



Facultad de ingeniería

Escuela de Ingeniería en Construcción

Evaluar la influencia de la incorporación de fibras textiles recicladas de tipo poliéster en las propiedades mecánicas y termo acústicas de una placa de yeso cartón.

Por

Javier Vera Belmar

Tesis para optar al grado de licenciado de la construcción y título de ingeniero constructor

Prof. Guía: Uriel Padilla Carreño

Valparaíso, Noviembre 2024

INDICE

Listado de Figuras	6
Listado de Tablas	7
Resumen	7
1. ANTECEDENTES GENERALES.	10
1.1. Introducción.	11
1.2. Planteamiento del problema.....	12
1.3. Estado del arte	13
1.4. Objetivos de la investigación	16
1.4.1. Objetivo General	16
1.4.2. Objetivo específico.....	16
1.5. Alcance.....	16
2. MARCO TEORICO.....	17
2.1. Yeso cartón.....	18
2.1.1. Aplicaciones de las planchas de yeso cartón.....	18
2.1.2. Requerimientos NCh 146/1 of 2000.....	19
2.1.2.1. Resistencia a la flexión.....	19
2.1.2.2. Resistencia al impacto	19
2.1.3. Investigaciones realizadas en placas de yeso cartón	20
2.1.3.1. Yeso con fibra de celulosa.....	20
2.1.3.2. Utilización de la cáscara de nuez Chandler en el yeso.....	20
2.1.3.3. Utilización de la cáscara de almendra triturada en el yeso..	21
2.2. Yeso como material	22

2.2.1.	Antecedentes históricos de la utilización del yeso.	22
2.2.2.	Definición del yeso.....	23
2.2.3.	Características del yeso	23
2.2.4.	Propiedades del yeso	24
2.3.	Fibra poliéster.....	27
2.3.1.	Producción del poliéster.	28
2.3.2.	Propiedades del poliéster.	29
2.3.2.1.	Propiedades Físicas	29
2.3.2.2.	Propiedades químicas	29
3.	MARCO METODOLOGICO	30
3.1.	Diseño general de la experiencia.....	31
3.2.	Variables de la investigación.....	31
3.2.1.	Variables dependientes	31
3.2.2.	Variable independiente	32
3.3.	Diseño del experimento.....	33
3.3.1.	Diseño del molde.....	33
3.3.1.	Combinaciones de agregado, ensayos y codificación de las probetas	33
3.3.2.	Dosificación de las probetas.....	35
3.4.	Elaboración de las probetas.....	37
3.5.	Materiales y métodos.	38
3.5.1.	Poliéster.....	38
3.5.2.	Yeso.	39
3.5.3.	Cartón	40

3.5.4.	Adhesivo.....	40
3.5.5.	Agua	41
3.5.6.	Moldes metálicos.....	41
3.5.7.	Bases de vidrio.	41
3.6.	Ensayos	42
3.6.1.	Ensayo de resistencia a la flexión. (NCh 146/2. Of 2000)	42
3.6.2.	Ensayo Resistencia al impacto. (NCh 146/2. Of 2000).....	43
3.6.3.	Ensayo de Resistencia a la humedad. (NCh 146/2. Of 2000)	44
3.6.4.	Ensayo térmico. (NCh 2251 Of 1994 y NCh 853 Of 1991	45
3.6.5.	Ensayo Acústico. (NCh 2785. Of 2003 y NCh 2786. Of 2003 ..	46
4.	DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA.....	47
4.1.	Control de la masa de las probetas.....	48
4.2.	Ensayo Resistencia Al Impacto	50
4.3.	Ensayo de Resistencia a la Humedad.....	51
4.4.	Ensayo de Resistencia a la Flexión	52
4.5.	Ensayo Acústico	53
4.6.	Ensayo Térmico.	54
5.	ANALISIS DE RESULTADOS.....	55
5.1.	Ensayo de Resistencia al Impacto.....	56
5.2.	Ensayo de Resistencia a la Humedad.....	58
5.3.	Ensayo Resistencia a la Flexión.....	60
5.4.	Ensayo Acústico	62
5.5.	Ensayo Térmico	64
6.	CONCLUSIONES	68

6.1.	Conclusiones	69
6.1.1.	Conclusiones respecto ensayo resistencia al impacto.	69
6.1.2.	Conclusiones respecto ensayo de resistencia a la humedad	69
6.1.3.	Conclusiones respecto ensayo resistencia a la flexión	70
6.1.4.	Conclusiones respecto ensayo acústico	70
6.1.5.	Conclusiones respecto ensayo térmico	71
6.1.6.	Conclusiones generales de la investigación.	72
	Bibliografía.....	75

Listado de Figuras

Figura 2.1: Yeso natural.....	23
Figura 2.2: Trabajabilidad del yeso.	24
Figura 2.3: Habitabilidad del yeso	25
Figura 2.4: Durabilidad del yeso	25
figura 2.5: Demanda total de fibras	28
figura 3.1: Dimensión moldaje de probetas	33
figura 3.2: Fibras de poliéster.....	38
Figura 3.3: Yeso espuma romeral	39
Figura 3.4:Cartón gramaje 250 g/m2.	40
Figura 3.5: Pegamento Papel mural 200 g.	40
Figura 3.6: Especificaciones, maquina ensayo resistencia a la flexión.....	42
Figura 3.7: Porcentaje de agua absorbida.....	44
Figura 3.8: Esquema cámara ensayo térmico.....	45
Figura 3.9: Esquema cámara ensayo acústico.	46
Figura 4.1: Ensayo Resistencia al impacto.....	50
Figura 4.2: Ensayo flexión	52
Figura 4.3: Ensayo térmico	54
figura 5.1: Resistencia al impacto	56
figura 5.2: resistencia a la humedad	59
figura 5.3 comportamiento MP ensayo térmico.	65
figura 5.4: comportamiento agregado 0.5% ensayo térmico.....	65
figura 5.5: comportamiento agregado 1% ensayo térmico.....	66
figura 5.6: comportamiento agregado 1.5% ensayo térmico.....	66
figura 6.1: Diseño de vivienda social	74

Listado de Tablas

Tabla 1.1: resultados físico mecánicos destacados en compuestos de yeso y fibra textiles	14
Tabla 2.1: Resistencia a la Flexión	19
Tabla 3.1: Línea de producción y numero de probetas.....	34
Tabla 3.2: Dosificación 300x300x15 mm.	35
Tabla 3.3: Dosificación 400x300x15 mm.	35
Tabla 3.4: Dosificación 600x650x15 mm.	36
Tabla 5.1: Registro, ensayo de resistencia por impacto	56
Tabla 5.2: Diferencia porcentual entre muestra patrón vs placas	57
Tabla 5.3: Porcentaje de absorción de agua	58
Tabla 5.4: Diferencia porcentual de absorción de agua entre muestra patrón vs placas.....	59
Tabla 5.5: Resultados ensayo resistencia a la flexión.	60
Tabla 5.6: Resúmenes promedios del ensayo resistencia a la flexión	61
Tabla 5.7: Resumen promedio del ensayo acústico (dB)	62
Tabla 5.8: Diferencias porcentuales respecto sin placa y muestra patrón	63
Tabla 5.9: Temperaturas alcanzadas °C, diferencia entre caras de placa y diferencia porcentual.	64
Tabla 6.1: Dosificación de fibra por m2 de placa de yeso-cartón	73

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de la incorporación de fibras textiles recicladas en las propiedades mecánicas y termoacústicas de las placas de yeso cartón. Para ello, se definieron objetivos específicos orientados a analizar cómo estas fibras influyen en la resistencia a la flexión, al impacto, a la humedad y en las propiedades acústicas y térmicas de las placas.

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la carrera de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Valparaíso, en Playa Ancha. Se realizaron ensayos mecánicos y térmicos en probetas de placas de yeso cartón, a las que se añadieron diferentes proporciones de fibras textiles recicladas de poliéster. Las propiedades mecánicas se evaluaron mediante pruebas de resistencia a la flexión y al impacto, mientras que las propiedades de aislamiento se analizaron a través de ensayos acústicos y térmicos.

Los resultados revelaron que la incorporación de fibras textiles mejoró significativamente la resistencia a la flexión, con un aumento del 24,11% en comparación con la muestra patrón, superando los requisitos mínimos establecidos por la norma NCh 146/1 Of 2000. En cuanto a la resistencia al impacto, se observó un incremento lineal proporcional al contenido de poliéster; por ejemplo, una muestra con un 1,5% de poliéster presentó una mejora del 6,78% frente a la muestra patrón. Sin embargo, los ensayos de resistencia a la humedad no evidenciaron cambios significativos en la absorción de agua tras la incorporación de fibras.

Respecto a las propiedades térmicas, las fibras textiles mostraron un efecto positivo, con un aumento del 20,93% en la eficiencia térmica al añadir un 1,5% de poliéster. No obstante, en las propiedades acústicas no se registraron mejoras sustanciales.

Finalmente, se destacó que, debido a la fabricación artesanal de las placas utilizadas en el estudio, no es posible compararlas directamente con placas comerciales,

ya que estas últimas se producen utilizando tecnologías avanzadas que no estaban disponibles en este contexto experimental.

fibras textiles recicladas, placas de yeso cartón, propiedades mecánicas propiedades termoacústicas, resistencia a la flexión, resistencia al impacto, humedad sostenibilidad en la construcción, reutilización de residuos, compuestos de yeso

1. ANTECEDENTES GENERALES.

1.1. Introducción.

La creciente preocupación por el impacto ambiental de la construcción impulsa la búsqueda de soluciones sostenibles que reduzcan tanto el consumo de recursos como la generación de desechos. En este marco, la incorporación de materiales reciclados emerge como una alternativa clave. Este estudio se centra en evaluar la influencia de fibras de poliéster recicladas, provenientes exclusivamente de ropa posconsumo, en las propiedades mecánicas y termoacústicas de placas de yeso cartón, un material esencial en la industria constructiva.

La reutilización de residuos textiles no solo minimiza el impacto ambiental, sino que también ofrece una plataforma para innovar en el diseño de materiales con mejores prestaciones. Ejemplos de estas innovaciones incluyen los paneles fabricados con cáscara de nuez, que han demostrado ser eficientes en sostenibilidad y desempeño, y los compuestos de yeso reforzados con partículas de neumáticos de goma, como lo demuestra el estudio de Pinto et al., que combina propiedades mejoradas con un enfoque ambientalmente responsable.

En este caso, el proyecto busca integrar fibras de poliéster recicladas para optimizar la sostenibilidad y el rendimiento de las placas de yeso cartón. Se llevaron a cabo experimentos con diversas proporciones de fibras, evaluando parámetros como resistencia a la flexión, impacto, aislamiento acústico, aislamiento térmico y comportamiento frente a la humedad. Esta metodología permitió analizar cómo estas fibras modifican las propiedades estructurales y funcionales de las placas.

Esta investigación no solo apunta a cumplir con estándares de calidad, sino a superarlos, desarrollando soluciones innovadoras que aprovechen desechos textiles de manera eficiente. Con ello, se contribuye al diseño de productos constructivos más sostenibles, reforzando la visión de una industria comprometida con el medio ambiente y la innovación tecnológica.

1.2. Planteamiento del problema.

La producción de materiales de construcción supone impactos ambientales en diversas fases, como el transporte, el proceso de construcción, el uso de la edificación, el mantenimiento e incluso la demolición. Por ello, es fundamental dedicar esfuerzos hacia la transformación del flujo de materiales hacia una economía circular (Cândido L. et al., 2011). En este contexto, los materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, elaborados a partir de materias primas secundarias y procesos de reciclaje sostenibles, podrían desempeñar un papel crucial en la reducción de las emisiones de CO₂. Estos materiales no solo contribuirían a minimizar el impacto ambiental de la construcción, sino que también permitirían la reincorporación de residuos de otros sectores, como el textil, en la elaboración de productos de construcción (Giesekam J., et al. 2014).

La industria textil en los últimos años ha tenido de un aumento en la demanda de textiles debido al desarrollo económico y al crecimiento poblacional, resultando en que alrededor del 60% de las fibras textiles provengan de fuentes petroquímicas, como el poliéster, mientras que el 37% restante es de origen natural, predominando el algodón (Sandin G. y Peters G.M., 2018). Esta creciente demanda tiene repercusiones serias, ya que la huella de la industria textil se extiende más allá del uso de materias primas. En 2015, sus emisiones de gases de efecto invernadero ascendieron a 1200 millones de toneladas de CO₂, superando las emisiones de todos los vuelos internacionales y el transporte marítimo combinados de ese año (International Energy Agency, 2016).

Un ejemplo de la problemática del desperdicio textil se observa en Chile, según Franklin Zepeda fundador de ECOFIBRA Chile Spa en 2020 se ingresaron 59 mil toneladas de ropa usada. De estas, 39 mil toneladas se convirtieron en residuos, suficientes para dar dos vueltas al planeta. Esto resalta la necesidad urgente de estrategias que permitan integrar estos residuos en un ciclo de vida más sostenible, contribuyendo así a la economía circular y a la reducción del impacto ambiental.

1.3. Estado del arte

La sostenibilidad en la construcción se ha convertido en un aspecto fundamental para la reducción del consumo de recursos, como materiales y energía. Adoptar acciones eficientes, como la reutilización de residuos, es crucial en este contexto. En este sentido, el presente trabajo analiza la influencia de la incorporación de residuos textiles posconsumo de algodón en las propiedades físico-mecánicas de compuestos de yeso. Un estudio experimental realizado por Castillo, 2023 demuestra que la adición de fibras posconsumo de algodón, en longitudes de 20 y 35 mm y en proporciones del 0,5%, incrementa la resistencia a la flexión y compresión en un 5,9% y 11%, respectivamente. Además, se observó una reducción del 26% en la absorción de agua por capilaridad con una adición del 1%. Este comportamiento sugiere que las fibras no solo mejoran la resistencia mecánica, sino que también contribuyen a la tenacidad del material, disminuyendo el desprendimiento de fragmentos de yeso al alcanzar la carga de rotura.

Otro estudio significativo se centró en la incorporación de residuos de caucho vulcanizado provenientes de procesos de recauchutado de neumáticos, con adiciones en masa del 5%, 10% y 15% en compuestos de yeso. Pinto et al. 2020 evaluaron diversos parámetros, como la consistencia, la densidad de masa, la absorción de agua y la resistencia a la flexión y compresión. Los resultados indicaron que la adición de caucho puede ser prometedora: la consistencia disminuyó con el aumento del contenido de caucho, y la granulometría gruesa favoreció la trabajabilidad. Si bien se observó una reducción en la densidad de masa, los altos niveles de caucho generaron una mayor absorción de agua en los compuestos. La resistencia a la flexión y compresión mostró que el compuesto con un 5% de goma delgada se comportó de manera similar al control, mientras que niveles del 15% resultaron en caídas significativas de hasta un 60% y 40%, respectivamente. Además, el análisis con microscopía electrónica de barrido (SEM) reveló que los compuestos con caucho fino presentaban poros más pequeños y una mejor adhesión entre partículas, contribuyendo a la estabilidad térmica.

A modo de resumen, en la Tabla N°1.1 se presentan los resultados físico-mecánicos de diversos estudios sobre compuestos de yeso y fibras textiles, especificando la matriz, residuo, adición y resultados obtenidos. En general, los estudios analizados destacan que el uso de fibras textiles en el refuerzo de compuestos de yeso, con relaciones de agua que varían entre 0,73 y 1,02, muestra un rendimiento óptimo con adiciones inferiores al 2%. A medida que se aumenta el porcentaje de fibras, surgen problemas durante el amasado y se observa una pérdida de resistencia a la flexión y compresión. Sin embargo, las adiciones de fibras en bajos porcentajes mejoran el rendimiento a compresión, así como la resistencia a la fractura y fisura de las muestras. En el caso específico de las placas de escayola reforzadas con fibras de polipropileno y aligeradas con poliestireno expandido (EPS), se logra una mayor tenacidad debido a su deformabilidad, evitando la rotura frágil de las placas (Castillo, 2023).

Tabla 1.1: resultados físico mecánicos destacados en compuestos de yeso y fibra textiles

Matriz/Autor	Residuo	Relación agua	% Adición	Resultados (% sobre el yeso de referencia) *			
				Densidad %	Dureza %	Resistencia Compresión %	Resistencia Flexión %
Compuesto de yeso (Kalkan, 2017 (33))	Algodón	0,73	0,75	n/a	n/a	+18	-10
		0,82	1,5			+3	-15
		0,93	2			-28	-17
		1,02	3			-30	-32
	Algodón + poliéster	0,70	0,75	n/a	n/a	+61	+19
		0,74	1,5			+53	+13
		0,78	2			+27	+9
		0,86	3			+6	-17
	Algodón + poliéster + acrílico	0,74	0,75	n/a	n/a	+53	+18
		0,84	1,5			+18	-8
		0,91	2			-13	-16
		0,96	3			-16	-18
Yeso FGD (Vasconcelos, et al., 2015 (34))	Fibras textiles de neumáticos (poliamida)	0,80	1	-4,3	n/a	+5,6	n/a
		0,80	2	-3,4		-8,2	
		0,80	3	-6,7		+10,5	
Mortero de yeso (Tasán Cruz, 2011(35))	Poliéster (eslingas)	0,73	5	-1,2	-0,3	-14,4	-3,8
		0,73	7,5	-1,2	-1,1	-18,5	-1,1
		0,73	10	-1,2	-2,0	-19,8	+10
Mortero escayola (Tasán Cruz, 2011(35))	Poliéster (eslingas)	0,76	5	-0,4	+3,4	+4,1	+5,2
		0,76	7,5	-0,3	+2,0	-1,8	+14
		0,76	10	-1,2	+2,5	-10,8	+1,8

Fuente: Castillo, 2023

En resumen, los estudios revisados demuestran que la incorporación de fibras textiles recicladas en compuestos de yeso puede mejorar significativamente sus propiedades mecánicas, especialmente la resistencia a la flexión y al impacto. Sin embargo, la cantidad de fibra y su longitud son factores críticos que influyen en el comportamiento final del material. Además, la adhesión entre las fibras y la matriz de yeso juega un papel fundamental en el refuerzo del compuesto. A pesar de los avances logrados, aún existen lagunas en el conocimiento sobre el comportamiento a largo plazo de estos materiales y el impacto de diferentes tipos de fibras en sus propiedades. La presente investigación busca contribuir a llenar este vacío de conocimiento al evaluar la influencia de fibras de algodón recicladas en las propiedades físico-mecánicas de compuestos de yeso, considerando diferentes longitudes de fibra y proporciones en la mezcla."

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de la incorporación de fibras textiles en las propiedades mecánicas y termo acústicas de una placa de yeso cartón.

1.4.2. Objetivo específico

- Determinar la influencia que la incorporación de fibras textiles recicladas tiene en la **resistencia a la flexión** de una placa de yeso cartón.
- Determinar influencia de la incorporación de fibras textiles en la **resistencia por impacto** de la placa de yeso cartón.
- Determinar la influencia que la incorporación de fibras textiles tiene en las propiedades de **aislación acústica** de una placa de yeso cartón.
- Determinar la influencia de la incorporación de fibras textiles tiene en las propiedades de **aislación térmica** de una placa de yeso cartón.
- Determinar la influencia de la incorporación de fibras textiles tiene en la **resistencia a la humedad** de una placa de yeso cartón.

1.5. Alcance

- El desarrollo de la investigación se realizará en los laboratorios de la carrera Ingeniería en Construcción, pertenecientes a la Universidad de Valparaíso, Playa Ancha, Ciudad de Valparaíso.
- El desarrollo de la investigación se llevará a cabo en los laboratorios de la carrera Ingeniería en Construcción de la Universidad de Valparaíso, Playa Ancha. Se utilizarán placas de yeso cartón elaboradas artesanalmente, a las cuales se les adicionarán diferentes porcentajes de fibras de poliéster recicladas. Se realizarán ensayos mecánicos (flexión, compresión, impacto), térmicos (conductividad térmica, aislamiento acústico) y de humedad para evaluar el efecto de las fibras en las propiedades de las placas. Los ensayos se realizarán de acuerdo con las normas técnicas correspondientes.

2. MARCO TEORICO

2.1. Yeso cartón

Las planchas de yeso cartón como material se componen a grandes rasgos de un núcleo de yeso y dos pieles delgadas de cartón adheridas a las caras y posterior del yeso (Villanueva et al., 1994)

La placa de yeso laminado nació aproximadamente a finales del año 1884, en Estados Unidos, como resultado de la investigación de Augustine Sackett y Fred L. Kane. El objetivo de Sackett y Kane era encontrar un material que fuera sencillo y protegiera el interior de estructuras de madera de la época (Powell, 2006).

En la actualidad estas son elaboradas con diferentes tipos de prestaciones, variando sus espesores y medidas.

Por la particularidad de nuestro territorio, En Chile existen variadas modalidades del producto. Como lo son (ST), (RH), (RF), (ER) y (ERH)

- Tipo estándar (ST)
- Resistente a la humedad (RH)
- Resistente al fuego (RF)
- Extra-Resistente (ER)
- Extra-Resistente Hidro (ERH)

2.1.1. Aplicaciones de las planchas de yeso cartón

Es elemento ideal para ser utilizado en revestimientos interiores, tabiques, Variando su aplicación en la estructura que se encuentre.

Puede ser parte integrante de tabiques que cumplen con necesidades de aislamiento acústico. Su gran versatilidad da una total libertad a la hora de diseñar ambiente, este posee una conductividad térmica $0,26 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$

Existen variadas marcas que, dependiendo de sus requerimientos, integran diversos compuestos derivando características propias en cada elemento.

2.1.2. Requerimientos NCh 146/1 of 2000.

2.1.2.1. Resistencia a la flexión

Este requisito se mide de acuerdo con la norma Nch146/1 of 2000 para probetas de 300 x 400 x 15 mm, representada a través de los valores de la tabla N°2.1 Los valores individuales inferiores al requisito no deben superar al 10% del total de la cantidad de probetas ensayadas.

Tabla 2.1: Resistencia a la Flexión

Carga N				
Espesor, mm			Apoyo de probeta respecto a borde longitudinal	
			Paralela Cara y dorso	Perpendicular Cara y dorso
	8		110	280
	10		140	370
	12,5		180	500
	15		220	650
	25		380	900

Fuente: Nch 146/1 Of 2000.

2.1.2.2. Resistencia al impacto

Determinar la resistencia al impacto de acuerdo con 4.4 de NCh 146/1 con una bola de acero, de dimensiones normalizada, la cual no debe dejar huella de diámetro superior a 20mm en las placas ensayadas.

2.1.3. Investigaciones realizadas en placas de yeso cartón

2.1.3.1. Yeso con fibra de celulosa.

El panel de fibra-yeso INTERGYPSUM, desarrollado por la empresa INTERGYPSUM, S.A., es un producto innovador que combina yeso y fibra celulósica obtenida de papel reciclado. Esta mezcla se homogeniza con agua para el fraguado del yeso, sin necesidad de añadir colas ni otros aglutinantes. Además, cuenta con una ligera impregnación superficial que permite su acabado inmediato, ya sea pintado o empapelado, tras su instalación.

En este material, el yeso envuelve las fibras, mientras que estas refuerzan el yeso, mejorando significativamente sus propiedades mecánicas. Según Álvaro Jarabo, consejero delegado de INTERGYPSUM, el panel presenta una densidad un 50% superior, lo que también incrementa su peso en la misma proporción. Esto se traduce en excelentes características de resistencia frente a golpes y capacidad para soportar cargas colgantes.

2.1.3.2. Utilización de la cáscara de nuez Chandler en el yeso.

El propósito principal de la investigación realizada por Marlenin (2011) es estudiar la posibilidad de la incorporación de la cáscara de nuez Chandler como una variante a la materia prima existente, con el objetivo de aprovechar el residuo proveniente del mercado de la nuez. La cáscara de éste fruto, cuando se desarrolla forma tres capas epicarpio, mesocarpio y endocarpio y que cuando es sometida al proceso de pelado se desecha el endocarpio (cáscara) que es de textura dura y arrugada. España es uno de los mayores consumidores mundiales de nuez, donde el 80% de este grano corresponde a las nueces californianas. Anualmente se importan alrededor de 16000 mil toneladas de nueces de las cuales 11 mil toneladas llegan al país en cáscaras. Es que en este contexto se desarrolló este análisis, en el aprovechamiento de este residuo que se genera en grandes cantidades, producto de la cantidad de toneladas que importa España.

2.1.3.3. Utilización de la cáscara de almendra triturada en el yeso.

Esta investigación se centra en el estudio de un nuevo material hecho con un subproducto de la almendra, para mejorar las deficiencias térmicas de los hogares y reducir la contaminación del aire en ciudades chilenas, especialmente por el uso de leña en invierno. Se propone la creación de una placa de yeso cartón con cáscara de almendra triturada, evaluando su viabilidad como un producto normado y eficiente, alineado con los objetivos de desarrollo sostenible del gobierno.

El estudio contempla la incorporación de cáscara de almendra en porcentajes del 10%, 20% y 30% en la placa de yeso cartón, siguiendo las normativas NCh 146/1 Of 2000 y NCh 146/2 Of 2000 para su elaboración y ensayos. Se analizarán propiedades como densidad, humedad, flexión y comportamiento termoacústico. (Arriola,2018)

2.2. Yeso como material

El yeso es el resultado de la cocción, a temperatura moderada, de la roca de yeso o sulfato de calcio dihidratado. Los yesos son materiales complejos ya que, según la temperatura y las condiciones de cocción, es posible obtener diferentes tipos de productos (Nolhier, 1986).

En la presente investigación se desarrollará y estudiará un nuevo producto para el sector de la construcción, diseñado como revestimiento interior a partir de yeso y poliéster reciclado. Este producto será evaluado en comparación con una muestra patrón elaborada con los mismos materiales. La elección de esta comparación se debe a que no es viable contrastarlo con una placa de yeso comercial, ya que esta última implica procesos de fabricación que no pueden llevarse a cabo manualmente.

2.2.1. Antecedentes históricos de la utilización del yeso.

El yeso se originó hace unos 200 millones de años como resultado de depósitos marinos cuando algunas fracciones de nuestros continentes eran inmensas extensiones oceánicas.

Durante este período algunos mares se secaron dejando lechos de yeso que se recubrieron para ser descubiertos posteriormente por el hombre. En el antiguo Egipto, durante el tres mil antes de cristo, se empleó el yeso para sellar las juntas de los bloques de la gran pirámide de Giza, además se utilizó como revestimiento para múltiples tumbas. El palacio de Cnosos contiene revestimientos y suelos elaborados con yeso.

En el siglo XVIII el uso del yeso en construcción se generaliza en Europa. Lavoisier presenta el primer estudio científico del yeso en la Academia de Ciencias. Posteriormente Van t'Hoff y Le Chatelier aportaron estudios describiendo los procesos de deshidratación del yeso (Villanueva y García, 2001).

2.2.2. Definición del yeso.

El yeso es un producto preparado básicamente a partir de una piedra natural denominada aljez, mediante deshidratación, al que puede añadirse en su fabricación determinadas adiciones de otras sustancias químicas para modificar sus características de fraguado, resistencia, adherencia, retención de agua y densidad, que una vez amasado con agua, puede ser utilizado directamente (Díaz-Guerra, 2009)

2.2.3. Características del yeso

El yeso, como se muestra en la figura N° 2.1, se obtiene a partir del mineral de sulfato de calcio dihidratado, el cual es abundante en la naturaleza, lo que lo convierte en un producto natural y ecológico. Es respetuoso con el medio ambiente y sus residuos son biodegradables. Gracias a sus propiedades higrométricas, el yeso actúa como un eficaz regulador de la humedad en los interiores de las edificaciones, absorbiendo el exceso de humedad y liberándola en condiciones de sequedad.



Figura 2.1: Yeso natural

Fuente: Extraída de internet

La incorporación de yeso en los revestimientos interiores puede aumentar hasta en un 35% la capacidad de aislamiento térmico en comparación con construcciones sin revestimiento. Además, debido a su elasticidad y estructura finamente porosa, el yeso ofrece una excelente capacidad de insonorización, reduciendo ecos y reverberaciones y mejorando así las condiciones acústicas de los espacios.

Otro de los beneficios del yeso es su incombustibilidad; al exponerse al calor, libera gradualmente agua de cristalización en forma de vapor, lo que retrasa el aumento de temperatura sin emitir gases tóxicos. Además, su plasticidad y capacidad de moldeo permiten una amplia variedad de posibilidades en decoración, siendo compatible con casi todos los elementos decorativos (Novo, 1970).

2.2.4. Propiedades del yeso

- Trabajabilidad:

Es un material adecuado y de fácil manipulación para ser usado en múltiples derivados prefabricados y directamente en obra, como en el caso de la figura N°1. Su trabajabilidad depende de la moldeabilidad, la consistencia variable, el fraguado rápido regulable, la expansión de fraguado, la adherencia, las resistencias iniciales o la facilidad de trabajo sobre elementos ya fraguados (Garcia y July, 2011)



Figura 2.2: Trabajabilidad del yeso.

Fuente: universidad politécnica de Madrid, 2011

- Habitabilidad:

Elemento constructivo que colabora eficazmente en el acondicionamiento térmico, higrotérmico, acústico y lumínico de los edificios, como se muestra la figura N°2. (García y July, 2011).



Figura 2.3: Habitabilidad del yeso

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid, 2011

- Durabilidad:

De acuerdo con la figura N°3 las acciones que están sometidas en los revestimientos interiores, las podemos clasificar en mecánicas y debidas al agua. En cuanto a las acciones mecánicas destacan las debidas a los impactos o choques. Por tanto una de las propiedades que más interesa conocer es la de su dureza superficial que por regla general y en condiciones normales de utilización es suficiente (García y July, 2011).

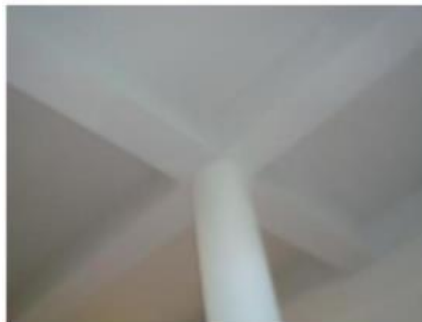


Figura 2.4: Durabilidad del yeso

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid, 2011

- Seguridad:

La protección contra el fuego: El yeso es un material incombustible. Además, tiene una baja conductividad térmica, lo que evita la propagación del calor producido en los incendios y contienen agua libre y agua química (de composición) que absorbe energía calorífica para evaporarla. En su propia constitución contiene dos moléculas de agua por cada molécula de sulfato cálcico y absorbe calor para transformarse en dihidrato en anhidrita, lo que supone otras calorías invertidas en su composición y en la evaporación del agua combinada (García y July, 2011).

2.3. Fibra poliéster.

En 1940, John Rex Whinfield y el Dr. James T. Dickson, de la firma Calico Printer's en Lancashire, comenzaron a estudiar los ésteres de los ácidos ftálicos y crearon el tereftalato de polietilenglicol (PET) usando etilenglicol y dimetil tereftalato (DMT). En 1941, lograron sintetizar esta nueva sustancia plástica, que se puede hilar como el nylon y es la base de las fibras de poliéster.

Dado que Calico Printer's no tenía capacidad para producir estas fibras, la tarea fue asumida por el trust químico inglés ICI, que en 1947 fabricó las primeras fibras de poliéster llamadas Terylene. En 1954, ICI abrió una planta con una capacidad de producción de 5000 toneladas anuales en Gran Bretaña.

Simultáneamente, Du Pont desarrolló un método para producir PET y en 1953 inauguró una planta en Kinston, Carolina del Norte, llamando a su fibra de poliéster Dacron. Después de estos desarrollos iniciales, se realizaron más investigaciones sobre el uso del polímero en fibras, películas y plásticos. En 1958, Eastman comercializó otra fibra de poliéster, Kodel II, hecha de poli (1,4-cicloexadimetilentereftalato). (Carrion, 2014)

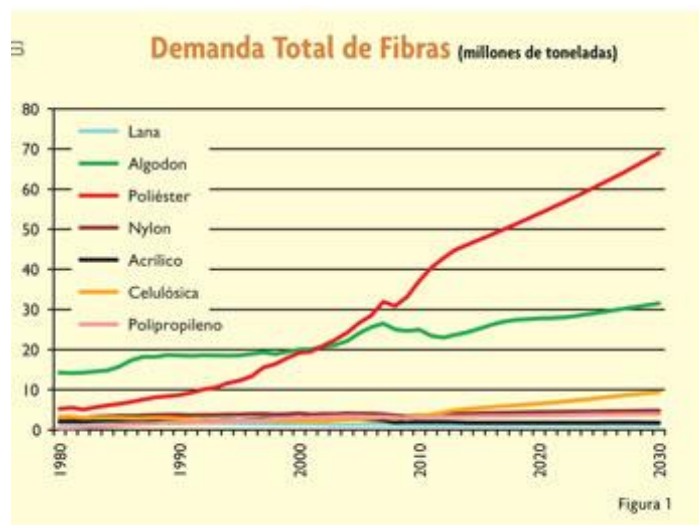
El poliéster es un grupo de polímeros termoplásticos que se caracterizan por tener una estructura química que contiene el grupo éster. Los tipos más comunes de poliésteres incluyen el polietileno tereftalato (PET), el polibutileno tereftalato (PBT) y el polietileno naftalato (PEN). (British Plastics Federation)

2.3.1. Producción del poliéster.

El poliéster es un polímero sintético producido a partir del petróleo mediante varios pasos. Primero, el etileno se oxida para producir etilenglicol. Luego, el pxileno se oxida para obtener ácido tereftálico. Ambos compuestos reaccionan en un proceso de polimerización a altas temperaturas y presiones para formar el polímero de poliéster. Este se funde y se extruye en filamentos, que se estiran y enrollan para formar hilo. Finalmente, el hilo de poliéster puede someterse a procesos adicionales según la aplicación deseada.

Como se puede observar en el grafico N°2.5 desde 1980 hasta 2014, la demanda mundial de poliéster aumentó significativamente, pasando de 5.2 millones de toneladas a 46.1 millones de toneladas. Durante este periodo, el poliéster representó el 73.4% del crecimiento total de la demanda de fibras, superando tanto a las fibras manufacturadas como a las naturales. El incremento en la demanda de poliéster ha sido impulsado principalmente por China, India y otros países del sudeste asiático. China, en particular, es responsable del 69% de la producción mundial de poliéster, y junto con India y el sudeste asiático, estas regiones representan el 86% de la producción global. (Borneman, J. 2015)

figura 2.5: Demanda total de fibras



Fuente: Borneman, J. 2015

2.3.2. Propiedades del poliéster.

La densidad del poliéster varía dependiendo del tipo específico, pero en general se encuentra en el rango de 1.04 a 1.46 g/cm³ (Callister.W.D,JR. 2007)

Algunos valores típicos de densidad para diferentes tipos de poliéster son:

- Poliéster termoestable: 1.04-1.46 g/cm³
- Polietileno tereftalato (PET): 1.37 g/cm³
- Polibutileno tereftalato (PBT): 1.34 g/cm³

2.3.2.1. Propiedades Físicas

- Dureza: Alrededor de 81.2 en la escala Shore D.
- Resistencia a la tracción: Hasta 49.2 MPa de resistencia a la tracción última.
- Elongación: Hasta 82.9% de elongación a la rotura.
- Resistencia a la flexión: Hasta 82.1 MPa de resistencia a la flexión.
- Punto de fusión: Alrededor de 246°C.
- Temperatura de deflexión por calor: Entre 72.3°C - 90.8°C, dependiendo de la carga aplicada.
- Inflamabilidad: Clasificación UL94 HB-V-0, lo que significa que es auto extingible.

2.3.2.2. Propiedades químicas

- Facilidad de fabricación: Puede ser extruido en fibras o inyectado para producir piezas.
- Acabado superficial: Excelente acabado superficial en piezas inyectadas.

(Polyester: History, definition, advantages, and disadvantages., 2022)

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Diseño general de la experiencia

- Las dimensiones de las placas serán de acuerdo con la Normativa Chilena 146/1 Of 2000. El espesor escogido para cada placa es de 15 milímetros, ya que es una medida comúnmente utilizada en revestimientos interiores, ofreciendo una excelente resistencia y durabilidad para este tipo de aplicaciones.
- Se aplicarán solo ensayos requeridos para placas de yeso cartón (Resistencia a la flexión, Resistencia al impacto y Resistencia a la humedad), de acuerdo con la NCh146/2 Of 2000 y se realizarán ensayos para determinar las características térmicas y acústica para determinar que las placas ayuden a mantener la temperatura adecuada dentro de los espacios y a reducir los ruidos entre las habitaciones, mejorando el confort y la calidad de vida.
- El cartón utilizado para cada placa será del tipo cartón forrado con un gramaje de 250 gr/m². Se aplicará una capa de cartón en ambos lados de cada placa, en una orientación paralela al largo de cada una. El cartón será adherido utilizando un adhesivo especial Metylal, garantizando una fijación óptima y duradera.
- El yeso para utilizar en el desarrollo de la investigación es Yeso espuma Romeral
- En base a la investigación realizada por Castillo, 2023, Se realizarán probetas con distinto porcentaje de fibras textiles en relación con el peso del yeso a utilizar en la probeta 0,5% 1%, 1,5%

3.2. Variables de la investigación.

Se clasifican en variables independientes y dependientes, con el fin de describir y comprender cuales y quieres aportan en mejorar las características del material.

3.2.1. Variables dependientes

Variable 1: Resistencia a la flexión, de acuerdo con la norma NCh 146/2 Of. 2000.

Variable 2: Resistencia a la humedad, de acuerdo con la norma NCh 146/2 Of 2000.

Variable 3: Resistencia al impacto, de acuerdo con la norma NCh 146/2 Of 2000.

Variable 4: Ensayo térmico, en el cual se sometía las placas de yeso cartón a una diferencia de temperatura en una cámara de madera, para asegurar la aislación térmica, así medir temperatura en ambos lados de cada placa como la temperatura ambiente.

Variable 5: Ensayo acústico, Del mismo modo se efectúa el procedimiento para evaluar acústicamente las placas. Es por ello por lo que estos ensayos se realizarán en una cámara acústica y térmica.

3.2.2. Variable independiente

Esta variable se manipula, ya que adquiere valor cuando se relaciona con las otras variantes. Entonces se considera como variable independiente al agregado de fibra textiles recicladas en la mezcla en reemplazo del yeso. Este reemplazo será de 0,5, 1 y 1,5% del volumen de cada placa.

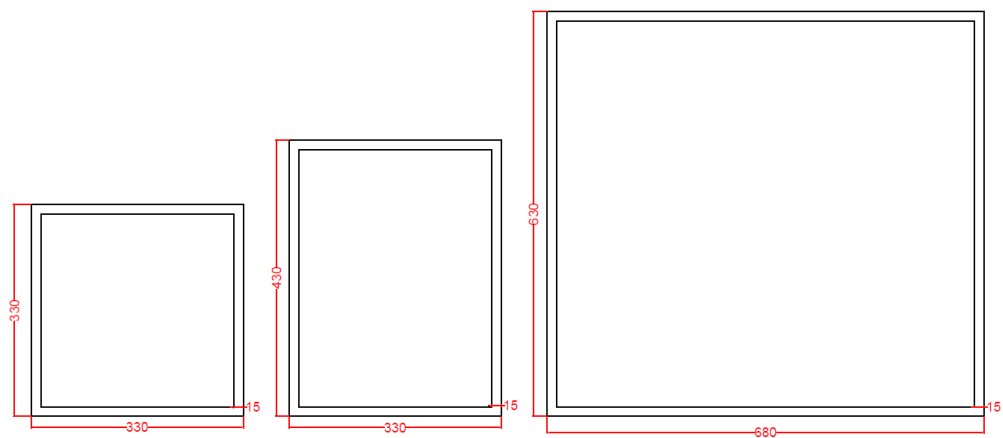
3.3. Diseño del experimento

3.3.1. Diseño del molde

El diseño del molde es elaborado con perfiles tubulares cuadrados 15x15 mm con 1 mm de espesor según lo especificado en la norma NCh 146/1 Of 2000, con una base de vidrio de 4 milímetros, facilitando el retiro de las placas.

Las dimensiones de estos moldes son indicadas en la figura. 3.1 son de 330x330mm, 330x430mm y 6680x630mm para la realización de las probetas

figura 3.1: Dimensión moldaje de probetas



Fuente: elaboración propia

3.3.1. Combinaciones de agregado, ensayos y codificación de las probetas

Entonces a modo de explicar las dimensiones de cada molde de una forma más clara, se vincularán con su respectivo ensayo. Por lo tanto, para el ensayo flexión se utilizará moldes de 400 x 300 mm $\pm$ 5 mm como señala la norma 146/1 Of. 2000. Para los ensayos de humedad e impacto, se utilizarán moldes de 300 x 300 mm $\pm$ 5 mm según la norma 146/1 Of. 2000. Finalmente para los ensayos acústicos y térmicos, se dimensionarán de acuerdo con la cámara acústica, cuyas medidas son 600 x 650 mm. La línea producción se realiza con el fin de ordenar la elaboración de cada plancha, figura N°3.1, de este modo desarrollar un mejor control de cada plancha. A modo de ejemplo se

expresa la realización de las planchas de una muestra patrón para el ensayo de impacto. Con sus siguientes códigos, IMP/A, IMP/B IMP/C

Tabla 3.1: Línea de producción y numero de probetas

Línea de producción y n° de probetas						
Ensayos	MP	0,50%	1%	1,50%	Total placas	Tipo de placa (mm)
Ensayo impacto	IMP	I0,5	I1	I1,5	12	300x300x15
Ensayo Humedad	HMP	H0,5	H1	H1,5	12	300x300x15
Ensayo flexion	FMP	F0,5	F1	F1,5	12	400x300x15
Ensayo termico	TMP	T0,5	T1	T1,5	12	600x650x15
Ensayo acustico	AMP	A0,5	A1	A1,5		

Fuente: elaboración propia

La repetibilidad de los ensayos se garantizará mediante la realización de tres probetas por cada prueba. Dado que existen cuatro variaciones para cada tipo de placa, se fabricaron un total de doce probetas para cada uno de los ensayos destructivos. Por otro lado, en el caso de los ensayos térmicos y acústicos, al ser no destructivos, no es necesario preparar doce probetas para cada uno de ellos.

3.3.2. Dosificación de las probetas

Para el diseño de la placa de yeso cartón junto con el agregado de fibra de poliéster, se toma como referencia la información de estudios realizados yesos recompilados por Castillo,2023, En los estudios analizados se han empleado las fibras textiles en el refuerzo de compuestos de yeso las adiciones inferiores al 2% de fibras presentan mejores resultados, ya que a medida que se aumenta este porcentaje se presentan problemas en el amasado y pérdida de resistencia a flexión y compresión. la cantidad de volumen de amasado de yeso contenido para cada probeta, cambiándolo por agregado de fibra de poliéster reciclada cuya densidad real es de 1250 kg/m³. Así de esta forma conseguir las distintas combinaciones.

Se presentan las dosificaciones correspondientes al yeso y a la fibra poliéster reciclado (Tablas: N°3.2, N°3.3 y N°3.4), para conformar así, las placas de dimensiones de 300x300 mm, 300x400 mm y 600x650 mm. En cuanto a la relación agua/yeso se trabajará en con valor 0,64. Este valor es similar a otras investigaciones realizadas por alumnos de la Escuela de Construcción Civil.

Tabla 3.2: Dosificación 300x300x15 mm.

300X300X15					
Dosificación	0%	0,50%	1%	1,50%	Unidad
Yeso	1985	1975,36	1955,51	1925,73	g
Poliester	0,00	9,93	19,85	29,78	g
Agua	1,27	1,26	1,25	1,23	L

Tabla 3.3: Dosificación 400x300x15 mm.

400X300X15					
Dosificación	0%	0,50%	1%	1,50%	Unidad
Yeso	2647,06	2633,82	2607,35	2567,65	g
Poliester	0,00	13,24	26,47	39,71	g
Agua	1690	1690	1670	1640	L

Tabla 3.4: Dosificación 600x650x15 mm.

600X650X15					
Dosificación	0%	0,50%	1%	1,50%	Unidad
Yeso	8602,94	8559,93	8473,9	8344,85	g
Poliester	0	43,01	86,03	129,04	g
Agua	5,51	5,48	5,52	5,34	L

Fuente: elaboración propia

3.4. Elaboración de las probetas.

Los ensayos de las placas sometidas a investigación se realizarán de acuerdo con la norma chilena vigente.

Las placas se desarrollarán y se elaborarán en los laboratorios de docencia e investigación de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso.

Una vez fijados los moldes y definidas las dosificaciones de cada material para las diferentes placas de diferentes dimensiones indicadas en el punto 3.5.2, se inicia el pesaje de los componentes, para luego mezclarlos. Además, se agrega el desmoldante para que la placa salga fácilmente de los moldes indicados en el punto 3.3.1

Ya en el proceso de amasado por recomendación del fabricante del yeso se agrega agua al recipiente donde se realizará la mezcla, luego se depositará el yeso, espolvoreando paulatina y suavemente en el agua, ya depositado la cantidad de yeso previamente pesado dado por la dosificación, se deja en reposo por 3 minutos. Transcurrido los 3 minutos, se comienza a revolver mecánicamente por medio de un taladro por lo menos por 1 minuto y 30 segundos.

Una vez incorporado el yeso se le agregará el poliéster en su formato descrito en el punto en 3.5.1 en tandas para evitar aglomeraciones de la fibra.

Ya terminado el amasado se deposita la mezcla en el molde, preocupándose que se distribuya con homogeneidad. Una vez depositado el contenido se procede a enrasar con una regleta.

El fraguado del yeso es aproximadamente 10 minutos, en condiciones térmicas normales del laboratorio. Una vez transcurrido este tiempo se desmoldan y se procede esperar un tiempo de 60 min donde las planchas ya logran una consistencia para ser manipuladas con el fin de guardarlas en una posición horizontal para evitar deformaciones por un periodo de 10 a 15 días aproximadamente.

Ya fraguada las placas, se procederá a lijar y limpiar estas, con el fin de aplicar el adhesivo especial Metylan y pegar el cartón de gramaje 250 g/m² en cada una de sus caras, simulando una placa de yeso cartón.

3.5. Materiales y métodos.

3.5.1. Poliéster

En cuanto a las fibras textiles se emplearán fibras de poliéster obtenidas de textiles reciclados posconsumo, se retirará cualquier residuo que traiga la prenda (botones y/o cierres) se recortó en cuadrados de 20x20 mm y 35x35 mm, posteriormente se separaron manualmente las fibras hasta obtener los hilos. Se ha determinado emplear porcentajes de adición del 0,5% y 1,0% ya que, en base a la revisión documental realizada por Castillo, 2023, adiciones superiores al 1,5% muestran un descenso en las resistencias mecánicas de los compuestos.

Las fibras poseen dos longitudes 20 mm y 35 mm, ya que, en base a los estudios analizados por Castillo, 2023, el uso de fibras con longitudes inferiores a los 6 mm presentó descensos en las resistencias mecánicas y lo mismo ocurre con las fibras mayores a los 50 mm, en donde adicionalmente se presentan problemas en el amasado ya que conforme se aumenta la longitud los compuestos tienden a enmarañarse dificultando una distribución homogénea de las fibras en la mezcla. El formato final de las fibras es como se puede observar en la figura 3.2 de las fibras de poliéster

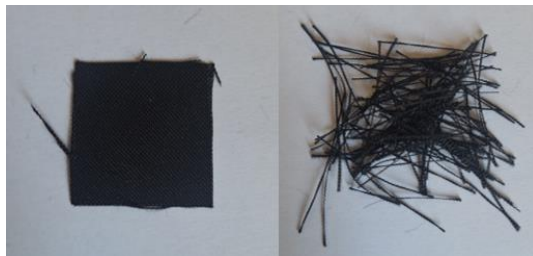


figura 3.2: Fibras de poliéster

Fuente: elaboración propia

3.5.2. Yeso.

Cumpliendo con la norma NCh of 1999, Yeso calcinado Requisitos. Este se adquiere en el mercado listo para trabajar en su forma hemihidratado.

De este modo tenemos un material adecuado para confeccionar las planchas de yeso cartón, que nos permite obtener un producto alineado con los estándares del mercado. Entonces se utilizará Yeso Espuma Romeral, figura N°3.3 en un formato comercial de 25 kilogramos. Esta marca fue utilizada en investigaciones anteriores en la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso. Además, la investigación se integra a los procesos y requerimientos de la sostenibilidad, por lo tanto, sus materiales cumplen con sus requisitos y certificaciones, como en este caso certificación LEED, para algunos de sus productos, como además de integrar dos normas: ISO 14.001:2004 y OHSAS 18001: 2007 para permitir identificar, prevenir, controlar y/o eliminar los impactos ambientales y los peligros presentes en los lugares de trabajo que pudiesen convertirse en accidentes.



Figura 3.3: Yeso espuma romeral

Fuente: Easy, 2024

3.5.3. Cartón

Para las planchas se utilizará un cartón forrado de gramaje 250 g/m², figura N°5. La aplicación del cartón será de una capa por cada cara de una plancha.



Figura 3.4: Cartón gramaje 250 g/m².

Fuente: Extraída de internet, 2024

3.5.4. Adhesivo

Se utilizará un adhesivo especial para papeles pesados Metylan especial, figura N°3.5, distribuida por grandes tiendas para el uso en construcción, cuya mezcla es adoptada para diferentes tipos de trabajo. La preparación del adhesivo en esta investigación corresponde a la descrita en la siguiente tabla (Papeles pesados) con el fin de obtener la mejor adherencia del papel con cada placa.



Figura 3.5: Pegamento Papel mural 200 g.

Fuente: Homecenter Sodimac, 2024.

La mezcla consiste en verter el contenido (polvo) 200 gramos en agua fría, agitando al mismo tiempo. Esperar 3 minutos, agitar nuevamente y dejar reposar 20 minutos más, agitar bien y la mezcla esta lista para usar. Por indicaciones del fabricante no debe ser utilizado en temperaturas menores a 10°C.

3.5.5. Agua

El agua cumple una doble función en el Yeso, por un lado, participa en la reacción de hidratación del yeso, y por otro confiere a la mezcla el grado de trabajabilidad necesaria para una correcta utilización. Esta debe estar libre de suciedad, permitiendo una mezcla homogénea del yeso. Estas variaran con cada dosificación y contenido descritos en la sección dosificaciones. Se utilizará agua potable, cumpliendo con las especificaciones de la norma NCh 1498. Of 1993.

3.5.6. Moldes metálicos

Elaborados con perfiles metálicos de 15 milímetros no biselado. Cuya dimensión previamente descrita en el punto 3.3.1 será de acuerdo con la norma NCh 146/1. Of 2000,

3.5.7. Bases de vidrio.

Se utiliza como plataforma de apoyo para los moldes ya que este no necesita desmoldantes por ser una superficie lisa libre de poros. Estas se fijarán por medio de prensas sobre las esquinas del molde.

3.6. Ensayos

3.6.1. Ensayo de resistencia a la flexión. (NCh 146/2. Of 2000)

Descripción del ensayo para placas 300x400x15 mm Ya elaboradas las placas estas se deben acondicionar a una temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $65\% \pm 10\%$, durante 12 horas y determinar su masa en una balanza con resolución de 1 gramo. Mantenerlas en estas condiciones, determinando su masa cada 4 horas, hasta que entre dos medidas sucesivas se obtenga una diferencia menor o igual a 0,1 %.

Se utiliza una máquina, descrita en la norma NCh 146/2, esta efectúa compresión en intervalos de 100 (N) y 1000 (N).

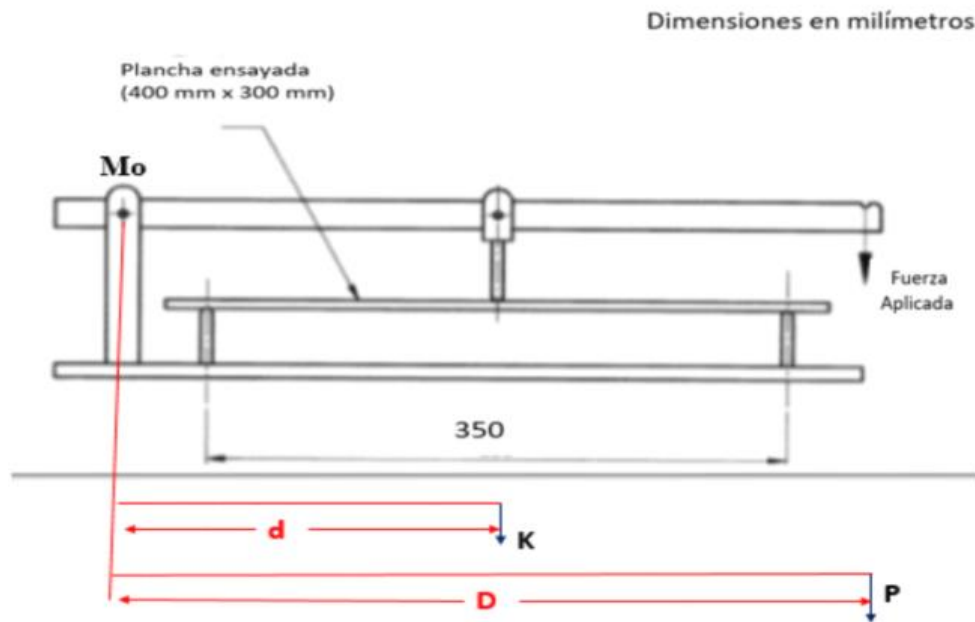


Figura 3.6: Especificaciones, máquina ensayo resistencia a la flexión.

Fuente: Norma NCh 146/2 Of 2000.

Se coloca la placa en forma centrada, sobre los dos apoyos fijos y paralelos, distanciados $350\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ entre sus ejes y aplicar carga, mediante un bloque similar a los apoyos, centrada entre los bloques de apoyo. Ambos apoyos y la superficie de la carga deben estar a nivel, tener un largo similar al ancho de la muestra y estar redondeados con

un radio de 3 mm. Posteriormente se aplica una carga con un incremento uniforme de 250 N/min $\pm$ 20% hasta que se produzca la rotura, registrando la carga realizada.

Momento respecto Punto $M_o=A:$

$$A=M_o=0$$

$$M_o= K * d - P * D \quad K= (P * D) / d$$

datos:

$P=$ Carga en voladizo, provocada por el incremento constante de baldes de arena.
[kg]

$$D= 93 \text{ (cm)}$$

$$d= 48 \text{ (cm)}$$

Se considera K como carga de rotura [kg] aplicada en el centro de la probeta y la carga P fue la aplicada en el voladizo.

Reemplazando la formula nos queda que: $K= 1,9375 * P$ [kg]

3.6.2. Ensayo Resistencia al impacto. (NCh 146/2. Of 2000)

- Descripción del ensayo para placas de 300x300x15 mm.

Realizar este ensayo con una bola de acero normaliza de 50 mm $\pm$ 1mm de diámetros y 530 g $\pm$ 20 g de su masa, sobre una probeta de cada plancha de la muestra, de 300 mm $\pm$ 5mm x 300 mm $\pm$ 5mm, previamente acondicionada. Como se describe en el punto 3.5.2.

- Procedimiento.

Se ubicará la placa sobre una superficie lisa, a nivel y firme, en paralelo se marcarán los centros de las probetas para ajustar el golpe en el centro. Posteriormente se deja caer la bola desde la altura indicada, y se comienza a obtener los resultados para su promedio.

3.6.3. Ensayo de Resistencia a la humedad. (NCh 146/2. Of 2000)

Para comenzar, se prepararán las placas de $300 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, Se pesan las placas en una balanza con resolución de 0,1 gramos (m_0). Sumergir en forma horizontal las placas en un baño de agua, a temperatura de $21^\circ \text{ C} \pm 0,5 \text{ C}$, manteniendo una altura de $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ de agua sobre la superficie superior de la placa. Colocar realces en el fondo del contenedor, de modo que la superficie inferior de la placa permanezca en contacto con el agua.

Mantener dos horas sumergidas las placas, retirarlas, eliminar el exceso de agua superficial con papel secante y pesar inmediatamente, en balanza con resolución 0,1 gramos, (m_1), el aumento de masa de la placa corresponde al agua absorbida. Se debe Registrar el peso de la masa seca y posteriormente el peso de la masa húmeda, así como lo describe la fórmula de la figura N°3.7:

$$\% \text{ agua absorbida} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100$$

Figura 3.7: Porcentaje de agua absorbida.

m1: Representa a la masa húmeda.

m0: Representa a la masa inicial seca.

3.6.4. Ensayo térmico. (NCh 2251 Of 1994 y NCh 853 Of 1991)

Se realizarán mediciones en cuatro zonas predeterminadas, utilizando cuatro sensores de temperatura. La medición tendrá una duración de 2 horas, con registros cada 5 minutos. Esto generará un total de 25 datos que serán registrados y promediados para cada una de las placas.



Figura 3.8: Esquema cámara ensayo térmico

Fuente: Elaboración propia

- 1) **Ambiente expuesto:** Ambiente (recinto cerrado) de la cámara, en la que se encuentra la fuente emisora de calor.
- 2) **Cara expuesta:** Cara de la placa que se encuentra expuesta de forma directa a la fuente de calor.
- 3) **Cara fría:** Cara contraria a la expuesta. Lado de la placa que estará situada al ambiente frío de la cámara.
- 4) **Ambiente frío:** Ambiente (recinto cerrado) de la cámara, separado del ambiente expuesto por la placa ensayada.

3.6.5. Ensayo Acústico. (NCh 2785. Of 2003 y NCh 2786. Of 2003)

Este ensayo consiste en emitir frecuencias de acuerdo con la norma NCh 2786 Of 2003, que se refiere a la medición de aislamiento acústico. Para ello, se utilizará un parlante que genera las frecuencias, controladas a través del software AUDACITY. El audio contendrá las frecuencias establecidas en el manual de aplicación de la reglamentación acústica del MINVU. Cada frecuencia tendrá una duración de 1 minuto, durante el cual se registrarán tres datos. Posteriormente, se calculará un promedio de estos tres datos para establecer los decibelios (dB) correspondientes a cada frecuencia. Además, se empleará un software que analizará los dB y Hz generados por AUDACITY.

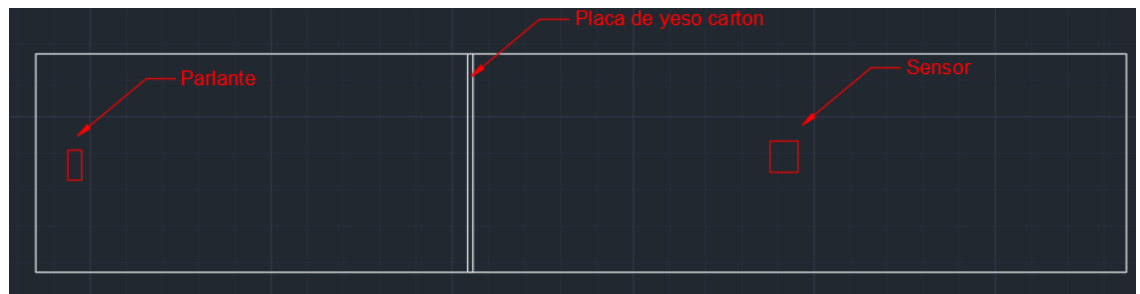


Figura 3.9: Esquema cámara ensayo acústico.

Fuente: Elaboración propia.

4. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA.

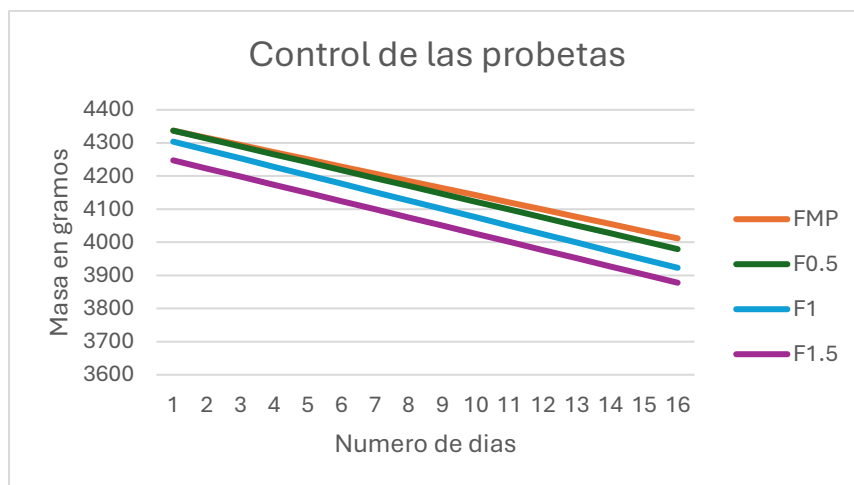
4.1. Control de la masa de las probetas

El control de la masa se realizó a las placas destinadas al ensayo de resistencia por flexión, producción A compuesta por una plancha muestra patrón, placa con agregado 0.5% de placa con agregado 1% de y una placa de agregado 1.5% de fibra de cuyas dimensiones es de 300 x 400 x 15 mm.

Estos registros nos permitirán ver el comportamiento de la densidad de la placa a través de un gráfico. El control se realizará cada dos días de lunes a viernes, dejando el sábado y domingo como resultado de su promedio. Del mismo modo se promedia el par de días de la semana. Teóricamente cuando una masa de yeso se mezcla con agua se endurece, las dimensiones obtenidas inmediatamente después del fraguado cambian en función del tiempo, dando lugar a series perturbaciones en la puesta en obra de los yesos o de productos prefabricados. La expansión normal del yeso en un corto tiempo de curado a 20° C, y con una humedad relativa del 50%, oscila entre 1,0 y 1,6 mm por metro lineal, cuando se emplea una relación de agua/yeso de 0,6 Valor muy cercano a la relación A/Y de la investigación 0,64.

Las placas pierden masa diariamente con una variación que va entre el 3% y 5% aproximadamente. El comportamiento de la pérdida de masa se refleja en la figura N° 4.1 Además por investigaciones anteriores se decide que el tiempo de fraguado será de diez días, llegando a un rango óptimo para poder adherir el cartón a la placa, se suma el cambio de color que sufre la placa, pasando de un color plomo a un color blanco.

figura 4.1: Control de probetas.



Fuente: elaboracion propia.

4.2. Ensayo Resistencia Al Impacto

Este ensayo para su desarrollo requiere una bola de acero de 500 gramos, la cual cae desde una altura de 50 centímetros por efecto de la gravedad sobre una placa de 300 x 300 x 15 mm. Las placas cumplen con las exigencias estipuladas en la norma NCh 146/1 Of. 2000. Por otro lado, la superficie donde se apoya la placa está horizontal, lisa y rígida, como se observa en la Figura 4.1



Figura 4.2: Ensayo Resistencia al impacto

Fuente: elaboración propia.

Una vez listas las especificaciones de la norma, se toma cada placa y trazan líneas para fijar su centro, se deja caer la bola de acero desde la altura señalada y se procede a medir la huella con un pie de metro, se toman dos medidas y se obtiene su promedio como valor final.

4.3. Ensayo de Resistencia a la Humedad.

Este ensayo se llevó a cabo siguiendo las exigencias comprendidas en la norma NCh 146/2 Of. 2000, referidas al acondicionamiento de las placas. El ensayo se aplicó a placas de dimensiones de 300 x 300 x 15 mm. Se utilizó el lavatorio de fibra de vidrio ubicado en los laboratorios docentes de la Escuela de Construcción Civil.

De acuerdo con los requisitos de la norma mencionada, se reguló la temperatura del agua a $21^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y se mantuvo el nivel del agua a una altura de $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, medida desde la cara superior de la placa hasta la superficie del agua. Las placas se colocaron sobre barras tubulares para garantizar el contacto del agua con la totalidad de la placa.

Una vez listas las especificaciones, se registró la masa inicial seca de las placas. Posteriormente, se sumergieron en agua durante un período de dos horas. Al finalizar dicho período, se procedió a secar las caras de las probetas con una toalla para eliminar el exceso de agua y se registró su peso final húmedo.

4.4. Ensayo de Resistencia a la Flexión

El procedimiento del ensayo de resistencia a la flexión está determinado por la norma NCh 146/2 Of. 2000. Estableciendo el acondicionamiento de las placas para realizar el ensayo, especificando una temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $65\% \pm 10\%$ durante 12 horas, además se debe determinar su masa cada cuatro horas, hasta que entre dos medidas sucesivas tengan una diferencia menor o igual a 0,1 %. Una vez lista la placa se procede a colocar en la maquina artesanal de ensayo, dejándola centrada con esta. Finalmente se aplicará una carga con un incremento de $250 \text{ N/min} \pm 20\%$ hasta que se produzca la rotura.

Una vez revisada la diferencia de masas, se determina la carga máxima de resistencia a la flexión con una maquina construida artesanalmente utilizada anteriormente en otros estudios de la escuela.

Como se puede observar en la figura N°4.1 Esta experiencia se realiza con arena donde se procede a llenar con esta el interior de los baldes con un incremento uniforme, logrando la rotura y determinando el peso del contenido de arena. Previamente se realiza una conversión de unidades para determinar el incremento uniforme.



Figura 4.3: Ensayo flexión

Fuente: elaboración propia

4.5. Ensayo Acústico

Para el desarrollo de esta experiencia se utiliza la cámara de ensayo ubicada en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso. Para determinar el comportamiento acústico de la placa de yeso cartón. En cuanto al acondicionamiento de las placas es el mismo para todos los ensayos.

Las placas para este ensayo poseen dimensiones de 600x650 con un espesor de 15mm. Para el procedimiento se utilizó un parlante Bose que emitió un archivo de audio (wav) de 20 minutos 1 minuto por cada frecuencia que has sido previamente establecidas en el manual de aplicación reglamentaria acústica del MINVU. Se realizo la toma de 3 datos por cada frecuencia en este minuto de reproducción para luego ser promediados y obtener un dato por cada una de la frecuencia.

MIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
HZ	0	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000

4.6. Ensayo Térmico.

Para el desarrollo de esta experiencia se utiliza la cámara de ensayo ubicada en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso.

Como se puede observar en la figura N°4.2 Las placas utilizadas para este ensayo poseen las dimensiones de 600x650 mm con un espesor de 15 mm. Para el procedimiento se utilizaron sensores de temperatura que registraban la temperatura manualmente. Una vez instalados los sensores en el interior de la cámara esta se cerraba y se esperaba un tiempo a que la temperatura interior se estabilizara para comenzar a realizar el ensayo.



Figura 4.4: Ensayo térmico

Fuente: elaboración propia

El ensayo se realizó por un periodo de 2 horas por cada placa y se registró la temperatura cada 5 minutos, con lo cual se lograron obtener 25 datos para su análisis.

5. ANALISIS DE RESULTADOS.

5.1. Ensayo de Resistencia al Impacto.

Se presenta en la tabla N.º 5.1 los resultados obtenidos dejadas tras realizar el ensayo de resistencia al impacto.

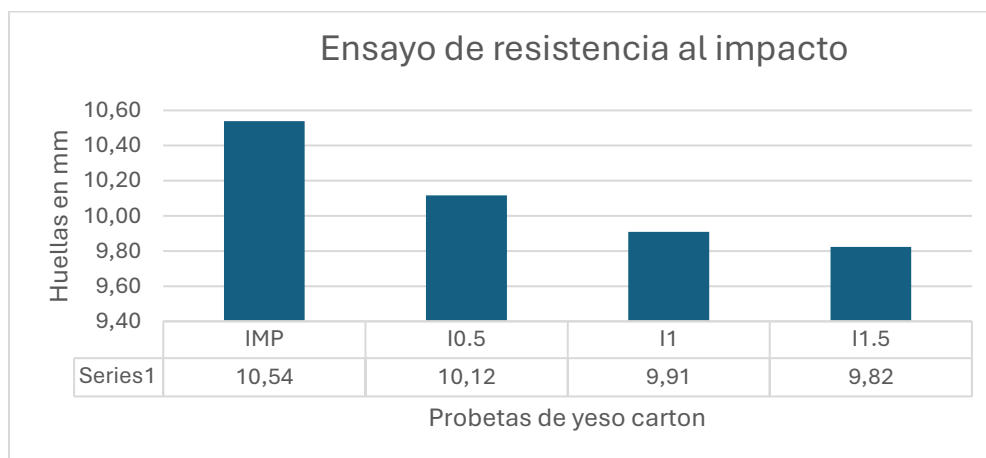
Tabla 5.1: Registro, ensayo de resistencia por impacto

Codigo	Nº Tiro	M1(mm)	M2(mm)	Prom(mm)	Huella Promedio (mm)
IMP (a)	1	10,53	10,76	10,65	10,54
IMP (b)	2	10,43	10,17	10,30	
IMP (c)	3	10,58	10,76	10,67	
I0.5 (a)	1	10,72	9,79	10,26	10,12
I0.5 (b)	2	10,67	9,98	10,33	
I0.5 (c)	3	9,86	9,68	9,77	
I1 (b)	1	9,26	10,51	9,89	9,91
I1 (c)	2	10,25	10,11	10,18	
I1 (a)	3	9,55	9,77	9,66	
I1.5 (a)	1	10,32	10,07	10,20	9,82
I1.5 (b)	2	9,97	9,84	9,91	
I1.5 (c)	3	9,33	9,41	9,37	

Fuente: elaboración propia

Para lograr un mejor análisis se presenta la siguiente Figura N°5.1:

figura 5.1: Resistencia al impacto



Fuente: elaboración propia.

Las placas ensayadas cumplen con el diámetro de huella máxima de 20 mm, especificadas en la norma NCh 146/1 Of. 2000, de la gráfica anterior se puede observar esto, cabe destacar un creciente aumento en la resistencia al impacto, pudiéndose observar un patrón de incremento en la resistencia.

A continuación, se muestra en la siguiente tabla N° 5.2 una muestra comparativa porcentual entre la placa patrón y las placas con agregado de poliéster en sus distintas proporciones. Esto con el propósito de establecer el aumento o disminución de la resistencia.

Tabla 5.2: Diferencia porcentual entre muestra patrón vs placas

Codigo	Diametro Huella prom (mm)	% respecto a la muestra patron	Observacion
IMP	10,54	---	---
I0.5	10,12	4,00	Aumenta Resistencia
I1	9,91	5,98	Aumenta Resistencia
I1.5	9,82	6,78	Aumenta Resistencia

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos demuestran un comportamiento lineal, dado que se logra identificar un constante aumento en la resistencia al impacto. Con un agregado del 0,5% de poliéster la huella disminuye un 4,00% respecto a la muestra patrón, el comportamiento líneas es continuado con las placas con un agregado de 1% y 1.5% las cuales la huella disminuye un 5,98% y 6,78% respectivamente.

5.2. Ensayo de Resistencia a la Humedad.

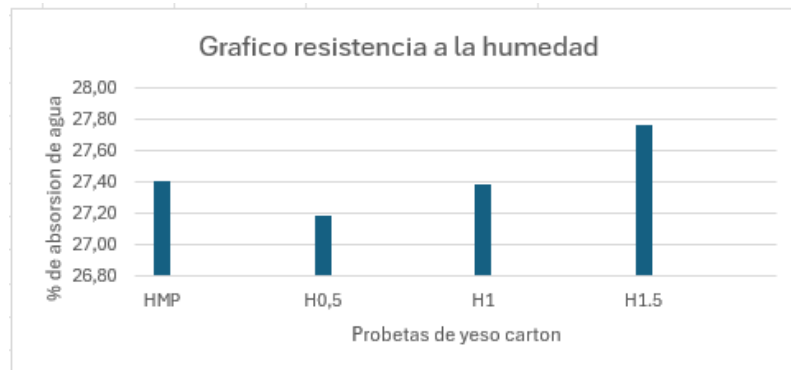
Para realizar este ensayo las placas deben estar condicionadas respecto a la norma NCh 146/2 Of 2000. Una vez condicionadas se determina la resistencia a la humedad de las placas, registrando los valores en la siguiente tabla, la cual contiene la masa de la placa condicionada seca (mo) y la masa de la placa sumergida en agua por dos horas (m1), determinando finalmente a través de la siguiente formula, el porcentaje de absorción de agua de cada placa de dimensiones 300 x 300 x 15mm se representan a través de la tabla N°5.3

Tabla 5.3: Porcentaje de absorción de agua

Codigo		Mo (gr)	m1(gr)	% de agua absorbida	Promedio % de absorcion de agua
HMP	a	1916,85	2453,32	27,99	27,41
	b	1950,63	2485,65	27,43	
	c	1957,87	2482,74	26,81	
H0,5	a	1821,45	2347,5	28,88	27,19
	b	1858,87	2348,78	26,36	
	c	1855,87	2344,62	26,34	
H1	a	1879,71	2396,3	27,48	27,39
	b	1881,34	2406,33	27,91	
	c	1889,37	2395,25	26,78	
H1.5	a	1879,5	2345,26	24,78	27,76
	b	1858,85	2363,9	27,17	
	c	1811,64	2379,24	31,33	

A partir de los datos obtenidos se elabora el siguiente Figura N.º 5.2 para visualizar el comportamiento de la incorporación de poliéster.

figura 5.2: resistencia a la humedad



Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.4 se puede observar una mejora en la absorción de agua con la adición de 0.5% y 1% de fibra. Sin embargo, con un agregado de 1.5%, se registra un aumento en la absorción de agua. Aunque existe una diferencia, esta es demasiado pequeña como para ser relevante y determinar si el agregado de poliéster tiene alguna influencia significativa en la resistencia a la humedad

Tabla 5.4: Diferencia porcentual de absorción de agua entre muestra patrón vs placas

Codigo	% abs. Agua	% Respecto a la MP	Observacion
HMP	27,41	---	
H0.5	27,19	-0,79	Disminuye
H1	27,39	-0,07	Disminuye
H1.5	27,76	1,29	Aumenta

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la norma NCh 146/1 Of 2000. La clasificación de las placas de yeso cartón se clasifican en los siguientes tipos: RF (resistente al fuego), ST (placa estándar), y RH (resistente a la humedad). Entonces para ser clasificada como RH, la placa de yeso cartón debe cumplir con los requisitos de resistencia al agua tanto por

inmersión como por absorción superficial. Es así como la norma exige un porcentaje máximo de 5% de absorción de agua para cada placa. Por lo tanto, al analizar cada una de estas notamos que ninguna de las placas cumple con el requisito especificado, entonces se concluye que ninguna placa es del tipo RH.

5.3. Ensayo Resistencia a la Flexión.

Las placas de yeso cartón fueron ensayadas de acuerdo con la norma NCh 146/2 Of. 2000, previamente se fija la maquina artesanal a una mesa a través prensas. Se deja estable, horizontal para el buen funcionamiento de este ensayo. A continuación, en la tabla N° 5.4 se presentan los resultados obtenidos de cada placa de 400 x 300 x15 mm, que fue ensayada.

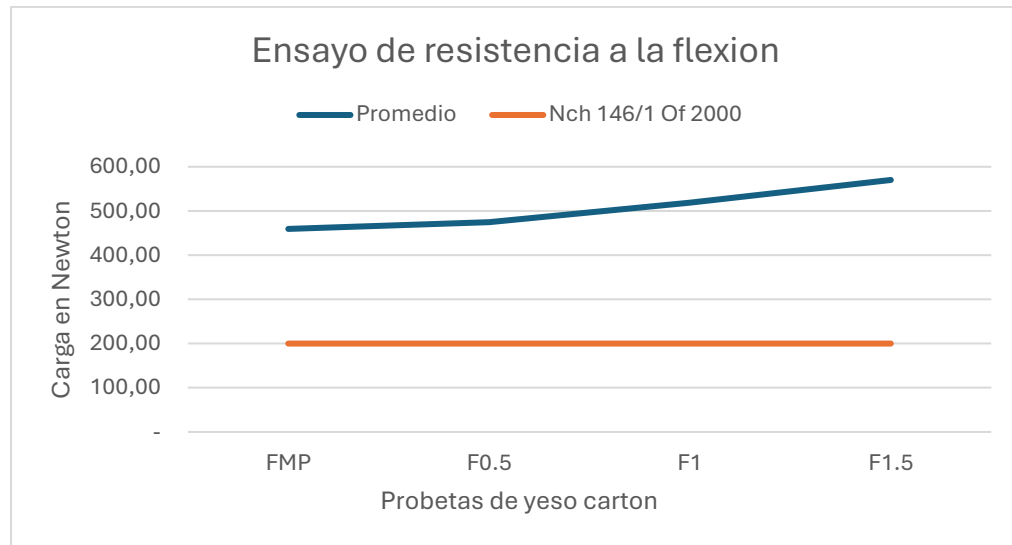
Tabla 5.5: Resultados ensayo resistencia a la flexión.

CODIGO		GARGA EN VOLADIZO (KG)	Carga (n)	K(N)	Prom. Resistencia (N)
FMP	A	23,60	231,44	448,41	459,43
	B	25,10	246,15	476,91	
	C	23,84	233,79	452,97	
F0,5	A	25,15	246,64	477,86	474,38
	B	25,00	245,17	475,01	
	C	24,75	242,71	470,26	
F1	A	26,40	258,90	501,61	518,71
	B	28,01	274,68	532,20	
	C	27,49	269,58	522,32	
F1.5	A	31,02	304,20	589,39	570,20
	B	29,18	286,16	554,43	
	C	29,83	292,53	566,78	

Fuente: elaboración propia

La máquina artesanal donde se realiza el ensayo, por especificaciones de la norma NCh 146/2 Of 2000, los apoyos deben cumplir con una distancia de 350 mm, donde posteriormente se fijan los centros de cada placa. El valor K (carga de rotura) es calculado con anterioridad con la fórmula de momento, quedando como resultado $K=1,9375 \times P$ donde P (carga en voladizo). Entonces al introducir los valores de la carga (N) en la fórmula de carga por rotura, obtenemos los resultados del ensayo resistencia a la flexión.

Figura 5.3: Resistencia a la flexión



Fuente: Elaboración propia.

Analizando la figura N°5.3 podemos desprender que a medida que se incorpora fibra las probetas superan consistentemente el valor de referencia indicado por la norma, mostrando mayor resistencia a la flexión.

La resistencia promedio aumenta de manera gradual desde la probeta FMP hasta la F1.5, sugiriendo que las variaciones en las probetas podrían estar influyendo positivamente en la resistencia. Esto sugiere que las modificaciones hechas en las probetas (probablemente representadas por F0.5, F1, F1.5) podrían estar mejorando su resistencia a la flexión en comparación con el estándar normativo.

Tabla 5.6: Resúmenes promedios del ensayo resistencia a la flexión

Codigo	Garga Prom.(N)	% Respecto a la MP	Observacion
FMP	459,43	---	
F0.5	474,38	3,25	Aumenta
F1	518,71	12,90	Aumenta
F1.5	570,20	24,11	Aumenta

Fuente: Elaboración propia.

La comparación realizada en la tabla N° 5.6 notamos un aumento en la resistencia a la flexión respecto a la muestra patrón (MP) en un 3.25% para una placa con un agregado de 0.5% de poliéster, un 12,9% para una placa de agregado de 1% de poliéster y la más favorable la placa con un agregado de 1,5% con un aumento de 24,11%. La investigación busca establecer las proporciones optimas de poliéster para confección una placa de yeso cartón.

5.4. Ensayo Acústico

Los datos obtenidos en el ensayo se presentan en la tabla N° 5.7. La cual está representando el valor máximo de decibeles obtenido en el periodo de cada frecuencia.

Tabla 5.7: Resumen promedio del ensayo acústico (dB)

Prom. Ensayos acusticos					
Hz	SP	MP	P0.5	P1	P1.5
0	50	50	50	50	50
100	80,3	51	62	59	60
125	77,7	76	78	75	75
160	81,7	76	80	74	72
200	81	68	75	77	76
250	80,5	80	91	78	84
315	89	84	90	83	81
400	90	81	78	90	83
500	89,7	91	82	81	77
630	90	79	76	79	83
800	89	83	81	83	84
1000	90	83	75	79	80
1250	90	80	83	76	85
1600	85	81	78	81	77
2000	75	82	75	78	75
2500	79	82	76	76	85
3150	84	80	79	82	76
4000	90	90	80	77	78
5000	90	81	85	83	84

En la tabla N°5.8 se expresan los resultados promedios correspondientes a las placas (AMP) muestra patrón, agregado de poliéster (A0.5, A1, A1.5) los datos correspondientes a SP corresponde al ensayo realizado sin placa aislante, esto con el

objetivo de ver la diferencia porcentual entre la utilización de la placa versus si no existiera.

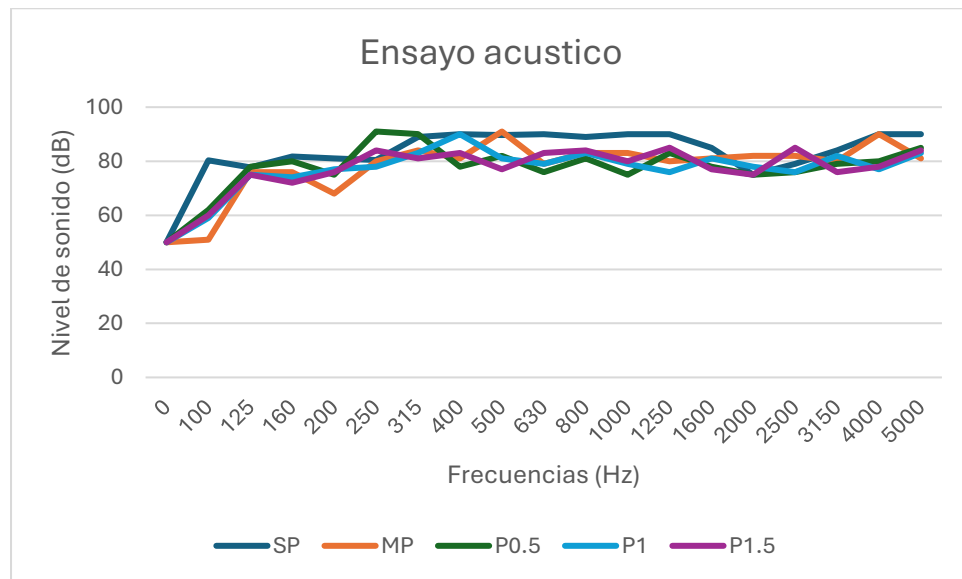
Tabla 5.8: Diferencias porcentuales respecto sin placa y muestra patrón

Codigo	Db prom.	% respecto a SP	% respecto a MP
SP	83,26	---	
MP	77,79	6,57	---
P0.5%	77,58	6,82	0,27
P1%	76,89	7,64	1,15
P1.5%	77,11	7,39	0,88

Observando la diferencia porcentual esta nos muestra que los mejores resultados son los siguientes es la placa con un 0,5% de poliéster mejorando si capacidad acústica en 1,15% respecto a la muestra patrón y en un 6.82% respecto a la ausencia de placa.

Además, en la siguiente grafica se N° 5.3 que representa los datos obtenidos manualmente. Con el fin de describir su comportamiento del nivel de sonido (dB) por cada tipo de frecuencia.

Gráfico 5.1: Ensayo acústico.



Del grafico podemos observar el comportamiento de la aislación acústica de cada placa de yeso cartón, de esta no es posible determinar una relación que determine que la incorporación de poliéster genere un cambio significativo en el comportamiento acústico, ya que los resultados no son claros.

5.5. Ensayo Térmico

El desarrollo del ensayo térmico estar determinado por un protocolo, creado inicialmente para determinar una temperatura inicial en un cierto rango, para obtener datos similares, con el efecto de realizar la mejor comparación entre las placas ensayadas. Este protocolo consiste en chequear la temperatura de la cámara con los sensores manteniendo la cámara sellada y vacía, si la temperatura es muy baja (menor a 10°C) se encienden las ampollitas por un periodo de 5 minutos. Caso contrario cuando se realiza un ensayo, ya que esta queda con cierto rango de temperatura, dejando enfriar por un periodo de 35 minutos, a la vez permitiendo una renovación de aire constante, abrir ventanas laterales en ambos lados del laboratorio.

Al comenzar el ensayo las temperaturas dentro de la cámara deben encontrarse en un rango en 14°C y 17°C, la recopilación de datos se realizó con sensores de temperatura, los cuales manualmente se registró la temperatura en un periodo de 2 horas, con mediciones cada 5 minutos

En la tabla N°5.9 se entrega los promedios de los datos de las temperaturas alcanzadas en el tiempo estudiado.

Tabla 5.9: Temperaturas alcanzadas °C, diferencia entre caras de placa y diferencia porcentual.

Valores promedios, temperaturas alcanzadas °C						
Tipo	T1	T2	T3	T4	Dif. Temp. En °C en caras T2 y T3	Diferencia % respecto a MP
MP	30,4	26	21,7	18,6	4,3	---
T0.5	30	26,1	21,5	17,8	4,6	6,98
T1	28,7	25,9	21	17,7	4,9	13,95
T1.5	29,1	26	20,8	17,4	5,2	20,93

Se entiende que a mayor diferencia de temperatura en las caras de la placa es mejor su aislación térmica de la placa, la diferencia de temperatura respecto a la placa patrón podemos obtener que el mejor resultado se obtiene con un 1.5% de agregado de poliéster mejorando así en un 20.93% la aislación de la placa

En los figura N° 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6 se puede observar el comportamiento en general durante las 2 horas de ensayo, que a medida que avanza el tiempo, la temperatura en las caras van aumentando paulatinamente, exceptuando el ambiente simulado exterior (cara zona ampollitas), manteniendo un crecimiento rápido y constantes, la cara exterior y interior tienen un crecimiento similar a excepción de que la cara interior tiene un lapsus de tiempo mayor con cada agregado lo que hace que tenga esa resistencia a la temperatura, el ambiente interior tiene el crecimiento más pausado notándose una leve diferencia entre las placas.

figura 5.3 comportamiento MP ensayo térmico.

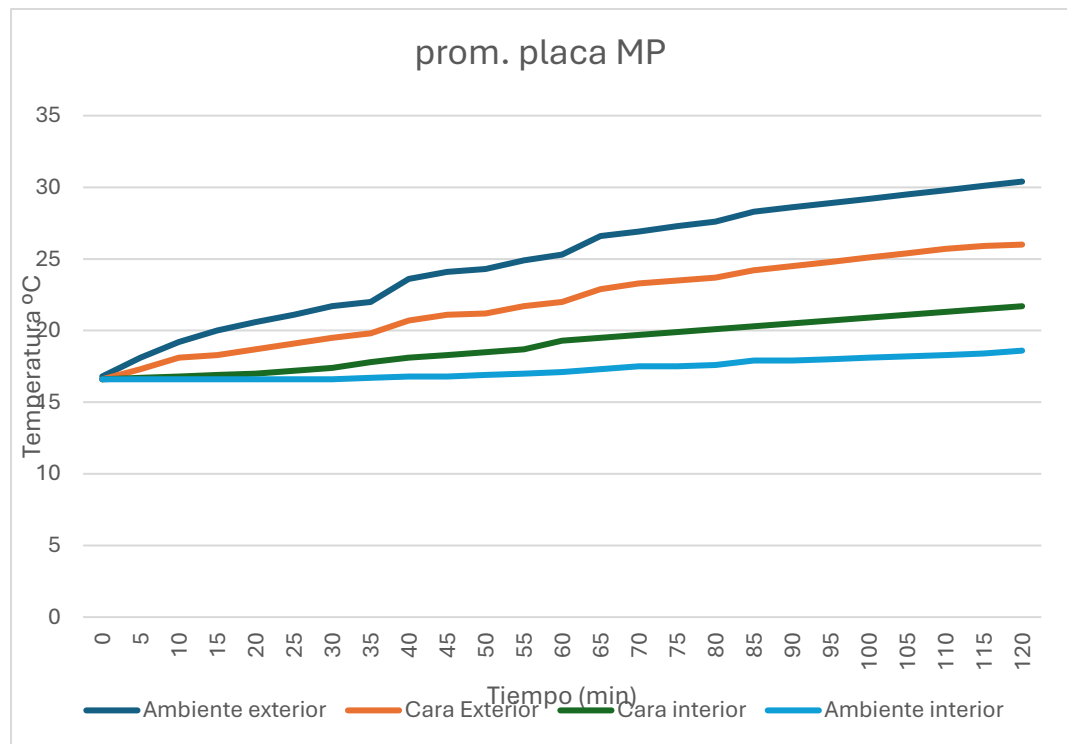


figura 5.4: comportamiento agregado 0.5% ensayo térmico.

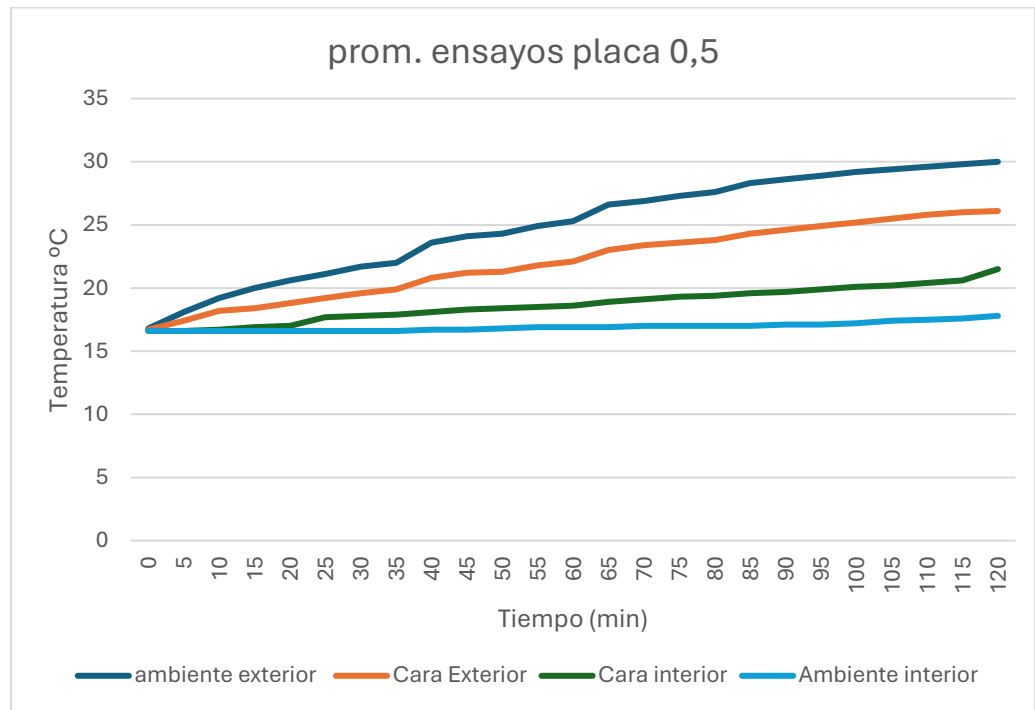


figura 5.5: comportamiento agregado 1% ensayo térmico.

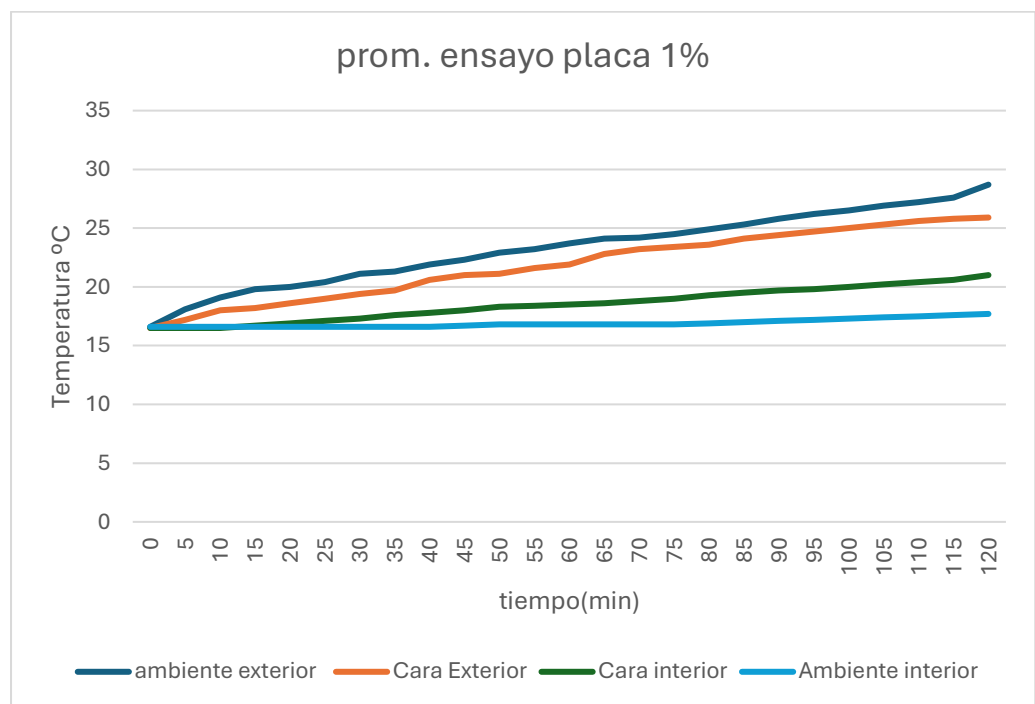
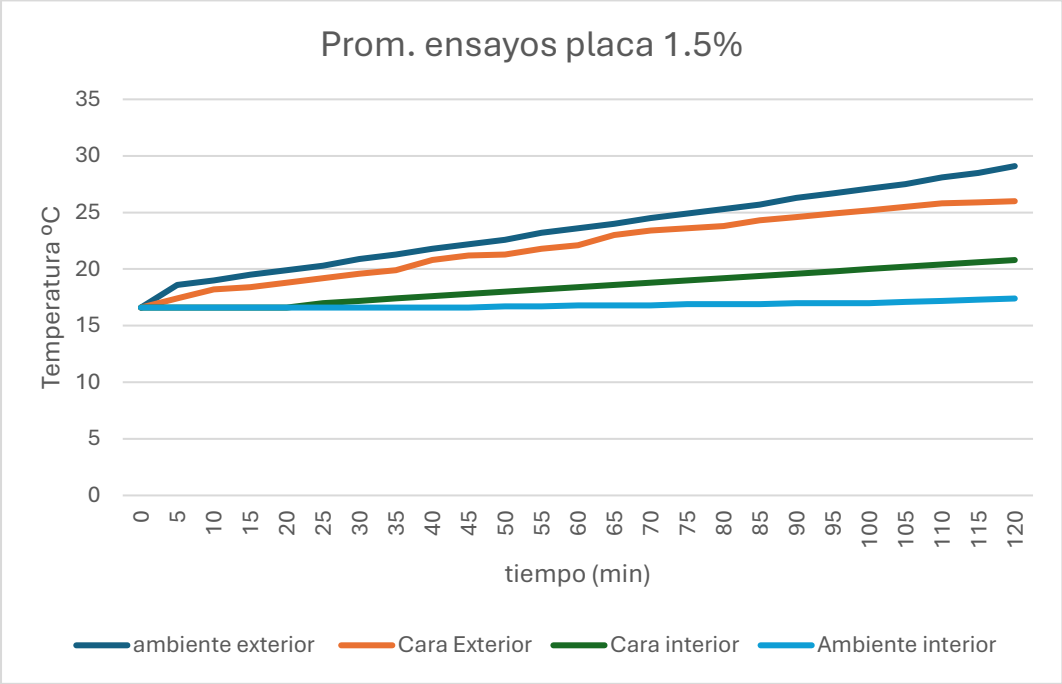


figura 5.6: comportamiento agregado 1.5% ensayo térmico.



6. CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

En esta sección es respecto al capítulo anterior de análisis de resultados obtenidos en la investigación, donde se expresan las siguientes conclusiones.

6.1.1. Conclusiones respecto ensayo resistencia al impacto.

En este ensayo de resistencia por impacto, los ensayos realizados logran determinar un comportamiento, este permite describir un aumento creciente en la resistencia al impacto respecto al porcentaje de poliéster agregado. Esto puede ser debido que la fibra que se dispersión en la mezcla en de yeso las fibras aumentado la cohesión de la placa. teniendo así resultados lineales. Cabe destacar que la totalidad de las placas cumplen con el máximo exigido por la norma Nch146/1 Of 2000,

Los mejores datos obtenidos son de la placa con un 1,5% de agregado de poliéster, llegando a mejorar un 6,78% respecto a la muestra patrón.

La adición de fibras de poliéster en la placa de yeso ha demostrado un aumento significativo en la resistencia al impacto. Este incremento se debe principalmente a las propiedades de refuerzo estructural y a la capacidad de las fibras para absorber y disipar la energía generada durante el impacto. Las fibras de poliéster actúan como refuerzos dentro de la matriz, distribuyendo de manera más uniforme las tensiones y reduciendo la probabilidad de fractura o daño. Además, contribuyen a mejorar la tenacidad del material, dificultando la propagación de grietas y, por ende, aumentando su capacidad para resistir fuerzas externas. En conjunto, estas características refuerzan la cohesión interna del material, lo que se traduce en una mayor resistencia y durabilidad frente a impactos

6.1.2. Conclusiones respecto ensayo de resistencia a la humedad

Este ensayo se llevó a cabo para evaluar la viabilidad de que una placa de yeso pueda cumplir con las características de una placa comercial RH (resistente a la humedad).

Los resultados obtenidos muestran que la mejor performance se alcanzó con un agregado del 0,5% de fibra, lo que redujo la absorción de agua en un 0,79% en comparación con la muestra patrón. A pesar de que un agregado de 0,1% también redujo la absorción, este presentó un aumento en la misma, indicando que no fue tan efectivo como el 0,5%. Por otro lado, el agregado de 1,5% de fibra mostró el peor rendimiento, con un incremento en la absorción de agua en lugar de una disminución. Esta inconsistencia en los resultados, junto con la falta de mejora significativa en las muestras con agregado de poliéster, sugiere que la adición de esta fibra no tiene un impacto relevante en la resistencia a la humedad de la placa de yeso.

La inconsistencia también podría deberse a variaciones en el proceso de fabricación de las placas, como la mezcla o el secado. Si las fibras no se distribuyen de manera uniforme o si las condiciones de curado no son las ideales, podrían generarse puntos débiles en la placa que aumenten la absorción de agua en lugar de disminuirla.

6.1.3. Conclusiones respecto ensayo resistencia a la flexión

En este ensayo se logra un aumento significativo en la resistencia a la flexión de las placas de yeso-cartón, obteniendo valores muy superiores al mínimo exigido por la norma NCh 146/1 Of 2000 (220 Newton). Específicamente, la mejor mejora se observa en la placa con un agregado de 1,5% de fibras, que presenta una mejora del 24,11% respecto a la muestra patrón. Este resultado demuestra que la incorporación de fibras de poliéster reciclado tiene un impacto positivo en las propiedades mecánicas del yeso-cartón, al mejorar su capacidad de resistir la flexión.

Las fibras actúan como refuerzos internos, distribuyendo de manera más eficiente las cargas y evitando fracturas prematuras, lo que aumenta la durabilidad del material. Esto resalta que el ajuste en el diseño y la adición de fibras son estrategias efectivas para optimizar las características estructurales del yeso-cartón, permitiendo la creación de materiales que no solo cumplen, sino que exceden los requisitos normativos. Además, este enfoque contribuye a la sostenibilidad al integrar fibras recicladas, ofreciendo una solución más ecológica sin comprometer el rendimiento del material.

6.1.4. Conclusiones respecto ensayo acústico

En este ensayo, los resultados obtenidos no permiten establecer una relación clara entre la adición de poliéster y las mejoras en las propiedades acústicas de las placas de yeso cartón. El mejor desempeño se logró con un agregado del 1%, que presentó una mejora del 1,5% en comparación con la muestra patrón y un 7,64% respecto a la muestra sin placa. Sin embargo, al analizar los resultados, se observa una variabilidad inconsistente: con un 0,5% de poliéster, la mejora fue mínima, solo un 0,27%, y aunque la mejora aumentó con el 1%, el rendimiento volvió a disminuir con la adición de un 1,5%, alcanzando solo un 0,88%. Este comportamiento errático sugiere que no hay una relación directa entre la cantidad de poliéster añadido y la mejora en la resistencia acústica.

Las razones de esta falta de consistencia podrían ser varias. En primer lugar, la cantidad de poliéster utilizada podría no ser suficiente para inducir un cambio significativo en las propiedades acústicas de las placas de yeso cartón. Además, la interacción entre el poliéster y la matriz del yeso podría no ser óptima, lo que podría limitar la eficacia del material compuesto. Es posible que el poliéster, a concentraciones más bajas o altas, no proporcione el refuerzo necesario, o incluso que altere la estructura interna de la placa de manera que afecte negativamente sus propiedades acústicas. Asimismo, la distribución del poliéster dentro de la mezcla podría no haber sido uniforme, lo que podría haber influido en los resultados.

Por lo tanto, aunque la adición de poliéster mostró un pequeño impacto positivo en algunos casos, no se logró establecer un patrón claro, y se necesita una investigación más detallada para determinar la concentración óptima de poliéster y entender mejor su influencia sobre las propiedades acústicas de las placas de yeso cartón.

6.1.5. Conclusiones respecto ensayo térmico

En el presente ensayo se lograron resultados sobresalientes en términos de resistencia térmica de las placas. Los datos obtenidos evidencian una mejora sustancial en comparación con la muestra patrón, alcanzando incrementos del 6,98 % con un agregado del 0,5 %, 13,95 % con un agregado del 13,95 % y 20,93 % con un agregado del 20,93 %. Estos resultados demuestran claramente que la cantidad de poliéster agregado influye positivamente en la mejora de la resistencia térmica, lo que subraya la relación directa entre el porcentaje de aditivo y el desempeño térmico del material.

La fibra de poliéster reciclada tuvo un impacto positivo en este ensayo debido a varias razones. En primer lugar, al ser un material de alta estabilidad térmica, contribuye a la formación de una estructura más resistente frente a altas temperaturas. Además, el poliéster reciclado, proveniente de ropa usada, posee características como la durabilidad y la resistencia al desgaste, lo que mejora las propiedades físicas del compuesto final. Este tipo de fibra también actúa como refuerzo en la matriz, promoviendo una mayor cohesión entre los componentes del material y, por lo tanto, mejorando su desempeño térmico. Finalmente, el uso de poliéster reciclado no solo tiene beneficios técnicos, sino que también responde a una necesidad de sostenibilidad, al aprovechar recursos reciclados para mejorar el rendimiento de los materiales de construcción.

6.2. Conclusiones generales de la investigación.

En esta investigación que buscaba la incorporación de poliéster posconsumo se logra obtener buenos resultados respecto a los diversos ensayos realizados, especialmente respecto al ensayo al impacto, flexión, térmico, estos logran resultados positivos al punto que sería interesante estudiar estos ensayos con mayores proporciones de agregado para establecer hasta qué punto se lograría mejorar estas placas.

Por otro lado, la manufactura de estas placas se encuentra en un estado artesanal el cual no es posible replicar de manera industrial, al menos que se logre investigar en

nuevas tecnologías que logren una recolección más eficaz de las fibras de poliéster post consumo.

Sin embargo, fue una experiencia atractiva estudiar este posible componente para la fabricación de nuevos materiales para la construcción al tener una instigación ecológica, está acorde a nuevas estrategias adoptadas en un nuevo desarrollo sostenible

6.3. Cálculo de la cantidad de fibra de Poliéster Reciclada en el Recubrimiento de Placas de Yeso para Vivienda Social.

El uso de fibra de poliéster reciclado en la placa de yeso se puede calcular de manera sencilla, como se muestra en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Dosificación de fibra por m2 de placa de yeso-cartón

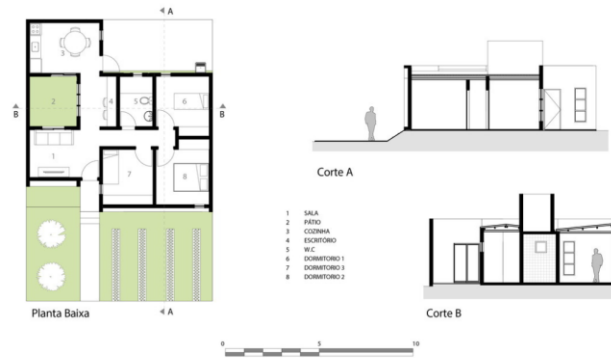
1000X1000x15					
Dosificación	0%	0,50%	1%	1,50%	Unidad
Yeso	22058,82	21948,53	21838,23	21727,94	g
Poliester	0,00	110,29	220,59	330,88	g
Agua	14,12	14,05	13,98	13,91	L

Fuente: Elaboración propia

En ella se especifica que por cada metro cuadrado de recubrimiento con esta placa de yeso-cartón se emplean 330.88 gramos de fibra.

En el caso del diseño de una vivienda social de 55 m², como se ilustra en la Figura

figura 6.1: Diseño de vivienda social



Fuente: archdaily.cl/cl/914192/vivienda-social-45-ejemplos-de-arquitectura-en-planta

Con una superficie interior de recubrimiento de 190 m², un cálculo directo revela que se necesitarían aproximadamente 62.86 kg de fibra de poliéster reciclada para cubrir toda la superficie interior de la vivienda. Este enfoque no solo contribuye a la eficiencia en el uso de materiales, sino que también promueve la sostenibilidad al aprovechar fibras derivadas de ropa reciclada.

Bibliografía

- Arriola, 2018, evaluación de la influencia de la incorporación de la cáscara de almendra triturada en las propiedades mecánicas y termoacústicas de una plancha de yeso cartón”
- Borneman, J. (2015,). Fibras Manufacturadas Continúan su Crecimiento. British Plastics Federation. (s/f). Polyesters (thermoplastic) PETP, PBT, PET. British Plastics Federation.
- Callister.W.D,JR. 2007 . Materials Science and Engineering: An Introduction . 7th edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Cândido L., Kindlein W., Demori R., Carli L., Mauler R. and Oliveira R. (2011). The recycling cycle of materials as a design project tool. *J. Clean. Prod.*, 19(13), 1438-1445.
- Carrion, 2014, materials pel disseny de productes tèxtils
- Castillo, 2023 Compuestos de yeso con adición de fibras textiles posconsumo de algodón. (s/f). Csic.es.
- Díaz-Guerra Pérez, Jorge, Junio 2009, Influencia del soporte en la Adherencia del revestimiento continuo a base de yeso. Trabajo fin de máster, técnicas y sistemas de edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Alumno: Tutor: Dr. Mariano González Cortina.
- García Figuereo, July Altagracia, 2011. GAR INC.CD. Incorporación de la cascara de mejillón en el yeso y el mortero, recurso electrónico, Master en técnicas y sistemas de edificación Universidad Politécnica de Madrid. Tutor: Dr. Mariano González Cortina.
- García Figuereo, July Altagracia, 2011. GAR INC.CD. Incorporación de la cascara de mejillón en el yeso y el mortero, recurso electrónico, Master en técnicas y sistemas

de edificación Universidad Politécnica de Madrid. Tutor: Dr. Mariano González Cortina.

Giesekam J., Barrett J., Taylor P., Owen A. (2014). The greenhouse gas emissions and mitigation options for materials used in UK construction. *Energy Build.*, 78, 202-214.

International Energy Agency. (2016). Energy, Climate Change & Environment: 2016 insights. pp. 113.

Nolhier Marc, 1986. EL YESO, UN MATERIAL APROPIADO PARA UNA CONSTRUCCION BARATA, (Gypsum, an appropriate material for low cost housing), Traducción y adaptación Julia Mallart. IETcc/CSIS.

Novo de Miguel Luciano. España, Ediciones CEAC, S.A.-1970 El yeso en la construcción. impreso en España, Barcelona.

Pinto, N., Fioriti, C., Akasaki, J., Acunha, T., & Okimoto, F. (2020). Rendimiento de compuestos de yeso que incorporan partículas de neumáticos de goma.

Polyester: History, definition, advantages, and disadvantages. (2022)

Powell J. (2006). Bungalow detail interior. Utah. Gibbs Smith. 216 p.

Sandin G. and Peters G.M. (2018). Environmental impact of textile reuse and recycling - A review. *Journal of Cleaner Production*, 184, 353-365.

Sdseo. (s/f). ¿Cómo se fabrica la tela de poliéster? - Mafisan poliéster. Mafisanpoliester.es.

United Nations Environment Programme (2023). Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain - A Global Roadmap. Paris

Villanueva Domínguez, Luis y García Santos, Alfonso. Manual del yeso. Departamento de construcción y tecnología arquitectónica UPM, CIE inversiones editoriales abril 2001 España ISBN: 84-95312-46-8.

Villanueva L., Lasheras F., Del Rio M. y Hernandez-Olivares F. (1994). Modelo matemático del comportamiento mecánico en flexión del yeso- cartón. Informes de la Construcción 45 (430): 2-9.