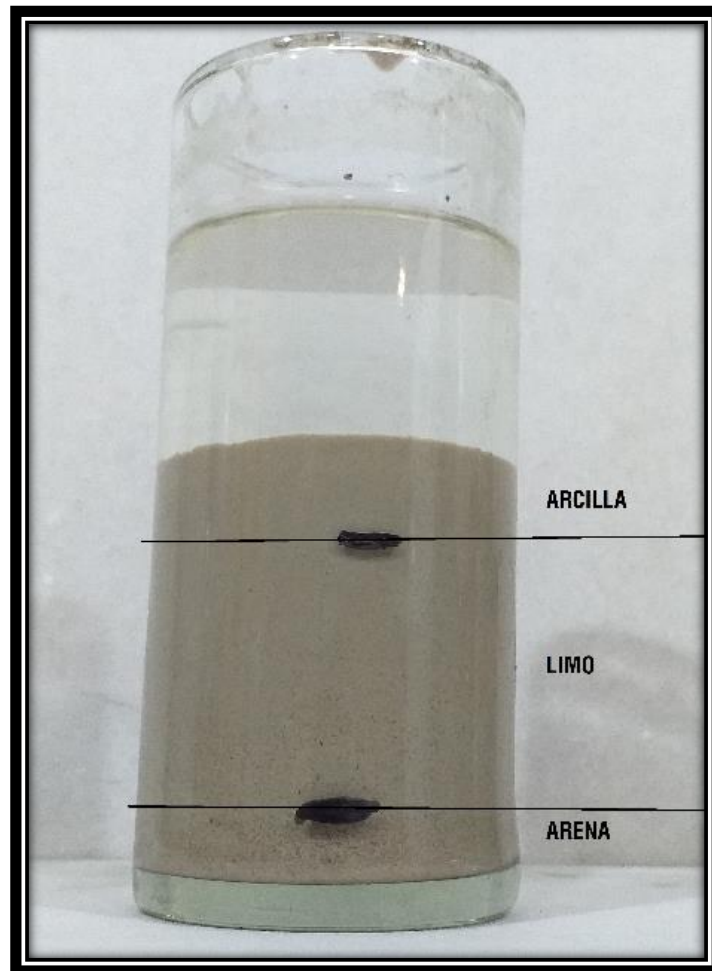


Una vez calculado el % utilizamos el siguiente triángulo de análisis de suelo:

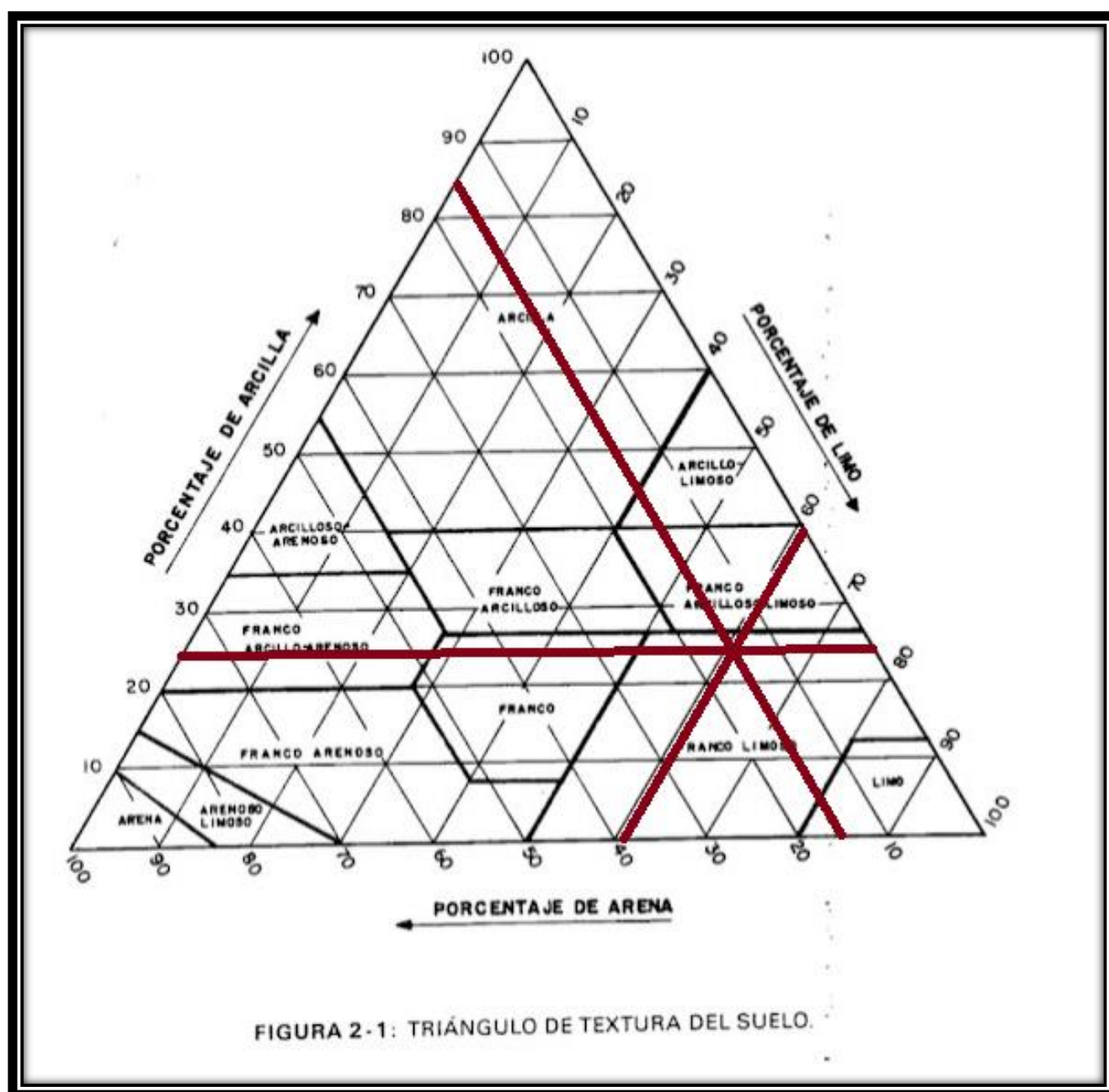


Metodología

Se extrajo una muestra del suelo a analizar y se realizó el ensayo de pruebas de textura. El análisis de dicha muestra arrojó que el suelo es óptimo para usar en dicho proyecto.



El suelo a usar para el desarrollo de ladrillo ecológico, según análisis, contiene 15% de Arena, 61% de Limo y 24% de Arcilla, calificando en el triángulo de texturas como suelo Franco Limoso.



La metodología diseñada para este proyecto está dividida en varias etapas, se realizaron ensayos a distintos tipos de muestras con diversas combinaciones en el porcentaje de los materiales a usar, a fin de encontrar la dosificación óptima para llegar al ladrillo definitivo. Teniendo en cuenta la novedad del producto que se propone, la utilización de suelo y aditivos como los residuos forestales (acícula de pino) y de aserraderos (aserrín), no fue posible elaborar directamente el ladrillo ecológico deseado ya que no se contaba con referencias biográficas concretas al respecto.

Composición de mezclas

A continuación se especifican las combinaciones ensayadas con suelo franco limoso en cada muestra. Se debe tener en cuenta que los porcentajes de aditivos a los que se hace referencia en las siguientes tablas están calculados sobre suelo seco.

Combinación de dosificaciones

MUESTRA	TIERRA	PINOCHA	ASERRIN	DOSIFICACION
N°1	50%	16.6%	33.3%	3:1:2
N°2	33.3%	16.6%	50%	2:1:3
N°3	16.6%	33.3%	50%	1:2:3
N°4	50%	33.3%	16.6%	3:2:1
N°5	33.3%	50%	16.6%	2:3:1
N°6	16.6%	50%	33.3%	1:3:2

Fuente: elaboración propia

Preparación de muestras

Una vez verificado que el suelo es óptimo para el uso en la composición del ladrillo, se prosigue con el experimento.

Se extrajo la tierra de la zona para un posterior tamizado con el fin de tener un material limpio de materias orgánicas, piedras y otras impurezas.



Tierra tamizada. Fuente: elaboración propia

Se recolecto el aserrín producto de los desechos de aserraderos de la zona para un posterior tamizado con el fin de eliminar virutas de gran tamaño, cortezas u otros residuos no requeridos en la fabricación del ladrillo ecológico.



Aserrín tamizado. Fuente: elaboración propia

También se recolectaron las acículas de pino (pinocha) de plantaciones de la zona, para una posterior clasificación, eliminando cortezas, ramas u otros posibles elementos que se pudieron incluir en la colecta. Es de suma importancia que se eliminen las acículas que hayan empezado un proceso de descomposición ya que no tienen las mismas características en su composición orgánica, perdiendo resistencia como fibra necesaria en la composición del ladrillo ecológico que una acícula sin descomponer. Una vez obtenido el material clasificado y sin impurezas se procedió al triturado de las acículas obteniendo la medida deseada para integrar a la masa/mezcla que conforma el ladrillo ecológico. La medida elegida de las acículas trituradas tiene un rango de entre 2cm a 5cm de largo, esto permite una mejor incorporación y mezclado de la masa a utilizar en la fabricación del ladrillo ecológico denominado NATUBLOCK.



Acículas de pino triturada. Fuente: elaboración propia

Una vez recolectados y procesados los distintos materiales a usar, se continuó la etapa de la preparación de las muestras y cada una de las diferentes combinaciones.



Tierra, aserrín y pinocha. Fuente: elaboración propia

Para cada combinación se fabricaron seis probetas por ensayo a realizar (resistencia a compresión y absorción) y por fecha de ensayo (10 y 28 días), es decir, 24 por combinación. Hay que decir que, como el número de ensayos a realizar no es el mismo en todas las fases del proyecto, el número aproximado de probetas varía.

Para cada combinación es necesario conocer el contenido óptimo de humedad. La mezcla preparada con el contenido óptimo de humedad dejaba la mezcla totalmente homogénea.

Son probetas cilíndricas, compactas, macizas, sin cavidades ni oquedades, de 110 mm de diámetro y 50 mm de altura



Molde y probetas. Fuente: elaboración propia.

Muestra N°1

Para la muestra N°1 se realizaron 24 probetas con una dosificación 3:1:2, es decir, 50% de tierra, 16,6% de pinocha y 33,3% de aserrín, las mismas fueron curadas a 10 y 28 días para posteriormente ser ensayadas y pesadas.



Fuente: elaboración propia

Muestra N°2

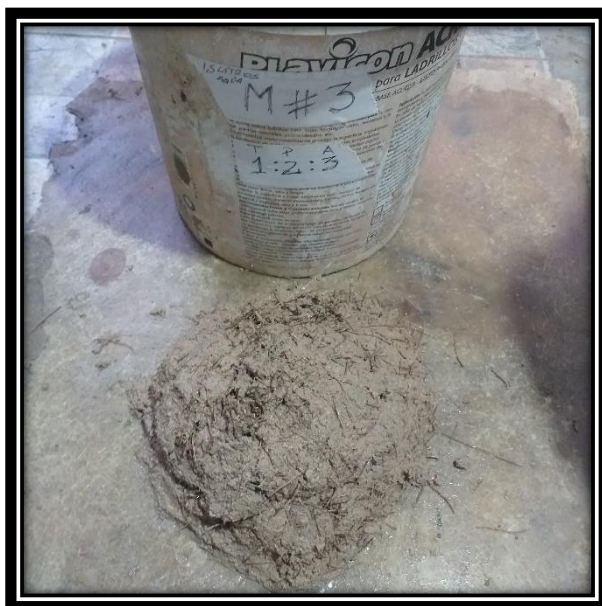
Para la muestra N°2 se realizaron 24 probetas con una dosificación 2:1:3, es decir, 33,3% de tierra, 16,6% de pinocha y 50% de aserrín, las mismas fueron curadas a 10 y 28 días para posteriormente ser ensayadas y pesadas.



Fuente: elaboración propia

Muestra N°3

Para la muestra N°3 se realizaron 24 probetas con una dosificación 1:2:3, es decir, 16,6% de tierra, 33,3% de pinocha y 50% de aserrín, las mismas fueron curadas a 10 y 28 días para posteriormente ser ensayadas y pesadas.



Fuente: elaboración propia

Muestra N°4

Para la muestra N°4 se realizaron 24 probetas con una dosificación 3:2:1, es decir, 50% de tierra, 33,3% de pinocha y 16,6% de aserrín, las mismas fueron curadas a 10 y 28 días para posteriormente ser ensayadas y pesadas.



Fuente: elaboración propia

Muestra N°5

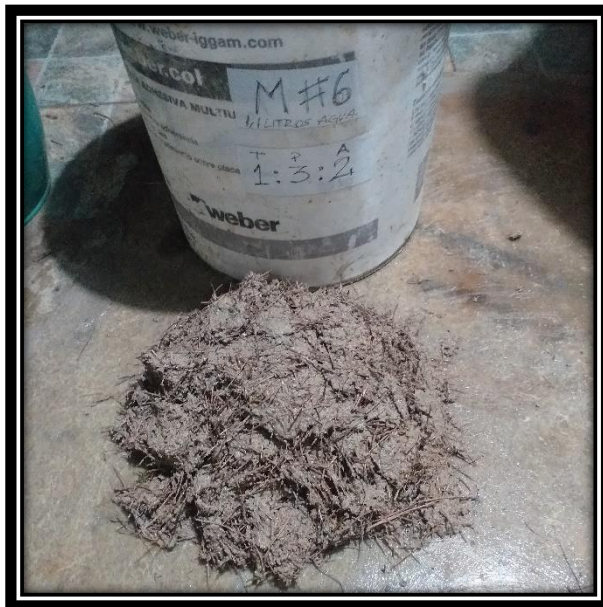
Para la muestra N°5 se realizaron 24 probetas con una dosificación 2:3:1, es decir, 33,3% de tierra, 50% de pinocha y 16,6% de aserrín, las mismas fueron curadas a 10 y 28 días para posteriormente ser ensayadas y pesadas.



Fuente: elaboración propia

Muestra N°6

Para la muestra N°6 se realizaron 24 probetas con una dosificación 1:3:2, es decir, 16,6% de tierra, 50% de pinocha y 33,3% de aserrín, las mismas fueron curadas a 10 y 28 días para posteriormente ser ensayadas y pesadas.



Fuente: elaboración propia

Todas las muestras se dejaron secar en un ambiente controlado, en un lugar semi cubierto donde se evitó la exposición directa del sol y de posibles lluvias. Cada una de las muestras fue pesada al momento de ser desmoldadas, así mismo a los 10 y 28 días y también antes y después de cada ensayo realizado.



Pesaje de muestras. Fuente: elaboración propia

Materia prima

Antes de realizar el proceso de fabricación es importante conocer la materia prima, su composición y su comportamiento, para ello se realizaron los ensayos ya antes mencionados de, prueba de texturas, prueba cinta de barro y prueba de presencia de arcillas o resistencia seca.

Extracción y meteorización

Para la fabricación se utilizó tierra de la zona, según análisis desarrollados, un suelo franco limoso, optimo como materia prima en uso para los ladrillos ecológicos. Una vez extraído el suelo es necesario dejarlo reposar para que se produzca un proceso de secado para un posterior tamizado, con el fin de tener un suelo limpio, sin materia orgánica, piedras y otras impurezas, lo que luego da un mejor manejo para moldear y mejorar los productos terminados.

Preparación

Luego comienza el proceso de amasado del barro, en este caso se usó una maquina hormigonera de 1hp, primero se agregó la tierra, posteriormente el agua necesaria como para realizar una pasta homogénea y luego se incorporó la pinocha y el aserrín que son necesarios para evitar las roturas o grietas debido a las contracciones producidas en el proceso de secado. El buen amasado es parte fundamental en el proceso de fabricación ya que todos los materiales a usar deben estar incorporados de una forma correcta a la mezcla. Se procedió de la misma forma en cada elaboración de las distintas muestras y sus respectivos porcentajes de los materiales a usar.

Moldeo

La mezcla es sacada de la máquina y se colocó en una carretilla con el fin de trasladar hasta la mesa de moldeo. El moldeo fue realizado a mano introduciendo la mezcla en los distintos moldes previamente preparados, para ello se usaron caños de PVC de 110mm y una altura de 50mm. Seguidamente, con una tablilla se retiró la mezcla sobrante y así fue llevado al sector de secado.

Secado

Una vez que la muestra fue llevada al sector de secado, un ambiente controlado, semi cubierto donde no llega el sol directo y las posibles lluvias. Se lo dejo oreando uno o dos días para después voltear cada muestra de forma que la mayor superficie quede libre y tenga un secado parejo en toda su volumetría. Las distintas muestras fueron curadas a 10 y 28 días para luego realizarse los ensayos de compresión simple y de absorción.

Ensayo de resistencia a compresión simple

El objetivo de este ensayo es conocer las propiedades mecánicas en cuanto a resistencia a compresión simple (en MPa) de cada combinación estudiada. Para la realización de este ensayo se ha utilizado una prensa hidráulica que va ejerciendo una carga continua sobre la muestra hasta completar la rotura de la misma tal y como dicta la norma.

Se realizaron seis probetas idénticas por combinación a ensayar, con lo que el resultado final es la media aritmética de todas las muestras.

Al mismo tiempo, como medida de control, cada una de las probetas se pesó antes de ser ensayada a compresión simple para ver así la posible pérdida de peso que sufrían desde el momento de fabricación hasta que eran ensayadas a cada determinada edad de curado. Se deduce que la variación de peso que sufren las probetas durante el curado es debida a una pérdida de humedad por desecación. De esta manera se garantiza que los resultados obtenidos de resistencia son debidos al efecto cementante de los aditivos y no a una desecación elevada de las propias probetas.

La resistencia a la compresión (f_b) se determina dividiendo la carga de rotura (P_u) entre el área bruta (A) de la unidad cuando esta es sólida o tubular, la norma peruana; sin embargo, considera siempre como divisor el área bruta, para evitar errores y poder comparar valores de resistencia directamente. Así, se obtiene el valor (Gallegos & Casabonne, 2005).

$$f = \frac{P_u}{A} \quad \text{Ecuación 5. Resistencia a la compresión}$$

Donde:

f = Resistencia a la compresión (Kg/cm²)

P_u = Carga Aplicada (Kg)

A = Área de aplicación de la carga (cm²)



Prensa hidráulica. Fuente: laboratorio de vialidad, corrientes.

Ensayo de absorción

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de esta durante cinco horas y el coeficiente de saturación, que es la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes (Gallegos & Casabonne, 2005).

$$P2 - P1$$

$$\%ABS = \frac{P2 - P1}{P1} * 100 \quad \text{Ecuación 7. Ecuación. Absorción de agua}$$

Donde:

%ABS = Porcentaje de absorción de agua (%)

P1 = Peso de la unidad seca (gr)

P2 = Peso de la unidad saturada (gr)

En primer lugar cabe destacar la importancia de realizar este exigente ensayo ya que aquellas combinaciones que lo superan tienen un valor añadido. Es más, este ensayo es realizado conforme dicta la norma para ladrillos convencionales puesto que de momento no hay normativa preparada para los ladrillos ecológicos. Además hay que tener en cuenta, que ninguna de las probetas sometidas a inmersión estaban protegidas con de ningún tipo de recubrimiento hidrófugo ni envolturas.



Ensayo de absorción. Fuente: elaboración propia

Al realizar unas pruebas previas, se descartó la inmersión a 1 día ya que no es tiempo suficiente como para que las probetas endurezcan lo suficiente para aguantar 24 horas sumergidas en agua. Con lo cual, se sometieron al ensayo de absorción dos probetas por cada combinación, con un mínimo de 10 días de curado, a las siguientes edades: 10, 28 días.

Como el objetivo de este ensayo era analizar y valorar el porcentaje de absorción de agua que tienen las probetas, se controló el peso (sin envoltorio) antes y después del ensayo como indica la norma. Al final del ensayo, se sometieron todas las piezas a inspección ocular para determinar cualquier tipo de anomalía: probetas rajadas, desconchadas, etcétera. Se determinó que para que una probeta superara el ensayo de absorción debía estar perfectamente, es decir, quedaban descartadas todas aquellas probetas que se encontraran semi rotas o con desperfectos.

Por añadido, y con el fin de analizar las consecuencias que tiene la inmersión en agua durante 24 horas sobre las propiedades mecánicas de las probetas ensayadas. Con ello, obtenemos unos resultados comparativos por combinaciones y edades ensayadas de la pérdida de resistencia de las mismas.

RESULTADOS

En este capítulo se analizaron y valoraron los resultados obtenidos de los ensayos realizados en cada fase.

En la primera fase se analizan básicamente los resultados obtenidos del pesaje de cada muestra, al día siguiente de ser elaborada y desmoldada, a los 10 y 28 días de edad para cada combinación propuesta.

En la segunda fase, se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión simple. Al mismo tiempo, se comparan los resultados de muestras ensayadas de la misma edad como también se analizan las variaciones que sufren las probetas a la edad de 10 y 28 días de edad en cada combinación de dosificaciones.

En la tercera fase, se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados a inmersión en agua. Al mismo tiempo, se comparan los resultados de muestras ensayadas de la misma edad como también se analizan las variaciones que sufren las probetas a la edad de 10 y 28 días de edad en cada combinación de dosificaciones.

En la cuarta fase, se presentan los resultados referentes a los ladrillos definitivos relativos a los ensayos de resistencia y absorción.

Primera fase

En la fase inicial fueron seleccionadas cuidadosamente las 4 mejores muestras de cada dosificación. Seguidamente cada muestra fue meticulosamente pesada al día siguiente de su elaboración y desmolde, utilizando una balanza de cocina digital con una capacidad máxima de 3kg. Este enfoque preciso garantizó una manipulación cuidadosa, evitando modificaciones físicas y asegurando que las muestras mantuvieran sus dimensiones originales.

En la tabla 1 se detallan los resultados obtenidos del pesaje de las 6 dosificaciones, cada una con sus 4 muestras respectivas, tanto en el día inicial como a los 10 días de su desarrollo.

En la tabla 2 se detallan los resultados obtenidos del pesaje de las 6 dosificaciones, cada una con sus 4 muestras respectivas, tanto en el día inicial como a los 28 días de su desarrollo.

Tabla 1. Peso de muestras a la edad de 1 y 10 días

Mezcla	N° de muestra	1 día	10 días
M#1 3:1:2	1´	672,7 g	540,5 g
	2´	675 g	543,2 g
	4´	688,3 g	552,8 g
	5´	686,2 g	553,2 g
M#2 2:1:3	1´	537,3 g	380,1 g
	4´	529,4 g	374,4 g
	5´	532,2 g	377,1 g
	6´	535,4 g	378 g
M#3 1:2:3	2´	458,4 g	286,8 g
	4´	463,6 g	292,1 g
	5´	455,8 g	285,2g
	6´	462,6 g	285 g
M#4 3:2:1	1´	703,2 g	576 g
	2´	692,3 g	567,8 g
	4´	681,4 g	557 g
	5´	676,6 g	550,7 g
M#5 2:3:1	1´	666,4 g	535,1 g
	2´	637,7 g	516,4 g
	3´	667,4 g	529,1 g
	4´	626,9 g	497,2 g
M#6 1:3:2	1´	504,6 g	347,8 g
	2´	515,4 g	351,7 g
	3´	514,2 g	353,1 g
	4´	529,6 g	362,5 g

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Peso de muestras a la edad de 1 y 28 días

Mezcla	N° de muestra	1 día	28 días
M#1 3:1:2	1	697,5 g	539,3 g
	2	688,6 g	531,9 g
	3	685,7 g	532,1 g
	6	703,6 g	544,6 g
M#2 2:1:3	1	524,4 g	341,1 g
	2	516,9 g	339,3 g
	4	501,1 g	328,2 g
	6	520,3 g	340,1g
M#3 1:2:3	1	409,3 g	226,4 g
	2	429,7 g	238,6 g
	5	418,7 g	233,8 g
	6	422,3 g	230 g
M#4 3:2:1	1	689,3 g	526,8 g
	2	667,1 g	506,7 g
	3	679,4 g	514,7 g
	5	669,7 g	508 g
M#5 2:3:1	1	625,8 g	460,5 g
	2	627,1 g	460,1 g
	3	623,9 g	457,2 g
	4	629,9 g	457,8 g
M#6 1:3:2	1	490,7 g	290,5 g
	2	477,5 g	284,8 g
	3	495,5 g	290,4 g
	4	489 g	293,6 g

Fuente: elaboración propia

En esta fase inicial del estudio, la selección minuciosa de las cuatro muestras óptimas de cada dosificación ha sentado las bases para una evaluación detallada de las propiedades del NATUBLOCK. La meticulosa pesada de cada muestra, realizada al día siguiente de su elaboración y desmolde, mediante una balanza de cocina digital de alta precisión, ha sido fundamental. Este enfoque cuidadoso no solo garantizó la integridad física de las muestras, sino que también proporcionó datos fiables para el análisis.

Los resultados revelaron que a los 28 días de edad, las muestras exhibieron una pérdida de peso y humedad significativamente mayor en comparación con los 10 días. Este hallazgo sugiere que el NATUBLOCK experimenta transformaciones notables en su composición con el tiempo, posiblemente relacionadas con procesos de curado y secado más prolongados. Estos resultados preliminares nos impulsan a adentrarnos aún más en las complejidades de este material innovador en las fases subsiguientes del estudio.

Segunda fase

En la segunda fase de la investigación, se llevó a cabo el ensayo de resistencia a la compresión simple en las muestras a los 10 días de edad, a cubrir las 6 distintas dosificaciones y evaluando 2 muestras por cada formulación. Todas las probetas cilíndricas, al momento del ensayo, mantuvieron dimensiones uniformes de 5cm de altura y 10 cm de diámetro.

Los resultados volcados en la tabla 3 revelan variaciones significativas en las resistencias a la compresión simple entre las diferentes dosificaciones. Las muestras #3 correspondientes a la dosificación 1:2:3 destacan al mostrar los valores más bajos, con un promedio de 1,2Mpa. A continuación la muestra #2 con una dosificación 2:1:3 exhibe un promedio en sus muestras de 2 Mpa, seguida por la muestra #6 con dosificación de 1:3:2 con un promedio de 2 Mpa. La muestra #4 con dosificación 3:2:1 presenta un promedio de 3,5 Mpa, mientras la muestra #5 con dosificación 2:3:1 arroja un promedio de 3,9 Mpa. Por último, la muestra #1 con dosificación 3:1:2 es el valor más alto en el promedio de sus muestras alcanza 3,95 Mpa. Estos resultados detallados ofrecen una visión clara de las variaciones en la resistencia a la compresión simple de las diferentes dosificaciones cumpliendo todas ellas a la edad de 10 días con los valores mínimos que indica la Norma E.080, la cual exige de manera estricta y obligatoria que los adobes elaborados ofrezcan una resistencia mínima a la compresión de 1.0 Mpa (10.2 Kgf/cm²).

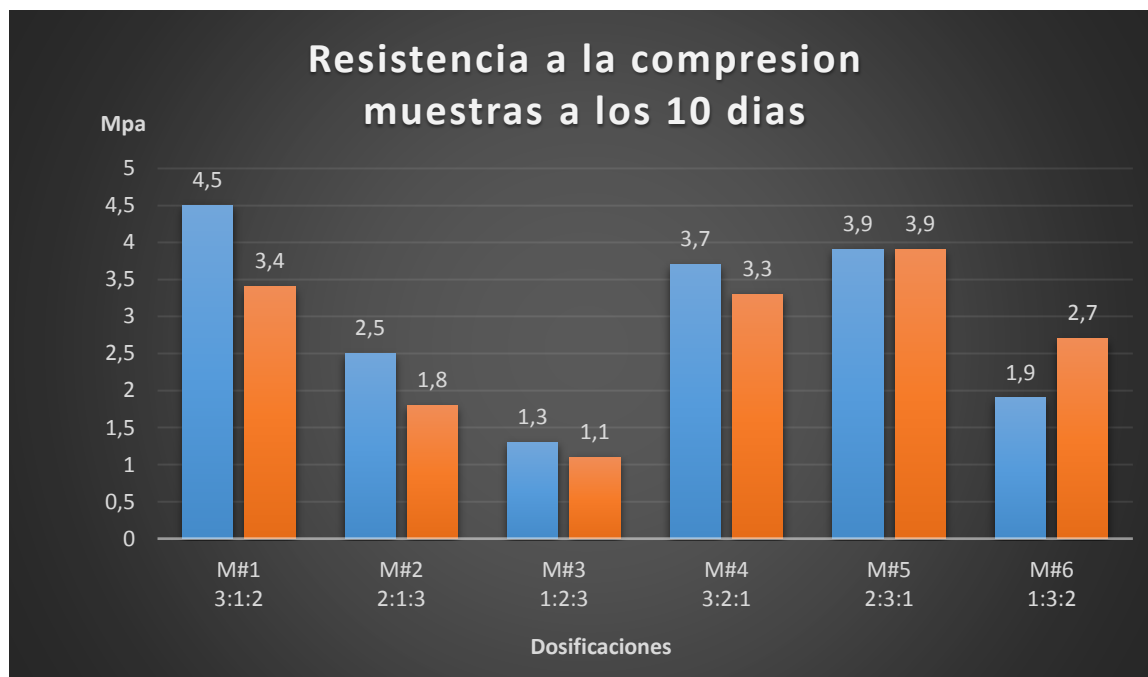
Tabla 3. Resultados de ensayo a la compresión simple en muestras a la edad de 10 días

Mezcla	N° de muestra	Carga (kg)	Esfuerzo(kg/cm ²)	Mpa
M#1 3:1:2	4´	3500	44,6	4,5
	5´	2700	34,3	3,4
M#2 2:1:3	5´	2000	25,5	2,5
	6´	1400	17,8	1,8
	5´	1000	12,7	1,3

M#3 1:2:3	6'	900	11,5	1,1
M#4 3:2:1	4'	2900	36,9	3,7
	5'	2600	33,1	3,3
M#5 2:3:1	1'	3100	39,5	3,9
	3'	3100	39,5	3,9
M#6 1:3:2	2'	1500	19	1,9
	3'	2100	26,7	2,7

Fuente: elaboración propia

Grafico 1. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras de 10 días de edad.



Fuente: elaboración propia

Los resultados en la tabla 4 revelan variaciones significativas en las resistencias a la compresión simple entre las diferentes dosificaciones y un incremento en de dicha resistencia comparado con los valores de los ensayos realizados anteriormente a las muestras de 10 días de edad. Las muestras #3 correspondientes a la dosificación 1:2:3

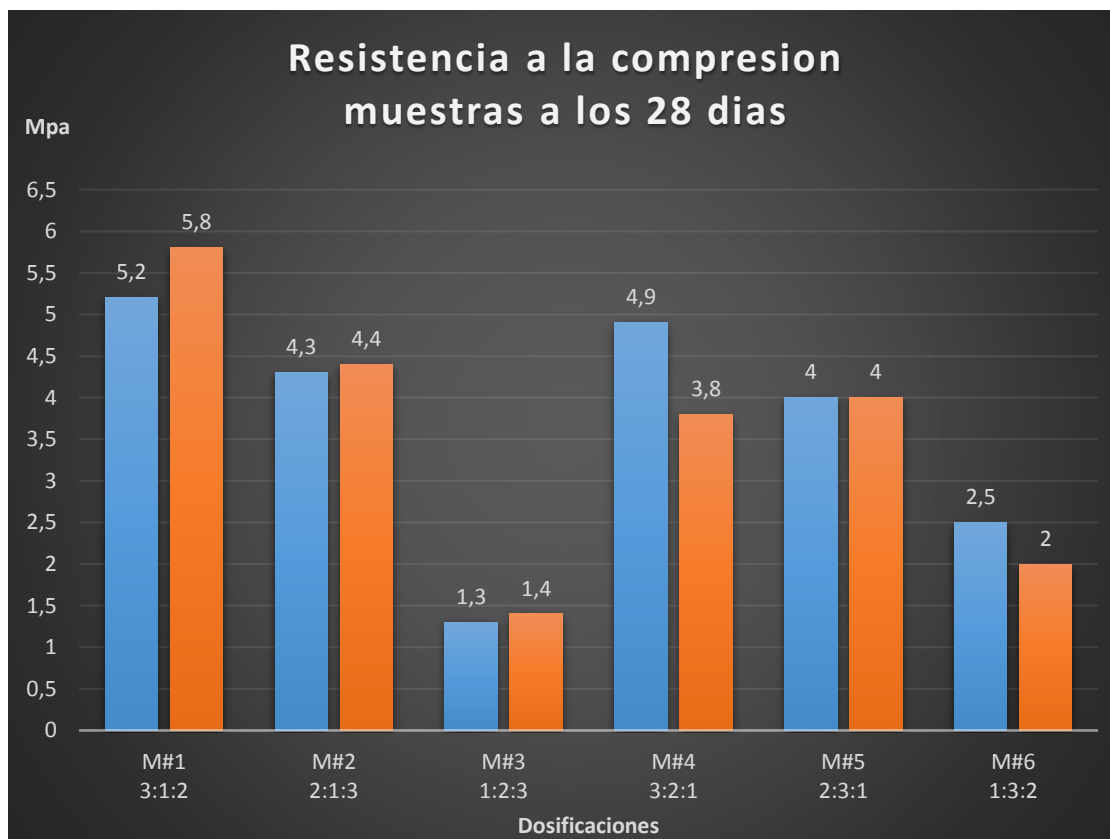
destacan al mostrar los valores más bajos, con un promedio de 1,35 Mpa. A continuación la muestra #6 con una dosificación 1:3:2 exhibe un promedio en sus muestras de 2,25 Mpa, seguida por la muestra #5 con dosificación de 2:3:1 con un promedio de 4 Mpa. La muestra #4 con dosificación 3:2:1 presenta un promedio de 4,35 Mpa, mientras la muestra #2 con dosificación 2:1:3 arroja un promedio de 4,35 Mpa. Por último, la muestra #1 con dosificación 3:1:2 es el valor más alto en el promedio de sus muestras alcanza 5,5 Mpa. Estos resultados detallados ofrecen una visión clara de las variaciones en la resistencia a la compresión simple de las diferentes dosificaciones cumpliendo todas ellas a la edad de 28 días con los valores mínimos que indica la Norma E.080, la cual exige de manera estricta y obligatoria que los adobes elaborados ofrezcan una resistencia mínima a la compresión de 1.0 Mpa (10.2 Kgf/cm²).

Tabla 4. Resultados de ensayo a la compresión simple en muestras a la edad de 28 días

Mezcla	N° de muestra	Carga (kg)	Esfuerzo(kg/cm ²)	Mpa
M#1 3:1:2	2	4100	52,2	5,2
	3	4600	58,6	5,8
M#2 2:1:3	1	3400	43,3	4,3
	6	3500	44,6	4,4
M#3 1:2:3	5	1000	12,7	1,3
	2	1100	14	1,4
M#4 3:2:1	5	3900	49,6	4,9
	2	3000	38,2	3,8
M#5 2:3:1	1	3200	40,7	4
	2	3200	40,7	4
M#6 1:3:2	2	2000	25,5	2,5
	3	1600	20,4	2

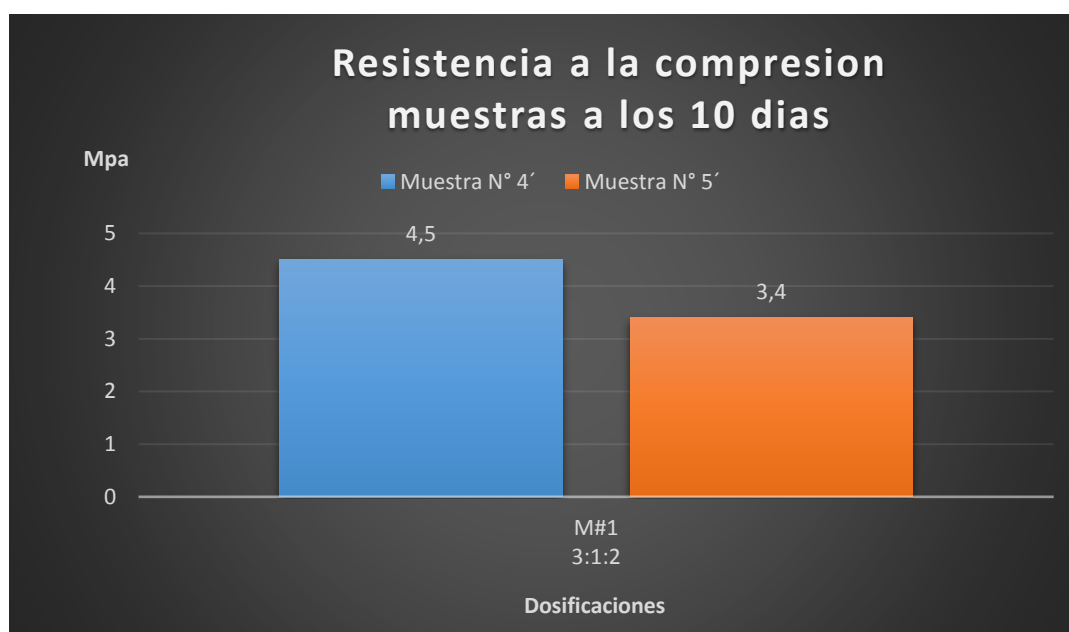
Fuente: elaboración propia

Grafico 2. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras de 28 días de edad.



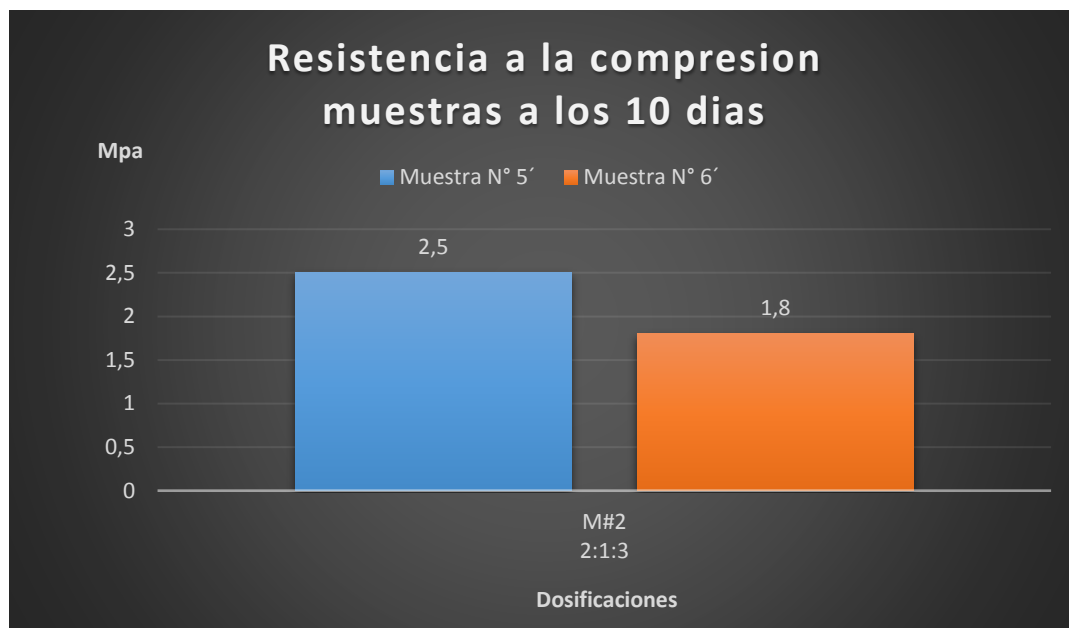
Fuente: elaboración propia

Grafico 3. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 10 días de edad con dosificación 3:1:2



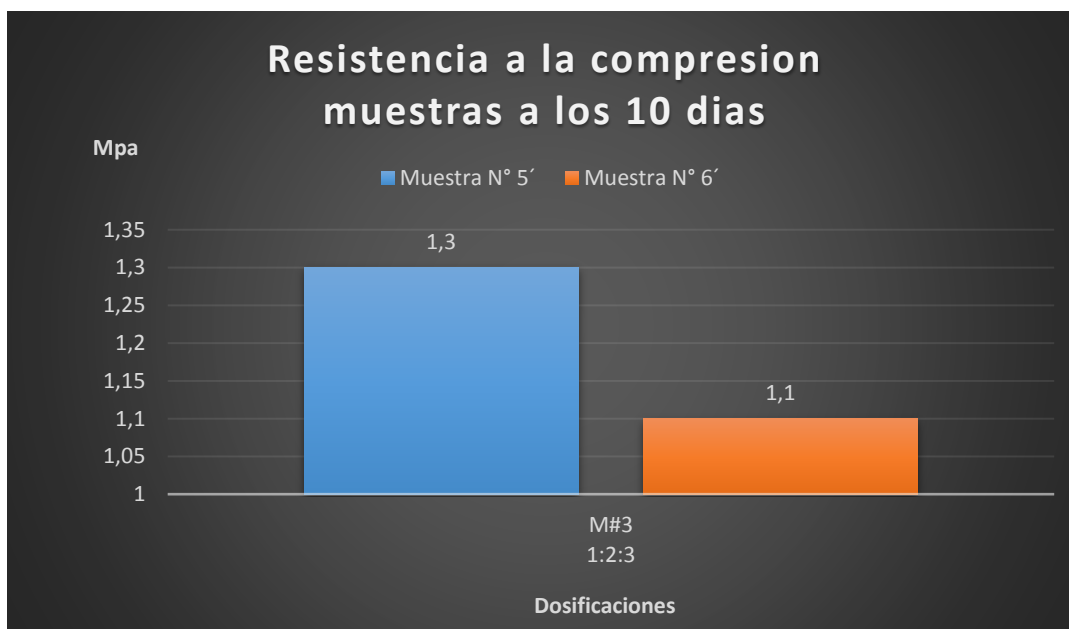
Fuente: elaboración propia

Grafico 4. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 10 días de edad con dosificación 2:1:3



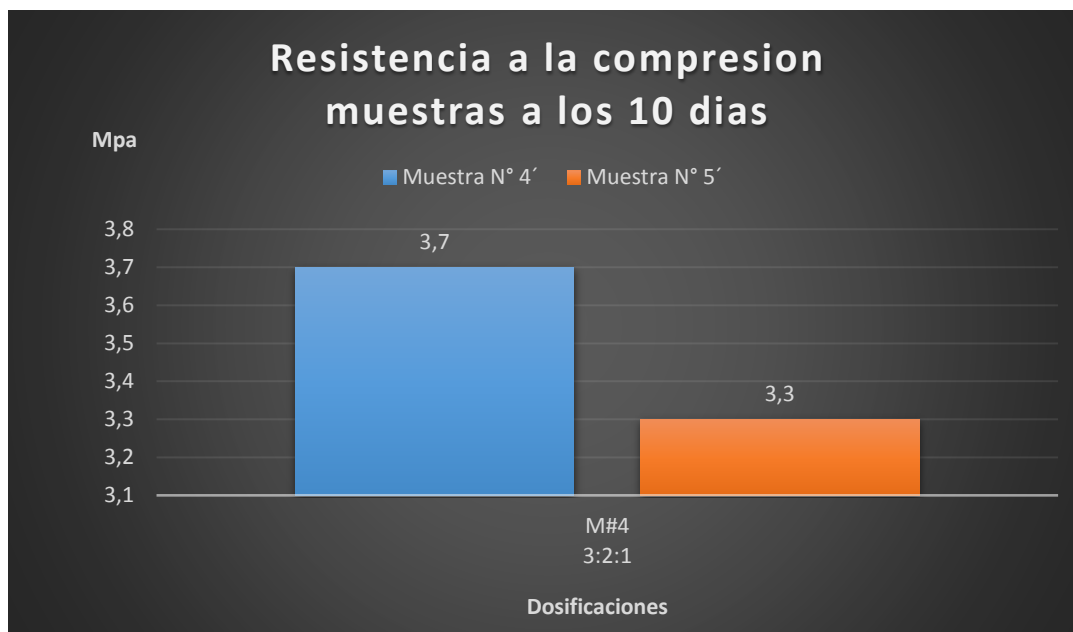
Fuente: elaboración propia

Grafico 5. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 10 días de edad con dosificación 1:2:3



Fuente: elaboración propia

Grafico 6. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 10 días de edad con dosificación 3:2:1



Fuente: elaboración propia

Grafico 7. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 10 días de edad con dosificación 2:3:1



Fuente: elaboración propia

Grafico 8. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 10 días de edad con dosificación 1:3:2



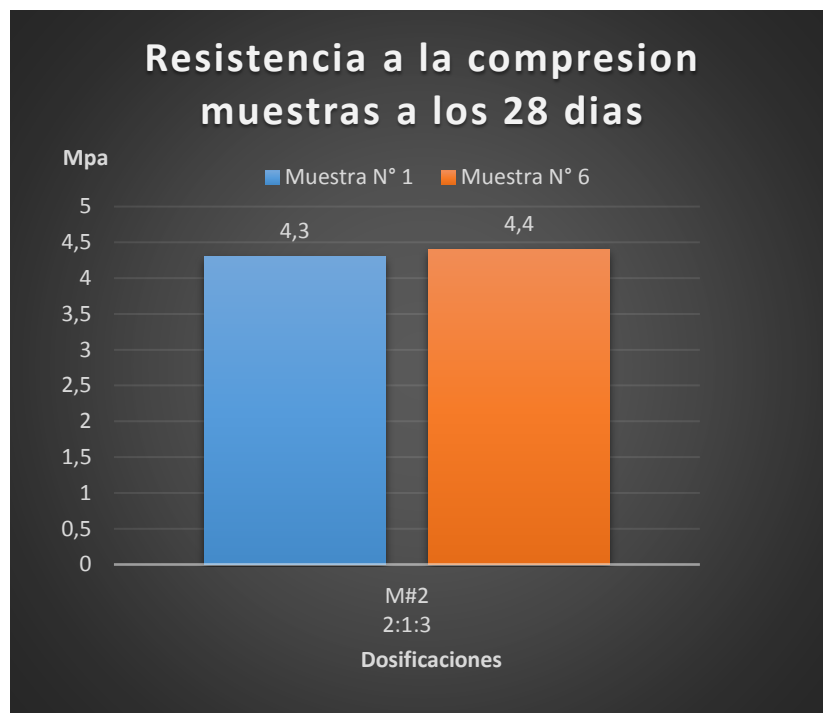
Fuente: elaboración propia

Grafico 9. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 28 días de edad con dosificación 3:1:2



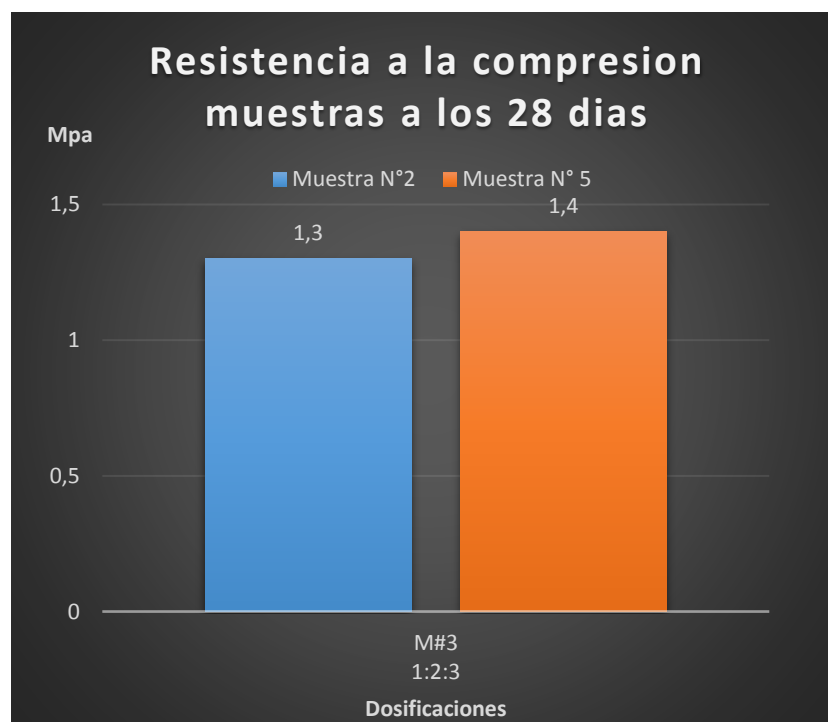
Fuente: elaboración propia

Grafico 10. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 28 días de edad con dosificación 2:1:3



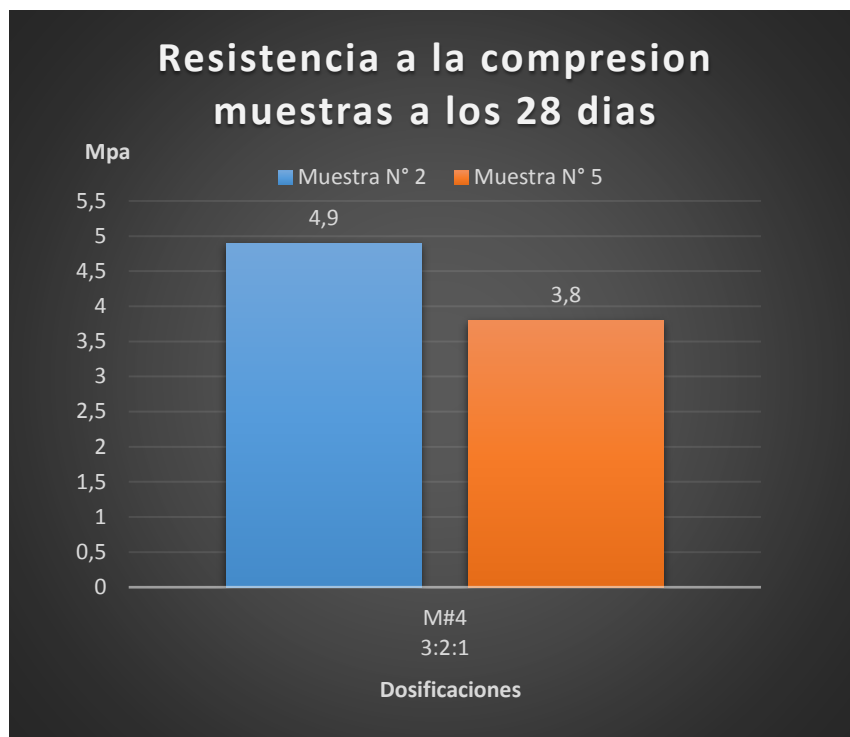
Fuente: elaboración propia

Grafico 11. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 28 días de edad con dosificación 1:2:3



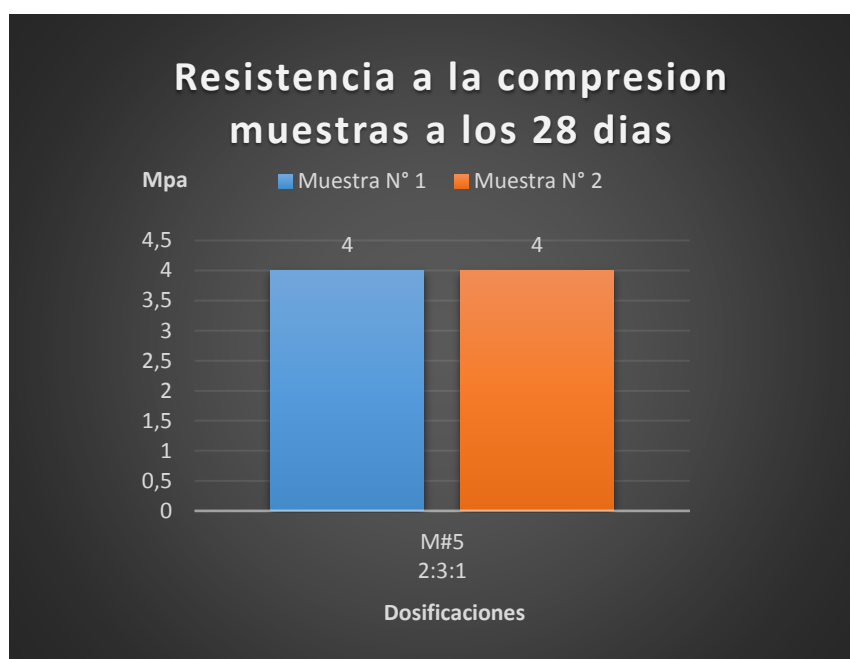
Fuente: elaboración propia

Grafico 12. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 28 días de edad con dosificación 3:2:1



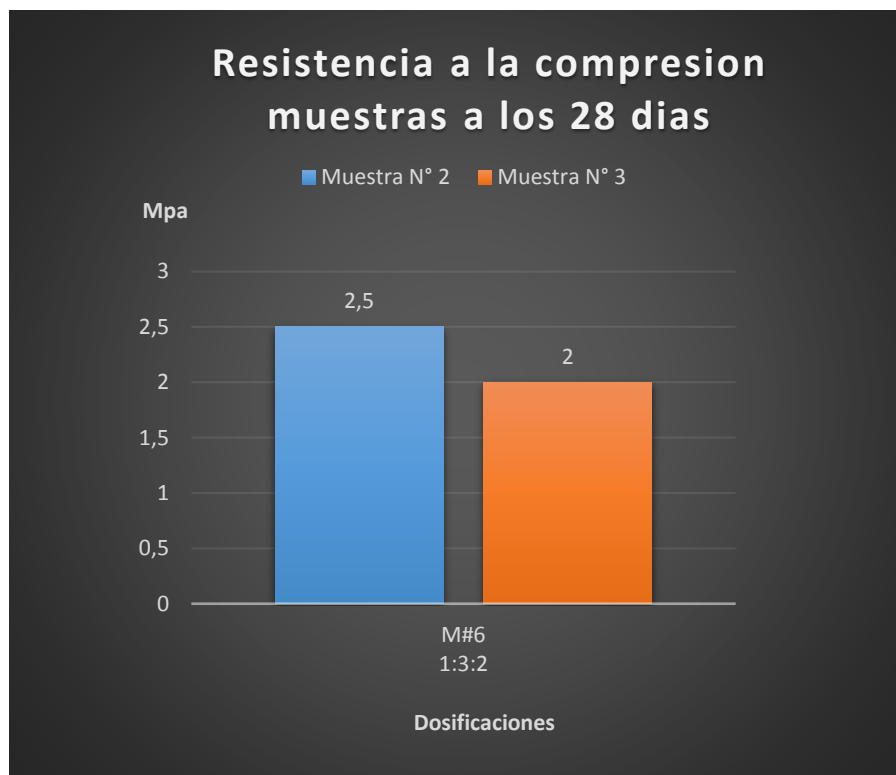
Fuente: elaboración propia

Grafico 13. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 28 días de edad con dosificación 2:3:1



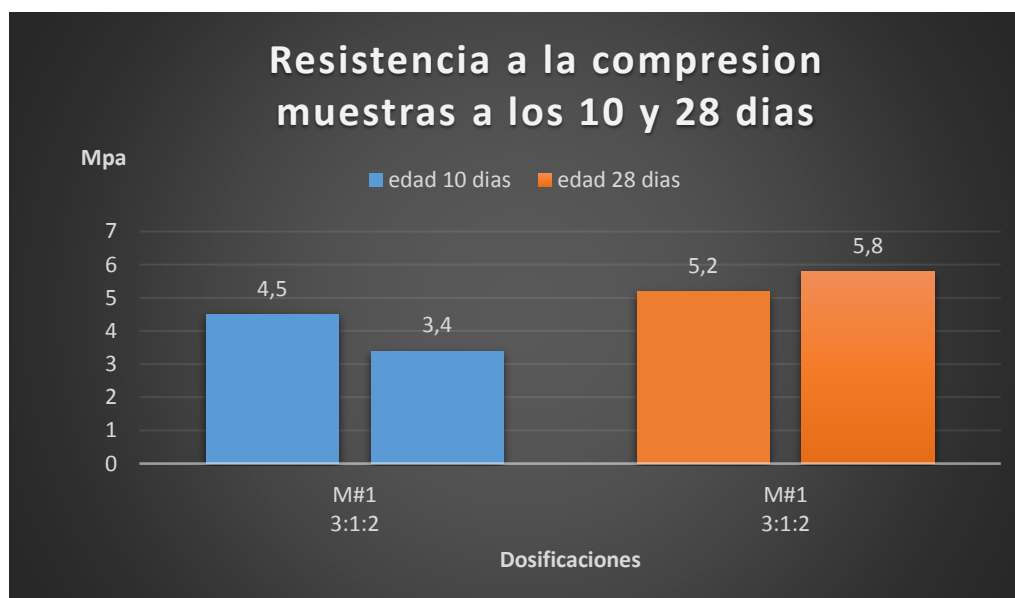
Fuente: elaboración propia

Grafico 14. Resumen de la resistencia a la compresión simple a muestras a los 28 días de edad con dosificación 1:3:2



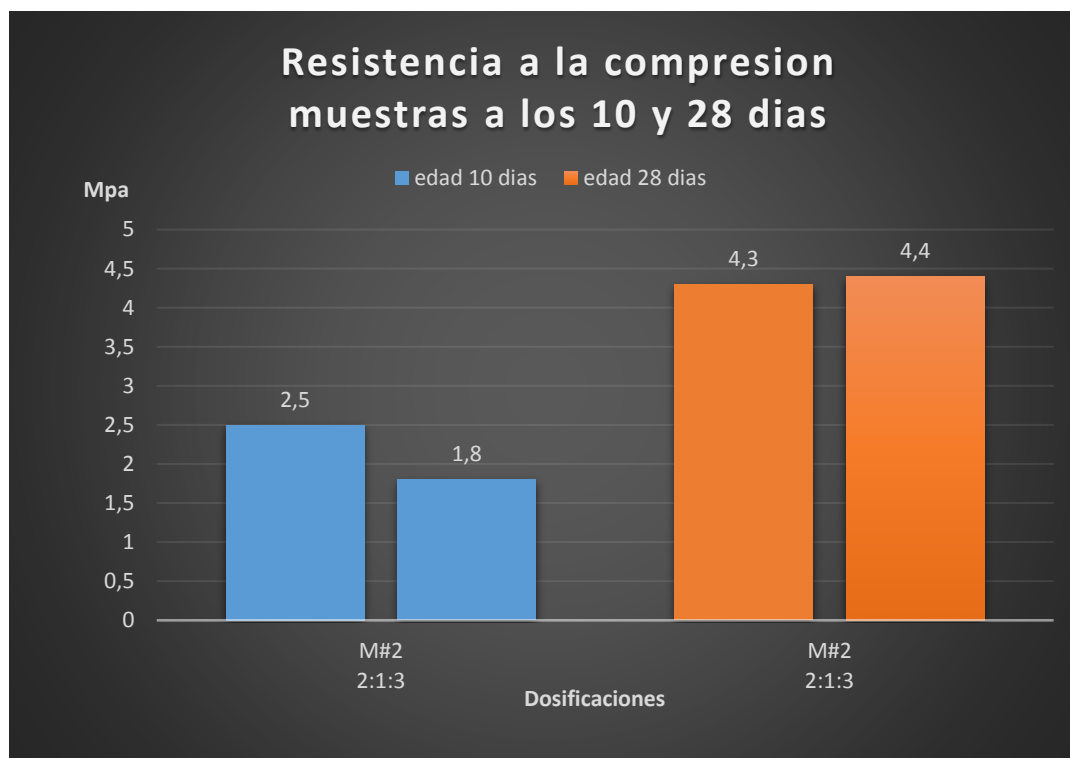
Fuente: elaboración propia

Grafico 15. Comparación de la resistencia a la compresión simple entre muestras a los 10 y 28 días de edad con dosificación 3:1:2



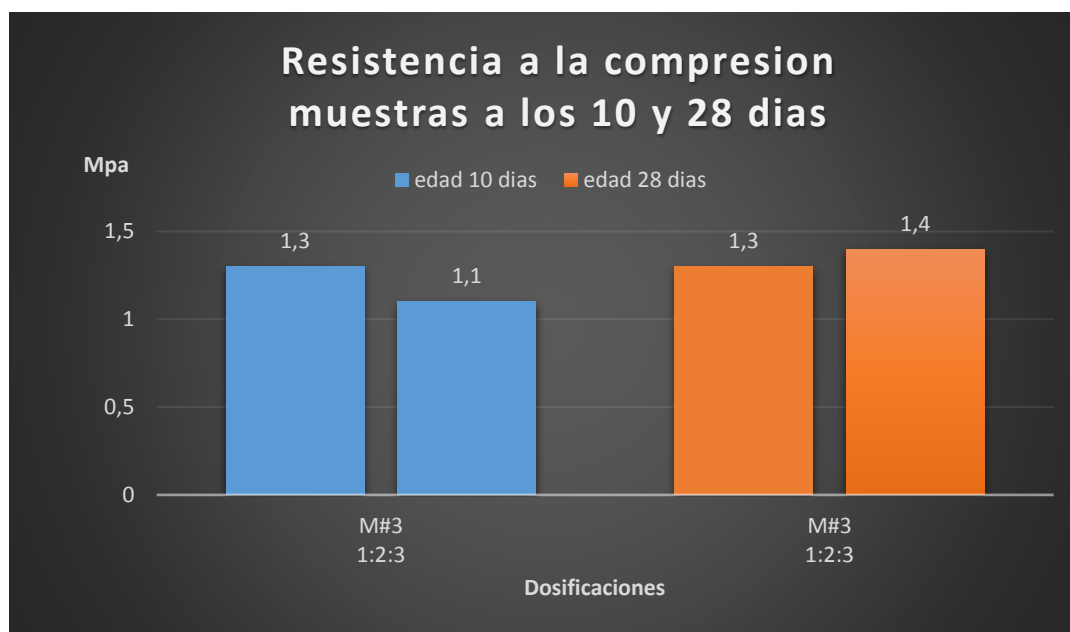
Fuente: elaboración propia

Grafico 16. Comparación de la resistencia a la compresión simple entre muestras a los 10 y 28 días de edad con dosificación 2:1:3



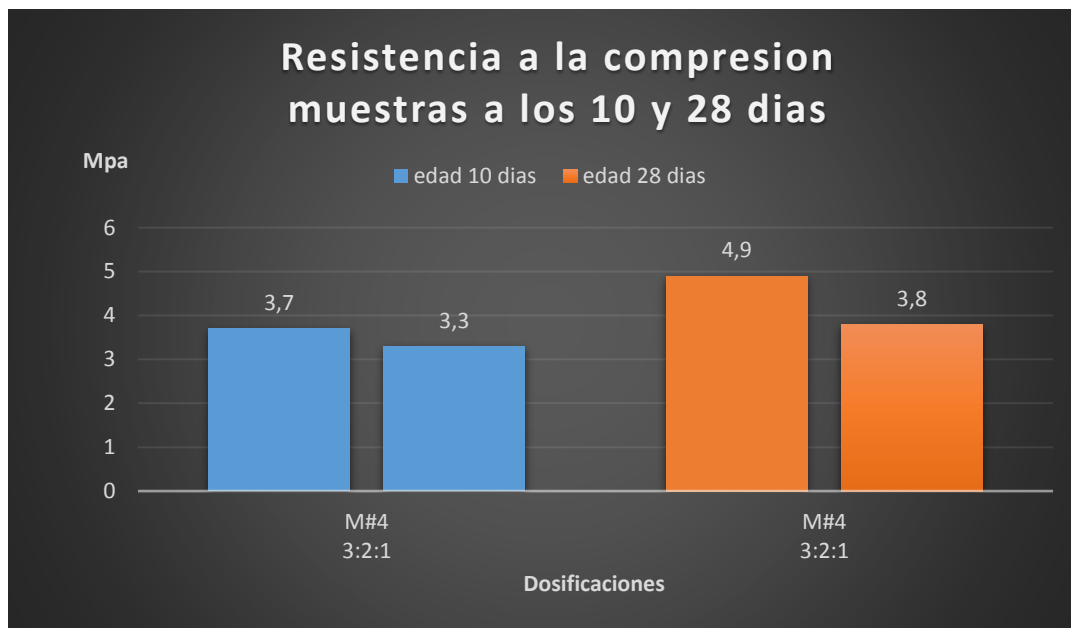
Fuente: elaboración propia

Grafico 17. Comparación de la resistencia a la compresión simple entre muestras a los 10 y 28 días de edad con dosificación 1:2:3



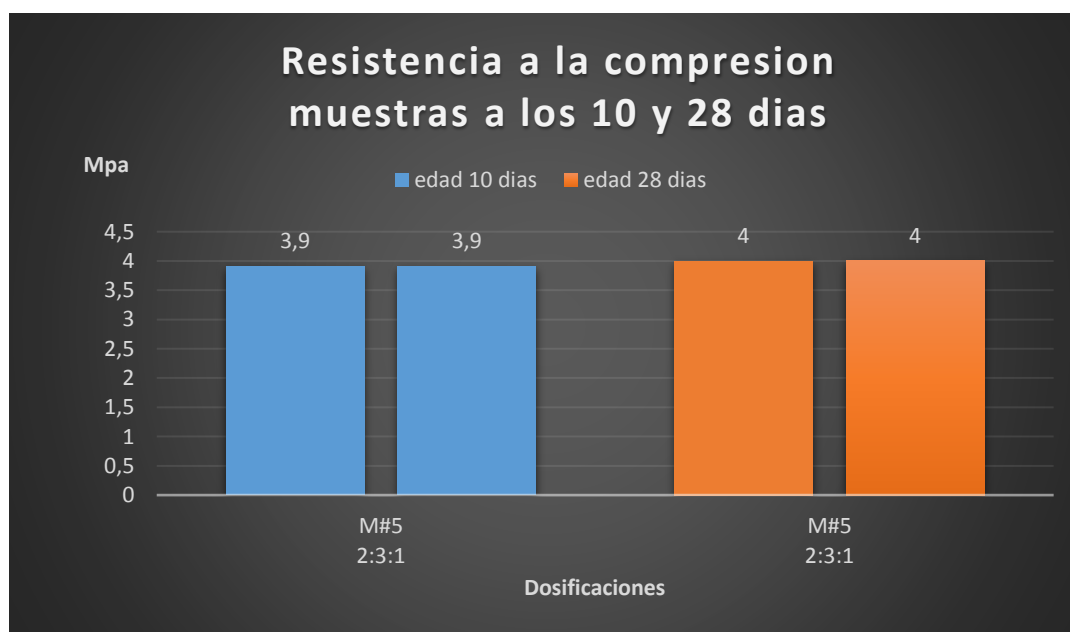
Fuente: elaboración propia

Grafico 18. Comparación de la resistencia a la compresión simple entre muestras a los 10 y 28 días de edad con dosificación 3:2:1



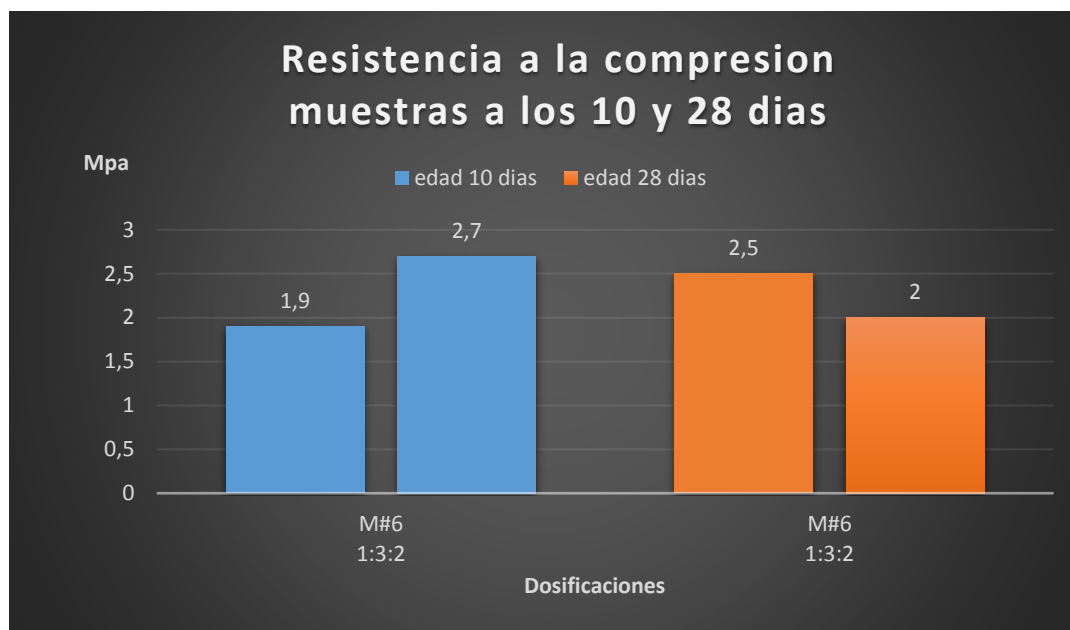
Fuente: elaboración propia

Grafico 19. Comparación de la resistencia a la compresión simple entre muestras a los 10 y 28 días de edad con dosificación 2:3:1



Fuente: elaboración propia

Grafico 20. Comparación de la resistencia a la compresión simple entre muestras a los 10 y 28 días de edad con dosificación 1:3:2



Fuente: elaboración propia

La segunda fase de la investigación, centrada en el ensayo de resistencia a la compresión simple a los 10 y 28 días de edad de las muestras, ha proporcionado reveladoras perspectivas sobre las propiedades mecánicas del NATUBLOCK.

A los 10 días de edad, las muestras exhibieron variaciones notables en la resistencia a la compresión simple entre las diferentes dosificaciones, cumpliendo todas con los requisitos mínimos establecidos por la Norma E.080. Destacan las dosificaciones 3:1:2 y 2:3:1, que superaron con creces el umbral mínimo, con valores promedio de 3,95 Mpa y 3,9 Mpa, respectivamente.

A los 28 días de edad, se observó un incremento generalizado en la resistencia, con todas las dosificaciones superando holgadamente el umbral mínimo establecido por la normativa. Notablemente, la dosificación 3:1:2 lideró con un promedio de 5,5 Mpa, indicando un desarrollo continuo de resistencia con el tiempo.

Estos resultados detallados respaldan la idoneidad del NATUBLOCK como material de construcción, evidenciando que no solo cumple con las normativas, sino que también exhibe mejoras en sus propiedades mecánicas con el paso del tiempo, consolidando su posición como una opción prometedora para la construcción sostenible en el contexto de la Norma E.080.

Tercera fase

En la tercera fase de la investigación, se llevó a cabo un detallado ensayo de absorción en las 6 distintas dosificaciones, evaluando 2 muestras por cada formulación a la edad de 10 días. Las probetas cilíndricas, con dimensiones constantes de 5 cm de altura y 10 cm de diámetro, fueron sumergidas en una bandeja con agua y se mantuvieron inmersas durante un periodo de 24 horas para evaluar la capacidad de absorción. Cada una de dichas muestras fueron pesadas antes y después de realizar los ensayos.

A continuación se presenta un análisis de los resultados obtenidos:

Muestra#1 con dosificación 3:1:2 arroja un porcentaje de absorción promedio de 19,75%

Muestra#2 con dosificación 2:1:3 arroja un porcentaje de absorción promedio de 37,8%

Muestra#3 con dosificación 1:2:3 arroja un porcentaje de absorción promedio de 69,9%

Muestra#4 con dosificación 3:2:1 arroja un porcentaje de absorción promedio de 18,05%

Muestra#5 con dosificación 2:3:1 arroja un porcentaje de absorción promedio de 31,6%

Muestra#6 con dosificación 1:3:2 arroja un porcentaje de absorción promedio de 58,7%

La muestra#3 exhibió el mayor porcentaje de absorción promedio (69,9), indicando una alta capacidad de retención de agua. La muestra#4 mostro el menor porcentaje de absorción promedio (18,05), sugiriendo una menor capacidad de retención de agua. Las demás muestras presentaron porcentajes intermedios, reflejando variaciones en la absorción relacionadas con las distintas proporciones de tierra, pinocha y aserrín.

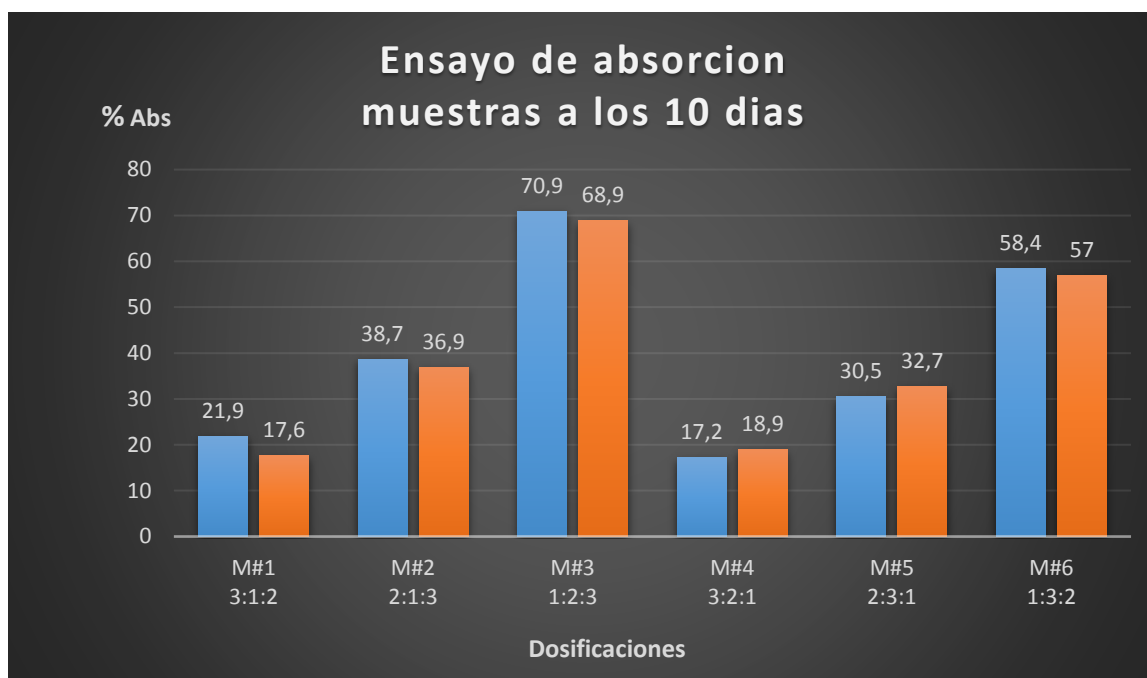
Tabla 5. Resultados de ensayo de absorción a muestras a la edad de 10 días

Mezcla	N° de muestra	Peso seco	Peso con agua	Absorción %
M#1 3:1:2	1´	540,5 g	658,6 g	21,9
	2´	543,2 g	639 g	17,6
M#2 2:1:3	1´	380,1 g	527,3 g	38,7
	4´	374,4 g	512,6 g	36,9
M#3 1:2:3	2´	286,8 g	490,2 g	70,9
	4´	292,1 g	493,4 g	68,9
M#4 3:2:1	1´	576 g	675,2 g	17,2
	2´	567,8 g	675,1 g	18,9

M#5 2:3:1	2´	516,4 g	674 g	30,5
	4´	497,2 g	659,9 g	32,7
M#6 1:3:2	1´	347,8 g	550,9 g	58,4
	4´	362,5 g	569,4 g	57

Fuente: elaboración propia

Grafico 21. Resumen de porcentajes de absorción a muestras de 10 días de edad.



Fuente: elaboración propia

Luego se realizaron ensayos de absorción en las 6 distintas dosificaciones, evaluando 2 muestras por cada formulación a la edad de 28 días. Las probetas cilíndricas, con dimensiones constantes de 5 cm de altura y 10 cm de diámetro, fueron sumergidas en una bandeja con agua y se mantuvieron inmersas durante un periodo de 24 horas para evaluar la capacidad de absorción. Cada una de dichas muestras fueron pesadas antes y después de realizar los ensayos.

A continuación se presenta un análisis de los resultados obtenidos:

Muestra#1 con dosificación 3:1:2 arroja un porcentaje de absorción promedio de 28,1%

Muestra#2 con dosificación 2:1:3 arroja un porcentaje de absorción promedio de 59,3%

Muestra#3 con dosificación 1:2:3 arroja un porcentaje de absorción promedio de 102,35%

Muestra#4 con dosificación 3:2:1 arroja un porcentaje de absorción promedio de 28,8%

Muestra#5 con dosificación 2:3:1 arroja un porcentaje de absorción promedio de 43,2%

Muestra#6 con dosificación 1:3:2 arroja un porcentaje de absorción promedio de 77.6%

La muestra#3 exhibió el mayor porcentaje de absorción promedio (102.35), indicando una alta capacidad de retención de agua. La muestra#1 mostro el menor porcentaje de absorción promedio (28,1), sugiriendo una menor capacidad de retención de agua. Las demás muestras presentaron porcentajes intermedios, reflejando variaciones en la absorción relacionadas con las distintas proporciones de tierra, pinocha y aserrín.

Cabe mencionar que se observó un importante incremento en la capacidad de absorción de las muestras de 28 días de edad con respecto a las de 10 días de edad anterior mente ensayadas.

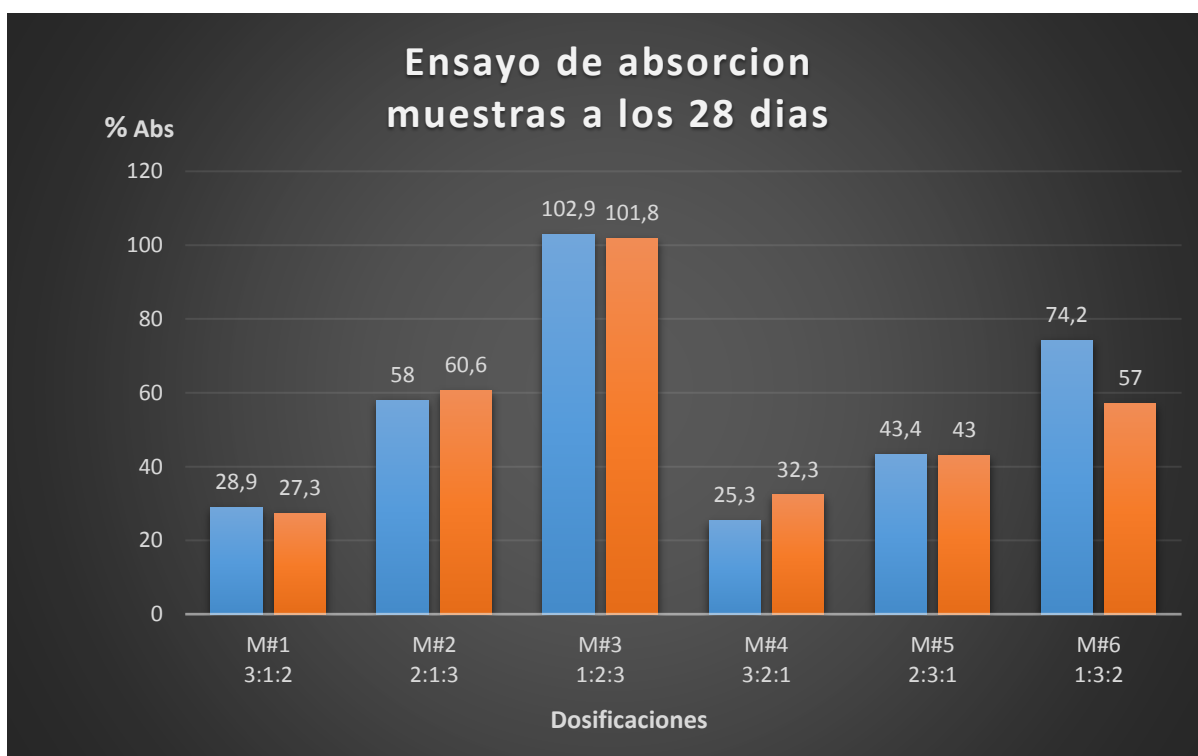
Tabla 6. Resultados de ensayo de absorción a muestras a la edad de 28 días

Mezcla	N° de muestra	Peso seco	Peso con agua	Absorción %
M#1 3:1:2	1	539,3 g	695,4 g	28,9
	6	544,6 g	693,8g	27,3
M#2 2:1:3	2	339,3 g	536,4g	58
	4	328,2 g	527,3 g	60,6
M#3 1:2:3	1	226,4 g	459,4 g	102,9
	6	230 g	464,1 g	101,8
M#4 3:2:1	1	526,8 g	660,1 g	25,3
	3	514,7 g	681,3 g	32,3
	3	457,2 g	655,6 g	43,4

M#5 2:3:1	4	457,8 g	654,5 g	43
M#6 1:3:2	1	290,5 g	506 g	74,2
	4	284,8 g	515,2 g	81

Fuente: elaboración propia

Grafico 22. Resumen de porcentajes de absorción a muestras de 10 días de edad.



Fuente: elaboración propia

Grafico 23. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 días con dosificación 3:1:2.



Fuente: elaboración propia

Grafico 24. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 días con dosificación 2:1:3.



Fuente: elaboración propia

Grafico 25. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 días con dosificación 1:2:3.



Fuente: elaboración propia

Grafico 26. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 días con dosificación 3:2:1.



Fuente: elaboración propia

Grafico 27. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 días con dosificación 2:3:1.



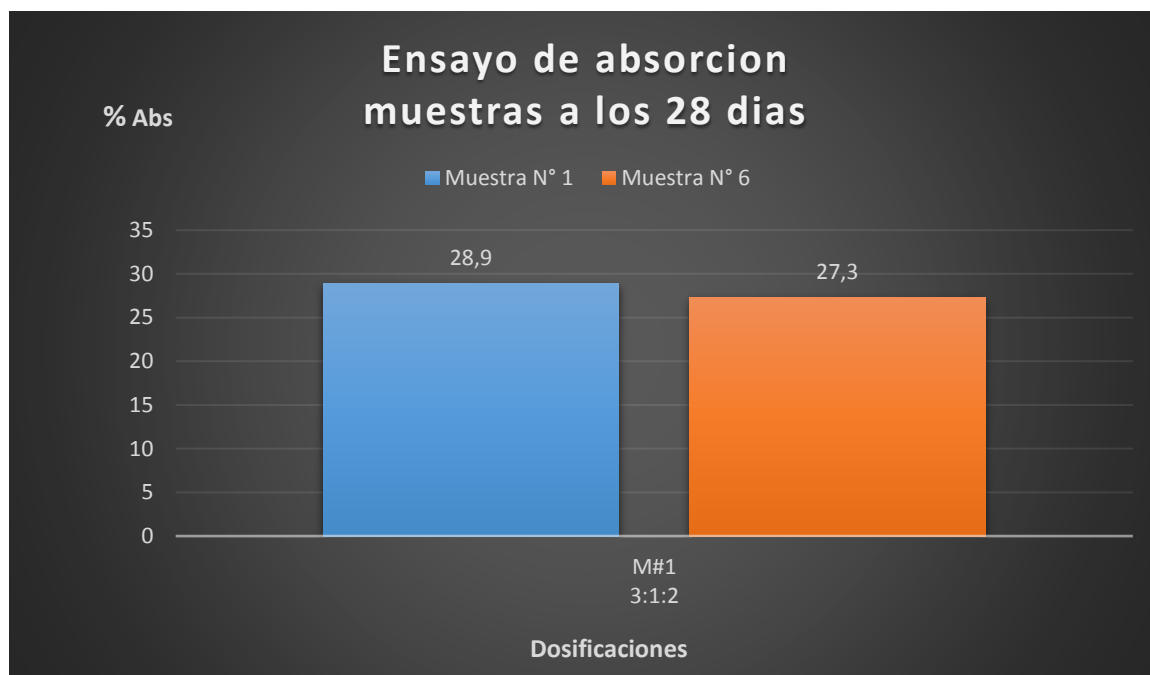
Fuente: elaboración propia

Grafico 28. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 días con dosificación 1:3:2.



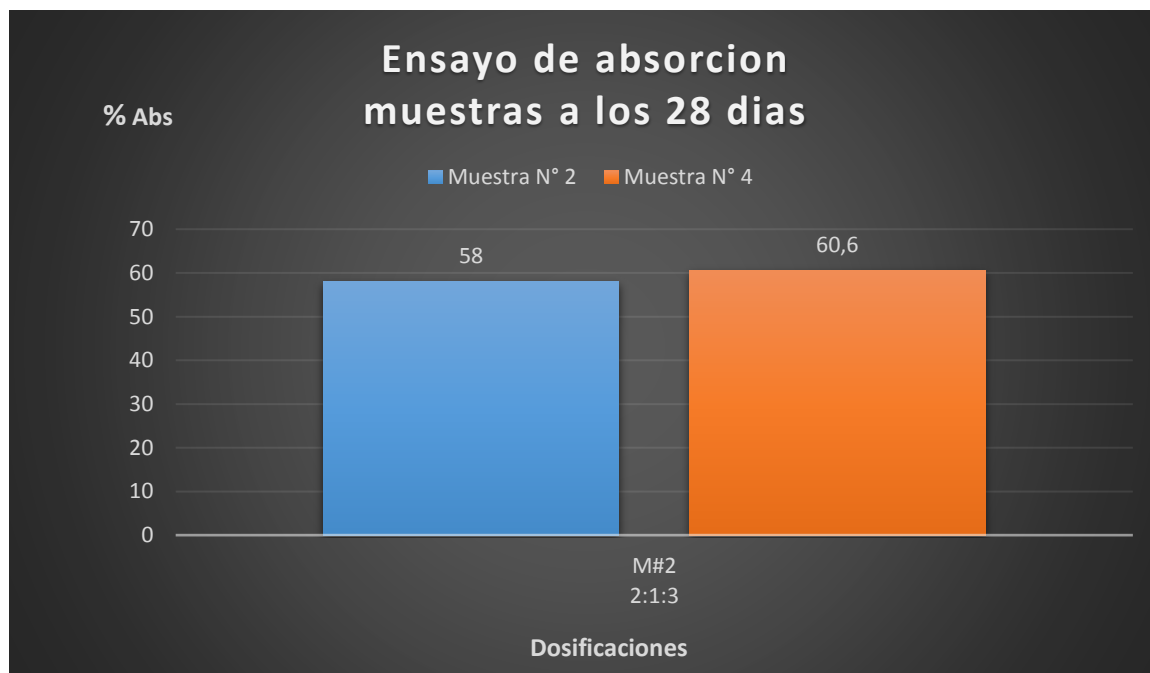
Fuente: elaboración propia

Grafico 29. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 28 días con dosificación 3:1:2.



Fuente: elaboración propia

Grafico 30. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 28 días con dosificación 2:1:3.



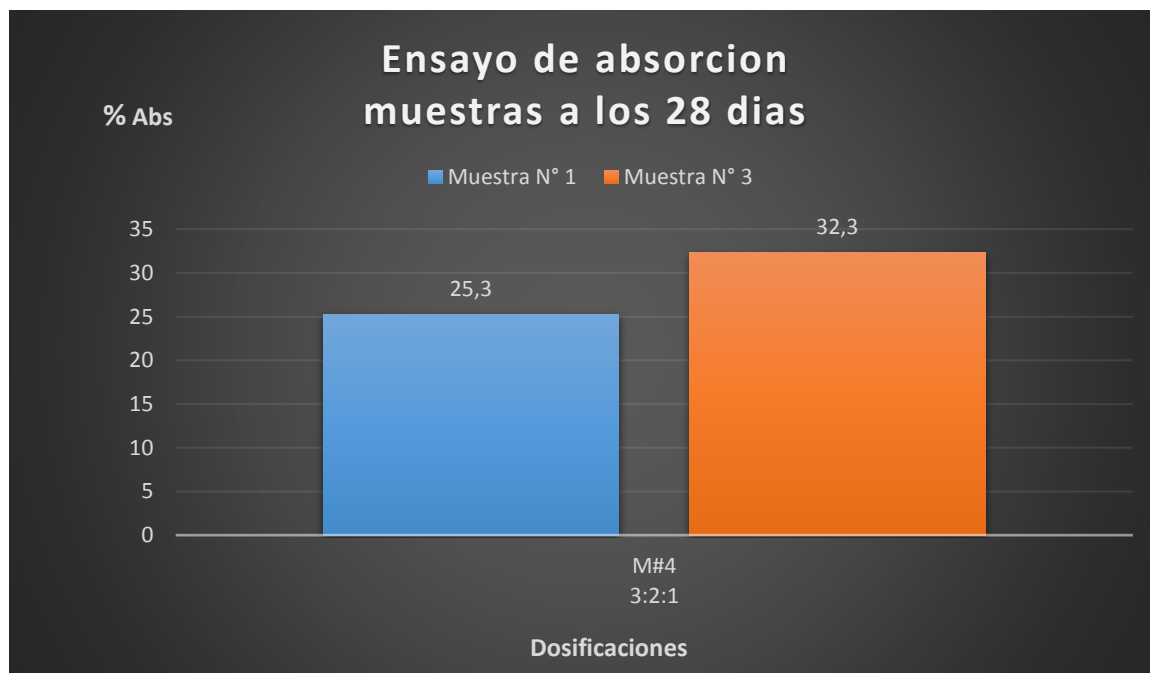
Fuente: elaboración propia

Grafico 31. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 28 días con dosificación 1:2:3.



Fuente: elaboración propia

Grafico 32. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 28 días con dosificación 3:2:1.



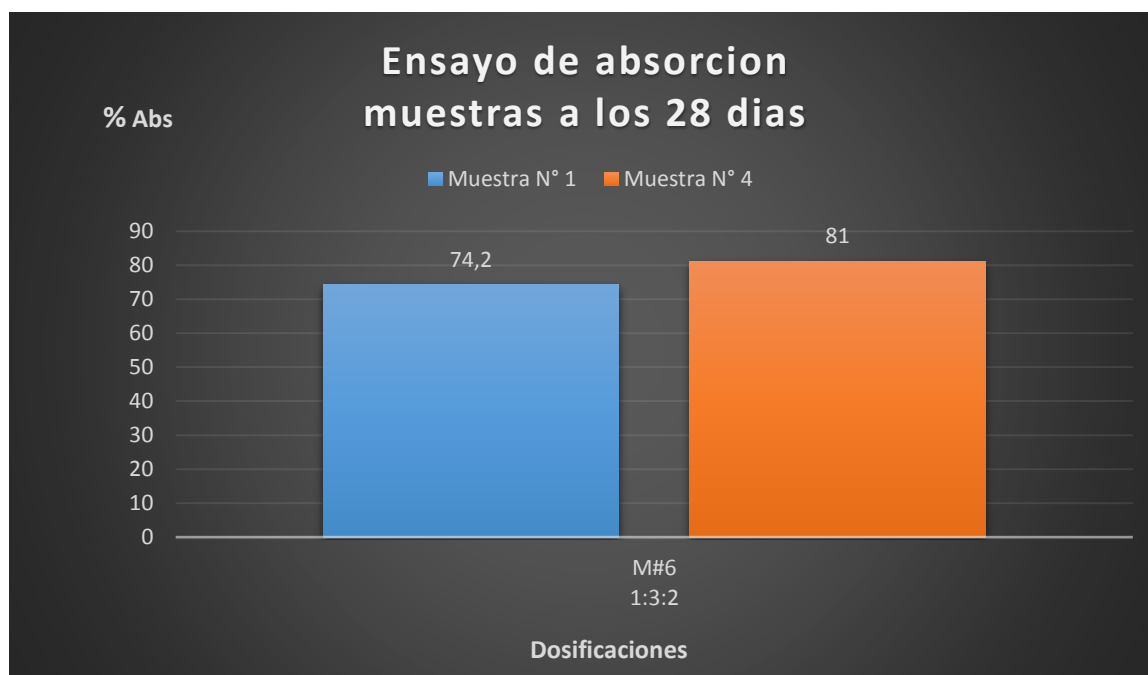
Fuente: elaboración propia

Grafico 33. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 28 días con dosificación 2:3:1.



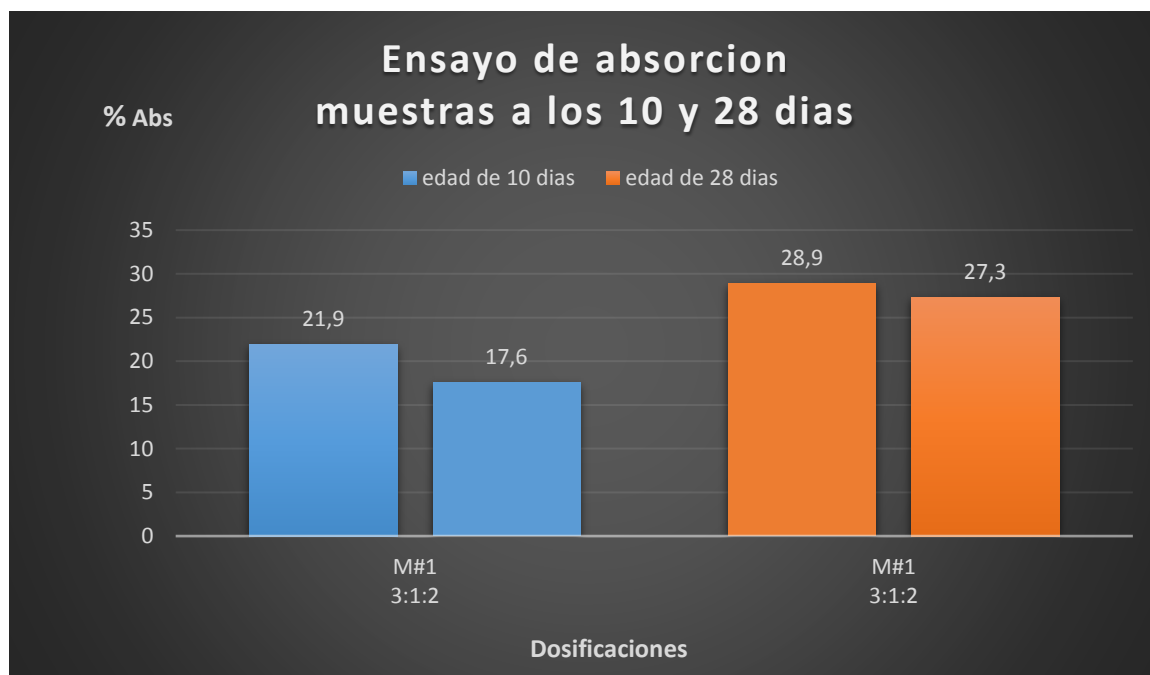
Fuente: elaboración propia

Grafico 34. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 28 días con dosificación 1:3:2.



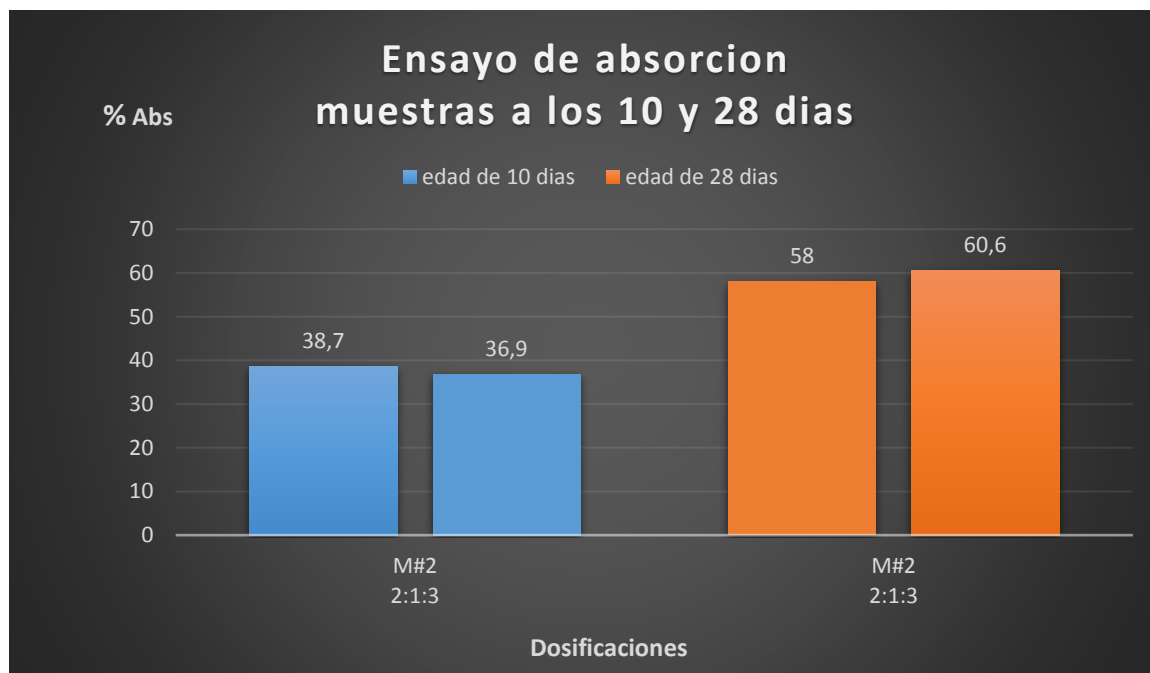
Fuente: elaboración propia

Grafico 35. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 y 28 días con dosificación 3:1:2.



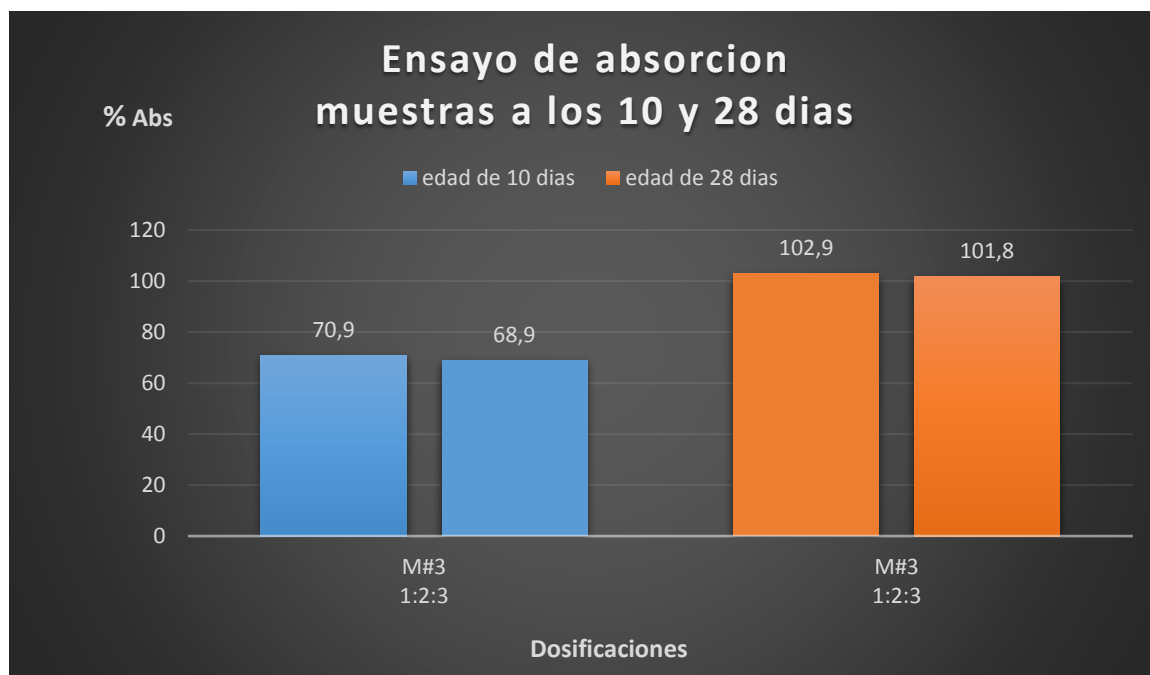
Fuente: elaboración propia

Grafico 36. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 y 28 días con dosificación 2:1:3.



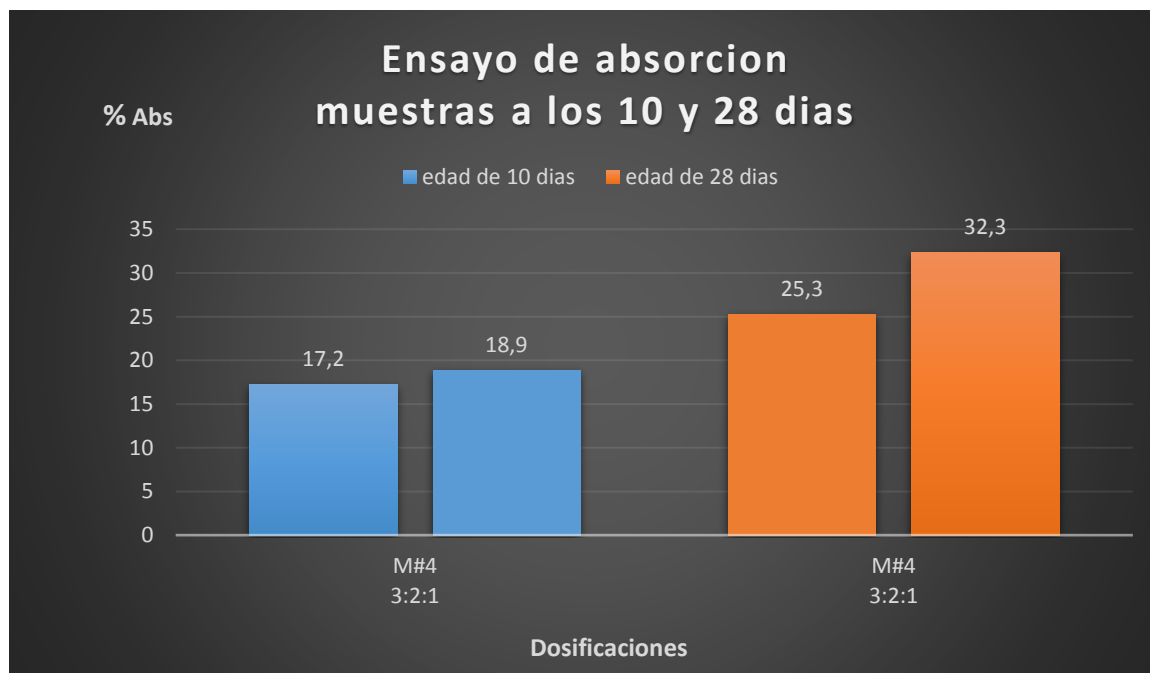
Fuente: elaboración propia

Grafico 37. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 y 28 días con dosificación 1:2:3.



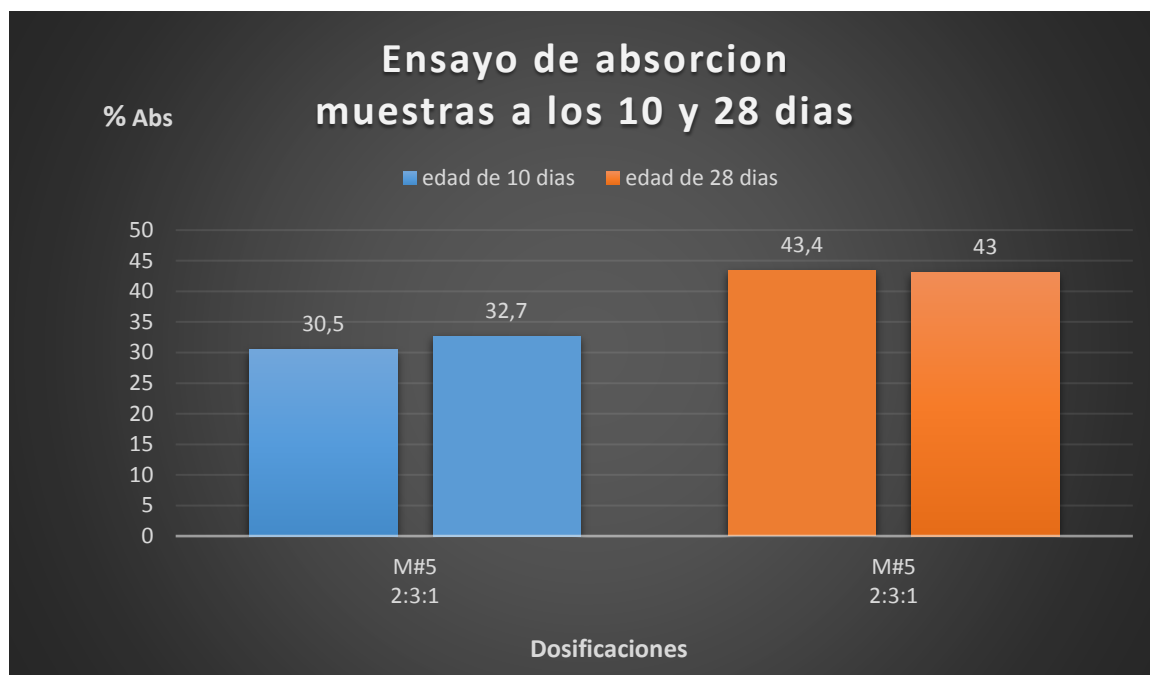
Fuente: elaboración propia

Grafico 38. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 y 28 días con dosificación 3:2:1.



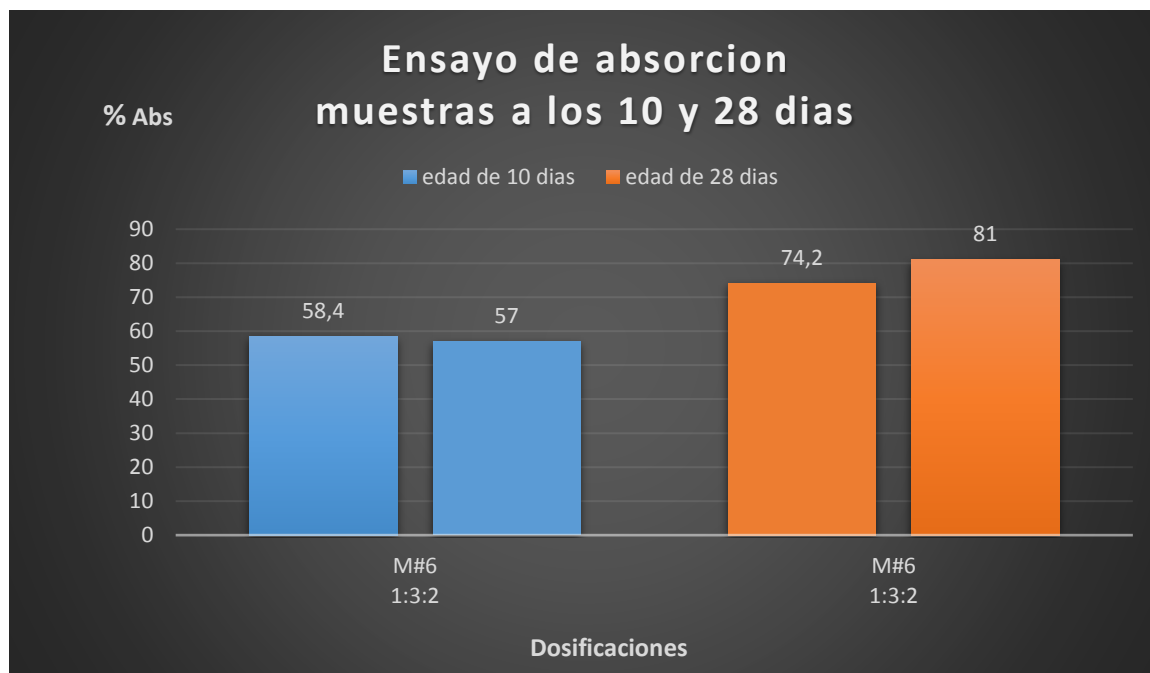
Fuente: elaboración propia

Grafico 39. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 y 28 días con dosificación 2:3:1.



Fuente: elaboración propia

Grafico 40. Comparación de % absorción en muestras a la edad de 10 y 28 días con dosificación 1:3:2.



Fuente: elaboración propia

En la tercera fase de la investigación, se exploró a fondo la capacidad de absorción de las muestras en diferentes dosificaciones a las edades de 10 y 28 días. Este ensayo detallado, centrado en probetas cilíndricas sumergidas durante 24 horas, arrojó resultados reveladores sobre la interacción del NATUBLOCK con el agua.

A los 10 días, se observaron variaciones significativas en la capacidad de absorción entre las distintas dosificaciones. La muestra #3, con una dosificación 1:2:3, destacó con el mayor porcentaje de absorción promedio (69,9%), indicando una alta retención de agua. Por el contrario, la muestra #4, con dosificación 3:2:1, mostró el menor porcentaje de absorción promedio (18,05%), sugiriendo una menor capacidad de retención.

A los 28 días, se evidenció un aumento notorio en la capacidad de absorción de todas las muestras, sugiriendo una mayor madurez del material. La muestra #3 continuó siendo la que absorbía más agua, con un sorprendente 102,35% de absorción promedio. La muestra #1, con dosificación 3:1:2, presentó el menor porcentaje de absorción promedio (28,1%), indicando una menor retención de agua en comparación con las demás dosificaciones.

Este análisis también resalta un importante incremento en la capacidad de absorción de las muestras de 28 días en comparación con las de 10 días, señalando una posible evolución en las propiedades del NATUBLOCK con el tiempo.

Estos hallazgos ofrecen una visión detallada de la interacción del NATUBLOCK con el agua en distintas etapas de su desarrollo, proporcionando valiosa información para futuras consideraciones en su aplicación constructiva y sostenibilidad.

Cuarta fase

Resultados definitivos.

“NATUBLOCK” ladrillo ecológico (dosificación 2:3:1)

La culminación de este trabajo experimental sobre ladrillo NATUBLOCK, con dosificación específica 2:3:1, esto es decir 33,3% de tierra, 50% de acícula de pino y 16,6% de aserrín, ha permitido consolidar datos cruciales relativos a su resistencia estructural y capacidad de absorción de agua. Estos resultados, esenciales para definir la viabilidad de estos ladrillos en aplicaciones arquitectónicas sostenibles, abren un horizonte de posibilidades en la construcción ecológica.

Resistencia a la compresión simple

Las muestras con dosificación 2:3:1 han demostrado consistentemente su capacidad de resistir fuerzas de compresión vertical, con una resistencia a la compresión simple promedio de 2 Mpa, superando lo establecido por norma (1Mpa), estos ladrillos cumplen con los estándares normativos para garantizar la estabilidad estructural en diversos contextos constructivos.

Absorción de agua

La absorción de agua, crucial para evaluar la durabilidad y resistencia a las inclemencias del tiempo, revela que la dosificación 2:3:1 mantiene un equilibrio notable. Con un promedio de absorción del 31,6%, estos ladrillos demuestran una capacidad adecuada de retención de agua, esencial para resistir exposiciones prolongadas a la intemperie.

La Norma Técnica Peruana E.080 no especifica valores para el ensayo Absorción y muestreo de unidades de adobe.

El objetivo del ensayo, es conocer la capacidad de absorción del adobe durante 24 horas de inmersión en agua

Sostenibilidad y reutilización

Un elemento distintivo de los ladrillos NATUBLOCK es su base en desechos industriales, específicamente de la industria forestal y de aserraderos. Esta característica no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental al reutilizar materiales residuales, sino que también presenta la posibilidad de reutilizar estos ladrillos en múltiples ciclos constructivos, destacando su versatilidad y capacidad para reducir el desperdicio.

El enfoque del NATUBLOCK revela no solo propiedades mecánicas destacadas, sino también una armonización efectiva de la sostenibilidad y la funcionalidad en el ámbito arquitectónico. Este resultado no solo impulsa la adopción de prácticas constructivas eco amigables, sino que también responde a la creciente demanda de soluciones reutilizables en la industria de la construcción.

Conclusión general

Los bloques y ladrillos NATUBLOCK, cimentados en su composición con desechos industriales, emerge como una alternativa robusta y sostenible para la construcción ecológica. Su resistencia estructural, capacidad de absorción equilibrada y la posibilidad de reutilización refuerzan su potencial como elemento fundamental en la construcción de edificaciones de bajo costo, duraderas y respetuosas con el entorno. En el horizonte de la arquitectura sustentable, estos ladrillos ofrecen no solo una solución viable, sino un compromiso tangible con la preservación de nuestro entorno construido.

Producción y aplicación de ladrillos NATUBLOCK

Con la dosificación 2:3:1 seleccionada como la formula óptima para los ladrillos NATUBLOCK, procedemos a la etapa de producción, incorporando innovaciones tanto en el diseño como en aplicaciones arquitectónicas. Dicha etapa es crucial, ya que no solo redefine la estética de los ladrillos, sino que también busca maximizar su eficiencia y sostenibilidad.

Tipos de ladrillos:

Ladrillos de tipo común (7cm x 17cm x 25cm): la implementación de un bastidor rectangular para la creación de los ladrillos de tipo común permite una medida estándar de 7 cm de alto, 17 cm de ancho y 25 cm de largo. La introducción de una mayor parte de pinocha o acícula de pino y aserrín no solo disminuye el peso en comparación con ladrillos tradicionales, sino que también se anticipa que mejora el aislamiento térmico y acústico. Experimentos pendientes evaluarán estas propiedades de manera más precisa.



Fuente: elaboración propia

Ladrillos tipo bloque: la utilización de una bloquera para la producción de ladrillos tipo bloque implica un enfoque diferente en términos de diseño y funcionalidad. Estos bloques poseen características específicas que pueden influir en la arquitectura y diseño de los proyectos arquitectónicos.



Fuente: elaboración propia

Ensayos pendientes:

Aunque la dosificación empleada ha mostrado su eficacia en ensayos previos, experimentos adicionales evaluarán la aislación térmica y la acústica de los ladrillos, proporcionando datos más detallados sobre su rendimiento en condiciones específicas.

Recomendaciones para la construcción:

Al implementar muros con ladrillos NATUBLOCK, se recomienda el revestimiento con un material impermeabilizante. Esta medida no solo protege las superficies de posibles deterioros, sino que también contribuye a prolongar la durabilidad y resistencia de la construcción.

Elección del mortero:

La elección del mortero como masa ligante entre los ladrillos desempeña un papel crucial en la durabilidad y estabilidad de la construcción. Futuros estudios explorarán que tipos de morteros ofrecen una adhesión más efectiva entre los ladrillos y bloques, garantizando así una estructura sólida y resistente.

NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Tipos de ladrillos ecológicos

En este capítulo se describirán algunos tipos de ladrillos ecológicos.

En la búsqueda constante de soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente en la construcción, se ha intensificado la investigación hacia la creación de ladrillos ecológicos innovadores. Este análisis se centra en varias propuestas prometedoras que abren nuevas posibilidades para el sector de la construcción sostenible.

Cannabric

Cannabric, creado por la arquitecta alemana Monika Brümmer, participa en proyectos de arquitectura ecológica y bioclimática, restauración de edificios históricos y rehabilitación de viviendas tradicionales en cueva.



Aunque especializado en la construcción con cáñamo, Cannabric suministra una amplia gama de materiales ecológicos e históricos, cuidadosamente seleccionados, aptos para la nueva construcción, la rehabilitación y la restauración, que también han sido aprobados en aplicaciones propias.

Antes del hormigón armado, existían ejemplos impresionantes de construcción con la naturaleza y tenemos que recuperar estas técnicas y reinterpretarlos hacia una arquitectura contemporánea, respetuosa con la tradicional.

Cannabric, creado en 1999, es el primer almacén de materiales de bioconstrucción en el sur de España, por la necesidad de tener a mano materiales, que hacen posible la tal recuperación de la arquitectura tradicional como la construcción de edificios habitables y saludables, que preservan el medio ambiente y que facilitan la eficiencia energética en la construcción.



A continuación de su proyecto final de carrera (Universidad de las Artes, Berlín 1995 /1996), que trataba de la construcción con cáñamo, Monika Brümmer inventó el bloque llamado Cannabric, que es fabricado en sus instalaciones en Guadix (Granada, España). Este bloque se utiliza en muros de carga mono capa, de alto confort térmico, acústico y bioclimático y su producción deja una huella de carbono negativa, ya que combina material orgánico (cáñamo) con material mineral local, obtenido principalmente de la restauración de viviendas-cueva en la zona de Guadix. Con paredes de poco espesor Cannabric está tratando de lograr una regulación térmica similar a la de las viviendas-cueva en la provincia de Granada, es decir ha sido diseñado para edificios de bajo o nulo consumo de energía en su calefacción y refrigeración. Recientemente Cannabric se empieza de fabricar en otros países, hasta ahora Australia, proyectos para otras partes del mundo están en progreso.

Ficha técnica

(Piezas y paneles prefabricados Industrialmente de cáñamo-tierra)

Composición

Tierra estabilizada, paja y fibra de cáñamo

Acondicionamiento

Formas y tamaños adaptados individualmente a cada proyecto, tras asesoramiento previo (dinteles, piezas, paneles...).

Con ganchos para levantar con grúa.

Utilización

Edificios industriales, -comerciales y viviendas.

Aplicación

Fijación en estructuras portantes u otro sistema de posicionamiento.

Características técnicas

Conductividad térmica: pendiente de ensayar

Resistencia a compresión: ca. 20 kg/cm² (pendiente de ensayar)

Densidad media, seco: ca. 1000 kg/m³ (pendiente de ensayar).

Clasificación al fuego: M1

Ladrillos ecológicos hechos con fibra de lana



Más y cada día mejores inventos se dan a conocer, y lo mejor de todo es que, en este caso, se trata de material sustentable para la construcción. Porque es necesario ingeniársela un poco para poder intervenir en la naturaleza de forma que no impacte negativamente al medio ambiente. Veo Verde nos trae esta noticia para el mundo de la construcción.

Más resistentes y ecológicos serían solo algunas de las ventajas que según un estudio que publicó la revista *Construcción and Building Materials* tendrían los ladrillos fabricados con arcilla, fibras de lana y unido con un polímero natural de algas. Los investigadores examinaron el efecto del reforzamiento con lana de oveja en distintos suelos llegando a distintos resultados, como que: la fibra mejora la resistencia de los ladrillos a la compresión, minimizan las fisuras y deformaciones por contracción, reducen el tiempo de secado, y aumentan su resistencia a los esfuerzos de flexión.

Este nuevo prototipo de ladrillos es una de las iniciativas que fomentan el desarrollo de materiales de construcción cada vez más sostenibles. En este caso en particular, este tipo de ladrillos no requiere cocción, por lo que contribuyen al ahorro energético

Eco ladrillos con desechos plásticos

Los eco ladrillos se logran con la utilización de desechos plásticos tales como envases de bebida que son muy abundantes y un problema ya que son materiales de degradación bastante lenta; atreves de una manera ingeniosa y sencilla se pueden transformar en paredes para las viviendas.



Este invento es sin duda un gran avance en el cambio de vida de las personas construir con materiales con bajo costo es sin duda una de las mayores ayudas que pueda tener las personas de bajos recursos económicos que desean una solución habitacional de manera rápida económica y sustentable ecológicamente.

Entre sus características poseen una gran resistencia mecánica, similar absorción del agua, buen comportamiento a la intemperie, es 100% impermeable al agua y se puede maniobrar con mucha facilidad.

Ladrillos con Cascara de arroz

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) proyecta masificar el uso de la cascarilla de arroz incinerada y molida como un importante componente para fabricar materiales de construcción que permitan edificar en el futuro viviendas seguras y de bajo costo en diversas zonas del país. Según el rector de esa casa de estudios, Aurelio Padilla, se ha logrado establecer contactos con el Ministerio de Vivienda para brindarle la asesoría técnica del caso en la construcción de viviendas rurales, en las cuales podría incorporarse este insumo, abaratando así su costo. En diálogo con la agencia Andina, Padilla explicó que la cascarilla del arroz es un desecho agroindustrial que se puede aprovechar para sustituir una parte del cemento y reducir el gasto de producción de ladrillos, tejados, techos prefabricados, adoquines de suelo, morteros, etc. En los talleres de la UNI, ingenieros especialistas ensayan y perfeccionan la fabricación de bloques de concreto para diferentes tipos de construcción, incluso para viviendas de hasta cinco pisos, como las que se edifican bajo las normas y parámetros actuales de albañilería.

Los materiales de construcción que emplean este insumo del arroz en su composición no sólo son más baratos, sino también más livianos; lo que aligerará el peso de la carga cuando sean trasladados a diferentes partes del país. Esto a la vez genera un ahorro en su transporte. Además, añadió la autoridad universitaria, este componente de origen natural tiene la capacidad de otorgarle cierta elasticidad a los ladrillos y bloques de concreto para las construcciones, lo que les brinda un mejor comportamiento durante un eventual sismo. “La UNI está fuertemente decidida a contribuir a la construcción de viviendas de bajo costo, y sobre todo, que sean seguras. Siendo el Perú un país sísmico, es necesario tomar todas las precauciones y usar todos los materiales disponibles que den seguridad a las viviendas”, dijo. Alternativa para reparar pistas y veredas. Al poderse utilizar la cascarilla de arroz en la fabricación de adoquines de concreto para veredas, este producto terminado podría constituir una alternativa de menor costo para los municipios que realizan trabajos de rehabilitación de veredas y pisos en parques y jardines. “Esto se puede aplicar en cualquier zona del Perú porque es un material resistente al clima y a las condiciones más exigentes. No obstante, recomendamos su uso masificado en las zonas donde abunda la cascarilla de arroz, por ejemplo, en Tarapoto y el norte del país”, expresó. A diferencia de los procesos de combustión para la producción del cemento, la incineración de la cascarilla de arroz emana una cantidad mucho menor de CO₂ al ambiente, lo que repercute positivamente en la reducción de los índices de contaminación, explicó Padilla. También consideró que si se traslada este insumo para procesarlo en Lima podría utilizarse en el material para construir viviendas resistentes en los asentamientos humanos, reemplazando las precarias edificaciones de esteras y dando mayor seguridad y comodidad a sus ocupantes. No obstante, para el uso masificado de este material es necesario que el Congreso de la República se pronuncie,

emitiendo las normas técnicas del caso, que permitan ejecutar dichas construcciones. **Procesamiento en laboratorio.** Para obtener, por ejemplo, un ladrillo de concreto fabricado a base de la cascarilla de arroz, primero se incinera este insumo natural y luego es molido. Posteriormente, la ceniza resultante es mezclada en seco con cemento, arena gruesa y confitillo o piedra chancada pequeña. En esta primera mezcla, realizada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI, no se utilizan aditivos químicos, pero sí agua en proporción a los demás materiales empleados. La húmeda masa obtenida se vierte en moldes para luego -al secarse- lograr el producto final

Quemarla no es la solución, porque significa, aparte del costo económico, la emisión masiva de contaminantes al ambiente. Arrojarla al río tampoco, porque además de aumentar la sedimentación bloquea los canales de riego, y utilizarla como abono mucho menos, ya que arruina los terrenos de cultivos porque contiene gran cantidad de químicos y fertilizantes.

El problema representa más de 600 toneladas que cada año quedan como desperdicio en las peladoras de arroz del cantón Samborondón tras la extracción de la gramínea. En efecto, se trata del cereal, al que finalmente un proyecto le encontró una alternativa útil, económica y accesible que satisface a todos los afectados, sobre todo al medio ambiente. Se trata de la elaboración de bloques utilizando como materia prima esa cascarilla.

Para la naturaleza el proyecto representa un doble beneficio, porque además de la eliminación de la emisión de contaminantes al ser quemada, al reemplazar la arena por la cascarilla en la elaboración del bloque también se frena la extracción de este material de los ríos.



Más de un año de pruebas hidrófugas (sustancia que evita la humedad o las filtraciones) y de resistencia en laboratorios lograron convertir la mezcla de la cascarilla de arroz con cemento y piedra en bloques para construir casas, cuya calidad se ajusta a los estándares internacionales, asegura Urbano Caicedo, director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo (UEES), una de las áreas involucradas en este proyecto.

Ladrillos fabricados en base al reciclado de la cáscara de maní

Una investigadora y docente universitaria cordobesa desarrolla un proyecto de construcción sustentable a partir de ladrillos fabricados en base al reciclado de la cáscara de maní.

En el Área de Desarrollo y Experimentación de Tecnologías para Viviendas del Ceve, desde hace varios años se trabaja en la búsqueda de materiales formulados a partir de la incorporación de desechos de origen urbano y agroindustrial. En este marco, se han desarrollado acciones de investigación que promueven varias líneas de búsqueda con insumos provenientes del reciclaje.

Existe una cantidad importante de residuos de origen urbano, industriales o agroindustriales que podrían ser reutilizados. Por la escala de producción y la capacidad de consumir materiales, el sector de la construcción es una alternativa válida para dar destino a residuos que no pueden volver al ambiente en forma sustentable. Ejemplos son los restos de demolición, los residuos plásticos: polietilentereftalato (PET), polietileno (PE), polipropileno (PP) o sus mezclas; neumáticos fuera de uso, entre otros. A su vez, los desechos de la agroindustria, por su ubicación, tienen escasa aplicación.

La investigación con cáscaras de maní para su aplicación en el sector de la construcción de viviendas comenzó en 2002, con el financiamiento de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, formando parte actualmente de la tesis doctoral "Reciclado post industrial de cáscara de maní. Posibilidades de desarrollo de materiales no convencionales para la construcción de viviendas", que la Arquitecta Mariana Gatani realiza en la Faud de la UNC. Conforman, además, el equipo de investigación: los investigadores Arq. Horacio Berretta, Dr. en Química Orgánica Ricardo Argüello, Ing. Químico Sebastián Sesín y los técnicos Soledad Bustamante, Luis Sosa y Miguel González.

Producción y uso. En el desarrollo experimental del proyecto se producen ladrillos y bloques para techos y muros con cáscara de maní y cemento, que necesitan el agregado de aditivos para producir el fragüe y endurecimiento de la mezcla.

Los resultados obtenidos fueron aplicados en el moldeo de ladrillos y bloques de geometría y tamaño similar a los tradicionales de tierra cocida y bloques de concreto.

Se moldearon ladrillos de 25 cm de largo, 12 cm de ancho y 4 cm de espesor (1,66 kg.); bloques de 25 cm de largo y 19 cm de ancho (2,72 kg); y bloques de 29 cm de largo, 19 cm de altura y 12,5 cm de ancho (1,90kg).

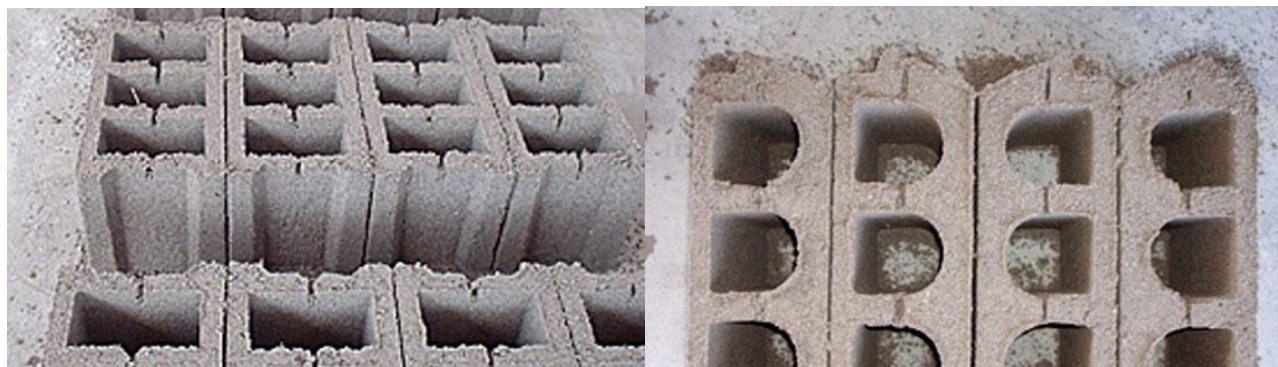
Se estima que el uso de mampostería "de cáscara de maní" en paramentos externos proveerá buenos niveles de aislación térmica y bajo peso de carga; y manipulación y puesta en obra según la ya conocida técnica utilizada con ladrillos y bloques.

En el caso de los ladrillos y bloques de cáscaras de maní y cemento, su uso podría ser similar a los tradicionales bloques de concreto, con menor resistencia, para ser empleados en mampostería no portante.

Pero aún más relevante es el impacto ecológico del proyecto, que da respuesta a una imperante necesidad de reciclado de sobrantes no degradables, que muchas veces son quemados para su destrucción.

Una alternativa concreta. "En nuestro país se emplean 30 millones de ladrillos de tierra cocida al mes, mientras que en Estados Unidos y más aún en Europa, se construye con paneles prefabricados y maderas industrializadas", expresa Gatani. En diferentes países existe la preocupación por el desarrollo sustentable estudiando otras posibilidades de construcción como, por ejemplo, con fibras de coco, fibras sisal o fibras de banana, así como también residuos de demolición, generando premios impositivos para quienes reciclan.

Estos proyectos son parte de investigaciones llevadas adelante en universidades de Brasil, Universidad de Guyana y de las Antillas, Universidad del Valle (Cali, Colombia) y Universidad Politécnica de Valencia, con quienes existen trabajos de colaboración que contribuyen a mejorar las capacidades tecnológicas y ayudan a pensar alternativas sustentables, desde una visión social y ecológica en el sector de la construcción.



CONCLUSIONES

Bloque y ladrillos “NATUBLOCK” como material sustentable para la construcción.

La investigación minuciosa sobre el ladrillo NATUBLOCK, elaborado con suelo franco limoso, acículas de pino y aserrín, aprovechamiento de los desechos provenientes de la industria forestal y de aserraderos, ha brindado una perspectiva integral de sus propiedades, evaluadas mediante ensayos de compresión simple y absorción. Al considerar la dosificación específica de 2:3:1, que maximiza la utilización de desechos y minimiza la extracción de recursos naturales, se derivan conclusiones fundamentales para su aplicación en construcciones sustentables.

Según resultados de ensayo la dosificación 2:3:1 del ladrillo NATUBLOCK cumple con los parámetros mínimos establecidos por norma, que exhibió una resistencia a la compresión con un promedio de 2 Mpa, este valor representa la capacidad del material para soportar fuerzas de compresión verticales antes de experimentar una deformación significativa o colapsar.

La absorción de agua, esencial para evaluar la durabilidad y resistencia a condiciones ambientales, reveló que la dosificación 2:3:1 elegida para la elaboración de los ladrillos mantiene un porcentaje promedio de absorción del 31,6%, indicando una capacidad equilibrada de retención de agua y una respuesta adecuada ante exposición ambiental.

NATUBLOCK cumple con los estándares para ladrillos de adobe, proporcionando una combinación aceptable de resistencia y absorción de agua, elementos cruciales para una construcción eficiente y duradera.

La inclusión de desechos industriales en su dosificación destaca la capacidad para aprovechar de manera efectiva los subproductos de la industria forestal y de aserraderos, ofreciendo así una alternativa sostenible y reduciendo el impacto ambiental sobre los recursos naturales.

Como futuro arquitecto comprometido con la sostenibilidad, la elaboración del Natublock no solo representa un avance técnico, sino también una apuesta por modelos constructivos más respetuosos con el medio ambiente. La maximización del uso de desechos industriales en la formulación refuerza la capacidad de la arquitectura para liderar prácticas más responsables y eco amigables. Este enfoque al disminuir la erosión del suelo y reducir la demanda de recursos naturales, abre nuevas posibilidades para una arquitectura verdaderamente sostenible.

REGISTRO FOTOGRAFICO

A continuación se deja constancia de cada etapa realizada en el proceso de elaboración de las muestras a ser ensayadas para llegar al resultado final del ladrillo NATUBLOCK.



Tierra extraída de la zona. Fuente: elaboración propia



Tamizado de tierra. Fuente: elaboración propia



Tamizado de tierra. Fuente: elaboración propia



Tierra tamizada. Fuente: elaboración propia



Tamizado de aserrín. Fuente: elaboración propia



Aserrín tamizado. Fuente: elaboración propia



Triturado de acículas de pino. Fuente: elaboración propia



Moldeado de muestras. Fuente: elaboración propia



Desmolde de muestras. Fuente: elaboración propia



Desmolde de muestras. Fuente: elaboración propia



Muestras a ser ensayadas. Fuente: elaboración propia



Pesaje de muestras. Fuente: elaboración propia



Pesaje de muestras. Fuente: elaboración propia



Pesaje de muestras. Fuente: elaboración propia



Ensayo de absorción. Fuente: elaboración propia



Ensayo de absorción. Fuente: elaboración propia



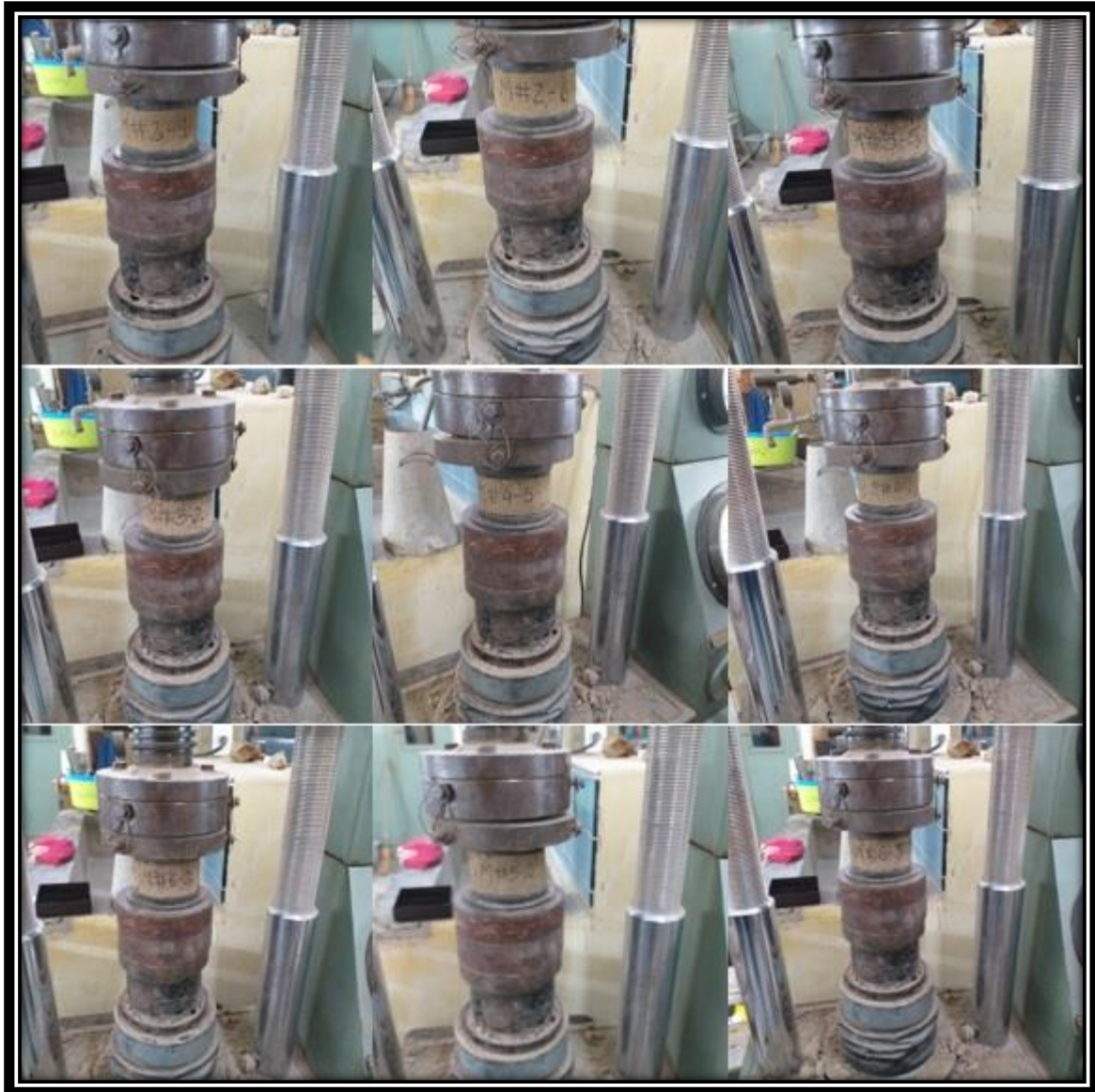
Ensayo de absorción. Fuente: elaboración propia



Ensayo de compresión simple. Fuente: elaboración propia



Ensayo de compresión simple. Fuente: elaboración propia



Ensayo de compresión simple. Fuente: elaboración propia

BIOGRAFIA

Ministerio de Producción y trabajo – Agroindustria – Presidencia de la Nación.

Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/agroindustria>

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable – Presidencia de la Nación.

Parques Nacionales de Argentina.

Disponible en <https://www.parquesnacionales.gob.ar>

Argentina Forestal.

Disponible en <https://www.argentinaforestal.com>

Censo nacional de aserraderos, ministerio de agroindustria presidencia de la nación

NEA Misiones Forestal.

Disponible en <https://neamisionesforestal.blogspot.com>

NEA Corrientes Forestal.

Disponible en <https://neacorrientesforestal.blogspot.com>

Entre Ríos Forestal.

Disponible en <https://entreriosforestal.blogspot.com>

Extensión forestal Argentina.

Disponible en <https://extensionforestal.blogspot.com>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC).

Disponible en <https://www.indec.gov.ar>

Asociación Forestal Argentina.

Disponible en <https://afoa.org.ar/index.php>

Sistema de estadística Ambiental

Disponible en <http://estadisticas.ambiente.gob.ar>

Desarrollo Forestal

Disponible en <https://maderamen.com.ar/desarrollo-forestal/>

Guía para la determinación de textura de suelos

**Evaluación de la resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla con
adición de cascarilla de arroz, Calzada, 2019**

**Pre diagnóstico sobre Condiciones y Medio Ambiente del Trabajo en la actividad de
Aserraderos**

Relatos del barro y la greda, una aproximación a ciertos oficios tradicionales y su valor patrimonial

Manual del laboratorio de materiales de construcción.

Cascarilla de arroz para construir viviendas de bajo costo

<http://amarengo.org/videos/cascarilla-de-arroz-para-construir-viviendas-de-bajo-costo.html>

**<http://www.biologia.edu.ar/botanica/PROG2000.htm#Programa%20de%20Trabajos>
bioconstrucion <http://www.cannabric.com/bioconstruccion/>**

ladrillos ecológicos www.ladrillosecologicos.com.ar

http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2008/08/07/179119.php

Artículo: Ladrillos ecológicos. www.ecologiaverde.com

Artículo: Ladrillos ecológicos, ventajas y desventajas. www.enbuenasmanos.com

Artículo: Ladrillos ecológicos. www.atiende.tv

La acidez y la alcalinidad <http://www.monografias.com/trabajos81/suelo-medio-produccion-sector-agropecuario/suelo-medio-produccion-sector-agropecuario2.shtml>

Agro información-Análisis de suelos

Acidificación de suelos-Gestión y conservación de suelos y aguas (Javier Lillo)

<http://www.miliarium.com/prontuario/medioambiente/suelos/acidificacionsuelos.htm>

<http://arquitectos.com.py/2011/10/terminaciones-sustentables-para-la-construccion/>

Materiales de Construcción Sustentables

<http://www.materialsustentable.com.ar/sustentable.html>

Cabrera, D., & Huaynate, W. (2010). tesis "mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones".

itintec 331.017. (1978). norma técnica peruana. Perú.

itintec 331.018. (1978). norma técnica peruana. lima-Perú.

Norma ASTM C-67. (s.f.). Norma de método de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales. Estados unidos: ASTM INTERNATIONAL.

NTE E.080. (2006). ADOBE. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

NTP 339.127. (1999). método de prueba normalizado para la determinación del contenido de humedad. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. Lima, Perú