



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus posibles aplicaciones.

## Autores:

Br. Eduardo Marioni  
Br. Fernando Chaves

## Tutor:

Sarita Etcheverry

## Co-tutor:

Ing. Pablo Raimonda



farq | uruguay

# AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a la Universidad de la República por la formación técnica y humana y por acojernos y formarnos para ser mejores profesionales.

Unido a esto deseamos agradecer a la Facultad de Arquitectura, Facultad de Ingeniería y especialmente a la Escuela Universitaria Centro de Diseño, sin el apoyo de ellos hubiera sido imposible desarrollar el presente trabajo.

Damos las gracias también a nuestra tutora Sarita Etcheverry por incentivarnos y apoyarnos en todo el proceso, por guiarnos en todo lo referente a la generación de contenidos y sobre todo por estar siempre disponible para nuestras consultas.

Un especial agradecimiento a nuestro co-tutor Ing. Pablo Raimonda, quien sin conocernos nos abrió las puertas del laboratorio de ensayos de materiales de Facultad de Ingeniería para poder conducir nuestros trabajos, gracias por siempre presente en todo el proceso.

Por último y no menos importante, infinitas gracias a nuestras familias y amigos, sin su apoyo no hubiera sido posible el desarrollo y culminación de nuestra carrera de grado.

Eduardo Marioni  
Fernando Chaves

# RESUMEN EJECUTIVO

Debido a la gran generación y acumulación de desechos, el tratamiento de los mismos y sus aplicaciones posteriores son un campo de estudio cada vez más desarrollado en todo el mundo. El diseño no escapa a esta realidad y busca responder proponiendo la reutilización y reciclando desechos, así como pensando los productos desde todo su ciclo de vida, incluyendo la disposición final de los mismos.

Este trabajo se basa en definir un proceso para reciclar un desecho plástico desatendido con el objetivo de generar un material sólido. Para poder trabajar en las diferentes áreas que permitan desarrollar el material y sus aplicaciones así como los productos tentativos, se utilizaron dos metodologías que articularon el desarrollo de todo el trabajo. Como primer paso se investigó en la formulación del material, probando diferentes compuestos solventes, diferentes cargas añadidas hasta encontrar la que se comportara mejor para las aplicaciones posteriores. Luego se investigó el proceso productivo y las características del material obtenido, aplicándolo a diferentes piezas mediante diferentes procesos.

Como primer acercamiento a las diferentes aplicaciones posibles se generaron diferentes piezas como ser; pavimento estampado, tejas, asientos, etc. El presente trabajo investiga en un nuevo material y sus posibles aplicaciones mediante procesos productivos seleccionados. De esta forma se analiza el ciclo de vida del material propuesto desde la etapa de formulación, pasando por su producción y uso.

Agradecimientos	
Resumen ejecutivo	
Capítulo 1 - Alcance proyectual	
Introducción	pág. 001
Motivación	pág. 002
Marco preliminar	
Planteamiento del problema	pág. 003
Objetivos generales	pág. 003
Objetivos específicos	pág. 003
Justificación	pág. 004
Capítulo 2 - Antecedentes	
Desechos plásticos en Uruguay	
Situación actual	pág. 005
Reciclaje	pág. 006
Beneficios del reciclaje	pág. 007
Proyección futura	pág. 007
Plásticos y EPS	
Importaciones	pág. 008
Fabricación de útiles escolares	pág. 009
Bromyros	pág. 010
Montfrío	pág. 010
Historia	pág. 011
Clasificación	pág. 011
Tipos de poliestirenos	pág. 013
Poliestireno expandido	pág. 014
Clases de poliestireno expandido	pág. 014
Estudios previos	
Universidad de El Salvador	pág. 015
Universidad Federal de Mato Grosso	pág. 016
Publicaciones relacionadas	
Noticias sobre uso de EPS	pág. 017
Conclusiones	
Resultados	pág. 018
Capítulo 3 - Metodologías	
Metodologías	
Metodología de Bürdek	pág. 019
Etapas de la metodología	pág. 020
Metodología MC-14	pág. 021
Etapas de la metodología	pág. 021
Etapas abreviadas	pág. 023
Articulación entre metodologías	pág. 024
Comparativa de procesos aplicables	pág. 024

Insumos de ensayos	
EPS	pág. 026
Metil Etil Cetona	pág. 027
Acetona	pág. 028
Aserrín	pág. 030
Caracterización	pág. 031
Talco de primera	pág. 031
Arena normalizada	pág. 032
Yeso París	pág. 032
Protocolo de laboratorio	
Protocolo para ensayos de disolución	pág. 033
Protocolo para ensayos mecánicos	pág. 033
Conclusiones	
Resultados	pág. 036
Capítulo 4 - Productos y aplicaciones	
Ensayo de solventes	
Solventes utilizados	pág. 037
Disolución de EPS	pág. 038
Resultados	pág. 040
Ensayo de eliminación de burbujas	
Aumento de solvente post-mezcla	pág. 041
Resultados	pág. 041
Vibrado	pág. 042
Resultados	pág. 042
Adición de cargas	pág. 043
Análisis de imágenes	pág. 044
Resultados	pág. 046
Definición del material	
Formulación del material	pág. 047
Ensayos mecánicos	pág. 048
Conclusiones adicionales	pág. 049
Resultados	pág. 051
Ensayos comparativos	pág. 052
Resultados	pág. 053
Quema controlada	pág. 054
Quema en Mufla	pág. 056
Resultados	pág. 057
Ficha técnica del material	
Resultados	pág. 058
Capítulo 5 - Diseño aplicado al material	
Metodología para el diseño	
Etapa de aplicación	pág. 059

Definiciones	
Definición del problema	pág. 060
Problemas macro y micro	pág. 060
Listado de requisitos	pág. 061
Jerarquización de requisitos	pág. 063
I.D.O	pág. 064
Selección de procesos	
Procesos productivos	pág. 065
Calandrado	pág. 066
Extrusión	pág. 067
Moldeado	pág. 068
Resultados	pág. 069
Posibilidades de mecanizado	
Introducción	pág. 070
Imágenes de los procesos	pág. 071
Ficha técnica de mecanizado	pág. 073
Resultados	pág. 073
Análisis de productos y alternativas	
Introducción	pág. 074
Ficha de análisis	pág. 075
Análisis comparativo	pág. 075
Definición de atributos	pág. 076
Análisis banco de estudio 1	pág. 077
Análisis banco de estudio 2	pág. 079
Análisis banco de estudio 3	pág. 081
Análisis banco de estudio 4	pág. 083
Resumen análisis comparativo	pág. 085
Resultados	pág. 086
Capítulo 6 - Diseño aplicado al material	
Alternativa de producto	
Introducción	pág. 087
Posibilidades de calandrado	pág. 088
Resultados	pág. 090
Posibilidades de extrusión	pág. 091
Resultados	pág. 093
Posibilidades de moldeado	pág. 094
Resultados	pág. 096
Conclusiones	
Resultados	pág. 098
Capítulo 7 - Conclusiones	
Conclusiones finales	pág. 098
Bibliografía	pág. 101
Anexos	

**Tabla 1** - Importaciones de poliestireno y productos de EPS año 2014

Producción Propia - Ver anexos N° 1 - Fuente: <http://www.aduanas.gub.uy/>

**Tabla 2** - Clasificación de tipos de EPS

Producción Propia - Basado en : Neufert, Ernst . Manual del Styropor. Ed. Herder S.A, 1970

**Tabla 3** - Caracterización del aserrín tipo

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 4** - Agua retenida en aserrín tipo

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 5** - Agua retenida en aserrín secado a horno (5 horas a 110 grados celcius)

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 6** - Composición química de talco de primera

<http://www.quimirod.com/productos/especialidades/Especialidades%20--%20Talco%20TY-400.pdf>

**Tabla 7** - Caracterización de arena normal

<http://www.normensand.de/?lang=esp&art=9>

**Tabla 8** - Procentajes de disolución

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 9** - Dimensiones de probetas de ensayo

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 10** - Dimensiones de probetas de ensayo

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 11** - Cantidades sugeridas de adición a mezcla con Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 12** - Cantidades sugeridas de adición a mezcla con MEC

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 13** - Mezcla grupo 1

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 14** - Mezcla grupo 2

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 15** - Mezcla grupo 3

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 16** - Mezcla grupo 4

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 17** - Cronograma de ensayos

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 18** - Resultados de ensayos de flexión

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 19** - Resultados de ensayos de compresión

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 20** - Variación dimensional post-secado

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 21** - Variación del volumen posterior al secado artificial

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 22** - Porcentaje de absorción de agua

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 23** - Comparativa de muestras iniciales y muestras de contraste

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 24** - Absorción H<sub>2</sub>O de muestras de contraste

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 25** - Quema controlada probetas expuestas 10 segundos sobre llama

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 26** - Quema en Mufla - 8 horas a 690°

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 27** - Quema en Mufla - 8 horas a 1000°

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 28** - Ficha técnica del material propuesto

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 29** - Ficha técnica de procesos de maquinado

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 30** - Materiales y Componentes banco 1

Producción Propia - Registro de laboratorio

# ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 31** - Materiales y Componentes banco 2  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 32** - Materiales y Componentes banco 3  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Tabla 33** - Materiales y Componentes banco 4  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 1** - Bolsas de EPS con un diámetro de aprox. 2 mm

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Styropian.jpg>

**Figura 2** - Acercamiento a envases de EPS

<https://en.wikipedia.org/wiki/Polystyrene#/media/File:Polistirolo.JPG>

**Figura 3** - Contenedores de comida fabricados en EPS

<http://www.ecomaine.org/wp-content/uploads/2015/04/styroContainers.jpg>

**Figura 4** - Trituadora mecánica de plásticos

<http://www.fragmaq.com.br/es/wp-content/uploads/2016/04/triturador-de-plastico1.jpg>

**Figura 5** - Resultado de pirólisis

[http://img.deusm.com/designnews/2012/04/242808/155923\\_455597.jpg](http://img.deusm.com/designnews/2012/04/242808/155923_455597.jpg)

**Figura 6** - Caldera de quema

<http://www.lippel.com.br/media/produto/queimador-de-biomassa-com-grelha-fixa-plana-qfp-168.jpg>

**Figura 7** - Gestión inadecuada de desechos de EPS

<http://cdn.triplepundit.com/uploads/2016/03/Polystyrene-is-proving-to-be-a-headache-for-municipalities-worldwide.jpg>

**Figura 8** - Compactadora térmica de EPS

[http://www.intcorecycling.com.cn/zb\\_users/upload/2015/3/2015032759616585.jpg](http://www.intcorecycling.com.cn/zb_users/upload/2015/3/2015032759616585.jpg)

**Figura 9** - Logo Bromyros

<http://www.bromyros.com.uy/index.php>

**Figura 10** - Logo Montfrío

<http://www.montfrio.com.uy/Logo-MontFrio.png>

**Figura 11** - Composición molecular del poliestireno

Producción Propia - Basado en : <http://organicamentefuncional.blogspot.com.uy/2013/03/poliestireno-expandido-icopor.html>

**Figura 12** - Styropor de peso reducido año cincuenta

[https://www.basf.com/documents/es/es/about-us/Historia/Libro\\_Historia\\_BASF\\_150\\_Aniversario.pdf](https://www.basf.com/documents/es/es/about-us/Historia/Libro_Historia_BASF_150_Aniversario.pdf) (Pag. 34)

**Figura 13** - Proceso de extrusión

Producción Propia - Basado en : Quarmby, Arthur. Materiales plásticos y arquitectura experimental. Ed. Gustavo Gilli, 1976

**Figura 14** - Proceso de soplado

Producción Propia - Basado en : Quarmby, Arthur. Materiales plásticos y arquitectura experimental. Ed. Gustavo Gilli, 1976

**Figura 15** - Proceso de calandrado

Producción Propia - Basado en : Quarmby, Arthur. Materiales plásticos y arquitectura experimental. Ed. Gustavo Gilli, 1976

**Figura 16** - Proceso de inyección

Producción Propia - Basado en : Quarmby, Arthur. Materiales plásticos y arquitectura experimental. Ed. Gustavo Gilli, 1976

**Figura 17** - Proceso de moldeo por vacío

Producción Propia - Basado en : Quarmby, Arthur. Materiales plásticos y arquitectura experimental. Ed. Gustavo Gilli, 1976

**Figura 18** - Proceso de polimerización de estireno

Producción Propia - Basado en : Neufert, Ernst. Manual del Styropor. Ed. Herder S.A, 1970

**Figura 19** - Producción de poliestireno expandido

Producción Propia - Basado en : Neufert, Ernst. Manual del Styropor. Ed. Herder S.A, 1970

**Figura 20** - Logo "Universidad de El Salvador"

<https://www.ues.edu.sv/>

**Figura 21** - Logo "Univesidade Federal de Mato Grosso"

<http://www.ufmt.br/ufmt/site/page/index/Cuiaba>

**Figura 22** - Prohibición de EPS en EE.UU

<http://groundswell.org/map-which-cities-have-banned-plastic-foam/>

**Figura 23** - Titular New York Times

<http://nyti.ms/1DE6iaY>

**Figura 24** - Bolas de EPS

<http://amiacasa.com/wp-content/uploads/2015/09/eps.jpg>

**Figura 25** - Diagrama de Bürdek

Producción Propia - Basado en : Bürdek, Bernhard. "Historia teoría y práctica del diseño industrial". Ed. Gustavo Gilli, 1994

**Figura 26** - Testeo de propiedades de EPS

<http://www.tecnalia.com/eu/osasuna/arrakasta-kasuak/material-isolatzaileak.htm>

**Figura 27** - Moldes para probetas

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 28** - Probetas para ensayos

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 29** - Ensayo de flexión

Producción Propia - Registro de laboratorio - Ensayos de flexión

**Figura 30** - Ensayo de compresión

Producción Propia - Registro de laboratorio - Ensayos de compresión

**Figura 31** - EPS utilizado en packing

<http://www.federalinternational.com/blog/how-to-cost-effectively-recycle-eps-expanded-poly-styrene>

**Figura 32** - Solventes utilizados

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 33** - Introducción de EPS en Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 34** - Reacción de disolución

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 35** - Mezclado para unificar material

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 36** - Material vertido en molde

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 37** - Probeta disuelta en MEC

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 38** - Probeta disuelta en Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 39** - Fotografías microscópicas de probetas diluidas en Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 40** - Fotografías microscópicas de probetas diluidas en MEC

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 41** - Acción solvente luego del vertido del material

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 42** - Aumento de MEC

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 43** - Aumento de Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 44** - Vibrado muestra diluida en Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 45** - Vibrado muestra diluida en MEC

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 46** - Dispositivo de vibrado durante ensayo

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 47** - Proceso de fraguado de muestras con carga

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 48** - Adición de talco en Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 49** - Adición de yeso en Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 50** - Adición de aserrín en Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 51** - Adición de arena en Acetona

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 52** - Adición de talco en MEC

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 53** - Adición de yeso en MEC

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 54** - Adición de aserrín en MEC

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 55** - Adición de arena en MEC

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 56** - Probetas secas en molde

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 57** - Probetas pertenecientes al Grupo 1

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 58** - Muestras para ensayos de quema controlada

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 59** - Quema de las diferentes muestras

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 60** - Muestras para quema en Mufla

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 61** - Retiro de muestras de Mufla

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 62** - Corte de EPS por hilo caliente

[http://insulationcorp.com/wp-content/uploads/2011/08/ICA\\_KKF2011-543-768x1024.jpg](http://insulationcorp.com/wp-content/uploads/2011/08/ICA_KKF2011-543-768x1024.jpg)

**Figura 63** - Diagrama de Bürdek

Producción Propia - Basado en : Bürdek, Bernhard. "Historia teoría y práctica del diseño industrial". Ed. Gustavo Gilli, 1994

**Figura 64** - Listado de problemas macro y micro

Producción Propia - Basado en : Blog Diseño y Creatividad IV - FADU - EUCD - [https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from\\_embed](https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from_embed)

**Figura 65** - Selección de problemas macro

Producción Propia - Basado en : Blog Diseño y Creatividad IV - FADU - EUCD - [https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from\\_embed](https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from_embed)

**Figura 66** - Selección de problemas micro

Producción Propia - Basado en : Blog Diseño y Creatividad IV - FADU - EUCD - [https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from\\_embed](https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from_embed)

**Figura 67** - Definición de tipos de requisitos

Producción Propia - Basado en : Blog Diseño y Creatividad IV - FADU - EUCD - [https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from\\_embed](https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from_embed)

**Figura 68** - Listado de requisitos jerarquizado

Producción Propia - Basado en : Blog Diseño y Creatividad IV - FADU - EUCD - [https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from\\_embed](https://es.scribd.com/document/221600959/2014-DyC4-Etapas-3-y-4#from_embed)

**Figura 69** - Procesos productivos pasibles de aplicación al material investigado

Producción Propia - Basado en : Quarmby, Arthur. Materiales plásticos y arquitectura experimental. Ed. Gustavo Gilli, 1976

**Figura 70** - Pruebas de calandrado manual

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 71** - Pruebas de extrusión manual  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 72** - Pruebas de moldeado manual  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 73** - Proceso de torneado con torno de dos puntas  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 74** - Proceso de perforado mediante taladro de banco con mecha de paleta  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 75** - Proceso de corte con sierra caladora manual  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 76** - Proceso de fresado con router manual  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 77** - Proceso de cepillado con cepillo eléctrico  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 78** - Proceso de lijado en disco  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 79** - Proceso de perforado mediante taladro de banco con mecha para madera  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 80** - Proceso de corte con amoladora angular  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 81** - Problemas encontrados durante el proceso de mecanizado  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 82** - Esquema para la evaluación de atributos  
Producción Propia

**Figura 83** - Imágen banco 1  
Producción Propia

**Figura 84** - Esquema de evaluación banco 1  
Producción Propia

**Figura 85** - Comparativa de sustitución de material banco 1  
Producción Propia

**Figura 86** - Imágen banco 2

Producción Propia

**Figura 87** - Esquema de evaluación banco 2

Producción Propia

**Figura 88** - Comparativa de sustitución de material banco 2

Producción Propia

**Figura 89** - Imágen banco 3

Producción Propia

**Figura 90** - Esquema de evaluación banco 3

Producción Propia

**Figura 91** - Comparativa de sustitución de material banco 3

Producción Propia

**Figura 92** - Imágen banco 4

Producción Propia

**Figura 93** - Esquema de evaluación banco 4

Producción Propia

**Figura 94** - Comparativa de sustitución de material banco 4

Producción Propia

**Figura 95** - Comparativa combinada de propuestas

Producción Propia

**Figura 96** - Plaza Berta Kroeger

<http://www.landezine.com/wp-content/uploads/2015/12/relais-Landschaftsarchitekten-Berta-Kroeger-Plaza-08.jpg>

**Figura 97** - Diferencias de compactación esperables

Producción Propia

**Figura 98** - Consideraciones para piezas calandradas

Producción Propia

**Figura 99** - Consideraciones para piezas calandradas sobre molde

Producción Propia

**Figura 100** - Proceso manual de generación de láminas calandradas

Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 101** - Aplicación de desmoldante sobre superficie de apoyo  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 102** - Pieza seca con deformaciones producto de la no aplicación de desmoldantes  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 103** - Desgarro producido por corte en pieza húmeda  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 104** - Ejemplo de pieza extruida, maciza y hueca  
Producción Propia

**Figura 105** - Diferencia entre piezas con y sin pulverización de agua  
Producción Propia

**Figura 106** - Vista superior de piezas extruidas con condicionantes de manipulación  
Producción Propia

**Figura 107** - Proceso manual de generación de piezas extruidas  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 108** - Expansión del material al salir de la boquilla extrusora  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 109** - Marcas y deformaciones por diferencia de presión durante el proceso  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 110** - Deformación generada al inicio de la extrusión de una pieza  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 111** - Molde simple con y sin consideraciones para el desmolde de las piezas  
Producción Propia

**Figura 112** - Copiado de pieza con detalles por moldeo a presión  
Producción Propia

**Figura 113** - Proceso manual de generación de piezas moldeadas  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 114** - Molde afectado por la incorrecta aplicación de desmoldante  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 115** - Corte y rectificación de superficie posterior al secado  
Producción Propia - Registro de laboratorio

# ÍNDICE DE IMÁGENES

**Figura 116** - Utilización de soportes durante el secado  
Producción Propia - Registro de laboratorio

**Figura 117** - Esquinas de EPS utilizadas en packing  
[http://www.achfoam.com/ACH/media/ACH/images/Packaging2/Image\\_0896.jpg](http://www.achfoam.com/ACH/media/ACH/images/Packaging2/Image_0896.jpg)

**Figura 118** - Perlas de EPS  
[www.mwmaterialsworld.com/media/catalog/product/2/p/2perlita-de-porex-grande-2.jpg](http://www.mwmaterialsworld.com/media/catalog/product/2/p/2perlita-de-porex-grande-2.jpg)

**Figura 119** - Esferas decorativas de EPS  
[www.alltopbargains.info/webpictures4/12182014\\_1130\\_2.jpg](http://www.alltopbargains.info/webpictures4/12182014_1130_2.jpg)

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**1 - ARRIOLA LARA, Enma Aracely, et al. "Evaluación técnica de alternativas de reciclaje de poliestiro expandido (EPS)" [tesis].**

San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2013.

**2 - CEMPRE. Manual de gestión integral de residuos sólidos urbanos.**

Ed. Monteverde, 1998.

**3 - PNUD/IMM. Proyecto PNUD/URU/91/008. "Úselo y tírelo... para que otros lo reciclen".**

Ed. Cecilia Tenaglia, 2000.

**4 - QUARMBY, Arthur. "Materiales plásticos y arquitectura experimental".**

Ed. Gustavo Gilli, 1976.

**5 - NEUFERT, Ernst. Manual del Styropor.**

Ed. Herder, 1970.

**6 - BÜRDEK, Bernhard . "Historia teoría y práctica del diseño industrial".**

Ed. Gustavo Gilli, 1994.

**7 - IPCS - EHC 143. "Environmental Health Criteria 143".**

OMS, 1992.

**8 - IPCS - EHC 140. "Environmental Health Criteria 143".**

OMS, 1990.

**9 - LAWSON, Stuart. "Diseño de muebles - Desarrollo, Materiales, Fabricación".**

Ed. Blume, 2013.

# REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- a - "El poliestireno, prohibido en cada vez más rincones del mundo". Periodico ABC, Sección Sociedad [en línea].**  
<http://www.abc.es/sociedad/20150702/abci-ciudades-prohiben-poliestireno-201507021800.html>  
[citado, 02 jul. 2015]
- b - "A Welcome Ban on Forever Foam". Periódico New York Times, Opinion [en línea].**  
<http://nyti.ms/1DE6iaY> [citado, 08 ene. 2015]
- c - "Informes". United Nations Environment Programme, Informes [en línea].**  
<http://www.unep.org/geo/GEO3/spanish/> [citado, 08 ago. 2013]
- d - "El plástico, herramienta para el desarrollo sustentable". Packing Entrevistas Énfasis [en línea].** <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/18289-el-plastic-co-herramienta-el-desarrollo-sustentable> [citado, 13 dic. 2014]
- e - "Decreto N° 182/013". Normativa y Avisos Legales del Uruguay [en línea].**  
<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/182-2013> [citado, 27 jun. 2013]
- f - "Bromyros S.A". Empresa [en línea].**  
<https://www.bromyros.com.uy/empresa.php> [citado, 27 nov. 2016]
- g - "Montfrio". Empresa [en línea].**  
<http://www.montfrio.com.uy/empresa/> [en línea]. [citado, 15 set. 2016]
- h - "Tipos de poliestireno". Poliestireno [en línea].**  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno> [en línea]. [citado, 19 nov. 2015]
- i - "Evaluación técnica de alternativas de reciclaje de poliestireno expandido (EPS)". Red de Repositorios Latinoamericanos [en línea].**  
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/index.php/record/view/536857> [citado, 12 mar. 2016]
- j - "Wood panels produced with sawdust and expanded polystyrene". Búsqueda timbó [en línea].**  
<http://www.timbo.org.uy> [citado, 15 set. 2016]
- k - "¿Por qué cada vez más ciudades prohíben el poliestireno?". BBC Mundo [en línea].**  
[http://bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150701\\_poliestireno\\_prohibicion\\_lp](http://bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150701_poliestireno_prohibicion_lp) [citado, 21 abr. 2016]
- l - "The Scientific Method Today". Steps of the Scientific Method [en línea].**  
<http://scientificmethod.com/index2.html> [citado, 22 oct. 2014]
- m - "Reutilización de EPS". Nuestro barniz [en línea].**  
<http://www.kitcel.com/> [citado, 02 mar. 2014]
- n - "Wood Dust". The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [en línea].** <http://www.cdc.gov/niosh/pel88/wooddust.html> [citado, 13 may. 2015]
- ñ - "Hoja de Seguridad Talco de Primera". Buscador CERTIFICADOS y HOJAS SEGURIDAD [en línea].**  
<http://www.diu.com.uy/buscador-certificados-y-hojas-seguridad.html> [citado, 28 set. 2016]
- o - "Pescio Yesos Especiales". Ficha Técnica [en línea].**  
<http://www.pescio.com/> [citado, 09 jun. 2016]

# REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

**p - "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials". Standards & Publications [en línea].**

<https://www.astm.org/Standards/D790.htm> [citado, 14 ago. 2016]

**q - "Droguería Montevideo". Empresa [en línea].**

<http://www.drogueriamontevideo.com/empresa/>

**r - "Droguería Paysandú". Empresa [en línea].**

<http://www.drogueriapaysandu.com.uy/index.php/links>

**s - "Produtos Nikon". Especificações [en línea].**

[http://www.taylorhobson.com.br/index.php/c\\_home/produtos/2/1/130](http://www.taylorhobson.com.br/index.php/c_home/produtos/2/1/130)

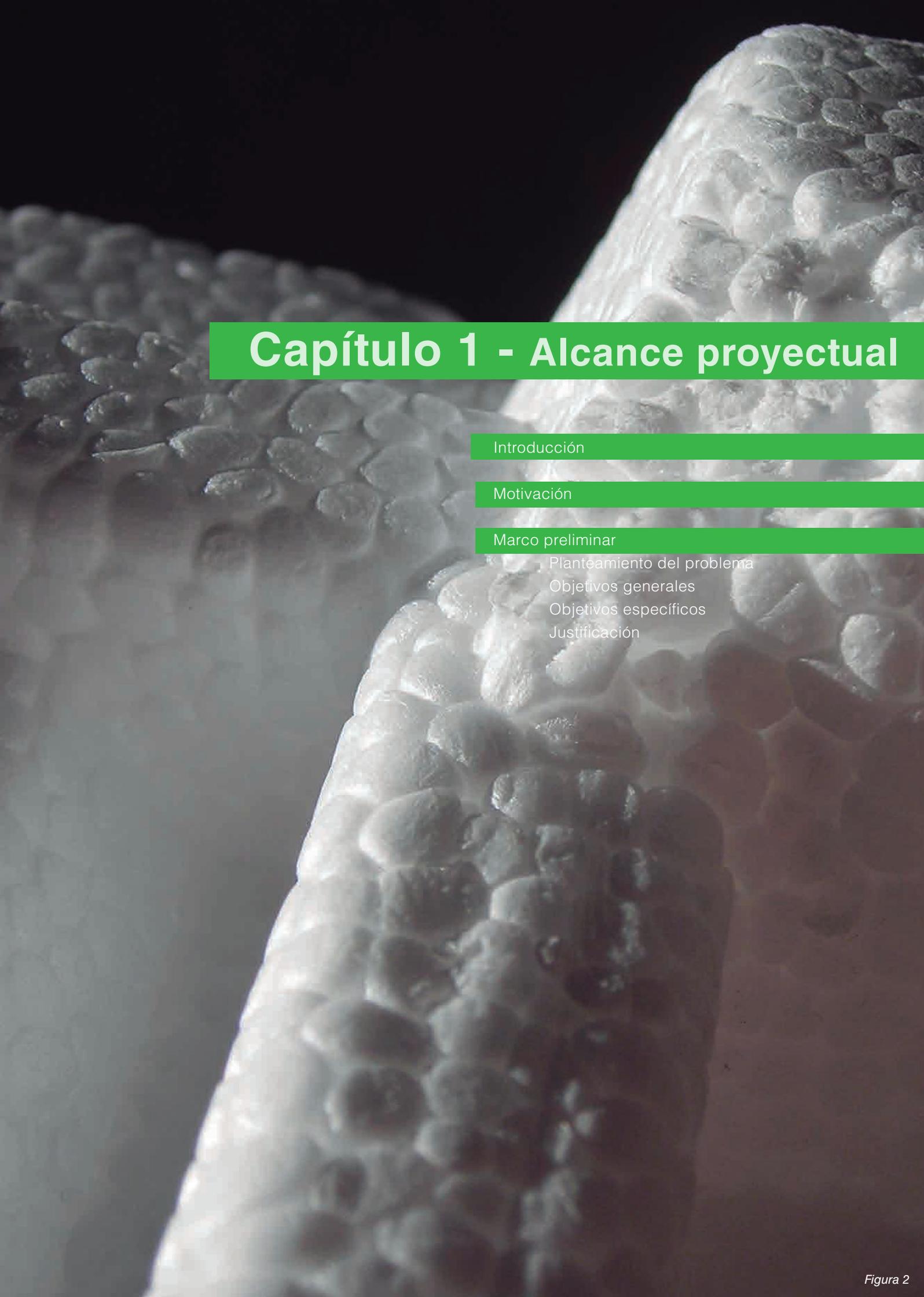
**t - "Products". External Vibrators [en línea].**

<http://www.wackerneuson.it/en/products/concrete-technology/external-vibrators/>

**u - "Comportamiento al fuego del poliestireno expandido EPS". Biblioteca [en línea].**

<https://www.bromyros.com.uy/bibliotecaficha.php?id=20> [citado, 20 dic. 2014]

<b>EPS</b>	Expanded polystyrene
<b>WPC</b>	Wood Plastic Composite
<b>PGRSI</b>	Plan de Gestión de Residuos Sólidos Industriales
<b>GPPS</b>	General Purpose Polystyrene
<b>HIPS</b>	High Impact Polystyrene
<b>XPS</b>	Extruded polystyrene
<b>BASF</b>	Badische Anilin und Soda Fabrik
<b>ton</b>	Toneladas
<b>MEC</b>	Metil Etil Cetona
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>mg/m<sup>3</sup></b>	Miligramos por metro cúbico
<b>ppb</b>	Partes por billón
<b>CDC</b>	Centers for Disease Control and Prevention
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>µm</b>	Micrones
<b>UV</b>	Ultravioleta
<b>MDF</b>	Medium Density Fiberboard
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>IMM</b>	Intendencia Municipal de Montevideo
<b>Un</b>	unidades
<b>Gral</b>	General
<b>I.D.O</b>	Indispensables, Deseables, Optativos

A close-up photograph of a snake's head, showing the intricate pattern of its scales. The lighting is dramatic, highlighting the texture of the scales. A green horizontal bar is overlaid across the middle of the image, containing the chapter title.

# Capítulo 1 - Alcance proyectual

Introducción

Motivación

Marco preliminar

- Planteamiento del problema

- Objetivos generales

- Objetivos específicos

- Justificación

El EPS (poliestireno expandido) es un material inocuo, su proceso de degradación ambiental es extremadamente extenso [1: p.8].

Uno de sus principales usos en la industria es como contenedor de alimentos, tanto en forma de bandejas o vasos, siendo esta una de las aplicaciones de carácter más efímero para el material.

También es utilizado como protección en embalajes de diversos productos y en la construcción en diversos tipos de edificaciones, debido a sus propiedades aislantes [1: p.41 a 46].

La mayoría de las aplicaciones del EPS están dadas en productos desechables, por lo cual se genera un gran volumen de desperdicios en un corto lapso, derivando en un problema de contaminación de gran impacto ambiental [a: [www.abc.es](http://www.abc.es)].

Luego de que el uso del material se extendiera a partir de las décadas del los 80's y 90's, la población comenzó a concientizarse sobre el problema de los residuos plásticos y se desarrollaron propuestas para su correcto uso y disposición [2: p.222].

Estas medidas se pueden dividir en dos grandes enfoques, el enfoque prohibitivo que propone el control del material en su producción, uso y desecho y el enfoque permisivo que plantea soluciones de reciclado para el desecho generado.

La tendencia mundial en la actualidad apoya el primer enfoque, promueve el control de la producción y uso de este material en la industria alimenticia, ya que de ella proviene la mayoría del desecho generado.

Alineándose con esta preocupación global podemos observar como las grandes ciudades estadounidenses como Seattle, San Francisco, Portland y New York acompañan esta política de regulación y prohibición, otras ciudades como Washington D.C. proponen implantar medidas prohibitivas en un futuro cercano.

Estas ciudades optaron por atacar así el problema, de manera radical pero con consecuencias perjudiciales para la industria productora y los consumidores, al no utilizar el EPS se aumentan significativamente los costos, al utilizar sustitutos como el cartón [b: [www.nytimes.com](http://www.nytimes.com)].

Atendiendo a esta situación actual y futura en el presente trabajo se propone una alternativa para el reciclado del EPS, con el fin de lograr un material sólido, caracterizado en sus propiedades más significativas para poder ser utilizado en diferentes aplicaciones con miras a prolongar la vida útil del material por medio de la valorización de un desecho.

A lo largo de estos años de carrera pudimos interpretar y desarrollar la disciplina del diseño desde nuestro propio enfoque, vemos el quehacer del diseñador como un articulador que se involucra en diferentes disciplinas e interactúa con variados actores para así lograr materializar ideas en objetos tangibles.

Desde la interdisciplina planteamos nuestro trabajo, buscando posicionarnos como articuladores entre saberes con el fin de llegar a más y mejores resultados.

Nuestra motivación se basa en el desarrollo de propuestas innovadoras que solucionen problemáticas de una manera eficiente, dado que muchas veces al momento de diseñar ponemos el foco en otros aspectos (estética, apariencia, color), descuidando otro quizás más importante que habla de la sustentabilidad de los productos generados.

No obstante consideramos que nuestra disciplina no debe ser ajena a esta realidad, por lo tanto nos disponemos a generar una alternativa al uso de un desecho desatendido en nuestro país, pero con incidencia y preocupación a nivel mundial.

A lo largo de este trabajo se puede observar la evolución y el desarrollo de una alternativa factible para la reutilización de este desecho, además de esto se propondrán opciones para su uso por la industria, grupos colectivos o organizaciones estatales.

Quizás sea el momento de reflexionar sobre a dónde queremos llegar y replantearnos el camino a seguir de manera que nuestras decisiones influyan de mejor manera en la sociedad y en nosotros mismos a futuro.

## Planteamiento del problema

Los desechos en la actualidad son una preocupación para la población. Su correcta recolección y tratamiento alcanza toda la cadena comercial, desde el productor de materia prima, el fabricante de artículos de consumo, el consumidor, el recolector, el reciclador.

Desde la década de los 60's se aceleró la producción de plásticos de diversos tipos, así como la investigación enfocada a nuevos usos para este material innovador para la época. En contrapartida a este desarrollo se desatendieron aspectos de sustentabilidad, disposición final y contaminación producida por los productos generados.

En los últimos años se ha generado una conciencia global en cuanto el problema de los desechos, especialmente desde la década de los 90's esta conciencia incluso ha modificado los hábitos de consumo hacia un consumo más responsable por parte de los usuarios [c: p.10].

Esta nueva conciencia global también ha afectado el pensamiento en diseño, así vemos que en los últimos años cada vez es más necesario pensar los productos en todo su ciclo de vida, contemplando también el uso de los desechos generados como materia prima para nuevos productos.

Uno de los desechos plásticos más difíciles de eliminar es el EPS debido a sus características, su disposición es muy compleja y conlleva peligros medioambientales [2: p.227].

Por tanto en el desarrollo de esta tesis de grado se evaluarán y se expondrán los resultados de un método para su utilización,

como forma de alargar su vida útil, para mitigar el impacto ambiental que hoy se genera por este desecho.

## Objetivos generales

Proponer la reutilización de un desecho, generando con este un nuevo material con propiedades conocidas.

Disminuir considerablemente la cantidad de este desecho en vertederos, rellenos sanitarios y medio ambiente en general.

Realizar una aproximación a un sistema de recolección y procesado del desecho con miras a su reutilización.

Proponer una solución para los desechos ya generados, reutilizándolos por medio del reciclado y alargando así su vida útil mediante la transformación del mismo.

## Objetivos específicos

Determinar la mejor alternativa para la reutilización del desecho, teniendo en cuenta los métodos existentes al momento.

Ensayar diferentes formulaciones para el uso del desecho de EPS evaluando su comportamiento final.

Determinar las propiedades básicas del material resultante.

Investigar y proponer la base de un proceso productivo que sea sencillo de aplicar en Uruguay.

Proponer aplicaciones para la utilización del material resultante.

## Justificación

Basándonos en la sustentabilidad aplicada al diseño como tendencia actual, proponemos intervenir el ciclo de vida de un material en su etapa de desecho, revalorizándolo y ajustándolo a los procesos industriales accesibles en el país.

Actualmente existe una creciente búsqueda por procesos y materiales que minimicen el impacto ambiental de nuevos productos. Pensamos que nuestra disciplina no puede ser ajena a esta fuerte tendencia y queremos potenciar el uso de materiales diseñados como forma de contribuir a la actividad de la producción sustentable.

Proponemos definir un proceso por el cual se obtenga un material y al mismo tiempo sugerir un proceso productivo que permita la conformación de diversas aplicaciones para la producción de productos.

El destino final de este desecho en nuestro país es por lo general el entierro sanitario o la quema indebida, ambos métodos de gran impacto ambiental inmediato [2: p.221.].

Por este motivo, buscamos intervenir en el ciclo de vida del material desechado, tomándolo como insumo para generar productos por medio de los cuales su vida útil se prolongue sustancialmente con un bajo impacto ambiental.

# Capítulo 2 - Antecedentes

## Desechos plásticos en Uruguay

- Situación actual
- Reciclaje
- Beneficios del reciclaje
- Proyección futura

## Plásticos y EPS

- Importaciones
- Fabricación de útiles escolares
- Bromyros
- Montfrío
- Historia
- Clasificación
- Tipos de poliestirenos
- Poliestireno expandido
- Clases de poliestireno expandido

## Estudios previos

- Universidad de El Salvador
- Universidad Federal de Mato Grosso

## Publicaciones relacionadas

- Noticias sobre uso de EPS

## Conclusiones

- Resultados

## Situación actual

El consumo de plásticos en la gran mayoría de los países de Latinoamérica es importante, pero mínimo en comparación con el consumo de países desarrollados.

En Uruguay asciende a 25 Kg/ habitante al año [3: p.128].

Los plásticos debido a su gran resistencia a la biodegradación representan un serio problema en los vertederos y rellenos sanitarios. Los problemas más comunes son dificultad de compactación y la generación de barreras dentro de los rellenos que no permiten el libre movimiento de gases y líquidos propios de la descomposición.

Como referencia podemos tomar que un 11% del total de los residuos sólidos urbanos son plásticos, si bien no es un porcentaje muy elevado, el volumen que ocupan es mucho mayor [2: p.220]

Estos problemas se ven agravados aún más en el caso del EPS, ya que si bien su consumo es bajo con referencia a otros tipos de plásticos el volumen final del desecho es significativamente mayor dadas las características del material procesado.

En cuanto al EPS existen 2 fuentes de generación de desechos, la industria y el medio urbano.

De la primera fuente normalmente solo un porcentaje mínimo de los desechos generados en la propia producción pueden ser reutilizados en la fabricación de productos, el resto es desecho sin disposición.

Si bien existen datos generales de la cantidad total de desechos, no existen datos específicos acerca de cuanto EPS se desecha en Uruguay.

En tanto la segunda fuente la mayor parte de los residuos proviene de envases alimenticios desechables y protectores utilizados en packing.

Como solución para el uso de los desechos plásticos se utilizan tres procedimientos bien diferenciados:

Reciclado mecánico, consiste en la triturar los desechos para reutilizarlos en la producción.



Figura 4 - Trituradora mecánica de plásticos

Recuperación de componentes, consiste en procesos físico-químicos que descomponen el material en compuestos sencillos.



Figura 5 - Resultado de pirólisis

Quema controlada, consiste en la quema de los desechos en calderas para la producción de energía.

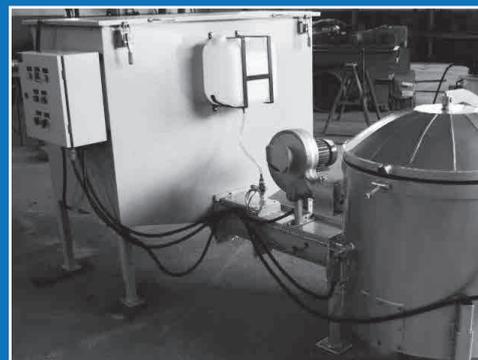


Figura 6 - Caldera de quema

## Reciclaje

Existen 2 tipos de reciclaje de plásticos según el origen de los desechos:

**Reciclaje primario**, consiste en la recuperación de los residuos pre consumo. Estos residuos son los generados en el proceso productivo, como ser artículos de descarte, perfilado y recortes de productos moldeados.

Estos desechos procesados en las propias industrias tienen valor para fabricar productos propios de la empresa o bien para exportarlos en forma de materia prima.

**Reciclaje secundario**, consiste en la transformación de productos desechados post-consumo. Estos se encuentran mezclados junto con el resto de los residuos sólidos urbanos. Para poder utilizarlos es necesario una clasificación y separación dado a la gran variedad de plásticos desechados.

Este proceso de reciclaje enfrenta elevados costos ya que necesita de más etapas previas como clasificado, separado, lavado.

De los dos tipos de reciclaje, el primero es el más utilizado debido a que lo realizan las propias empresas dentro de su ciclo de producción, en el caso del segundo método, el mismo es realizado por pequeñas empresas ajenas a las industrias, siendo estas las que toman los desechos plásticos y los clasifican para su posterior comercialización [2: p.224].

Las diferencias entre ambos radica en la cantidad de procesos requeridos y costos diferenciales que tienen.

El primer proceso trabaja con materia prima virgen, al no estar contaminada por otros desechos resulta más barata para su transformación. Esta generalmente sufre un mínimo proceso como por ejemplo el picado, para ser comercializada como relleno. Esto supone costos muy bajos en comparación con el reciclaje secundario, ya que este último requiere de mayor cantidad de procesos como ser clasificación, higienizado, picado, fundido.

El utilizar materia prima virgen o reciclada depende principalmente del precio del petróleo o de sus derivados (como ser plásticos), en el caso de sea elevado es más conveniente el uso de materias primas recicladas post-consumo.

Nuestra propuesta agrega valor al material constitutivo de los objetos obtenidos, creando un margen económico diferencial que hace de esta propuesta una opción a tener en cuenta, para darle mayor uso al reciclaje secundario, esto se traduce en beneficios medioambientales, sociales, industriales.

## Beneficios del reciclaje

Además de los beneficios ambientales generados por el reciclaje de cualquier desecho, en particular el reciclaje de materiales plásticos aporta beneficios sociales y económicos importantes, entre ellos se pueden destacar:

Significativa reducción del volumen de los residuos sólidos urbanos que tienen por destino vertederos y rellenos sanitarios, esto conlleva a aumentar el tiempo de utilización de estos, reduciendo también los costos que implica el transporte de basura.

Los plásticos recolectados y clasificados pueden ser usados en mixes de biomasa para generar energía, a modo de ejemplo 1kg de plástico contiene la energía equivalente a 1kg de gasoil, debido a esta característica el reciclaje energético es una realidad en los mercados de los países desarrollados en la actualidad [d: [www.packaging.enfasis.com](http://www.packaging.enfasis.com)].

## Proyección futura

En 2013 el gobierno decreto la reglamentación para la gestión de residuos sólidos industriales [e: [www.impo.com.uy](http://www.impo.com.uy)].

La misma establece el marco para la gestión de los residuos industriales desde la generación, clasificación, almacenamiento, transporte, reciclado, valorización, tratamiento y disposición final.

Mediante este decreto se busca poner énfasis en minimizar los desechos en origen y se promueven procesos como el re uso, reciclado y valorización energética, de esta forma se insta a las industrias a generar un plan de gestión de residuos sólidos industriales (PGRSI).

El consumo de plásticos en Uruguay aún es pequeño en relación a otros países, sin embargo es esperable que el mismo crezca a futuro. Esto hace necesario que el país cuente con información, opciones y financiamiento para investigación y ejecución de planes de reciclaje que permitan la correcta disposición de estos desechos [2:p.232].



Figura 7 - Gestión inadecuada de desechos de EPS

## Importaciones

A continuación mostramos una tabla resumida de las importaciones anuales (2014) de perlas de Poliestireno y productos ya manufacturados en EPS.

Estas cifras de importaciones incluyen la totalidad del Poliestireno y EPS que ingresa al país, siendo esta la única información disponible dado que los datos de importaciones no discriminan los diferentes tipos de productos como ser vasos, bandejas.

Estos datos fueron recabados de la Dirección Nacional de Aduanas, en ellos podemos apreciar a grandes importadores, los cuales centran su actividad en la fabricación de productos y en distribución de productos ya manufacturados, para abastecer el mercado local.

Importador	Toneladas	Valor (U\$S millones)
Alfredo Ceizer Ltda	16	34.4
<b>Bromyros</b>	1.301	<b>2.543</b>
Darnel Packing	23	53.5
Igaben	17	31.2
Maxor	17	33.0
<b>Montfrio</b>	1.126	<b>2.277</b>
Prumer Ltda	11	19.0
Teba y Cía	50	99.7
<b>TOTALES</b>	<b>2.561</b>	<b>5.091</b>

*Tabla 1* - Importaciones de Poliestireno y productos de EPS año 2014

## Fabricación útiles escolares

Como se desprende de la tabla anterior Bromyros S.A. es una de las industrias que más fabrica productos de EPS en nuestro país, por lo que decidimos solicitarles asesoramiento a lo largo del trabajo con el objetivo de tener información certera y de primera fuente sobre el residuo investigado.

En el primer acercamiento con la empresa surgió la interrogante de saber que destino final tenían los desperdicios, allí nos comunicaron que existía una preocupación por parte de ellos en darle un destino “apropiado” a los mismos, pero hasta el momento no lo tenían del todo resuelto. Al momento de la entrevista el único destino que tenían los restos de producción era el picado para relleno y el mezclado con materia virgen para la generación de productos de menor costo y con características más limitadas.

Esto nos permite suponer que el desecho de producción se transforma en un problema para esta empresa, ya que el destino actual de estos son productos de relativa baja demanda, lo que conlleva a una acumulación de desperdicios sin destino cierto. Sin embargo, del diálogo se desprendió que estaba la intención de poder importar una maquinaria de origen chino, la que por medio de calor reduce el desecho y lo compacta. Éste luego vuelve a la fábrica que produce la maquinaria para ser utilizado como materia prima para la elaboración de útiles escolares. El esquema anterior es el único posible para este tipo de productos de materiales reciclados, ya que nuestro país no genera la cantidad de desechos ni la cantidad de demanda de útiles necesaria para la implantación de una planta de producción nacional.



Figura 8 - Compactadora térmica de EPS

Del estudio de las importaciones se destacan 2 empresas por su volumen. Estas empresas son Bromyros y Montfrío, entre ellas dos importaron aproximadamente el 94% del Poliestireno que ingreso al país en 2014 (ver figura 1).

## Bromyros

Bromyros es una industria ubicada en Pedro Cosío 2430 Montevideo - Uruguay, la misma se fundada el 13 de agosto de 1948 por los señores Bromberg y Rossel originalmente como taller metalúrgico, fabricando entre otros artículos: calderas y radiadores de calefacción, en ambos casos: generadores de calor.

En el año 1959 cambia rotundamente su orientación, al incursionar en la producción del material aislante térmico: poliestireno expandido, descubierto por la multinacional alemana BASF. El novel producto se registra entonces en el Uruguay con el nombre comercial de "espumaplast", convirtiéndose rápidamente en un nombre genérico. Aparentemente como paradoja a la primera misión, se crea ahora un poderoso racionalizador de calor, ya que sus cualidades térmicas harán posible un importante ahorro energético. Desde entonces, la compañía concentra sus esfuerzos en la fabricación, comercialización y aplicación de aislantes térmicos, tratando de anticipar y satisfacer las variadas necesidades en prácticamente todos los sectores de la economía nacional.

Uwe Thomsen (Gerente General)  
[f. [www.bromyros.com.uy](http://www.bromyros.com.uy)].

**BROMYROS S.A.**  
AISLACIONES TERMICAS



Figura 9 - Logo Bromyros S.A.

## MontFrío

Montfrío fue fundada en el año 1990 como una empresa especializada en la venta de equipamientos para la industria frigorífica y alimentaria, equipos de refrigeración industrial y comercial.

La misma se encuentra ubicada en Barros Arana 5431 Montevideo - Uruguay.

Comenzaron importando paneles aislantes para la construcción de cámaras frigoríficas. Convirtiéndose luego en industria al fabricar sus propios paneles en poliuretano inyectado. Posteriormente instalaron su propia fábrica para la producción de EPS y paneles laminados en este mismo material [g. [www.montfrio.com.uy](http://www.montfrio.com.uy)].



Figura 10 - Logo Montfrío LTDA.

## Historia

El monómero estireno fue descubierto en el año 1830 pero no fue hasta 1845 que se logró formular el poliestireno.

Pese a ello la fabricación industrial de este llegó poco antes del comienzo de la segunda guerra mundial, como sustitución del caucho natural por su escasez.

El primer productor industrial fue BASF quien lo introdujo comercialmente en los Estados Unidos en el año 1938.

En la actualidad sigue siendo esta empresa líder mundial en la elaboración de este producto [4: p.16].

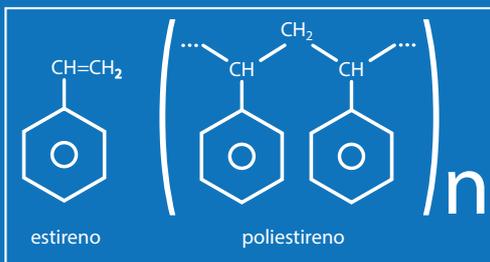


Figura 11 - Composición molecular del poliestireno

## Clasificación

El poliestireno por sus características es un material termoplástico, que sometido a temperatura se vuelve deformable y flexible, luego de enfriarse se endurece.

Los termoplásticos funden a altas temperaturas y tienen la característica de que pueden volver a ser recalentados para generar nuevos productos.

El otro grupo característico de plásticos existente son los termoestables, estos se funden a menores temperaturas y luego de ser moldeados no pueden volver a calentarse para generar nuevos productos [4: p.18]

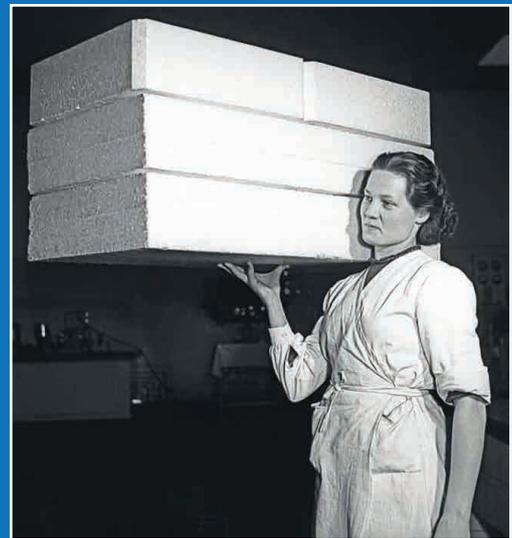


Figura 12 - "Styropor de peso reducido años cincuenta"

Existen diferentes procesos productivos para la elaboración de productos en base a la utilización de los termoplásticos, a continuación presentaremos los que se usan con más frecuencia.

Extrusión, proceso mediante el cual se introduce materia prima en un tornillo sin fin que por medio de calor y empuje hace avanzar la materia plástica por un molde que le da la forma final.

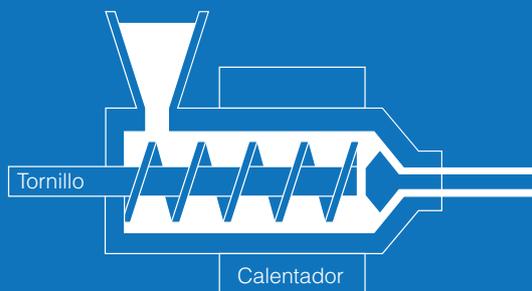


Figura 13 - Proceso de extrusión

Soplado, en este proceso la materia prima precisa de un proceso previo, ya que las piezas iniciales deben estar previamente conformadas por inyección o extrusión.

Las mismas son calentadas dentro del molde, una vez que se llega el punto de elasticidad necesario del plástico, se ingresa aire a presión al molde, para que la pieza tome la forma del mismo.

Este proceso es el más utilizado para la fabricación de envases plásticos.

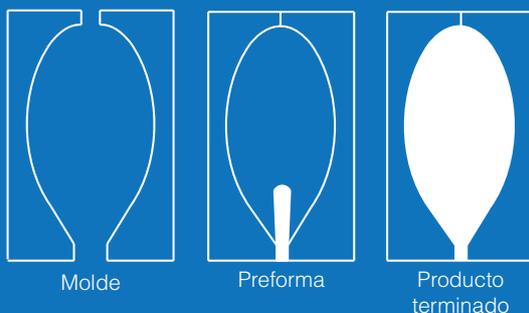


Figura 14 - Proceso de soplado

Calandrado, consiste en aportar a la máquina material en estado plástico el cual pasa luego por una serie de rodillos que regulan y reducen su espesor, para luego ser fraccionado tanto en placas o bobinados.

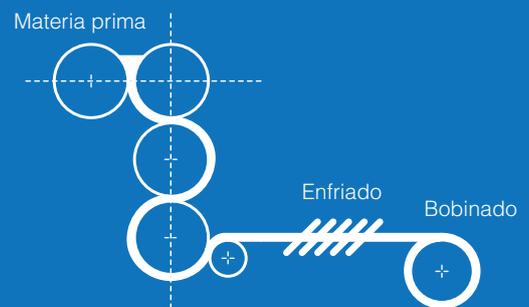


Figura 15 - Proceso de calandrado

Inyección, en este proceso al igual que en el anterior la materia prima sufre transformación por calor y es inyectada en un molde cerrado a presión.

Este proceso es el más usado en la industria plástica.

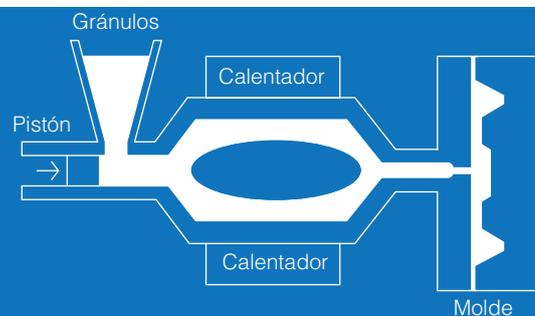


Figura 16 - Proceso de inyección

Moldeado por vacío, consiste en dar calor a la pieza laminar dentro del molde, y posteriormente extraer el aire para la misma tome la forma del molde [4: p.35].

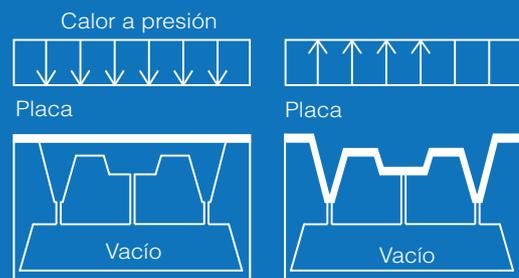


Figura 17 - Proceso de moldeado por vacío

## Tipos de poliestirenos

Mediante el proceso de polimerización del estireno, se pueden producir diferentes tipos de poliestireno con características diferentes. En el proceso de polimerización se mezclan agua, estirenos y determinados agentes expansores según las características que se quieran obtener.

El material resultante se puede clasificar en forma general en 4 tipos:

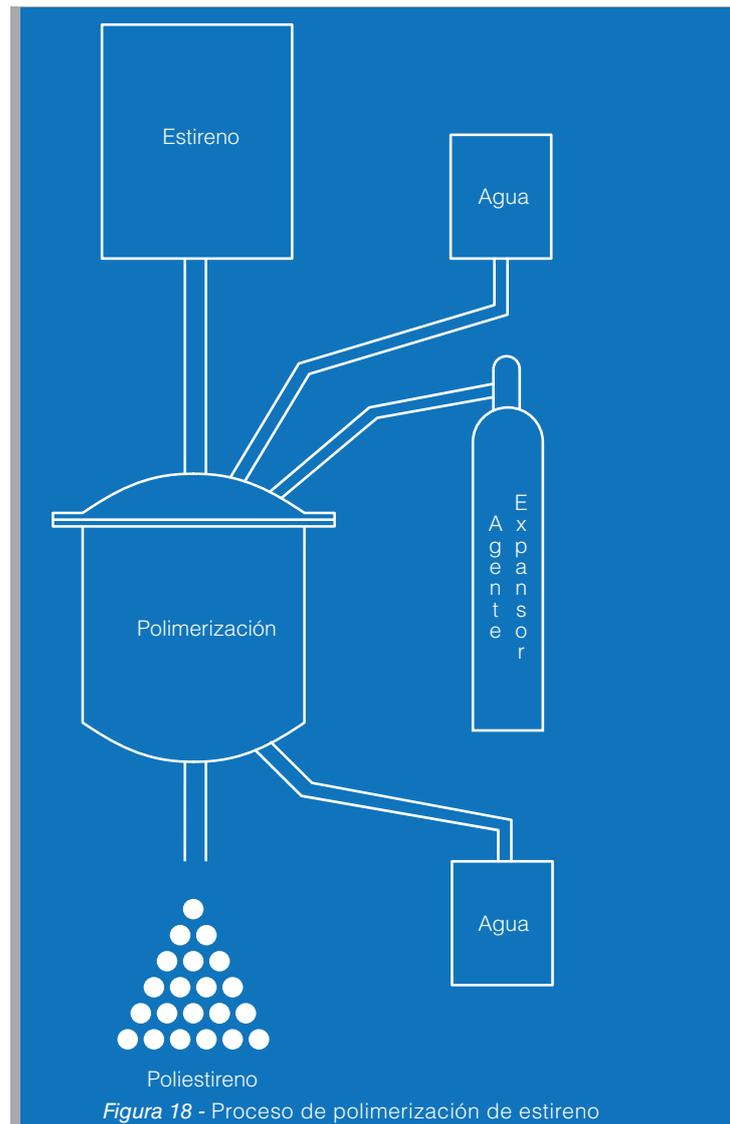
**General Purpose Polistyrene (GPPS)**, el mismo es transparente, rígido y quebradizo, puede ser usado mediante moldeo por inyección para la fabricación por ejemplo de cucharas plásticas descartables.

**High Impact Polistyrene (HIPS)**, Es generalmente opaco, más resistente que el anterior y no quebradizo. Este material logra soportar mayores impactos sin sufrir roturas, por lo que es utilizado para fabricar máquinas de afeitar descartables, carcasas de televisores, etc.

**EPS**, su principal característica es su densidad reducida, aceptables características mecánicas y su gran capacidad como aislante térmico, es utilizado generalmente en embalajes como protección, contenedor de alimentos preparados y aislante térmico en la construcción.

**Extruded Polistyrene (XPS)**, posee características similares al EPS, pero difiere en su proceso de producción ya que es extruído, su principal uso esta dado en la construcción para aislamiento tanto de cubiertas como tuberías, etc.

Este material es el único poliestireno fabricado que no absorbe humedad [h: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)].



## Poliestireno expandido

Surge del tratamiento del poliestireno mediante procedimientos establecidos por el propio fabricante de la materia prima Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF), aunque en la actualidad existen otros proveedores como la empresa americana Down Corning.

Las perlas de poliestireno sufren 2 etapas de transformación para lograr el producto final (EPS).

La primer transformación se denomina pre expansión y en la misma las perlas son sometidas a calor y vapor de agua, esto hace que se expandan de forma controlada. Posteriormente se introduce el material pre expandido en molde y es allí donde ocurre la segunda transformación, únicamente con aplicación de calor se logra el producto final, una espuma rígida y liviana. Luego de este proceso las perlas se pueden expandir hasta 50 veces su tamaño inicial.

La rigidez de la espuma se debe a el desprendimiento de los gases que tienen retenidas las perlas durante la aplicación de calor, es este proceso de desprendimiento el que logra la compactación y unión de sus celdas.

## Clases de poliestireno expandido

Existen 3 clases de EPS, estas difieren entre sí por su formulación en base al agente expansor. La clase P, clase estándar más económica con mejores propiedades mecánicas. Se utiliza en la industria del packing y contenedores alimenticios.

La clase F, la misma contiene un agente anti inflamable, que la hace propicia para el uso en la construcción, sus características mecánicas son inferiores y su valor es aproximadamente 10% superior a la Clase P.

La clase H, en su formulación se mezclan además del poliestireno otro polímero, el cual le otorga resistencia a aceites y combustibles, su valor es un 20% superior a la Clase P.

Para las clase P y F existen diferentes tipos de densidades posibles, dependiendo de la cantidad de calor y presión en función del tiempo al momento de la expansión en molde [5: p.004].

	Densidad	Compresión	Flexión
Tipo I	13 Kg/cm <sup>3</sup>	0,85 Kg/cm <sup>2</sup>	1,9 Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo II	16 Kg/cm <sup>3</sup>	1,1 Kg/cm <sup>2</sup>	2,4 Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo III	20 Kg/cm <sup>3</sup>	1,45 Kg/cm <sup>2</sup>	3,2 Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo IV	25 Kg/cm <sup>3</sup>	1,65 Kg/cm <sup>2</sup>	4,2 Kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 2 - Clasificación de tipos EPS

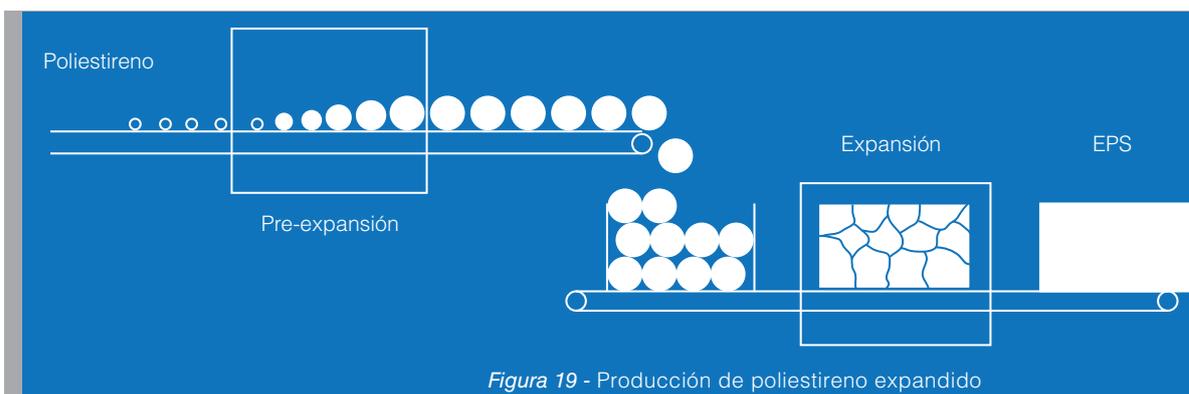


Figura 19 - Producción de poliestireno expandido

## Universidad de El Salvador

Existen estudios realizados en el año 2013 en esta Universidad referentes al reciclado del poliestireno expandido.

El objetivo de ese trabajo era reducir la cantidad de desecho de EPS por medio de la disolución en diferentes solventes. De esta disolución se obtuvieron 2 materiales, el primero con posibilidades de ser utilizarlo como barniz protector y el segundo como pegamento de contacto.

El pegamento de contacto se probó sobre diferentes superficies como ser madera, cartón, cuero, etc. y resultó factible se ser utilizado. De la misma manera el barniz obtenido logró buenos resultados en su aplicación sobre diferentes maderas.

El trabajo detalla el proceso de disolución y los materiales resultantes, así como sus aplicaciones y la factibilidad de desarrollo industrial de las diferentes propuestas.

[i. [www.repositorioslatinoamericanos.uchile.cl](http://www.repositorioslatinoamericanos.uchile.cl)]

Este estudio demuestra que existe preocupación en otros países respecto a producir soluciones para la disposición del desecho.

Las soluciones de este trabajo apuntan a productos accesorios en cuanto a la generación de productos finales como ser mobiliario, artículos de construcción, etc.

Para la disolución utilizan diferentes solventes, muchos de los cuales no son comunes y de fácil acceso en el mercado local, no obstante es una referencia en cuanto al trabajo en laboratorio.



Figura 20 - Logo Universidad de El Salvador

## Universidad Federal de Mato Grosso

En el año 2011 en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Mato Grosso (Brasil) como trabajo de fin de carrera de posgrado se presentó una alternativa más para la reutilización del poliestireno expandido.

En este caso se propone la disolución del desecho utilizando diferentes proporciones de nafta y agua, según la proporción de estos componentes se llega a diferentes resultados.

Este material resultante es usado como aglutinante de partículas de aserrín, con el fin de generar tableros.

En este trabajo se probaron diferentes porcentajes de disolución del solvente (nafta) y las cantidades necesaria de EPS y aserrín para lograr las mejores propiedades [j: [www.timbo.org.uy](http://www.timbo.org.uy)].

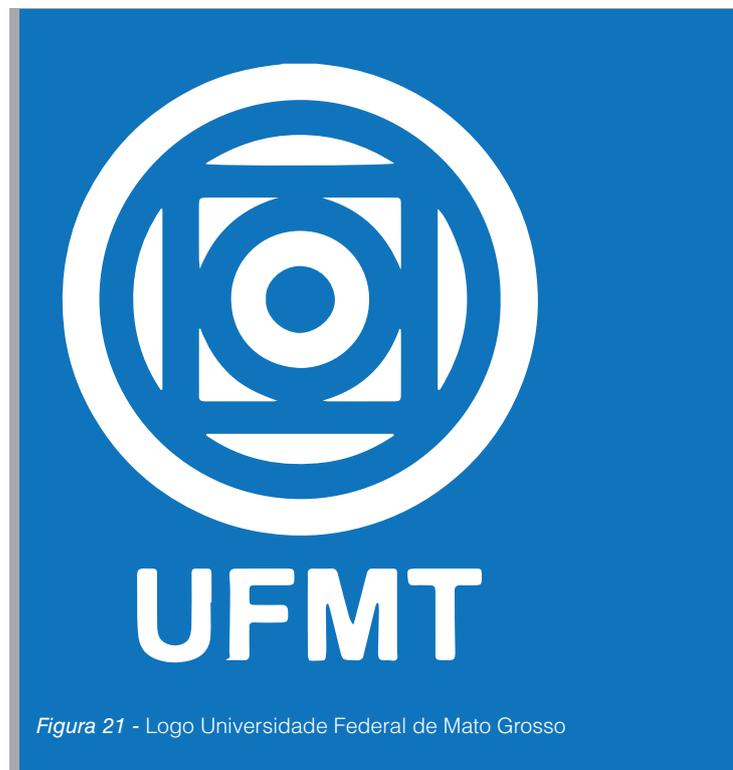
Como conclusión de estudio se puede decir que:

El porcentaje ideal propuesto es 50% aserrín y 50% EPS disuelto en nafta y agua.

Los mejores resultados lograron bajas alteraciones dimensionales del material incluso con alta absorción de agua.

Este material se comporta adecuadamente en trabajo de compresión, pero en trabajo a flexión los resultados fueron inadecuados. Se entiende que es posible la producción de estos tableros para uso en puertas, revestimientos, cercos perimetrales, y demás aplicaciones en forma de placas.

Como conclusión general podemos decir que el EPS posee buenas propiedades como aglutinante para la producción de tableros rígidos.



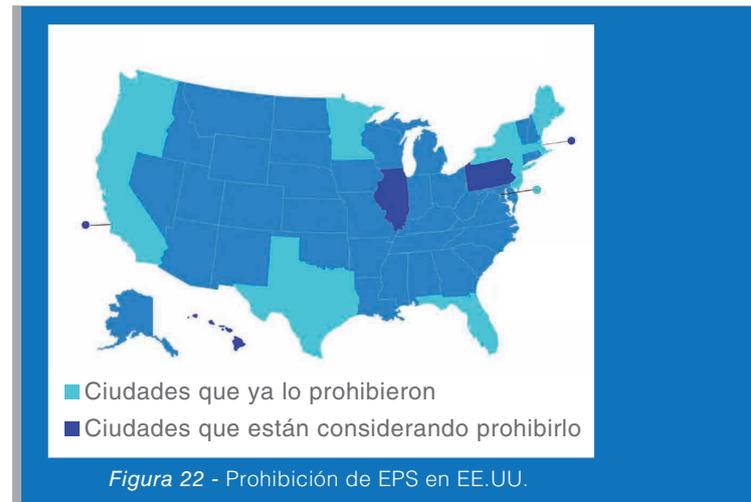
## Noticias sobre uso de EPS

A partir del 1 de Julio del año 2015 entró en vigor en la ciudad de New York la prohibición de uso del poliestireno expandido para la fabricación de envases alimenticios y de packing.

Esta ciudad se une a una larga lista de ciudades que optaron por la prohibición de uso de ese material, como forma de evitar la contaminación que el mismo genera.

Esta tendencia cada vez se hace más presente a nivel mundial y viene desarrollándose desde hace tiempo, en algunas ciudades de Filipinas se prohibió su uso en 2010, en Canadá en la ciudad de Toronto se prohibió para packing en el año 2007 y en 1999 en Córsega, Francia se prohibió el uso total [k: [www.bbc.com](http://www.bbc.com)].

Estas medidas si bien ayudan efectivamente en el corto plazo, ya que regulando el uso se regula la producción y el desecho, no representan una solución definitiva y real al problema de la contaminación ambiental por poliestireno expandido.



**The New York Times** | <http://nyti.ms/1DE6iaY>

The Opinion Pages | EDITORIAL

## A Welcome Ban on Forever Foam

New York Takes on Plastic

Figura 23 - Titular New York Times "Una bienvenida prohibición para la espuma indestructible"

## Resultados

Según el relevamiento de antecedentes la situación actual en el Uruguay no es preocupante en cuanto a la cantidad de desechos, sin embargo este material es cada vez más usado generando en el futuro un problema medio ambiental.

El desecho es reciclable pero en el medio local solo se aplica un reciclaje primario, realizado por los propios productores de EPS, de esta forma los beneficios de otros tipos de reciclaje quedan fuera de los procesos aplicables, sin ofrecer una solución a futuro.

Sumado a este interés académico, encontramos en el mundo diferentes acciones para prohibir el uso del EPS debido al grado de peligro ambiental que representa, la mayoría de las medidas tomadas no son una solución al problema real sino que controlan y limitan su utilización.

Luego del relevamiento, la idea de trabajar con este desecho resultaba interesante y de importancia al no existir antecedentes en nuestro país. Además de esto, creemos que se puede proponer una solución aplicable a futuro y escalable tanto para el país como a la región.

Hasta el momento en Uruguay no existen propuestas claras y firmes ni de empresas ni de recicladores en cuanto al procesado de este desecho con miras a su utilización, sumado a eso a nivel de la población se desconocen las problemáticas que conlleva el uso de EPS.

Consideramos que el aporte que podemos generar desde el campo del diseño, podrá llevar adelante una propuesta que considere tanto aspectos técnicos como productivos y humanos para generar una solución que pueda prevenir problemas ambientales futuros.

# Capítulo 3 - Metodologías

## Metodologías

- Metodología de Bürdek
- Etapas de la metodología
- Metodología MC-14
- Etapas de la metodología
- Etapas abreviadas
- Articulación entre metodologías
- Comparativa de procesos aplicables

## Insumos de ensayos

- EPS
- Metil Etil Cetona
- Acetona
- Aserrín
- Caracterización
- Talco de primera
- Arena normal
- Yeso París

## Protocolo de laboratorio

- Protocolo para ensayos de disolución
- Protocolo para ensayos mecánicos

## Conclusiones

- Resultados

## Metodología de Bürdek

La metodología de Burdek plantea una serie de seis etapas que clasifican, ordenan y articulan el desarrollo de productos de principio a fin.

Cada etapa plantea un fluido desarrollo ya que permite la articulación entre ellas, pudiendo durante el proceso volver sobre etapas ya desarrolladas, en el caso de que las condiciones no se cumplan total o parcialmente posibilitando su reformulación.

La articulación entre estas y el orden guían el proceso de manera natural, desde la identificación de la problemática hasta el desarrollo y evaluación de la propuesta una vez desarrollada.

Se plantea una sub división entre las diferentes etapas de la metodología, en donde el planteamiento de problema y el análisis de condiciones responde a la investigación de la temática o problemática a atacar.

Posteriormente las etapas de definición del problema y esbozo de proyecto acotan la investigación y delimitan las condiciones, ésta es considerada como una etapa de ideación y elección de los posibles caminos a seguir.

Por último las etapas de valoración y decisión selectiva junto con la etapa de planificación del desarrollo y la ejecución consisten en evaluar si las condiciones y requerimientos antes planteados se cumplen o no finalizando con la ejecución del proyecto.

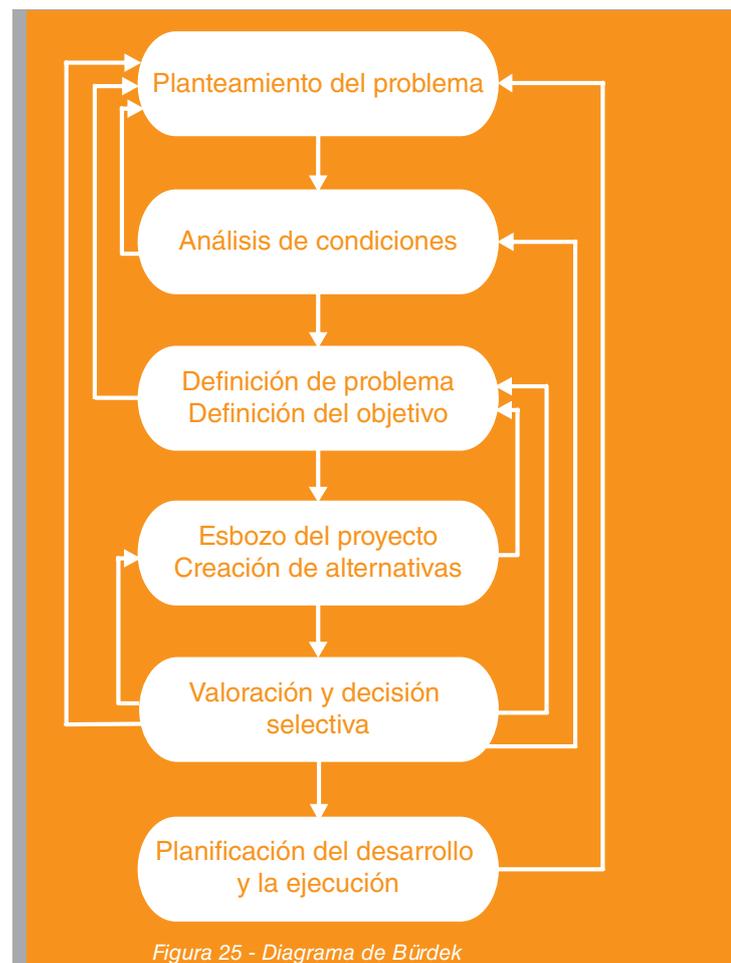


Figura 25 - Diagrama de Bürdek

## Etapas de la metodología Burdek

### 1 - Planteamiento del problema

Consiste en determinar si existe un problema, basándose en la investigación y el relevamiento. Esta etapa plantea el punto de partida para el desarrollo del trabajo y lo delimita.

### 2 - Análisis de condiciones

En esta etapa se analiza la información antes relevada, las condicionantes y como éstas articulan en decisiones a tomar. La misma evalúa todos los aspectos que competen al diseño del producto, limitantes del tipo productivas, económicas, sociales, etc.

### 3 - Definición de problema / Definición del objetivo

Una vez analizadas las condiciones se plantea el objetivo del proyecto y se define la problemática a atacar, es momento de converger en el problema a resolver.

### 4 - Esbozo del proyecto / Creación de alternativas

Con el fin de facilitar el desarrollo se crean diferentes alternativas que respondan a una misma problemática, de esta manera no se limita la resolución del problema, sino que por el contrario posibilita la creación de caminos antes no explorados.

Se deslumbra en esta etapa hacia donde va el proyecto.

### 5 - Valoración y decisión selectiva

Una vez finalizada la etapa de creación de alternativas se procede a valorar los requisitos, los mismos se jerarquizan según grado de importancia, siendo indispensables, deseados y optativos, de esta manera, iguales conceptos de productos derivan en un amplio universo de

variables posibles, que de una manera u otra cumplen con los requisitos establecidos.

Además de la jerarquización, los requisitos son valorados (habitualmente de 1 a 5, siendo 1 el grado mas bajo y 5 el mas alto) de esta forma se consigue un alto grado de satisfacción de los productos a desarrollar. Se plantea además en la etapa de valoración aspectos que competen a la globalidad del proyecto. Estos pueden dividirse en aspectos de índole ergonómico, productivo, estético, funcional, etc., todo aquello que impacta directamente en el desarrollo del producto.

### 6 - Planificación del desarrollo y la ejecución

Una vez generadas y valoradas las alternativas se procede a la ejecución del proyecto. Previamente se debió realizar la planificación de los diferentes aspectos a tener en cuenta, ya sea costo, procesos productivos, materiales, etc.

Esta etapa es considerada de alguna manera como la más dinámica, ya que de aquí saldrá el producto finalizado [6:p.161].

## MC-14 (Método Científico 14 etapas)

### Introducción

Este método es una serie de etapas que intentan guiar el conocimiento, evitando errores en el proceso de persecución de los resultados.

La metodología MC-14 es la culminación de estudios de diversa índole generados a través del tiempo por diferentes pensadores, muchas veces sin relación directa entre ellos. Como comienzo de la investigación metodológica, tanto para este método como para muchos otros, se toma a Aristóteles con sus estudios basados en la observación directa.

Luego con el pasar de los siglos la conformación de la metodología paso por pensadores como Francis Bacon, enfocándolo desde un punto de vista filosófico, Galileo con un enfoque matemático fundando en sus estudios sobre la ciencia de la dinámica y Descartes con su "Discurso del Método".

Además de estos pensadores y autores conocidos, muchos otros hicieron sus aportes a la conformación de esta metodología, pero no es hasta 1997 que Edmund Norman compila todos los estudios en lo que hoy conocemos como el método científico de 14 etapas.

En esta última compilación se llega a una metodología que no solo tiene aplicaciones científicas, sino que es una metodología general que está pensada para resolver problemas y tomar decisiones.

## Etapas de la metodología MC-14

### 1 - Observación Curiosa

Se trata básicamente de estar alerta, observar y preguntarse sobre lo que nos rodea, siendo escépticos y intentando prevenir posibles problemas. Para ello siempre deben estar presentes preguntas como "que es lo que se necesita?", "por que sucede o existe determinada cosa?", "para que se realiza determinada acción?", etc.

### 2 - Existe un problema?

En esta etapa se indaga sobre la naturaleza misma del problema. Aún no se buscan soluciones, únicamente se trata de identificar de la mejor manera el problema para definir si el mismo es un problema o no lo es. Para realizar esto se debe analizar el problema en profundidad y plantearlo lo más precisamente posible.

### 3 - Subdividir el problema

Una vez definido el problema y su existencia se procede a subdividirlo en problemas más sencillos como forma de abarcarlo más minuciosamente. El dividir un problema en sus partes más pequeñas hace que el análisis sea más fácil y que al trabajar con problemas más pequeños las soluciones para ellos sean más alcanzables en principio. Todas las soluciones que se nos puedan ocurrir en esta etapa son factibles y ninguna debe ser descartada.

### 4 - Investigación

Se debe recabar gran cantidad de información sobre el problema y los subproblemas que lo componen, todo recurso es válido en esta etapa y se debe intentar abarcar todos los ángulos.

Explorar en páginas de Internet, libros, publicaciones, idóneos en la materia estudiada y público en general son algunos de los recursos de los cuales valerse. Toda la información recabada debe guardarse para futuras referencias.

## 5 - Generación de alternativas lógicas

Esta etapa sigue vinculada a la investigación, pero más focalizada. Se deben buscar ideas y soluciones vinculadas al tema para poner en movimiento la creatividad y la imaginación. Basados en la investigación, en esta etapa buscaremos lo que otros han considerado antes e intentaremos desde allí generar nuestras ideas y proyectos pensando de un modo reflexivo.

## 6 - Evaluar la evidencia

Con las alternativas definidas procedemos a evaluar lo conseguido hasta el momento. Esta etapa es una etapa de reflexión, donde en lo posible comparamos las alternativas entre sí para seleccionar las más adecuadas para trabajar.

## 7 - Establecer la hipótesis

Teniendo el problema, los subproblemas, el camino recorrido por la técnica y nuestra solución seleccionada es momento de generar una hipótesis definida sobre el tema. Aquí se trabaja en dos aspectos, primero formular correctamente una hipótesis para nuestro trabajo, esta debe ser clara y concisa y expresar el destino de nuestro trabajo. Además de esto, debemos generar la mayor cantidad de predicciones que servirán como base para los ensayos siguientes.

## 8 - Prueba de hipótesis

Mediante ensayos y pruebas se controlan las diferentes variables y verificamos si nuestra hipótesis es correcta o no. En esta etapa es muy probable fallar y reformular la hipótesis

anterior o modificar algún aspecto.

## 9 - Arribar a una conclusión

En esta etapa se elaboran las conclusiones finales. Las mismas deben ser enviadas a su revisión por pares. De esta forma el conocimiento generado es comparado y sirve para generar nuevos conocimientos.

## 10 - Aguardar nuevos juicios

El conocimiento está en constante evolución, al enviar nuestras conclusiones a revisión debemos estar abiertos a recibir nuevas pruebas y evidencias sobre el tema que abordamos.

## 11 - Tomar acción

Como último paso, luego que logramos concluir con la investigación, debemos confeccionar un reporte con fin de hacerlo público. Este reporte debe detallar lo más posible los resultados obtenidos además de sugerir caminos para seguir con lo trabajado.

## Etapas o ingredientes de apoyo

### 12 - Creatividad

Se recomienda usar modelos lógicos y no-lógicos así como métodos técnicos en todas las etapas de la investigación. Esta es la mejor forma de obtener resultados.

### 13 - Principios y metodologías

Para guiar nuestro trabajo es conveniente utilizar metodologías y principios ya estudiados y usados en todo el mundo, sin embargo no hay por que utilizarlos como están definidos, todo cambio vale siempre y cuando sea ético.

### 14 - Atributos personales

Buscar siempre mejorar los atributos personales para este tipo de trabajo. Empezar la tarea de forma honesta y ética,

buscar trabajar en equipo, comunicar lo más claramente posible las ideas, intentar ser equilibrado, ser creativo y lógico en nuestro trabajo [l: [www.scientificmethod.com](http://www.scientificmethod.com)].

## Etapas MC-14 abreviada

Para problemas de más fácil resolución se recomienda usar solo alguna de estas etapas, las que son claves en el desarrollo de cualquier metodología:

Las etapas a usar en la resolución de problemas sencillas son;

- 1 - Observación Curiosa
- 2 - ¿Existe un problema?
- 4 - Investigación
- 5 - Generación de alternativas lógicas
- 6 - Evaluar la evidencia
- 7 - Establecer la hipótesis
- 11 - Tomar acción



Figura 26 - Testeo de propiedades de E.P.S.

## Articulación entre metodologías

Para el presente trabajo se articuló entre las metodologías antes presentadas, para la etapa de desarrollo del material se hizo necesario la utilización de una metodología de carácter científico, que nos guiara por el correcto desarrollo de la investigación, formulación y comprobación del material.

Dicha metodología es sistemática y cada etapa se desprende de la anterior, lo que facilita el proceso de desarrollo. Contempla desde lo más básico a lo más complejo partiendo de la observación a la formulación del material.

La aplicación de esta se realizó en su totalidad en el Laboratorio de polímeros del Instituto de Ensayos de Materiales de Facultad de Ingeniería.

Luego se hizo necesario proponer una metodología del campo del diseño para poder generar alternativas de producto, procesos productivos y demás características que permitieran dar un uso certero y óptimo del material desarrollado, es por ello que identificamos la metodología de Burdek como la más apropiada.

Gracias a ella logramos articular y volver sobre las diferentes etapas pudiendo así desarrollar un mejor trabajo.

Si bien ambas metodologías tienen puntos en común, se decidió trabajar con ambas por separado, ya que trabajar ambas simultáneamente daría como resultado el condicionamiento de una u otra.

Creemos que trabajando de esta forma obtuvimos los mejores resultados.

## Comparativa de procesos aplicables

De la etapa de investigación contenidas en las metodologías mencionadas anteriormente surgen diferentes métodos para darle uso a los desechos de EPS. Los más utilizados son: compactado, compactado con calor, quema y disolución .

Todos estos métodos si bien son viables dependen en gran medida del tamaño del mercado, la inversión necesaria para llevarlos a cabo, la cantidad de desecho disponible, etc.

El material resultante del compactado de desechos posee por lo general peores propiedades mecánicas que el material original, una forma de mejorar esto es incorporar aditivos, aglutinantes, etc.

En el caso del compactado con calor el mismo requiere grandes volúmenes de desecho e inversión, lo cual hace limitados los mercados donde puede funcionar. Como mencionamos anteriormente a nivel local este método se utiliza pero aportando el material resultante al mercado chino como materia prima para la fabricación de diversos útiles escolares. (ver p.009)

La quema en si no es un método de reciclaje, sino que es una solución para dar un destino a los desechos, es lo último que se hace con un material ya que luego de ello no es posible agregarle valor. Además de esto este método genera inconvenientes medioambientales en cuanto al impacto ambiental.

El proceso de disolución es uno de los más apropiados para la realidad nacional dado que requiere una inversión mínima pudiéndose realizar a pequeña y mediana

escala, obteniendo productos con un gran valor agregado y un impacto ambiental controlado.

Como ejemplo de productos que parten de la disolución de un desecho podemos mencionar el uso como barniz protector de madera el cual se comercializa en Mexico bajo la marca Kitcel. [m: [www.kitcel.com](http://www.kitcel.com)].

Teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes de los diferentes métodos elegimos trabajar con el que creemos más aplicable a el mercado local, la disolución.

La baja inversión requerida, el volumen de desecho existente y la disponibilidad tecnológica de país hacen de este método el más factible de ser aplicado tanto industrialmente como en la elaboración del presente trabajo en laboratorio.

## EPS

Derivado de la investigación previa sobre EPS se decidió trabajar con desechos de la propia producción, ya que el material en la actualidad no es clasificado en vertederos. Esto nos garantiza para el caso de los ensayos contar con materia prima de origen y composición conocida, evitando la contaminación y la introducción de más variables al proceso de laboratorio.

En cuanto a la cantidad de desechos de poliestireno expandido disponible para su reutilización, no existen datos que discriminen entre poliestileno de alta o baja densidad, poliestileno o poliestileno expandido. Junto con esto se desconoce también el porcentaje de desecho que genera la industria alimentaria ni la de la construcción, siendo éstas las que más uso le dan a este material [2: p.222].

Para poder proyectar la cantidad de desechos el único dato certero disponible es la materia prima que se importa al país para la fabricación de productos.

En el año 2014 ingresaron al país 2561 toneladas (ton) de poliestireno por un valor aproximado de U\$S 5.091.000.

Estos datos incluyen la materia prima de poliestireno y productos ya manufacturados como ser bandejas, vasos, etc., quedando excluidos de esta cifra el poliestireno contenido en packing de productos importados como ser electrodomesticos (ver p.008, Figura 8).

En la actualidad no existen datos que nos den cantidades ciertas de EPS de uso en construcción (uso de largo plazo), uso en la industria alimenticia (uso efimero) ni tampoco cantidad de EPS desechado de packings de productos importados.

Por lo tanto decidimos trabajar con un porcentaje del 50% de EPS destinado a construcción y packing y el 50% restante de EPS destinado a productos para alimentación.

Ésta no es una decisión arbitraria, sino que surge de la realidad ya que no existe forma de contar con un dato que refleje la realidad tal cual es, ya que en la actualidad y a nivel local este desecho no tiene valor comercial significativo, por lo tanto no están relevados los tipos de desecho ni las cantidades disponibles.

## Metil Etil Cetona

Fórmula química:  $C_4H_8O$

**Sinónimos:** Butanona, 2-butanona, butano-2-uno, etil metil cetona, MEK, MEC, MEETCO, metil acetona, metil propanona

**Masa molecular relativa:** 72,10

### Propiedades

La metil etil cetona (MEC) es un líquido transparente, incoloro y de olor parecido a la acetona.

En condiciones normales es volátil pero estable, sin embargo si se almacena por mucho tiempo puede formar peróxidos que pueden ser explosivos, también puede formar mezclas explosivas con el aire.

Es muy soluble en agua y miscible con muchos disolventes orgánicos.

### Fuentes de exposición y usos

#### Producción

Los principales países productores de MEC son EE.UU. con 212 a 305 ton, Europa occidental con 215 ton y Japón con 139 ton anuales.

Además de la producción industrial existen otras fuentes de MEC en el medio ambiente como ser los escapes de motores de combustión interna, motores reactores, ciertas actividades industriales como la gasificación de carbón y también en el humo de tabaco.

El MEC se produce biológicamente producto del metabolismo microbiano, así como también en esta presente en muchos productos naturales como vegetales

superiores, feromonas de insectos, tejidos de animales y del hombre, orina, sangre, etc.

### Usos

Su uso principal está dado como disolvente. Se utiliza como tal en la producción de cintas magnéticas, para eliminación de ceras de aceites, manipulación de alimentos y se lo encuentra como componente común en barnices y pegamentos.

En la gran mayoría de sus aplicaciones se usa como componente de una mezcla de disolventes orgánicos, las pérdidas al medio ambiente se generan principalmente por la evaporación del solvente al aire.

Se libera al agua a partir de desechos de diversas actividades industriales, sin embargo también se ha detectado en aguas naturales, probablemente debido a la actividad microbiana y el aporte atmosférico.

### Transporte y distribución ambiental

El MEC es sumamente móvil en el medio ambiente y se transforma rápidamente, es muy soluble en agua y se evapora fácilmente en la atmósfera

En el aire el MEC sufre una rápida descomposición fotoquímica.

Tanto en el aire como en el agua se distribuye pero no se acumula ni persiste mucho tiempo donde existe actividad microbiana.

Es metabolizada rápidamente por mamíferos y microbios y no existen pruebas de bio-acumulación de la sustancia.

### Niveles ambientales y exposición humana

La exposición a bajos niveles está muy extendida y no reviste riesgos para la salud.

Lejos de zonas industriales la concentración es inferior a 1 partes por millón (ppm), las principales fuentes de MEC en estas zonas son escapes de vehículos y reacciones fotoquímicas en la atmósfera y de forma individual la combustión de tabaco. En cuanto al agua potable, se encuentran niveles de 1 ppm que no representan riesgo alguno y probablemente sean producto de lixiviados de disolventes de las juntas de cañerías. Los alimentos también son fuente natural de MEC, pero las concentraciones son muy bajas y no se consideran como exposición a la sustancia. Además de estar presente en el medio natural el MEC puede producirse de la maduración de quesos, envejecimiento de carne de ave, cocción y manipulación de alimentos o por absorción a partir de envases plásticos. A nivel industrial la exposición a niveles bajos de MEC está muy extendida, sin embargo en algunas regiones trabajadores de fábricas de calzado, imprentas y fábricas de pinturas están expuestas a mezclas de disolventes y se soluciona con una mejor ventilación.

## Cinética y metabolismo

Se absorbe rápidamente por medio cutáneo, inhalación e ingestión. Pasa rápidamente a la sangre y a los tejidos.

Se elimina del organismo de mamíferos en 24 hrs.

## Efectos en el ser humano

La exposición a 200 ppm no tuvo efectos psicológicos y corporales de importancia.

La exposición a corto plazo a MEC por sí sola no representa riesgos de importancia, ni ocupacional ni para la población en general, tampoco existen casos documentados de muerte debido a la exposición a el MEC [7:IPCS p.156].

## Acetona

**Fórmula química:**  $C_3H_6O$

**Sinónimos:** 2-propanona, beta-ketopropano, dimetil cetona.

**Masa molecular relativa:** 58,08

## Propiedades

La Acetona es un líquido transparente, incoloro e inflamable, tiene una elevada tasa de evaporación y baja viscosidad. Es muy soluble en agua y otros disolventes orgánicos tales como éter, metanol, etanol y ésteres. Físicamente posee propiedades como alta tasa de evaporación, baja viscosidad y miscibilidad, lo que lo hace adecuado para su uso como solvente.

## Fuentes de exposición y usos

### Producción

La acetona es fabricada principalmente por la peroxidación de cumeno o procesos de deshidrogenación de alcohol isopropílico. La peroxidación de cumeno produce grandes cantidades de benceno como subproducto.

### Usos

La Acetona se utiliza principalmente como un solvente y producto químico intermedio en la producción. Sus usos principales son en la producción de plásticos y también en aplicaciones medicinales y farmacéuticas.

Las emisiones a la atmósfera se producen a partir de los productos de consumo, incluyendo quita esmaltes, tableros de partículas, pegamentos para alfombras, algunos removedores de pintura, también

tienen emisiones ciertos detergentes, productos de limpieza y motores de combustión interna.

La Acetona se libera en el agua superficial en los efluentes de aguas residuales a partir de una amplia gama de procesos de industrias manufactureras, tales como la del papel, del plástico, de productos farmacéuticos e industrias relacionadas con la energía, éstas últimas son las principales emisoras. Las fuentes de liberación de Acetona en el suelo incluyen la eliminación de residuos agrícolas y los alimentos, residuos animales y efluentes de tanques sépticos.

## **Transporte ambiental, distribución y transformación**

La acetona liberada a la atmósfera se degrada aproximadamente en 30 días.

El proceso de degradación dominante para la acetona en el suelo y el agua es la biodegradación ya que la acetona es fácilmente biodegradable.

## **Niveles ambientales y exposición humana**

La Acetona también se produce como un componente metabólico en sangre, orina y en el aliento humano. Se presenta como un producto de la biodegradación de las aguas residuales y residuos sólidos. La Acetona se ha detectado en una variedad de plantas y alimentos incluyendo cebollas, uvas, coliflor, tomates, leche, queso y pollo. Son naturales las emisiones de una variedad de especies de árboles, estas emisiones contienen vapor de acetona entre sus componentes. Las emisiones humanas están dadas por aguas residuales, las descargas de muchas industrias y la lixiviación en vertederos municipales.

Una fuente importante de emisiones humanas en el aire es la evaporación del disolvente de pinturas, limpiadores, barnices y tintas.

La Acetona es un sub-producto de la combustión de madera, basura y plásticos, así como también la emiten el escape de motores de automóviles y aviones. Las concentraciones de acetona a la atmósfera están en el rango de 0,5 a 125,4 miligramos por metro cúbico ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) equivalente a 0,2 a 52,9 partes por billon (ppb).

## **Cinética y metabolismo**

La Acetona está presente en el cuerpo humano de forma natural, se puede formar de manera endógena en el cuerpo por la oxidación de ácidos grasos.

El ayuno, la diabetes y el aumento rápido de la frecuencia de ejercicio generan endógenamente acetona. Este proceso en el cuerpo es continuo, la Acetona es transportada a la sangre y a todos los tejidos y órganos del cuerpo donde puede ser utilizada como fuente de energía. La Acetona endógena se elimina del cuerpo ya sea por la orina o el aire espirado. Bajo circunstancias normales, el metabolismo es la vía predominante de eliminación y maneja el 70 - 80% de la acetona generada en el cuerpo.

La Acetona se absorbe rápidamente a través de los sistemas respiratorio y tractos gastrointestinales de humanos y animales de laboratorio, se detecta en sangre dentro de los primeros 30 minutos si es inhalada y 20 minutos si la administración es oral.

Los estudios de ratas indican que la acetona administrada por vía oral se absorbe ampliamente, las exposiciones a inhalación en seres humanos absorben

aproximadamente el 50% de la cantidad de Acetona que se inhala.

La Acetona se distribuye uniformemente entre los tejidos no adiposos y no se acumula en los tejidos adiposos.

La Acetona se elimina rápidamente del cuerpo por el metabolismo y la excreción.

Los tiempos de eliminación pueden variar pero en promedio tarda 4 horas en ser eliminada completamente.

## Efectos en el ser humano

La Acetona es relativamente menos tóxica que otros muchos disolventes industriales, sin embargo, en altas concentraciones el vapor de acetona puede causar depresión del sistema nervioso central y insuficiencia cardiorrespiratoria.

Las exposiciones agudas de los seres humanos a concentraciones atmosféricas de hasta aproximadamente 4750 mg/m<sup>3</sup> (2000 ppm) han producido efectos transitorios menores, tales como irritación de los ojos.

Efectos transitorios más graves como vómitos y desmayos fueron registrados en trabajadores expuestos a concentraciones de vapor de acetona superiores a 25.500 mg/m<sup>3</sup>, más de 12000 ppm durante aproximadamente 4 horas [8: IPCS p.148].

## Aserrín

El aserrín de madera no está caracterizado en cuanto a cada especie de madera, sino que se toma al aserrín como un solo desecho productivo que tiene riesgo ocupacional.

## Niveles ambientales y exposición humana

Los niveles máximos admitidos en aire son de 15 mg/m<sup>3</sup> cúbico según el Centers for Disease Control and Prevention (CDC), cantidades mayores a estas pueden generar diferentes síntomas, produciendo trastornos en la piel, ojos y sistema respiratorio.

Los efectos asociados a la exposición repetida al polvo de aserrín en la piel incluyen dermatitis y efectos alérgicos variados. En cuanto a los ojos produce irritación y en el sistema respiratorio puede generar sequedad, obstrucción nasal, epistaxis, asma, tos, y resfriados prolongados, por lo tanto el polvo de aserrín está catalogado como un potencial cancerígeno.

Además de esto la madera puede contener agentes químicos añadidos como conservadores, por ejemplo arsénico, cromo, cobre, etc., los cuales potencian los efectos perjudiciales en la salud.

Sumado a las dificultades antes mencionadas existen maderas ya catalogadas como alérgicas como por ejemplo el cedro rojo.

## Transporte ambiental, distribución y transformación

En grandes concentración las partículas de aserrín en el aire puede formar una mezcla explosiva, pudiéndose evitar mediante la ventilación apropiada del local [n: [www.cdc.gov](http://www.cdc.gov)].

## Caracterización

Para los ensayos de laboratorio se utilizó aserrín tal cual sale de una fábrica de molduras. El aserrín generado por esta fábrica es de diversos tipos de maderas como ser pino, eucaliptus, virola, es de suponer que la mayoría del desecho proviene de eucaliptus por ser la materia prima más utilizada para la fabricación de molduras.

La caracterización se dió por medio de la separación de las partículas mediante tamizado mecánico.

Además de esto se realizaron estudios para determinar la cantidad de humedad retenida en las partículas.

Masa 200 grs	Masa retenida	
Malla		
1,18 mm	75,9 grs	38%
600 µm	28,43 grs	14%
300 µm	60,5 grs	30%
106 µm	15,06 grs	8%
Menos 106 µm	14,66 grs	7%
Total	194,55 grs	97%
Pérdida	5,45 grs	3%

Tabla 3 - Caracterización de aserrín tipo

Masa del contenedor	43,52 grs
Masa de aserrín inicial	7,58 grs
Masa de aserrín final	7,01 grs
Pérdida de masa (grs)	0,56 grs
Humedad liberada (%)	13,35%

Tabla 4 - Agua retenida en aserrín tipo

Masa del contenedor	36,43 grs
Masa de aserrín inicial	40,67 grs
Masa de aserrín final	40,30 grs
Pérdida de masa (grs)	0,37 grs
Humedad liberada (%)	8,86%

Tabla 5 - Agua retenida en aserrín secado a horno (5 horas a 110° C)

## Talco de primera

El talco utilizado para los ensayos es talco mineral de color blanco con una granulometría inferior a malla 37 micrones (µm).

Su composición se basa exclusivamente en Silicato de Magnesio Hidratado, químicamente inerte.

## Propiedades

Es un mineral inerte, por tanto no interfiere en las reacciones de otros componentes.

El talco no se degrada en condiciones ambientales exteriores ya que es un mineral que no se oxida.

Componentes	Porcentaje
Magnesio	29,01%
Sílice	55,40%
Hierro	5,30%
Calcio	2,54%
Aluminio	2,10%

Tabla 6 - Composición química de talco de primera

Su punto de fusión es de 1530° C y su humedad inferior al 0.5%.

## Usos

Su principal uso es en el aditivo de tintas y pinturas, en estos productos mejora sus propiedades cubritivas, así como prevenir el resquebrajamiento de las mismas.

También ayuda a que las pinturas sean fáciles de batir y de aplicar brindándole viscosidad a la mezcla [ñ: [www.diu.com.uy](http://www.diu.com.uy)].

## Arena normalizada

Se utilizó este tipo de arena porque ya viene ensayada y controlada de origen.

Gracias a esto no fue necesario tamizarla ni controlar grados de humedad ni otras impurezas que pudieren venir en la arena comercial.

Esta arena es utilizada para determinar la resistencia del cemento conforme a las normas vigentes, su grano es redondeado natural, rica en cuarzo y posee una granulometría estándar determinada.

Masa 1350 grs	Masa retenida	
Malla		
1,60 mm	60 grs	4%
1,00 mm	433 grs	32%
500 µm	384 grs	28%
160 µm	363 grs	27%
80 µm	110 grs	9%
Total	1350 grs	100
Pérdida	0 grs	0%

Tabla 7 - Caracterización de arena normal

En relación a la humedad, la misma debe ser inferior al 0,2%, lo cual asegura que no cambien las proporciones de otros componentes en la mezcla donde se adicione.

## Yeso París

Se obtiene de la deshidratación térmica parcial del mineral seguido por un proceso de molienda.

### Propiedades

De apariencia es un polvo de color blanco con un máximo de humedad del 2%.

Su granulometría retenida sobre tamiz, 300 µm menor que 4%, 150µm menor que 10%.

Tiempo de secado superficial para su manipulación de 13 a 23 minutos según mezcla.

### Usos

Su principal uso es en la construcción para terminaciones pequeñas, reparaciones en paredes, empotrado de instalaciones eléctricas o preparación de morteros.

También puede ser utilizado en la fabricación de moldes y figuras decorativas.

Se trabaja con una consistencia del 75% al 90% de agua, a una temperatura de 16 a 22 C° [o: [www.pescio.com](http://www.pescio.com)].

## Protocolo para ensayo de disolución

Tomando como base la norma ASTM - D790, "Métodos de prueba estándar para propiedades de flexión de plásticos y materiales eléctricos", se formuló el primer protocolo para la realización de ensayos. Dado que se desconocían las propiedades del material resultante pero se sabía que su material constitutivo sería el EPS se eligió trabajar con una norma de ensayos mecánicos de materiales plásticos.

De esta norma se extrajeron diversos datos los cuales ayudaron a definir los siguientes aspectos para el ensayo fiable del material propuesto.

### Dimensiones de probetas

127 mm x 12,7 mm x 6,4 mm

### Acondicionamiento para la confección

Temperatura: 23°C ± 2°C

Humedad: 50% ± 5%

### Precisión entre muestras: ± 5%

[p:www.astm.org]

### Porcentajes de disolución propuestos

Para las primeras aproximaciones se utilizaron diferentes porcentajes de EPS y solvente, buscando disolver la mayor cantidad de desecho con la menor cantidad de solvente, cuidando la manipulabilidad de la mezcla.

EPS en aumento					
Acetona	50%	40%	30%	20%	10%
Metil Etil Cetona	50%	40%	30%	20%	10%
Metil Isobutil Cetona	50%	40%	30%	20%	10%

Tabla 8 - Porcentajes de disolución

## Protocolo para ensayos mecánicos

Tomando como base la norma UNE-EN 196-1, "Métodos para ensayo de cementos", se formuló el segundo protocolo para la realización de ensayos.

Como alternativa a la norma anterior se plantea el uso de esta norma para el caso de que se requieran probetas de mayor volumen para definir las propiedades mecánicas del material, si bien es una norma aplicable a cementos nos permite tener probetas de mayor volumen y mejor manipulación.

De esta norma se extrajeron los siguientes datos:

### Dimensiones de probetas

160 mm x 40 mm x 40 mm

### Acondicionamiento para la confección

Temperatura: 20°C ± 2°C

Humedad: 45 % ± 5%

Tolerancias admitidas

± 1°C y ± 2% humedad relativa

### Precisión

Entre muestras + 5%

### Métodos de ensayo

#### Método 1 - Flexión

Sistema de carga de 3 puntos utilizando una carga central sobre una barra de prueba simplemente apoyada. El mismo es especialmente útil para el control de calidad y propósitos de especificación.

Método 1 - Relación 4:1				
Espesor	Ancho	Largo	Dist. entre apoyos	Mov. vertical
40 mm	40 mm	160 mm	100 mm	S/D

Tabla 9 - Dimensiones de probetas de ensayo

# PROTOCOLO DE LABORATORIO

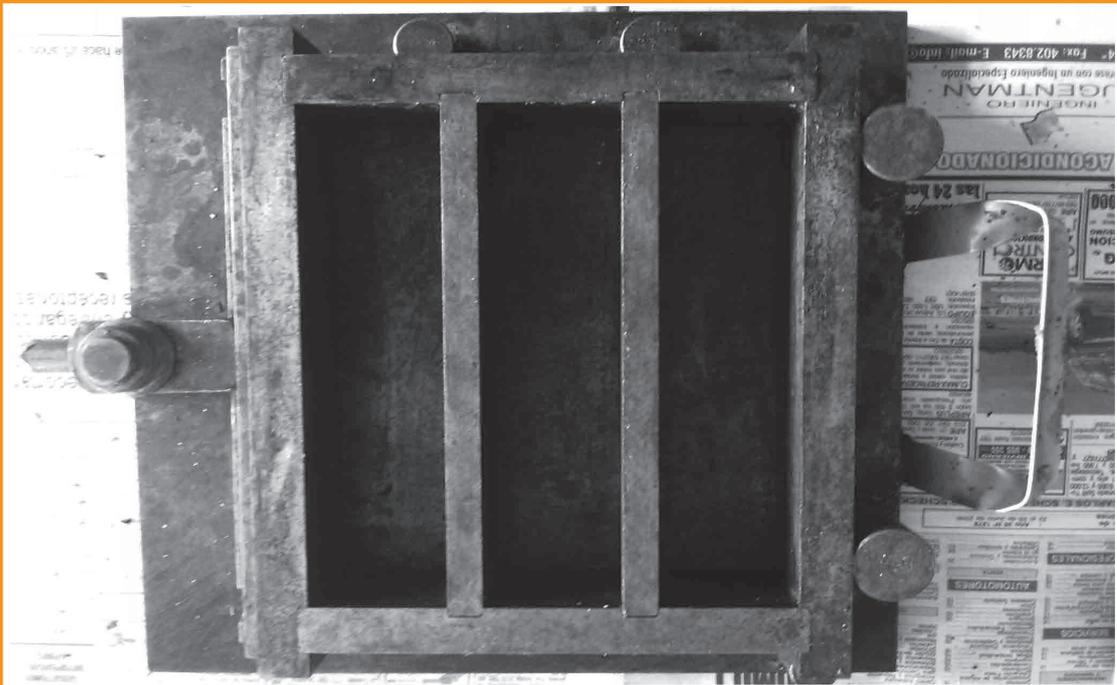


Figura 27 - Moldes para probetas

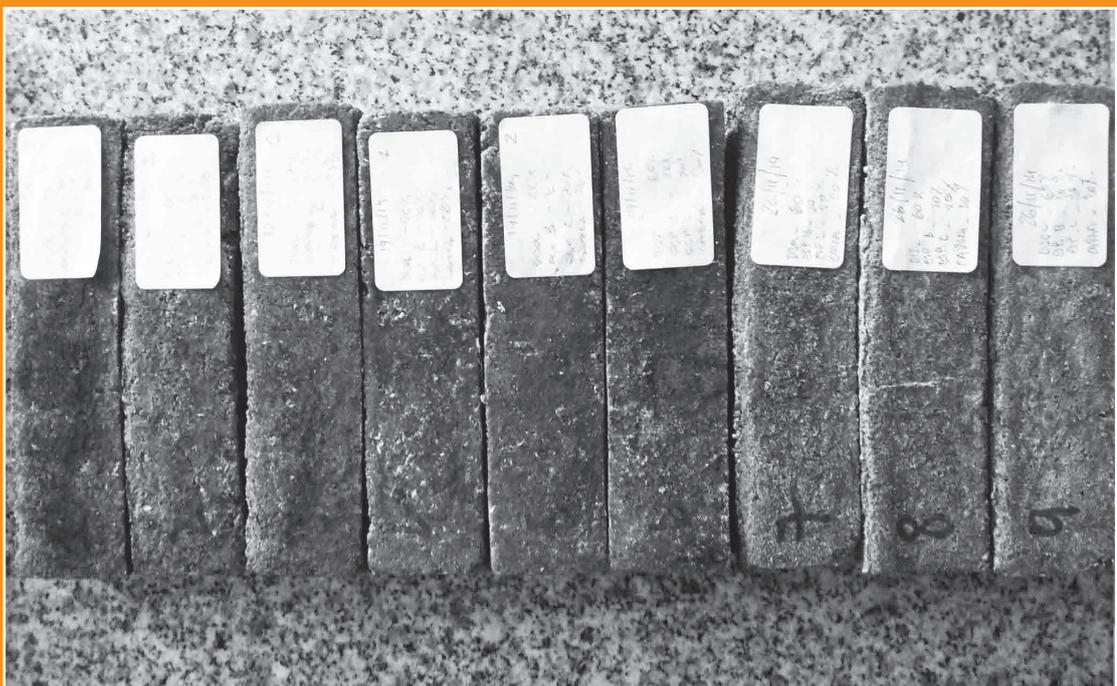


Figura 28 - Probetas para ensayos

# PROTOCOLO DE LABORATORIO

## Método 2 - Compresión

Sistema de carga a compresión utilizando una carga central sobre una barra simplemente apoyada.

Método 2 - Relación				
Espesor	Ancho	Largo	Dist. entre apoyos	Mov. vertical
40 mm	40 mm	40 mm	--	10 mm

Tabla 10 - Dimensiones de probetas de ensayo

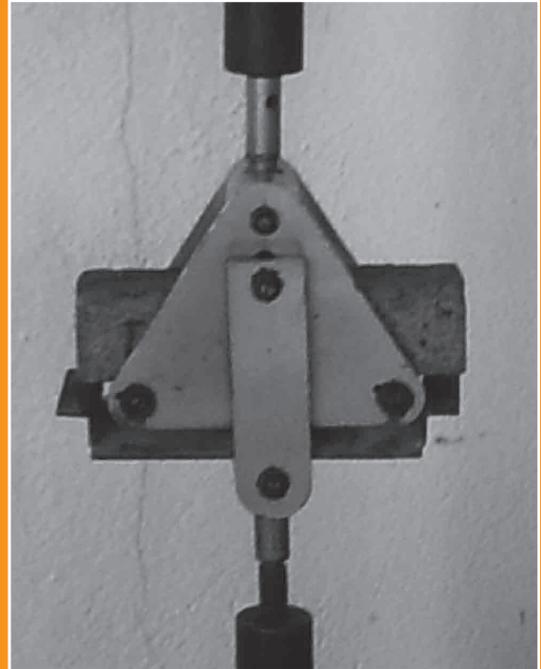


Figura 29 - Ensayo de flexión

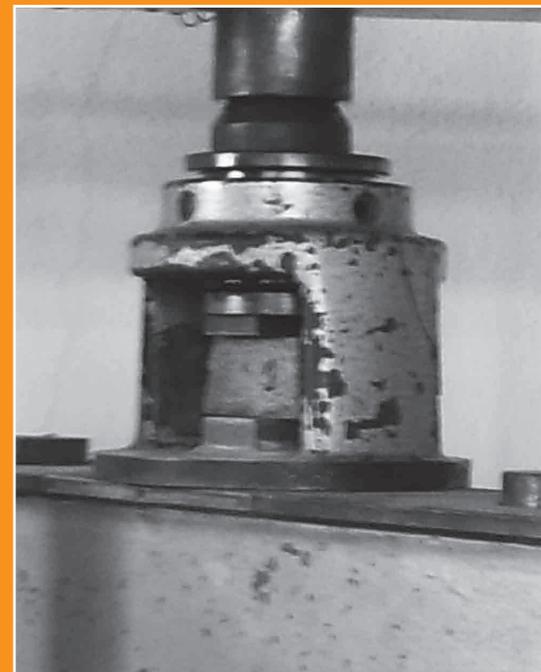


Figura 30 - Ensayo de compresión

## Resultados

La aplicación de las metodologías resultó de gran ayuda a la hora de ordenar y proyectar el trabajo, si bien la utilización no fue conjunta, por ser de áreas de conocimiento muy diferente, los puntos en común sirvieron para conectar los conocimientos adquiridos en la etapa de ensayos del material.

De estos conocimientos surgen oportunidades y condicionantes que sirven de guía y ayudan en el proceso de diseño.

Para la realización de los ensayos se hizo énfasis en la metodología MC-14 sobre todo principalmente en los puntos comprendidos entre el 1 y el 5.

En cuanto a los insumos seleccionados para la realización de ensayos, solo se utilizaron el MEC y la Acetona por ser los más accesibles y de buena disponibilidad en el mercado, por esta razón no fue viable trabajar con el Metil Isobutil Acetona, dado que la misma se puede adquirir solo bajo pedido.

Otros solventes considerados como Nafta y Kerosene no fueron ensayados porque consideramos que ya existen ensayos similares (ver p. 016).

La presentación de 2 normas de ensayos diferentes, una referida a plásticos y la otra a cementos, responde a la necesidad de caracterizar el material resultante, tanto en su comportamiento como un material plástico como en su comportamiento a diferentes ensayos mecánicos con miras a su uso como un material sólido estructural.

# Capítulo 4 - Productos y aplicaciones

## Ensayo de solventes

- Solventes utilizados
- Disolución de EPS
- Resultados

## Ensayo de eliminación de burbujas

- Aumento de solvente post-mezcla
- Resultados
- Vibrado
- Resultados
- Adición de cargas
- Análisis de imágenes
- Resultados

## Definición del material

- Formulación del material
- Ensayos mecánicos
- Conclusiones adicionales
- Resultados
- Ensayos comparativos
- Resultados
- Quema controlada
- Quema en Mufla
- Resultados

## Ficha técnica del material

- Resultados

## Solventes utilizados

De los solventes propuestos anteriormente, solo se utilizaron dos de ellos, Acetona y MEC, ya que son los más abundantes y de costo más bajo en el mercado nacional.

Los solventes utilizados fueron adquiridos siempre en los mismos proveedores y fueron acompañados de la hoja técnica correspondiente esto nos asegura contar siempre con el mismo insumo y minimizar las variables introducidas en el método de ensayo.

Además de esto, ambas empresas tienen una amplia trayectoria que data desde los años 50, atendiendo las necesidades de la industria así como el público en general [q:[www.drogueriapaysandu.com.uy](http://www.drogueriapaysandu.com.uy)] [r:[www.drogueriamontevideo.com](http://www.drogueriamontevideo.com)].



Figura 32 - Solventes utilizados.

## Disolución de EPS

Para la realización de las muestras de disolución se procedió según el protocolo y proporciones antes mencionadas.

En las siguientes imágenes podremos observar de mejor manera como el desecho de EPS es atacado por la Acetona formando una pasta, la que posteriormente es vertida en los moldes.



Figura 33 - Introducción de EPS en Acetona



Figura 34 - Reacción de disolución

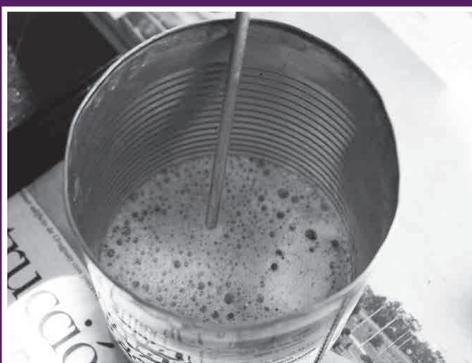


Figura 35 - Mezclado para unificar material



Figura 36 - Material vertido en molde

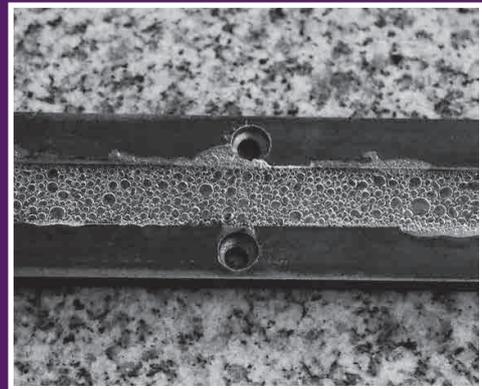


Figura 37 - Probeta disuelta en MEC

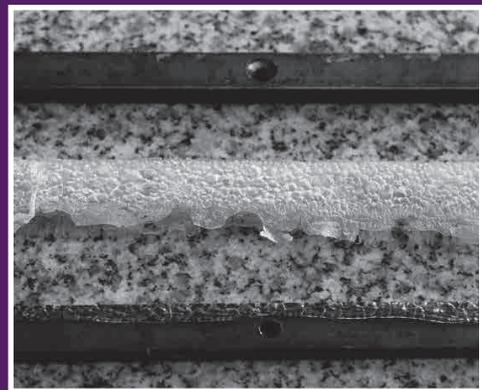


Figura 38 - Probeta disuelta en Acetona

En estas imágenes podemos ver como quedan las probetas luego del proceso de secado (aproximadamente 1 semana luego del vertido) y retirado de molde.

A simple vista se puede apreciar las burbujas que quedan encapsuladas dentro del material resultante.

Además de la comprobación visual primaria se hace necesario ver el interior de las probetas con el fin de observar si la disposición de las burbujas sigue algún patrón caracterizable.

Las siguientes fotografías microscópicas se tomaron con un aumento 100x [s:www.taylorhobson.com.br] , con el fin de ver como se comporta el material en su conformación interior.

Con esta comprobación se puede determinar si un material puede ser pasible de ensayo o no, si el mismo tiene burbujas retenidas pero estas siguen un patrón definido y repetido en toda la muestra formando una retícula, el material puede ser ensayado esperando resultados válidos.

No obstante si las burbujas retenidas no poseen una disposición reconocible generan que el material no sea homogéneo por tanto no pueda ser ensayado. Dado que los resultados serían muy variables dependiendo de la concentración de burbujas de aire en la zona a ensayar.

Como podemos ver en las fotografías microscópicas, la disposición de las burbujas de aire es aleatoria, lo que genera que la muestra se vea debilitada donde existe mayor concentración de éstas y reforzada donde existe solo material, haciendo que las muestras elaboradas no puedan ser ensayadas bajo norma.



Figura 39 - Fotografías microscópicas de probetas diluidas en Acetona

Figura 40 - Fotografías microscópicas de probetas diluidas en MEC

## Resultados

Se observa que las probetas realizadas con ambos disolventes resultaron deficientes para los ensayos mecánicos debido a la gran concentración de burbujas de aire retenidas.

Estas burbujas se producen como resultado de la disolución del EPS, el cual al ser disuelto libera el aire y restos de pentano retenidos. El solvente al ser de rápida evaporación seca superficialmente la probeta en todo su perímetro, evitando así la salida de los gases y reteniéndolos en su interior. Además de esto, estas burbujas no responden a un patrón caracterizable en su disposición, lo cual termina de configurar una probeta que no es pasible de ningún tipo de ensayo normalizado.

De los porcentajes de disolución propuestos en el protocolo inicial, solo se pudieron elaborar probetas con dos porcentajes.

Con cargas de EPS superiores al 60% el solvente no era capaz de realizar la disolución completa y con cargas de EPS inferiores al 40% existía un gran exceso de solvente. Ambas situaciones establecen los límites tolerables para la disolución del EPS, dado que como objetivo se establece disolver la mayor cantidad de EPS con la menor cantidad de solvente posible.

La disolución con ambos solventes dió como resultado materiales notoriamente diferentes en cuanto a su viscosidad. La disolución con MEC dió como resultado un líquido denso, con una viscosidad similar a la resina poliéster. A priori esta característica resulta interesante pensando en su futura aplicación en la industria, mediante diferentes métodos productivos para la conformación de productos.

La disolución con Acetona dió como resultado una masa con características plásticas similares a las de una silicona. Este resultado a diferencia del anterior, en principio limita los procesos productivos que podrían aplicarse para la conformación de productos.

El EPS disuelto con acetona nos da como resultado una masa manipulable debido a la rápida evaporación de solvente superficial, a diferencia de lo que sucede con el EPS disuelto en Mec que resulta en un líquido viscoso no pasible de manipulación.

Los tiempos de disolución varían dependiendo del solvente utilizado, el tiempo más corto fue determinado por una disolución con Acetona, y el más largo en disolución con MEC.

# ENSAYOS DE ELIMINACIÓN DE BURBUJAS

El principal problema detectado de los ensayos de disolución, fue la concentración de burbujas atrapadas en el material resultante. Estas burbujas deben ser eliminadas necesariamente para poder caracterizar el material mediante ensayos normalizados, ya que de no ser eliminadas el material resultaría defectuoso donde haya mayor concentración de aire y menor de material.

Para cumplir con este objetivo fue necesario ensayar diferentes procedimientos, estos fueron aumento de porcentaje de solvente y vibrado.

## Aumento de solvente post-mezcla

Basándonos en que las burbujas quedan retenidas en el material porque el solvente se evapora superficialmente de forma rápida y sella la probeta, como primera acción se realizó el agregado de solvente una vez introducida la mezcla en los moldes.

Mediante esta adición, buscamos proveer a la probeta de un medio para que su superficie quede en contacto con solvente líquido y permita a la mezcla liberar los gases retenidos, prolongando el tiempo de secado superficial.

## Resultados

La adición de solvente sobre la mezcla en molde, no produjo el resultado esperado ya que los gases retenidos propios de la disolución no fueron liberados al ambiente, sino que continuaron retenidos dentro de la probeta. Sumado a esto, muchas de las burbujas se unieron en burbujas más grandes, haciendo el material aún menos caracterizable.



Figura 41 - Adición de solvente luego del vertido del material



Figura 42 - Aumento de MEC



Figura 43 - Aumento de Acetona

# ENSAYOS DE ELIMINACIÓN DE BURBUJAS

## Vibrado

Este método es utilizado en la construcción, en piezas de hormigón recién vertidas para aumentar su compacidad y homogeneizar su masa. Con este método se logra extraer el aire retenido entres los diferentes aridos [t:www.wackerneuson.it].

Se tomó como principio que la densidad de los gases es inferior a la de las mezclas, por tanto mediante el vibrado se facilitaría la salida de los gases y la precipitación de la mezcla.

Ensayamos el vibrado de las probetas una vez vertidas en molde, este procedimiento abarca desde la puesta de la mezcla en molde hasta su secado superficial.

## Resultados

El vibrado como método no favoreció la salida del gas retenido, ya que las probetas forman una película superficial inmediatamente de vertidas en molde, por lo cual las burbujas no salieron al exterior.

Sin embargo, estas probetas presentaron mayor cantidad de material disuelto en su parte inferior y mayor cantidad de burbujas en su parte superior, por tanto el vibrado favoreció parcialmente el objetivo de lograr un material compacto.



Figura 44 - Vibrado de muestra diluida en Acetona



Figura 45 - Vibrado de muestra diluida en MEC

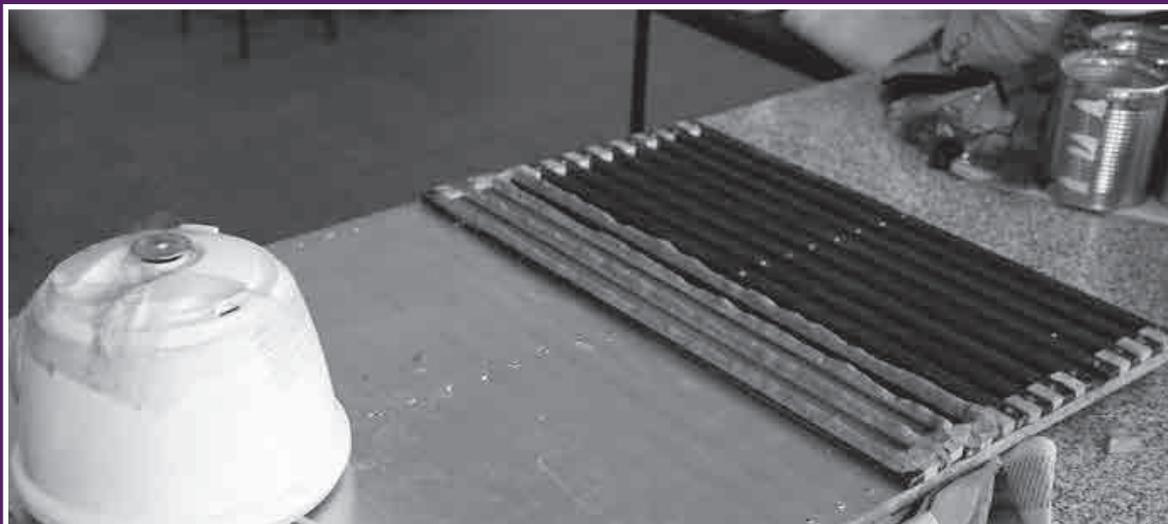


Figura 46 - Dispositivo de vibrado durante el ensayo

# ENSAYOS DE ELIMINACIÓN DE BURBUJAS

## Adición de cargas

Al ver el resultado de los métodos anteriores decidimos intentar otro método que permitiera eliminar las burbujas de aire de las probetas. El método utilizado fue el adicionar un tercer material a modo de carga, con el objetivo de llenar el espacio ocupado por el aire o servir de vínculo para que el aire pueda salir.

Para ello se seleccionaron cargas de diferente granulometría y de diferente tipo, evaluando el comportamiento del material y abriendo el abanico de posibilidades a contemplar con miras al material a desarrollar.

Para seleccionar los materiales de carga se tuvieron en cuenta factores como, su bajo costo, buena disponibilidad y bajo impacto ambiental. Sumado a esto y teniendo en cuenta las aplicaciones proyectadas se buscó que los materiales seleccionados fueran usados actualmente en otros productos, muchas veces asociados a la construcción y el habitar.

Las cargas seleccionadas para la elaboración de las probetas fueron **talco industrial, arena normal, yeso París y aserrín**. Las proporciones de éstas varían según su granulometría, las características propias de las cargas y el comportamiento de la mezcla de EPS y solvente.

Hasta el momento contábamos con 2 mezclas con características diferentes como ya mencionamos, estas también inciden en la relación carga - mezcla.

	Cantidades (grs)		
Talco	100	150	200
Yeso	100	150	200
Aserrín	10	15	20
Arena	10	15	20

Tabla 11 - Cantidades sugeridas de adición a mezcla con Acetona

	Cantidades (grs)		
Talco	50	100	150
Yeso	50	100	150
Aserrín	10	20	30
Arena	15	20	25

Tabla 12 - Cantidades sugeridas de adición a mezcla con MEC



Figura 47 - Proceso de fraguado de muestras con carga

# ENSAYOS DE ELIMINACIÓN DE BURBUJAS

## Análisis de imágenes

Para realizar el análisis del material resultante se tomaron fotografías microscópicas ya que por medio de ellas se podía ver en detalle el interior del material.

Para el estudio de las imágenes se consideró utilizar un software de análisis con el fin de diferenciar áreas de material y de aire, sin embargo al ver las imágenes captadas los defectos de las probetas se hacían evidentes y no requirieron mayor análisis que el visual.

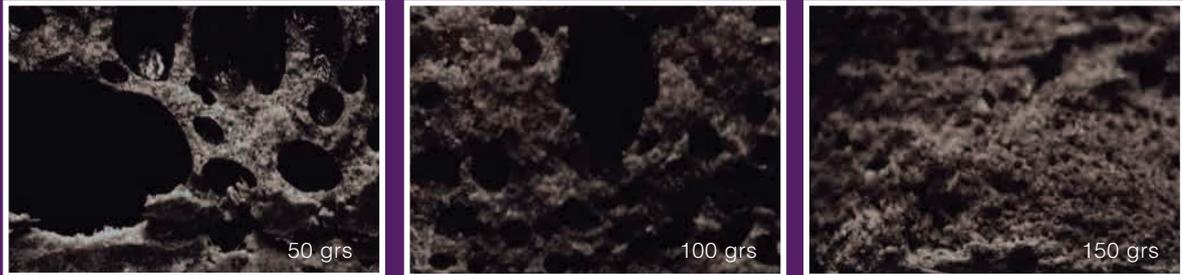


Figura 48 - Adición de talco en Acetona

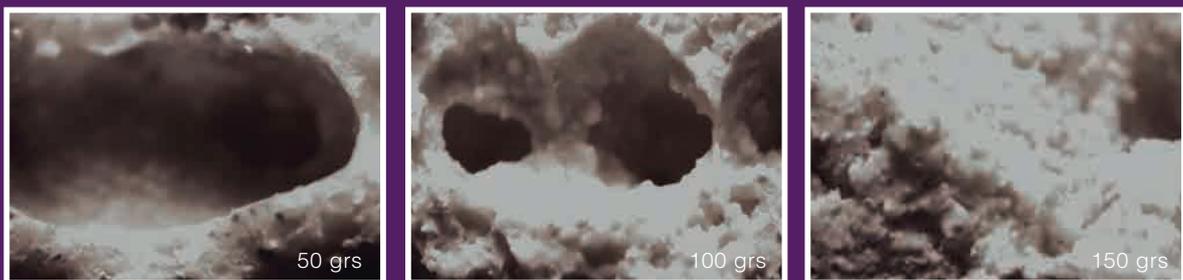


Figura 49 - Adición de yeso en Acetona

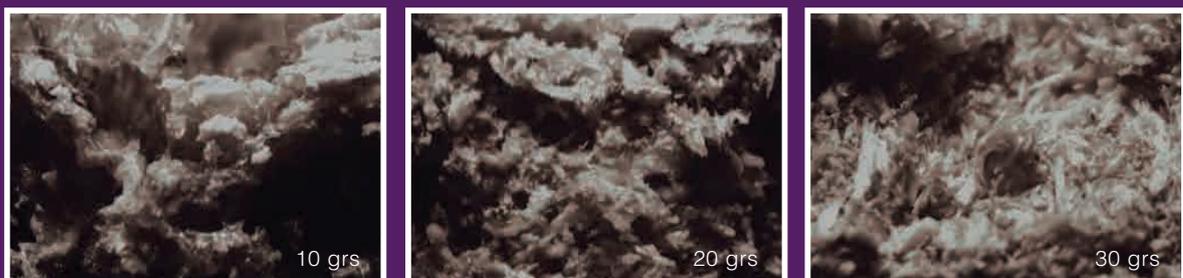


Figura 50 - Adición de aserrín en Acetona



Figura 51 - Adición de arena en Acetona

# ENSAYOS DE ELIMINACIÓN DE BURBUJAS

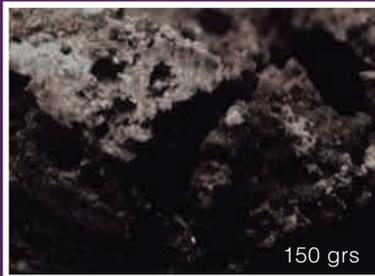
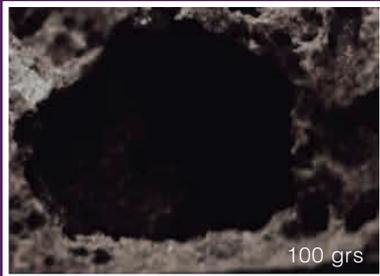


Figura 52 - Adición de talco en MEC

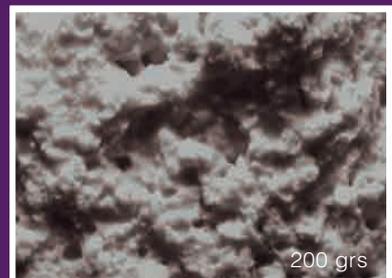


Figura 53 - Adición de yeso en MEC

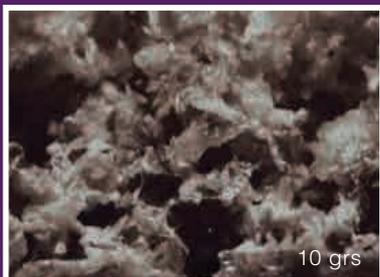


Figura 54 - Adición de aserrín en MEC



Figura 55 - Adición de arena en MEC

# ENSAYOS DE ELIMINACIÓN DE BURBUJAS

## Resultados

Como era esperable tanto el talco como el yeso se comportaron de manera similar, teniendo en cuenta que el tamaño y distribución de sus partículas es parecido. Lo mismo sucede comparando las muestras de arena y las de aserrín, como se puede observar en las imágenes precedentes.

Las cargas utilizadas dieron diferentes resultados en cuanto a la eliminación de burbujas, los mejores resultados se dieron en las probetas con cargas de aserrín y arena. No obstante las probetas realizadas con carga de arena resultaron más frágiles a la manipulación que las producidas con carga de aserrín.

De los métodos utilizados para la eliminación de burbujas el que mejor funcionó fue la adición de cargas, por medio de éste se obtienen probetas más compactas y con menor cantidad de aire retenido.

La adición de solvente post-vertido en molde no solucionó el problema de retención de aire y representan un gasto mayor de solvente y genera mayores riesgos de salud ocupacional, dada la evaporación natural del mismo al ambiente. Sumado a esto el agregar solvente se aleja del objetivo de utilizar la menor cantidad de solvente y la mayor cantidad de desecho.

El método de vibrado para la eliminación resultó más efectivo que el anterior, ya que logró la compactación del material en la base del molde, pero al igual que el anterior no solucionó el problema del aire retenido. A pesar de esto es un método que a priori es aplicable para generar piezas más compactas, dado que los materiales más densos se precipitan y los líquidos tienden a subir.

Por último, la adición de cargas resultó el método con mejores resultados a la vista. Se obtuvieron muestras con menor cantidad o desaparición de burbujas, mayor homogeneidad y con mejor resistencia a la manipulación para muestras con mayor cantidad de carga añadida.

En las imágenes se aprecia un material resultante sin aire y homogéneo con la adición de aserrín. A su vez de los solventes utilizados el de mejor comportamiento fue la Acetona, dado que la mezcla es más plástica y menos viscosa facilitando la tarea de aglutinar las partículas de aserrín.

Otro aspecto positivo además del comportamiento de la mezcla es que el aserrín es considerado un desecho abundante, de bajo costo y disponible en diversas industrias. Si bien tiene cierta demanda por parte de industrias generadoras de energía, la quema sería el uso menos recomendado para este desecho.

Es por ello que se toma el aserrín y la Acetona para profundizar en el desarrollo de la propuesta.

A partir de estos ensayos proponemos formular diferentes mezclas tomando como variables la relación de disolución entre EPS, Acetona y aserrín, con miras a lograr la mayor utilización de desechos y la menor cantidad de solvente.

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

## Formulación del material

Como guía para la formulación del material tomamos como criterio que el material a disolver fuese el 50% del material resultante final. Esta limitante la introducimos para asegurar que la mitad del material resultante estuviera hecho con material de desecho.

Debido a que el material tentativo final tiene 3 materiales constitutivos (Acetona, EPS y aserrín) se hace necesario fijar alguna de las variables para reducir la cantidad de probetas a realizar en el marco de este trabajo. Por esta razón se dejaron fijas las cantidades de solvente y carga y solo se trabajo variando las cantidades de EPS.

De esta forma podemos determinar que las diferencias que pudieran tener los resultados responderán únicamente a la modificación del EPS en relación a la mezcla.

Los porcentajes de mezcla propuestos fueron los siguientes:

Material	Cantidad
Acetona	600 grs
E.P.S Construcción	200 grs
E.P.S Alimentación	200 grs
Aserrín	250 grs

Tabla 13 - Mezcla grupo 1

Material	Cantidad
Acetona	600 grs
E.P.S Construcción	215 grs
E.P.S Alimentación	215 grs
Aserrín	250 grs

Tabla 14 - Mezcla grupo 2

Material	Cantidad
Acetona	600 grs
E.P.S Construcción	300 grs
E.P.S Alimentación	300 grs
Aserrín	250 grs

Tabla 15 - Mezcla grupo 3

Material	Cantidad
Acetona	600 grs
E.P.S Construcción	350 grs
E.P.S Alimentación	350 grs
Aserrín	250 grs

Tabla 16 - Mezcla grupo 4

Por cada grupo de ensayo se realizaron nueve probetas, confeccionadas con tres vertidas diferentes y en tres momentos diferentes. De esta forma nos aseguramos que el material resultante sea representativo de una producción real.

Cada grupo de tres probetas fue realizado con 1 semana de diferencia y luego de confeccionadas todas las muestras del grupo se ensayaron, de esta manera pudimos tener la seguridad de que las muestras estarían completamente fraguadas.

Grupo	Probeta	Semana
1	1 a 9	4
2	10 a 18	8
3	19 a 27	12
4	28 a 36	16
Ensayos	1 al 36	A partir de 4ta semana

Tabla 17 - Cronograma de ensayos

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

## Ensayos mecánicos

Tomando como base los criterios definidos por la norma anteriormente mencionada (UNE-EN 196-1) y con las probetas terminadas se procedió a realizar los ensayos mecánicos básicos para caracterizar el material.

Los primeros en realizarse fueron los ensayos de flexión. En ellos se utilizaron todas las probetas y luego se hizo un promedio de resultados para el mejor tratamiento de la información, la siguiente tabla muestra los resultados obtenidos por grupo de probetas.

Grupo	Probeta	Promedio
1	1 a 3	24 Kg./cm <sup>2</sup>
	4 a 6	28 Kg./cm <sup>2</sup>
	7 a 9	27 Kg./cm <sup>2</sup>
	<b>Total Grupo</b>	<b>26 Kg./cm<sup>2</sup></b>
2	10 a 12	35 Kg./cm <sup>2</sup>
	13 a 15	30 Kg./cm <sup>2</sup>
	16 a 18	31 Kg./cm <sup>2</sup>
	<b>Total Grupo</b>	<b>32 Kg./cm<sup>2</sup></b>
3	28 a 30	34 Kg./cm <sup>2</sup>
	31 a 33	31 Kg./cm <sup>2</sup>
	34 a 36	32 Kg./cm <sup>2</sup>
	<b>Total Grupo</b>	<b>32 Kg./cm<sup>2</sup></b>
4	19 a 21	27 Kg./cm <sup>2</sup>
	22 a 24	31 Kg./cm <sup>2</sup>
	25 a 27	34 Kg./cm <sup>2</sup>
	<b>Total Grupo</b>	<b>31 Kg./cm<sup>2</sup></b>

Tabla 18 - Ensayos de flexión

Una vez concluidos los ensayos de flexión, se prosiguió a realizar los ensayos de compresión, con estos dos ensayos se puede definir en gran manera el comportamiento del material a diferentes fuerzas y por tanto tener una guía sobre su posterior uso.

Una vez realizados los ensayos se llevó a cabo el análisis de datos para obtener los promedios por grupo.

Grupo	Probeta	Promedio
1	1 a 3	204 Kg./cm <sup>2</sup>
	4 a 6	222 Kg./cm <sup>2</sup>
	7 a 9	203 Kg./cm <sup>2</sup>
	<b>Total Grupo</b>	<b>210 Kg./cm<sup>2</sup></b>
2	10 a 12	223 Kg./cm <sup>2</sup>
	13 a 15	180 Kg./cm <sup>2</sup>
	16 a 18	191 Kg./cm <sup>2</sup>
	<b>Total Grupo</b>	<b>198 Kg./cm<sup>2</sup></b>
3	28 a 30	231 Kg./cm <sup>2</sup>
	31 a 33	212 Kg./cm <sup>2</sup>
	34 a 36	198 Kg./cm <sup>2</sup>
	<b>Total Grupo</b>	<b>213 Kg./cm<sup>2</sup></b>
4	19 a 21	200 Kg./cm <sup>2</sup>
	22 a 24	217 Kg./cm <sup>2</sup>
	25 a 27	215 Kg./cm <sup>2</sup>
	<b>Total Grupo</b>	<b>211 Kg./cm<sup>2</sup></b>

Tabla 19 - Ensayos de compresión

Con ambos datos ya se puede tener una aproximación de cuál será la mezcla más indicada para el uso en producción, no obstante para definir por completo el material son necesarios otros ensayos que ayuden a definir su uso más específicamente.

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

## Consideraciones adicionales

Con la realización de las probetas para ensayo y su correspondiente secado se pudo constatar que el material durante el secado tiene retracciones, seguramente debido a la evaporación del solvente retenido.

Este dato debe ser estudiado para poder conocer las variaciones dimensionales entre el material húmedo y seco, ya que estas retracciones deben tenerse en cuenta en la producción.

## Variación post-secado

Para poder analizar este dato se midieron todas las probetas producidas así como el molde inicial para poder obtener dicha diferencia en el volumen final. Dependiendo de la mezcla realizada el porcentaje de retracción fue diferente, como en el caso de los ensayos mecánicos, se obtuvieron los datos y se realizaron los promedios correspondientes.

Luego de saber la contracción que sufren las probetas con el secado natural, se hizo necesario verificar que la probeta estuviera seca por completo, incluso en su interior.

Para esto se realizó un secado artificial posterior al secado natural que consistió en introducir secciones de probeta en horno a 50 °C durante 1 semana.

Este ensayo complementario dió como resultado la reducción de las muestras en un promedio de 3,2%. Con este dato verificamos que luego de una semana de secado natural la probeta aún contenía solvente retenido en su interior, no obstante consideramos que por el bajo porcentaje no incidió en los ensayos.

Muestra	Inicial	Sec. Artificial	Observaciones
A	100%	96,8%	1 semanas
A1	100%	96,8%	1 semanas
A2	100%	96,7%	1 semanas

Tabla 21 - Variación de volumen posterior al secado artificial

Molde - 40 x 40 x 160 mm = 256 cm<sup>3</sup>

Grupo	Volumen Final	Variación	Promedio mezcla
1	1 a 3	216 cm <sup>3</sup> (16%)	16%
	4 a 6	213 cm <sup>3</sup> (17%)	
	7 a 9	216 cm <sup>3</sup> (16%)	
2	10 a 12	205 cm <sup>3</sup> (20%)	19%
	13 a 15	208 cm <sup>3</sup> (19%)	
	16 a 18	209 cm <sup>3</sup> (18%)	
3	28 a 30	221 cm <sup>3</sup> (14%)	7%
	31 a 33	220 cm <sup>3</sup> (14%)	
	34 a 36	229 cm <sup>3</sup> (11%)	
4	19 a 21	221 cm <sup>3</sup> (14%)	13%
	22 a 24	248 cm <sup>3</sup> (3%)	
	25 a 27	243 cm <sup>3</sup> (5%)	

Tabla 20 - Variación dimensional post-secado

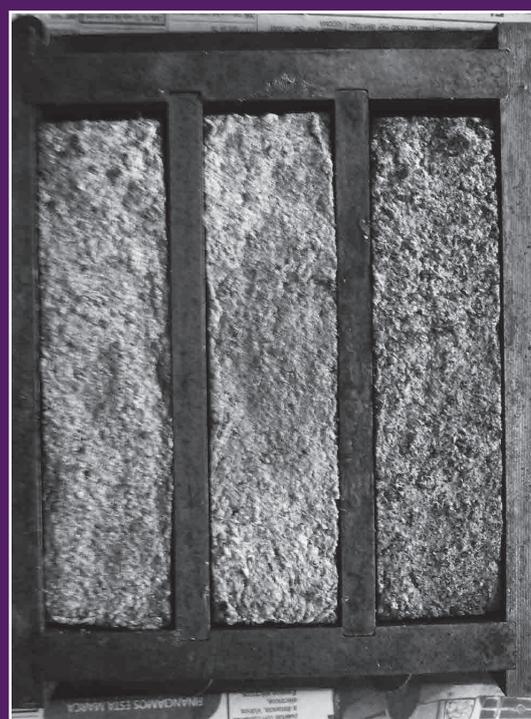


Figura 56 - Probetas secas en molde

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

## Absorción de agua

Realizados los ensayos anteriores se decidió que sería un dato importante a relevar la absorción de agua que posee el material, este dato es de especial importancia para algunas aplicaciones específicas como el uso exterior, uso en inmersión, etc.

Para tener una mejor idea de como se comporta el material se tomaron muestras de las probetas y fueron sometidas a inmersión durante diferentes períodos de tiempo.

Este ensayo tuvo una duración de 4 semanas, con etapas de control semanal de peso de las muestras como forma de definir la cantidad de agua absorbida en el tiempo y el punto de saturación del material.

Las muestras del grupo A (A, A1, A2) estuvieron sumergidas durante todo el ensayo, solo retirándolas del agua para ser secadas superficialmente e inmediatamente pesadas. El grupo B (B, B1, B2) se mantuvieron sumergidas durante 2 semanas, realizándose el mismo procedimiento que con las anteriores.

Por último, el grupo C (C, C1, C2) se mantuvo en inmersión durante 1 semana solamente.

Todas las muestras, una vez culminado su período de control fueron sometidas a secado artificial en horno (a 50 °C), con el fin de asegurarnos de evaporar toda el agua que pudiera quedar retenida en la muestra.

Al fin de la primer semana se constató que todas las muestras absorbieron en promedio 13,5% de agua. Las muestras retiradas en la segunda semana presentan un aumento de retención de 20% en promedio y en la tercer semana un 21% en promedio.

Para la cuarta semana, su peso fue igual que la semana anterior, por tanto concluimos que el punto de saturación fué alcanzado en la tercer semana de ensayo.

Luego del secado artificial final las muestras perdieron en promedio un -3,3% de su masa inicial. Esto nos dice que durante el secado artificial, además de evaporarse el agua retenida también se evaporó un pequeño porcentaje de solvente que estaba retenido en la muestra.

Muestra	Semana I	Semana II	Semana III	Secado artificial	Observaciones
A	13,9%	19,4%	21,3%	-3,5%	Secado en 4 semanas
B	Sumergida	24,6%	-3,4%		Secado en 3 semanas
C	11,5%	-3,2%			Secado en 2 semanas
A1	14,6%	20,4%	23,0%	-3,3%	Secado en 4 semanas
B1	Sumergida	19,4%	-3,2%		Secado en 3 semanas
C1	15,4%	-3,2%			Secado en 2 semanas
A2	13,1%	17,2%	19,7%	-3,4%	Secado en 4 semanas
B2	Sumergida	19,3%	-3,2%		Secado en 3 semanas
C2	12,3%	-3,2%			Secado en 2 semanas

Tabla 22 - Porcentajes de absorción de H<sub>2</sub>O

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

## Resultados

Surge de los ensayos realizados que la mezcla ideal de solvente y EPS pertenece al grupo 3, por tener los resultados de flexión y compresión más apropiados teniendo en cuenta los tiempos de secado y la retracción post-secado que sufre el material.

Los grupos que se comportaron de mejor manera a los ensayos mecánicos y por tanto los más comparables fueron el grupo 2 y el grupo 3.

Los resultados obtenidos por este grupo en ensayos de flexión fueron de 32 kg/cm<sup>2</sup>, resultado compartido con las muestras del grupo 2, sin embargo los resultados de los ensayos de compresión del grupo 3 fueron de 213 kg/cm<sup>2</sup>, superior a los 198 kg/cm<sup>2</sup> del grupo 2.

Como conclusión de la comparativa de estos dos grupos, el grupo 3 se comporta de mejor manera teniendo en cuenta ambos esfuerzos, además de esto, este grupo contiene más porcentaje de EPS en la mezcla.

En tanto a el grupo 4, posee similares resultados en ensayos a compresión y flexión y más porcentaje de EPS en la mezcla, pero su tiempo de secado es el doble de los demás grupos llegando a 2 semanas para lograr el secado total por lo tanto se dificulta su desarrollo.

En cuanto a la absorción de agua no hubieron diferencias entre los grupos, obteniendo un promedio de un 21%.

Las muestras del grupo 3 luego del secado completo arrojaron una contracción estable equivalente a un 13%, el más bajo de todos los grupos viables.

Este dato es de suma importancia para la conformación de moldes o matrices para la fabricación de productos, para poder determinar la cantidad de material a incluir en estos y para definir las dimensiones finales de los productos conformados.

Concluimos que el mejor uso es como material sólido estructural, según los datos ensayados.

Además de las resistencias probadas a esfuerzos mecánicos, creemos que el material resulta manipulable y permite tanto formas simples como complejas, su secado es rápido y de manera natural, conformando un material con interés para la elaboración de un gran universo de productos posibles.

De todos los grupos en que reúne las mejores propiedades es el grupo 3, con este seguiremos trabajando.

Teniendo en cuenta lo anterior aún no podemos definir un uso específico ni un entorno para el uso del material, para ello se realizarán ensayos adicionales y comparativos con el fin de determinar las características necesarias para su posible aplicación.

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

## Ensayos comparativos

Como forma de verificar los resultados obtenidos por las probetas pertenecientes al grupo 3, se confeccionaron tres series de 3 probetas con 1 semana de separación entre ellas.

Estas probetas serán ensayadas a flexión y compresión como base de comparación con las probetas anteriores, no obstante para definir mejor los posibles usos y las alteraciones que pueda sufrir el material se definieron ensayos adicionales.

Para realizar estos ensayos se deja un testigo inalterado, una probeta es sometida a inmersión en agua y otra se somete a radiación ultravioleta (UV) artificial, esto para cada una de los 3 procesos de elaboración de muestras.

Posteriormente se realizan los ensayos de la totalidad de las probetas de manera

comparativa para determinar si los resultados de la etapa anterior son correctos y si la exposición a la luz UV o la inmersión en agua afectan las propiedades del material.

Tanto la exposición a luz UV como la inmersión en agua, representan condiciones ambientales exteriores. Estas condiciones se extremaron en los ensayos para poder tener una noción mas precisa de como es el comportamiento del material en las peores condiciones.

Se utilizó este método por que no era factible probar el material en condiciones reales dado que este tipo de ensayo se realiza dejando las probetas en condiciones exteriores naturales. Esto implica períodos de tiempo extensos que no pueden ser abarcables para el presente trabajo.

	Promedio muestra inicial	Promedio muestra contraste	Promedio muestra contraste sumergidas en agua	Promedio muestra contraste expuesto a UV
Flexión	32 Kg./cm <sup>2</sup>	34 Kg./cm <sup>2</sup>	31 Kg./cm <sup>2</sup>	36 Kg./cm <sup>2</sup>
Compresión	213 Kg./cm <sup>2</sup>	189 Kg./cm <sup>2</sup>	197 Kg./cm <sup>2</sup>	195

Tabla 23 - Comparativa de muestras iniciales y muestras de contraste

	Masa inicial	Masa sumergida 2 semanas	Porcentaje de aumento de masa
A	152 gr	189 gr	19%
B	157 gr	192 gr	18%
C	154 gr	196 gr	21%

Tabla 24 - Absorción H<sub>2</sub>O de muestras de contraste

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

## Resultados

Las muestras del grupo 3 anteriormente seleccionado y las nuevas de contraste se comportan de forma similar teniendo en cuenta los parámetros en los cuales se elaboraron las mezclas y se procesaron las probetas. Las pequeñas variaciones en los resultados pueden ser atribuidas a cambios involuntarios en la elaboración de las probetas, en los componentes que las conforman o en el ambiente. Si bien el laboratorio donde se confeccionaron las probetas y se realizaron los ensayos posee control de temperatura y humedad a determinados rangos admisibles, esta variación podría haber afectado los resultados de forma mínima. Lo mismo sucede con los materiales constitutivos, si bien fueron adquiridos en los mismos proveedores, pueden pertenecer a lotes diferentes.

En cuanto a la elaboración de las mezclas que conforman las probetas, los procesos fueron realizados de manera manual,

podiendo también incidir levemente en los resultados

Luego de comparar los datos llegamos a la conclusión de que el material no se vio alterado de forma significativa en cuanto a su resistencia a flexión ni a compresión, esto sucedió tanto con las muestras testigo así como las sumergidas en agua y las expuestas a radiación UV.

En cuanto a la absorción de agua podemos observar que el porcentaje máximo de retención fue de 21%, esto nos demuestra que la mezcla seleccionada en primera instancia se comporta tal cual lo esperado, con iguales porcentajes de absorción.

Las pequeñas variables que existen en los datos son atribuibles a diferencias de proceso y no al material en sí mismo.

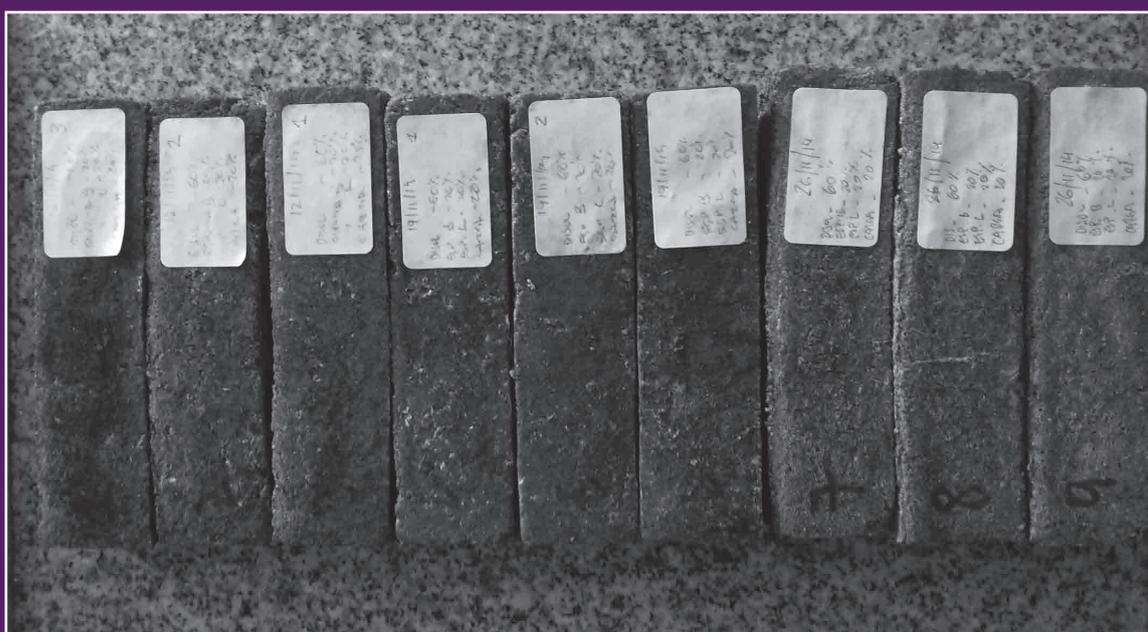


Figura 57 - Probetas pertenecientes al grupo 1

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

## Quema controlada

La realización de este ensayo responde a que los materiales de la mezcla, solvente, EPS y madera son inflamables, por tanto debíamos conocer como se comporta el material expuesto al fuego. Esto nos permite definir mejor la aplicabilidad a productos, recaudos de utilización, etc.

El material propuesto es comparado con EPS de packing y de EPS de uso en construcción (contiene aditivos retardantes de llama) y con 2 materiales de similares características en cuanto a aplicaciones posibles, Medium Density Fiberboard (MDF) estándar y madera seca a horno de Eucalyptus Grandis.

Se utilizaron los tipos de EPS mencionados por ser los que forman parte de la mezcla además de ser los más utilizados tanto sea en la industria alimenticia como en la de la construcción.

El uso de MDF para la comparación responde a que el mismo se puede considerar un material similar, dada su composición de partículas de madera y un aglutinante como agente de unión. Por último siendo la madera un material a comparar obligatoriamente por ser uno de los materiales que conforman la mezcla, se eligió el Eucalyptus Grandis una de las más utilizadas en la actualidad, además de ser la predominante en el aserrín utilizado en este estudio.

Material	Generación de llama	Tiempo de consumición	Largo consumido	Volumen	Largo afectado	Volumen
Espuma packing	Si	31:00	18 cm	5,4 cm <sup>3</sup>	-	-
	Si	30:37	18 cm	5,4 cm <sup>3</sup>	-	-
	Si	29:52	18 cm	5,4 cm <sup>3</sup>	-	-
	Si	29:58	18 cm	5,4 cm <sup>3</sup>	-	-
Espuma construcción	No	-	6 cm	3,3 cm <sup>3</sup>	-	-
	No	-	7 cm	3,85 cm <sup>3</sup>	-	-
	No	-	5 cm	2,75 cm <sup>3</sup>	-	-
	No	-	5 cm	2,75 cm <sup>3</sup>	-	-
MDF	No	60:00	-	-	1	0,5
	Si	60:00	-	-	3	1,5
	No	-	-	-	-	-
	No	-	-	-	-	-
Eucalyptus Grandis	Si	60:00	-	-	3	1,5
	Si	60:00	-	-	2	1
	Si	60:00	-	-	2	1
	No	-	-	-	-	-
Mezcla propuesta	Si	60:00	5 cm	2 cm <sup>3</sup>	-	-
	Si	60:00	4 cm	1,6 cm <sup>3</sup>	-	-
	Si	60:00	4 cm	1,6 cm <sup>3</sup>	-	-
	Si	60:00	4 cm	1,6 cm <sup>3</sup>	-	-

Tabla 25 -Quema controlada - Probetas expuestas 10 segundos sobre llama.

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

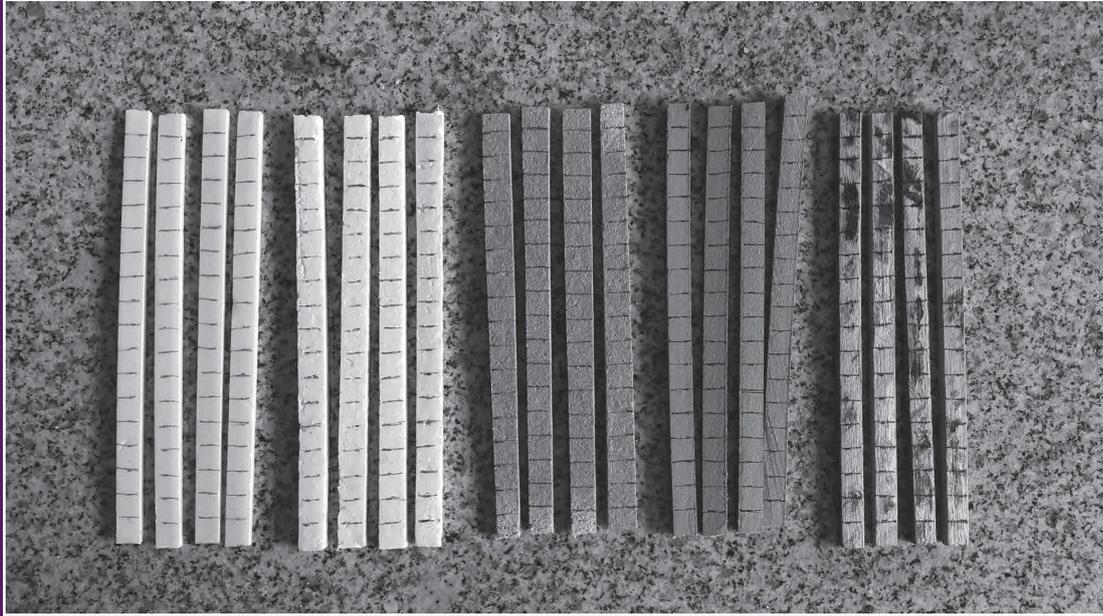


Figura 58 - Muestras para ensayos de quema controlada



Figura 59 - Quema de las diferentes muestras

# DEFINICIÓN DEL MATERIAL

## Quema en Mufla

Consideramos que además de estudiar el material, sus características con miras a su uso y diferentes aplicaciones, debemos estudiar también la disposición final del mismo. Como forma de abordar este tema se realizaron ensayos de quema en mufla, de este modo se puede calcular la forma en que los mismos se comportarán cuando su quema se realice en un generador de vapor que use biomasa como combustible.

Si bien la quema es el uso menos recomendable para cualquier desecho ya que luego de esta no se puede generar valor agregado a un material, es uno de los más utilizados en la actualidad.

En el caso del material propuesto consideramos este método viable ya que quemarlo no supone un daño ambiental mayor que quemar sus componentes o lo que es peor pasarlos a relleno sanitario.



Figura 60 - Muestras para quema en Mufla

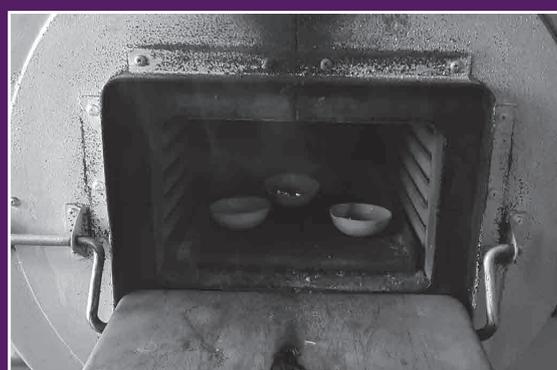


Figura 61 - Retiro de muestras de Mufla

Muestra	Composición	Masa inicial	Masa final	Porcentaje de desecho final	Estimación en 1000 Kg de masa inicial
A	Aserrín de Eucaliptus	34,1685 gr	32,3667 gr	0,0023%	2,34%
B	Material propuesto	37,2874 gr	34,5672 gr	0,0035%	3,54%
C	Aserrín de MDF	38,6834 gr	36,4715 gr	0,0049%	4,87%

Tabla 26 - Quema en Mufla - 8 horas a 690°

Muestra	Composición	Masa inicial	Masa final	Porcentaje de desecho final	Estimación en 1000 Kg de masa inicial
A	Aserrín de Eucaliptus	32,3667 gr	32,3654 gr	0,040%	0,40%
B	Material propuesto	34,5672 gr	34,5653 gr	0,066%	0,66%
C	Aserrín de MDF	36,4715 gr	36,4694 gr	0,075%	0,75%

Tabla 27 - Quema en Mufla - 8 horas a 1000°

## Resultados

En los ensayos realizados de quema controlada, identificamos al material propuesto como uno de los más inflamables, esto confirma que existe solvente retenido en las muestras y que el retardante que posee el EPS de construcción se ve afectado en gran medida, ya que permite la generación de llama en el material. A pesar de esto la cantidad de material propuesto consumido por el fuego es menor que la cantidad que se consumió al ensayar las muestras de EPS tanto de packing como de construcción.

Como conclusión general el uso del material se ve acotado en cuanto a la generación de productos y entornos de uso, sin embargo consideramos que añadiendo retardantes, ignífugos o bien tratando superficialmente el material esto puede solucionarse.

En el caso del otro desecho que integra la mezcla, la madera, generó llama pero no llegó a consumirse totalmente aunque sí se vio afectada por la acción del fuego, lo mismo ocurrió con algunas muestras de MDF. Esto demuestra que todos los componentes del material son susceptibles de verse afectados por acción del fuego en mayor o menor medida.

En cuanto a la quema en mufla como método de disposición final de material creemos que es aplicable y puede realizarse a diferentes temperaturas según los requerimientos de la industria generadora.

Tanto a 690° C como a 1000° C con iguales tiempos de quema el material se sitúa en el promedio de los desechos ensayados luego

de su quema.

Los desechos post-quema generados por el MDF dieron los resultados más altos, esto supone a priori que los equipos donde se realice la quema tendrán un mantenimiento y limpieza más frecuentes y por tanto costos más elevados.

En contrapartida el Eucalyptus Grandis dio los resultados más bajos en cuanto a desechos post-quema, por tanto de los 3 materiales ensayados éste es el más apropiado para su disposición final por este medio.

Teniendo en cuenta que el valor calorífico del EPS es aproximadamente el doble que el de la madera [u:[www.bromyros.com.uy](http://www.bromyros.com.uy)], suponemos que por la presencia de EPS en el material propuesto se generarían mayores beneficios energéticos al momento de la quema, pese a que el material propuesto produce más desechos post-quema que la madera. No es posible comprobar esto sin ensayos adicionales, sin embargo con los datos obtenidos podemos suponer que esto sería así.

# FICHA TÉCNICA DEL MATERIAL

## Resultados

Luego realizados los ensayos definimos una serie de propiedades y características del material resultante, las cuales nos ayudan a proponer y definir mejor tanto aspectos productivos como de uso.

Tomando como base lo relevado en este capítulo ya podemos comenzar a pensar en diferentes aplicaciones y procesos adaptados a nuestro medio.

La búsqueda de procesos aplicables a este nuevo material se desarrollará posteriormente, así como las aplicaciones con el fin de generar una propuesta más integral, abarcando desde la formulación del material hasta la aplicación en posibles prototipos de productos.

Mezcla	Grupo 3
Componentes/ Proporciones	EPS Packing 300 grs
	EPS Construcción 300 grs
	Acetona 600 grs
	Aserrín 250 grs
Resistencia a flexión	32 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a compresión	213 Kg/cm <sup>2</sup>
Retención de humedad	20 %
Variación de volumen post-secado	13 %
Afectación por radiación UV	No se ve afectado
Afectación por inmersión en agua	No se ve afectado
Densidad	0.8 gr/cm <sup>3</sup>
Flotabilidad	Si
Generación de llama	Si
Avance de llama	4,25 cm/min
Apariencia	Heterogéneo
Color	Tonos marrones

Tabla 28 - Ficha técnica del material propuesto

# Capítulo 5 - Definiciones proyectuales

## Metodología para el diseño

Etapa de aplicación

## Definiciones

Definición del problema

Problemas macro y micro

Listado de requisitos

Jerarquización de requisitos

I.D.O

## Selección de procesos

Procesos productivos

Calandrado

Extrusión

Moldeado

Resultados

## Posibilidades de mecanizado

Introducción

Imágenes de los procesos

Ficha técnica de mecanizado

Resultados

## Análisis de productos y alternativas

Introducción

Ficha de análisis

Análisis comparativo

Definición de atributos

Análisis banco de estudio 1

Análisis banco de estudio 2

Análisis banco de estudio 3

Análisis banco de estudio 4

Resumen análisis comparativo

Resultados

## Etapa de aplicación

Con el material definido y caracterizado en cuanto a sus cualidades más importantes se comenzó a pensar en aplicaciones posibles. Para llevar adelante las propuestas utilizamos como guía la metodología de “Bürdeck” para el desarrollo de productos.

Este desarrollo metodológico comenzará desde la 4ta etapa, desde “Creación de alternativas”.

Las etapas anteriores las consideramos trabajadas y resueltas con los estudios previos, tanto el trabajo de laboratorio como la investigación inicial, ya que surgen desde ellas la información necesaria para delimitar y guiar el proceso de desarrollo y diseño de las aplicaciones futuras.

Si bien la metodología propuesta por Bürdeck en muchos casos es tomada como un camino completo para el desarrollo de productos terminados, en el caso del presente trabajo y teniendo en cuenta los tiempos razonables para un trabajo de grado, la misma se utilizó para generar alternativas de uso, procesado y conformación del material propuesto.

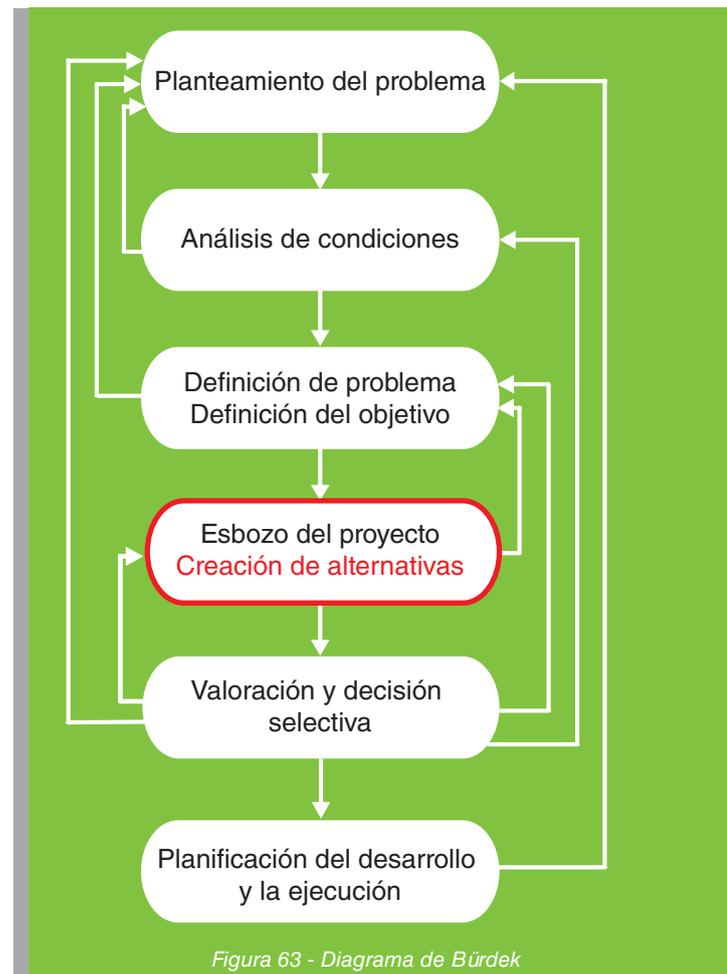


Figura 63 - Diagrama de Bürdek

## Definición del problema

En esta etapa entran en juego una gran cantidad de aspectos a tener en cuenta y estos definen diferentes problemas y a su vez diferentes niveles dentro de cada uno de estos últimos.

Para poder trabajarlos de manera ordenada se realizó primeramente un listado de problemas macro y micro, con el fin de resolver el alcance de los mismos en cuanto a las aplicaciones posibles de realizar.

Se definen como problemas macro los de mayor alcance derivado de la utilización del material y como problemas micro los de un alcance más acotado, estos últimos incluyen en muchos casos definiciones propias del material propuesto.

Este ordenamiento sirvió de base para generar un listado de requisitos a atender por las propuestas posteriores, sin embargo se requiere definirlos más en profundidad y posteriormente jerarquizarlos para poder llevarlos a propuestas de aplicaciones.

La jerarquización de estos requisitos se realizó aplicando la herramienta I.D.O, la cual jerarquiza los requisitos en Indispensables, Deseables y Optativos.

Mediante esta secuencia de pasos se pudo “bajar a tierra” y condensar las conclusiones de todo el trabajo precedente para lograr traducirlo de la mejor manera.

## Problemas Macro y Micro

En general la definición de las problemáticas de nivel macro surge de la investigación inicial, ya que de ella se desprenden las limitantes del medio y las oportunidades de acción para el diseño.

Los problemas micro por su lado, se desprenden mayormente de la investigación de laboratorio, de las características del material resultante y también del trabajo en el procesado del mismo.

Problemas Macro	Problemas Micro
Reciclar el E.P.S en Uruguay.	Dar uso a la mayor cantidad de materia prima posible.
Definir un proceso viable para la transformación del material en productos.	Definir aplicaciones en las cuales se usen al máximo las características del material propuesto.
La transformación del material propuesto genere menos impacto ambiental que la transformación de su materia prima.	Las aplicaciones tengan una vida útil más larga que la materia prima que los constituye.
Dar disposición final al material propuesto luego de terminada su vida útil.	Los productos resultantes tengan usos sociales y democráticos.
Valorizar un desecho existente.	Buscar que las aplicaciones posibles al menos cumplan requisitos similares a productos existentes realizados con otros materiales.
Utilizar la infraestructura de clasificación de desechos existente.	Definir los procesos y aplicaciones como libres de ser usados por quien lo desee.
Incluir desechos industriales como materia prima además de desechos clasificados.	

Figura 64 - Listado de problemas macro y micro.

## Listado de requisitos

### Problemas Macro

Reciclar el E.P.S en Uruguay.

Actualmente el E.P.S no tiene disposición final, es desechado en rellenos sanitarios, generando contaminación ambiental, es necesario darle un uso a este desecho para minimizar este impacto.

Definir un proceso viable para la transformación del material en productos.

El grado tecnológico aplicado en los procesos de transformación de materiales plásticos es alto, para que la propuesta sea viable en el país los procesos deben ser de tecnologías accesibles.

Intentar que la transformación del material propuesto genere menos impacto ambiental que la transformación de su materia prima.

La producción de E.P.S genera un impacto ambiental, para reutilizar este material debemos generar procesos que tengan al menos menor impacto ambiental que los que genera la producción y transformación del E.P.S.

Dar disposición final al material propuesto luego de terminada su vida útil.

Es necesario darle disposición final al material propuesto para evitar que suceda lo mismo que con su materia prima, la cual al no contar con un destino final cierto genera problemas ambientales.

Dar valor a un desecho existente.

El desecho hoy está disponible, tanto a puerta de fábrica como en vertederos, mediante una propuesta de diseño se puede valorizar el mismo y generar un beneficio para la sociedad.

Utilizar la infraestructura de clasificación de desechos existente.

El principal generador de desechos de E.P.S es Montevideo, también se encuentra en el departamento la red de centros de clasificación más grande, éstos centros poseen la infraestructura necesaria para reutilizar este desecho.

Incluir desechos industriales como materia prima además de desechos clasificados.

Las industrias generadoras poseen desechos en puerta de fábrica, los mismos están limpios y su procedencia es cierta lo que favorece los procesos de transformación del material propuesto, esto además puede generar beneficios para las éstas empresas.

Figura 65 - Selección de problemas macros.

## Listado de requisitos

### Problemas Micro

Dar uso a la mayor cantidad de materia prima posible.

Buscar procesos que generen la menor cantidad de restos de materia prima y en caso de que existan procurar reutilizarlos.

Definir aplicaciones en las cuales se usen al máximo las características del material propuesto.

Las aplicaciones deberán ser acordes a lo que permite el material, en base a estas características se deberán definir lugares, situación de uso, frecuencia de uso, usuarios, etc.

Propiciar que las aplicaciones tengan una vida útil mayor que la materia prima que los constituye.

Un gran porcentaje del E.P.S producido es de uso efímero, intentar aplicaciones de uso prolongado alarga la vida útil del material y minimiza en el tiempo el impacto ambiental que genera el desecho.

Promover que los productos resultantes tengan usos sociales y democráticos.

La materia prima es un desecho generado por la sociedad en sí, por tanto creemos que debemos intentar que el uso de las aplicaciones posibles sea en beneficio de la mayor parte de la sociedad. Así mismo el uso de estas aplicaciones hace visible las posibilidades del reciclado y concientizar sobre su importancia.

Buscar que las aplicaciones posibles al menos cumplan requisitos similares a productos existentes realizados con otros materiales.

Como referencia de aplicaciones se parte de productos ya realizados con otros materiales, es importante que las aplicaciones propuestas cumplan con la mayor cantidad de requisitos que cumplen los productos existentes.

Definir los procesos y aplicaciones como libres de ser usados por quien lo desee.

El principal objetivo de trabajar con materiales de desecho es mitigar el impacto ambiental de los mismos por medio de su reutilización y reciclaje, por tanto creemos necesario definir los procesos como libres de utilización, así como las aplicaciones que sean propuestas, de esta forma podrán ser usados por la mayor cantidad de personas interesadas posibles.

Buscar un proceso productivo que sea aplicable a diferentes escalas de producción.

El proceso seleccionado deberá poder ser realizado tanto en maquinaria especializada como en maquinaria sustitutiva o incluso procesos manuales, de esta forma buscamos hacer más factible la producción.

Intentar que el material pueda ser incluido en ciclos productivos existentes en la industria nacional.

La producción nacional cuenta con determinada maquinaria industrial y determinados ciclos productivos para la realización de diferentes productos, el material propuesto debería tender a poder ser incluido en estas industrias sin generar mayores modificaciones en sus procesos.

Figura 66 - Selección de problemas micro.

## Jerarquización de requisitos

Una vez identificados los requisitos esperables que deben cumplir las aplicaciones, es necesario otorgarles un orden, con el fin de poder trabajar mejor con los mismos.

Si bien puede ser un tipo de jerarquía dividir los requisitos según el entorno que los genera, ya sea macro entorno o micro entorno, esto no es suficiente para poder trabajar a nivel de aplicabilidad del material.

El siguiente listado de requisitos jerarquizado muestra el objetivo planteado para el desarrollo de alternativas y toma como base los que creemos más importantes para el trabajo con el material.

### Indispensables

Estos se definen como requisitos que deben estar presentes en las aplicaciones ya que sin ellos no tendría sentido la aplicación misma.

### Deseables

Se definen como aquellos que si bien no hacen a la aplicación en sí, es esperable que estén considerados ya que mejoran en algún aspecto la aplicación.

### Optativos

Estos son los requisitos que no tienen por que estar presentes en las alternativas, aunque estos aportan al diseño de las mismas no tienen un peso importante en la propuesta final.

Figura 67 - Definición de tipos de requisitos.

## I.D.O

### Indispensables

Dar uso a la mayor cantidad de materia prima posible.

Buscar un proceso productivo que sea aplicable a diferentes escalas de producción

Dar valor a un desecho existente.

Definir un proceso viable para la transformación del material en productos.

### Deseables

Definir aplicaciones en las cuales se usen al máximo las características del material propuesto.

Buscar que las aplicaciones posibles al menos cumplan requisitos similares a productos existentes realizados con otros materiales.

Que la transformación del material propuesto genere menos impacto ambiental que la transformación de su materia prima.

Que el material pueda ser incluido en en ciclos productivos existentes en la industria nacional.

### Optativos

Dar disposición final al material propuesto luego de terminada su vida útil.

Utilizar la infraestructura de clasificación de desechos existente.

Incluir desechos industriales como materia prima además de desechos clasificados.

Figura 68 - Listado de requisitos gerarquizado

## Resultados

La clasificación de las problemáticas en macro y micro nos ayudó a poder definir que dificultades, que beneficios responden directamente al contexto y son difícilmente controlables por nosotros y cuales podemos exigirle y contemplar como dependientes de la misma propuesta.

Esto nos hizo darnos cuenta que el desarrollo de esta propuesta no puede dar solución a todos estos problemas, sino que debe atender algunos pero de la manera mas óptima. Así fue que para poder seleccionarlos y jerarquizarlos primero tuvimos que definirlos lo más precisamente posible.

Una vez que los listados estaban completos se hizo imprescindible jerarquizarlos, los requisitos seleccionados con esta herramienta se ordenaron naturalmente en función a los alcanzables por la propuesta, de esta forma los requisitos indispensables son los que responden más directamente al desarrollo, los desables pueden incluirse y los optativos representan en cierta forma la aplicación de la propuesta real.

Las definiciones anteriores en cuanto al material, si bien son bases sólidas para el desarrollo de las aplicaciones, no eran suficiente para guiar en que y como aplicarlo, este herramienta fue de gran ayuda para determinar que utilización darle a la mezcla propuesta y los procesos de conformación de piezas que pueden aplicarse.

Teniendo en cuenta que el fin último de este trabajo es proponer aplicaciones tentativas para el material desarrollado, el esbozo de alternativas tomará como punto de partida la aplicabilidad de los diferentes procesos productivos propios de la industria plástica.

Para lograr esto tomamos la información relevada de los procesos antes estudiados y el material formulado, con estos dos elementos se realizaron pruebas manuales intentando replicar los procesos industriales.

Los procesos que permiten ser desarrollados sin maquinaria especializada y a un relativo bajo costo son el calandrado, la extrusión y el moldeo. Sumado a esto y dados los objetivos del trabajo cremos que debemos hacer énfasis en procesos que sean realizables a diferentes escalas y por diferentes técnicas ya sea manuales o automáticas. La inyección como el soplado requieren de maquinaria específica por esta razón no pueden ser replicados fuera de la industria.

## Procesos productivos

Con la información relevada de la etapa de desarrollo del material y los requisitos seleccionados como más importantes para las aplicaciones posibles, decidimos realizar una comparativa de los diferentes procesos productivos aplicables.

Se seleccionaron los procesos relevados anteriormente para plásticos, por poseer el material una base y características similares a otros plásticos conocidos. Sumado a esto otros materiales WPC (wood plastic composites) usan los mismos procesos que la industria plástica para la conformación de productos.

### Calandrado

Este proceso es uno de los más antiguos y de los más simples en su implementación, si bien en la industria plástica el material que ingresa a la calandra previamente debe ser calentado para poder ser reducido en espesor y luego enfriado para conformar la pieza final, es más adaptable a nuestro material con el beneficio de no ser necesario el pre-calentado.

Otro beneficio de aplicar este proceso es el bajo costo en comparación con otros procesos aplicados en la industria plástica, al no utilizar moldería de ningún tipo ni maquinaria compleja. Consideramos este proceso el más aplicable para el material desarrollado.

### Extusión

En este proceso la material también es sometido a calor y empujado a travez de un molde o boquilla. El material propuesto si bien es plástico, es en apariencia más compacto que otros plásticos extruibles, lo cual plantea una limitante para la aplicación de este proceso. Consideramos que es un proceso aplicable, sin embargo requiere un estudio mayor y maquinaria específica para la elaboración de productos.

### Inyección

Creemos que la materia prima propuesta se puede inyectar en molde, no obstante debido a sus propiedades y materiales compositivos este proceso quedaría limitado a aplicaciones específicas diferentes de las habituales para materiales plásticos.

La densidad del material, el tamaño de las partículas de madera y los solventes utilizados son limitantes para la selección de inyectores adecuados, poder de compresión de los pistones a utilizar y los tipos de moldes que pueden ser usados. Esto supone utilizar maquinaria específica, haciendo su aplicación industrial un desarrollo exclusivo para este material, con los costos que esto supondría.

### Moldeado

El moldeado de este material solo requiere presión controlada entre el molde y el contramolde, la aplicación de calor y vacío no se pueden implementar en el material por sus solventes, inflamabilidad y su capilaridad.

### Soplado

Este proceso no es aplicable a este tipo de material, dado que una vez fraguado no puede modificarse.

Figura 69 - Procesos productivos posibles de aplicación al material investigado

# SELECCIÓN DE PROCESOS

## Calandrado

Este fue el primer proceso en ser comprobado, se realizaron las pruebas manualmente por no poder acceder a la maquinaria específica. No obstante con estas pruebas se verifican los principios fundamentales del proceso.

En la siguiente serie de imágenes se describe gráficamente el proceso desde la disolución inicial del desecho hasta la conformación de las piezas laminares finales. Con esta técnica se pueden lograr diferentes espesores finales de placas, en función al uso deseado.



Figura 70 - Pruebas de calandrado manual

# SELECCIÓN DE PROCESOS

## Extrusión

Continuando con la investigación de procesos decidimos ensayar la extrusión del material. El mismo se compactó en un tubo de sección cilíndrica para lograr piezas tubulares.

Si bien se lograron piezas finales, las mismas al salir de la extrusora deben ser bañadas en agua para favorecer el secado superficial evitando así deformaciones posteriores en las piezas. Sin acceder a una extrusora con reducción de boquilla no se pudo comprobar el comportamiento del material al pasar por una reducción.



Figura 71 - Pruebas de extrusión manual

# SELECCIÓN DE PROCESOS

## Moldeado

Para este proceso se puede partir tanto de la masa inicial como de piezas frescas anteriormente procesadas. Estas piezas pueden ser obtenidas con los procesos antes mencionados.

Este proceso puede realizarse mediante moldes simple, molde y contra molde o molde de estampado.

Para cualquiera de los casos es aconsejable la utilización de desmoldantes y necesario el cálculo previo de retracción del material y el retirado de rebabas.

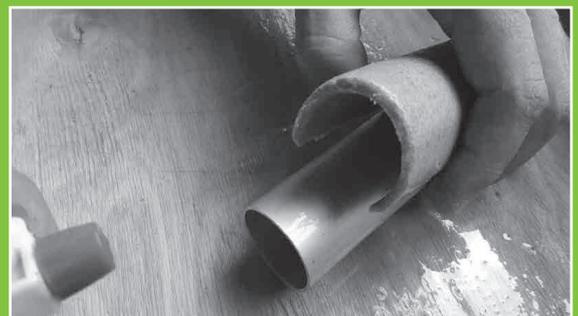


Figura 72 - Pruebas de moldeado manual

## Resultados

De las pruebas realizadas se constató que el proceso más adaptable al material y a las diferentes escalas productivas es el calandrado, este se puede realizar por medio de maquinaria sencilla o bien mediante el uso de herramientas y moldes manuales, creemos que es de vital importancia para poder fabricar piezas con el material en diversos contextos productivos.

Otras de las ventajas de este proceso es la posibilidad de generar placas de diferentes espesores, los cuales mediante procesos posteriores permiten generar piezas de sección cuadrada o rectangular.

Este proceso nos permite generar piezas como ser tableros, tablas y tirantes mediante la aplicación de maquinado posterior.

Mediante el proceso de extrusión también podemos generar diversas piezas inclusive piezas tubulares y perfilera diversa.

Para la realización de las piezas mediante este proceso se hace necesario la aplicación de mayor cantidad de fuerza para que la masa pase por la boquilla de forma.

Un inconveniente de este proceso es que debido a la plasticidad del material, el mismo debe ser pasado por un baño de agua al salir de la boquilla para conservar la forma extruída, de lo contrario las piezas se deformarían debido al secado no uniforme.

El proceso de moldeado es aplicable mediante el uso de molde simple de 1 pieza o de mayor complejidad con 2 o más piezas. El material introducido en el molde debe realizar parte del fraguado dentro del mismo para evitar deformaciones posteriores al

retirarlo del molde. Este proceso puede acelerarse mediante la aplicación de agua.

Para todos estos procesos de fabricación de piezas es necesario considerar las retracciones generadas por la evaporación de solvente para lograr piezas finales de las dimensiones deseadas.

Si bien las piezas generadas por los procesos mencionados anteriormente son pasibles de ser utilizadas tal cual se generan, es recomendable y en ocasiones necesario realizar procesos de mecanizado posteriores.

Mediante estos se pueden rectificar superficies, retirar imperfecciones, cambiar los acabados o generar nuevas piezas por desvaste.

## Introducción

Luego de realizados los ensayos de calandrado, extrusión y modelado se hizo necesario realizarle a las muestras pruebas de mecanizado manual.

Con ellas podremos determinar como se comporta el material a las diferentes herramientas y evaluar las posibles dificultades durante el desarrollo de las pruebas

Los procesos de mecanizado que se ensayaron fueron: torneado, perforado, cortado, fresado, cepillado y lijado. Los mismos se realizaron con maquinaria de uso semi profesional por el alcance y las características que se querían corroborar.

Dado el carácter de este trabajo sabemos que el material plástico predomina en el material propuesto, por lo tanto se tomaron las precauciones del caso, limitando las revoluciones de las herramientas a usar.

En el comienzo de los ensayos se utilizó la velocidad mínima de cada herramienta, llegando a la máxima y comprobando el rango en el cual obteníamos resultados más óptimos.

En el caso del corte y perforado se repite pero con diferentes herramientas, el perforado lo hacemos con mecha de madera común y también con mecha de "paleta" la que genera orificios de mayor diámetro al habitual. Para el caso del corte procedemos a hacerlo con sierra caladora y amoladora angular lo que representa a gran escala los diferentes tipos de sierra que se pueden utilizar para el corte de materiales como ser sierra sinfin, circular, etc.

Consideramos importante además de ver el resultado de la pieza luego del proceso de mecanizado, observar y determinar que tipo de desgaste le generó en la herramienta, ya que la misma no puede sufrir daño permanente dado que la prueba de mecanizado es de corto tiempo y la pieza a trabajar de reducidas dimensiones.

Poder evaluar el tipo de viruta resultante es necesario para definir las medidas de seguridad aplicables con miras a evitar la aspiración de las partículas y promover el correcto mantenimiento de la maquinaria, estos factores influyen al momento del procesado.

Estos aspectos fueron considerados al momento de plantear las pruebas de mecanizado, deribando en una ficha que nos permite ver de manera organizada y esquemática como se comporta el material a los diferentes procesos y cuales son los límites del mismo con las herramientas utilizadas.

# POSIBILIDADES DE MECANIZADO



Figura 73 - Proceso de torneado con torno de 2 puntas



Figura 74 - Proceso de perforado mediante taladro de banco con mecha de paleta

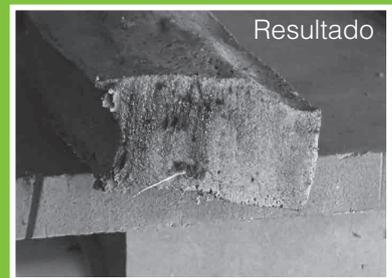
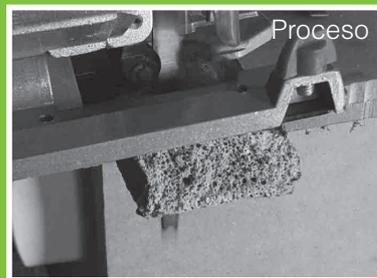


Figura 75 - Proceso corte con sierra caladora manual



Figura 76 - Proceso fresado con router manual

# POSIBILIDADES DE MECANIZADO



Figura 77 - Proceso cepillado con cepillo manual



Figura 78 - Proceso lijado en disco



Figura 79 - Proceso de perforado mediante taladro de banco con mecha para madera

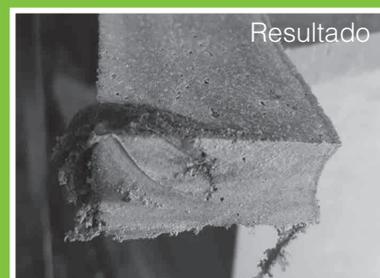


Figura 80 - Proceso corte con amoladora angular

# FICHA TÉCNICA DE MECANIZADO

Proceso	Revoluciones por minuto (r.p.m.)	Observaciones
Torneado	1700	A velocidades mayores a 2000 r.p.m. daña superficialmente la pieza.
Perforado	650 - 900	La velocidad varía dependiendo el diámetro y tipo de herramienta de corte, a mayor diámetro menos r.p.m.
Cortado	1500	Las herramientas de corte no presentan inconvenientes de barrido de material.
Cepillado	15500	Las herramientas de desvaste por golpe no presentan problemas al trabajar las superficies.
Lijado	950	Velocidades mayores vuelven plástico el material empastando y tupiendo la lija.
Fresado	20000	Las herramientas de desvaste por golpe no presentan problemas al trabajar las superficies.

Tabla 29 - Ficha técnica de procesos de maquinado.

## Resultados

En su mayoría los problemas durante el mecanizado se deben al recalentamiento de la herramienta y el material.

Los mayores inconvenientes se dan con las herramientas que están en contacto permanente con el material generando calor por fricción, este aumento de temperatura derrite los componentes plásticos de la mezcla lo cual produce errores en la superficie terminada.

Estas imperfecciones varían dependiendo de la herramienta, por ejemplo en las perforaciones se aprecia arrastre del material y las rebabas producidas empastan la herramienta. En el caso del lijado este material plástico se adhiere a los granos de la lija y los empasta haciendo que la superficie cortante no funcione correctamente.

Las herramientas de corte por golpe no presentan estos problemas a grandes r.p.m.



Aserrín plástico



Viruta plástica



Lija saturada

Figura 81 - Problemas encontrados durante los procesos de mecanizado

## Introducción

Considerando todo lo visto al momento nos planteamos como alternativa el desarrollo de producto que contemple todos los aspectos relevantes al proyecto.

Es por ello que consideramos que utilizar el material como insumo para el desarrollo de mobiliario urbano, específicamente bancos fortalecería la propuesta dadas las características del contexto y el uso al que el material debe enfrentarse.

Con los ensayos de flexión y compresión podemos ver que el material se comporta muy bien a grandes esfuerzos, el índice de absorción de agua es similar al de la madera, pero la misma es liberada rápidamente, la luz ultravioleta no afecta el material y el peso es considerablemente inferior al del concreto.

Otro aspecto que creemos de gran valor es que la población en su totalidad se vera beneficiada por el uso de este mobiliario, pero no solo por el uso cotidiano y tangible sino también por el impacto que este tipo de producto puede generar en el usuario.

El consientizar a los mismos de que el producto que esta utilizando fue creado a partir de desechos que ellos mismos generaron y pudiendo hacerlo participe del proceso desde el comienzo mediante la clasificación del desecho aportaría un valor agregado al desarrollo integral de la propuesta.

Pensamos que políticas externas impulsadas por organismos estatales como ser la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM) serían de vital importancia para la implementación de campañas que fomenten el reciclado del desecho, además de esto el

desarrollo y la aplicación del material en productos para su posterior instalación en espacios públicos demostrarían de manera tangible los objetivos de la campaña.

Como ya lo hemos mencionado existen en Montevideo plantas de clasificación de desechos, las que son administradas por la IMM, el hecho de incluir este desecho en los materiales a clasificar tendría doble beneficio, por un lado se reduciría considerablemente el desecho a ser enterrado como relleno sanitario y por otro lado se evitaría logística de traslado del mismo, dado que el proceso para la generación del material propuesto puede hacerse en la misma planta de clasificación.

Por tal motivo proponemos utilizar este material como sustituto de la madera o el concreto dependiendo de cada caso, analizando aspectos básicos del mobiliario antes y después de la sustitución de piezas, pudiendo determinar que aspectos se vieron beneficiados y cuales perjudicados.

Dado el universo de propuestas existentes de mobiliario exterior de uso público, se hizo necesario acotar el universo mediante la elección de un espacio específico que contubiera variadas propuestas. En este entendido se seleccionó la plaza "General (Gral) Liber Seregni" por contar la misma con 4 tipologías de bancos destinados a usos muy similares y con características diferentes.

## Ficha de análisis

La herramienta ficha de análisis contiene información relevante del objeto la cual se divide en; una descripción, una imagen del producto, un listado de los materiales que lo componen y un diagrama que explica gráficamente 5 atributos del mobiliario y las tensiones que mantienen entre sí.

Este diagrama se basa en el texto “Diseño de Muebles” de Stuart Lawson. En el se utiliza el mismo para describir las limitantes de los encargos de diseño, sin embargo adaptándolo al análisis de una pieza resulta de gran utilidad [9:p.8].

El desarrollo de la herramienta adaptada comienza con la selección de atributos importantes y a valorar que surgen de los estudios previos y constituyen las bases del producto idealizado.

Luego los mismos se introducen en el diagrama y se grafican en una escala del 1 al 5 en este caso, siendo uno la situación menos ponderada y 5 la más óptima, el menor valor se encuentra en el centro de la figura y el mayor en su perímetro.

Una vez colocados y valorados los atributos se unen mediante líneas las cuales representan las tensiones existentes entre ellos, como se articulan entre sí y como están materializados en las piezas terminadas.

Estas fichas funcionan a modo de resumen de las diferentes miradas que confluyen en la comprensión del proyecto como tal. Por este motivo es que las mismas no escapan a cierto grado de subjetividad de nuestra parte y refieren al objeto en su totalidad y no como la mera conjunción de sus componentes específicos.

## Análisis comparativo

Para este análisis se tomaron las diferentes piezas que componen el mobiliario y se sustituyeron con piezas realizadas con el material propuesto, de esta forma se puede apreciar como se modifican sus atributos y las tensiones que se generan.

Creemos que esto es de vital importancia tanto desde el proyecto como desde la experiencia de uso y vivencias de los diferentes usuarios que tienen contacto con el producto.

Se comenzó por sustituciones parciales de los componentes hasta llegar a la sustitución total, dado que el material propuesto y los procesos investigados lo permiten.

Estos diagramas están apoyados con imágenes que muestran las piezas sustituidas, sin profundizar en detalles técnicos sobre sus vinculaciones ya que para este análisis no tienen especial importancia.

Tampoco se modifican las formas ni las dimensiones de las partes que componen el objeto.

## Definición de atributos

### Cantidad de materiales

Este atributo refiere a la cantidad de materiales con mayor presencia en el objeto, por no tener importancia para este análisis se excluyen fijaciones, armaduras y terminaciones superficiales.

### Resistencia mecánica

De la mano de la forma del producto y el material se define el comportamiento de la pieza de manera general a esfuerzos producidos por la misma pieza y por su uso.

### Costos de producción

Si bien no se profundiza en las técnicas de producción aplicadas a cada parte del producto, si se tienen en cuenta los procesos principales de fabricación como ser vaciado en molde, aserrado, etc.

Para definir más acotadamente este atributo también se toman en cuenta procesos posteriores aplicados a las piezas surgidas de los procesos principales como por ejemplo ser el pulido, lijado, etc.

### Estética innovadora

Para definir este atributo se considera la estética como un característica con carga cultural y no solamente como el resultado de la valoración sensorial de lo bello.

Es por esto que este atributo puede sufrir cambios en su valoración sin sufrir cambios en lo formal del objeto.

### Impacto ambiental

La valoración de este esta influenciada directamente por los materiales y los procesos de transformación necesarios para lograr el objeto y tomando en consideración el ciclo de vida de los materiales.



## Banco de estudio 1

En la conformación de este banco predominan 2 materiales, el cemento y la madera. El primero es utilizado para conformar toda la base y el segundo como terminación y adecuación ergonómica y estética a los usuarios.

Estos 2 materiales se vinculan por una serie de bulones metálicos que fijan ambas partes. El banco no se encuentra fijado al piso pero por su elevado peso no es trasladable.

Los procesos de fabricación utilizan materiales vírgenes y no se aprecia el uso de materiales reciclados, tal vez la madera únicamente pueda provenir de bosques con manejo responsable.

Material	Unidades (Un)	Durabilidad
Hormigón armado	1	Alta
Madera	3	Baja
Bulones metálicos	18	Media

Tabla 30 - Materiales y componentes banco 1



Figura 83 - Imágen del banco 1

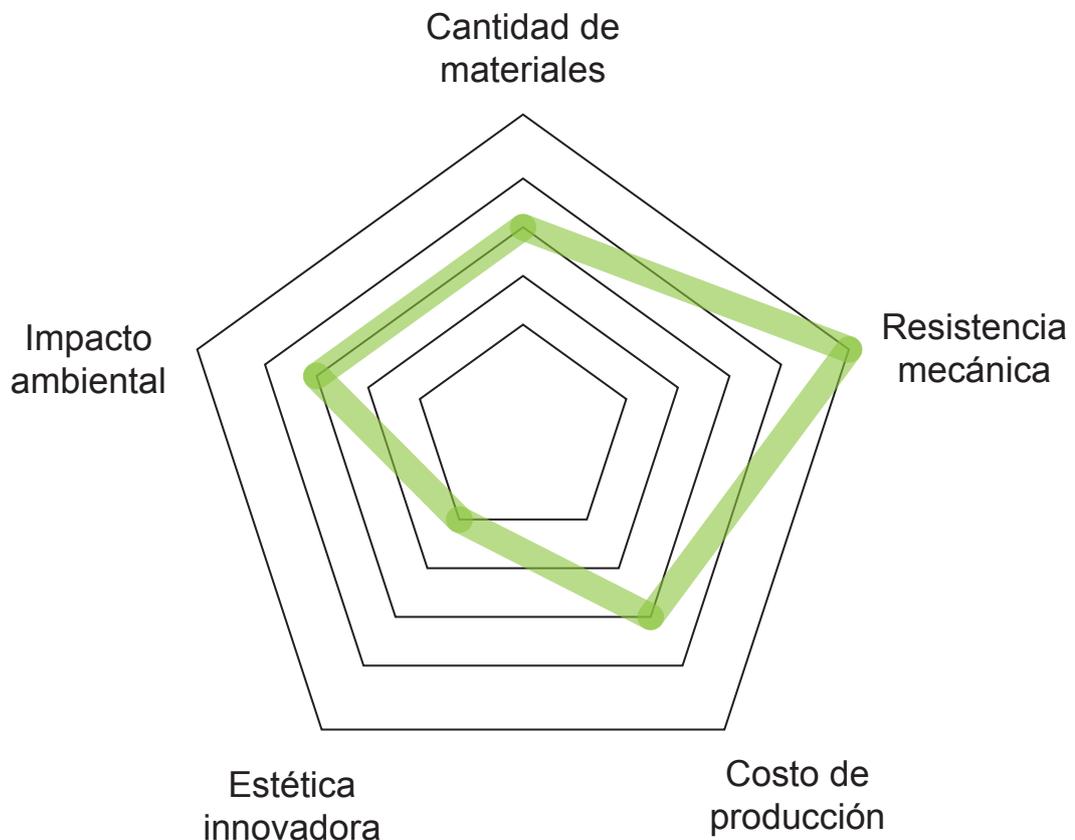


Figura 84 - Esquema de evaluación del banco 1

# ANÁLISIS COMPARATIVO

## Banco de estudio 1

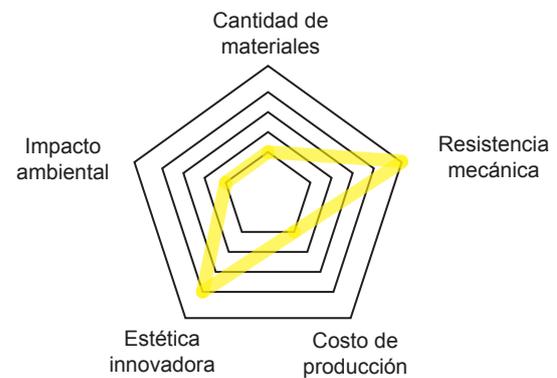
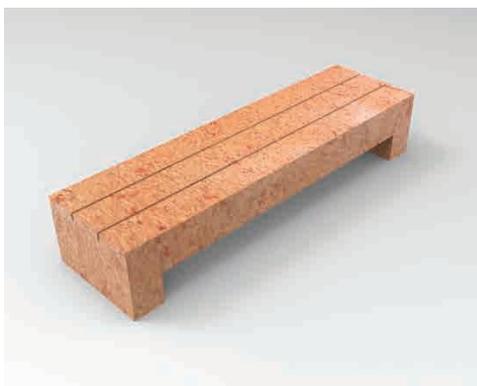
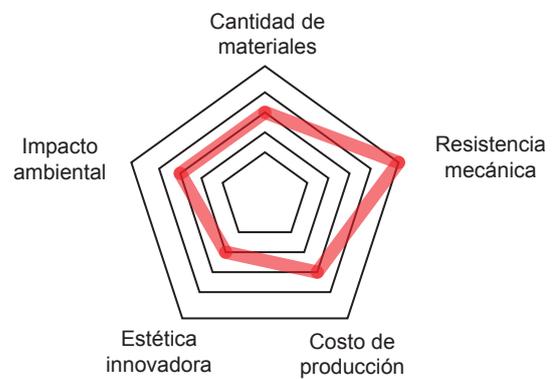
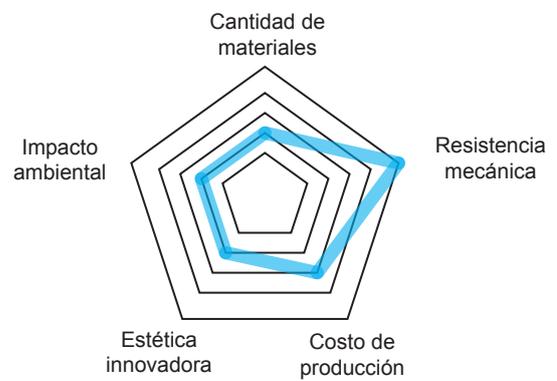
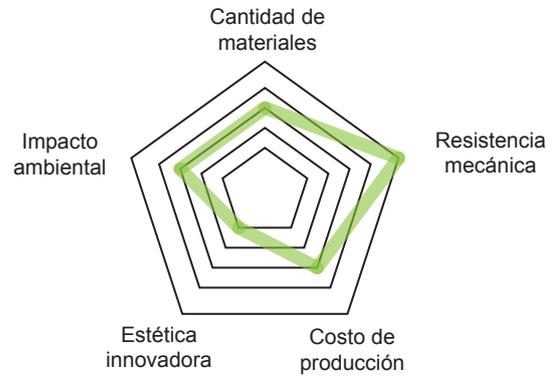


Figura 85 - Comparativa de sustitución de material banco 1

## Banco de estudio 2

En la conformación de este banco predominan 2 materiales, el cemento y el metal. El primero es utilizado para conformar toda la base y el segundo para generar el respaldo.

Estos 2 materiales se vinculan por una serie de bulones metálicos que fijan ambas partes. El banco no se encuentra fijado al piso pero por su elevado peso no es trasladable.

Los procesos de fabricación utilizan materiales vírgenes, y no aprecia el uso de materiales reciclados. El metal utilizado posee un tratamiento superficial como manera de prolongar la durabilidad al estar expuesto a la intemperie.

Material	Unidades (Un)	Durabilidad
Hormigón armado	1	Alta
Soportes metálicos	1	Media
Bulones metálicos	8	Media

Tabla 31 - Materiales y componentes banco 2



Figura 86 - Imagen del banco 2

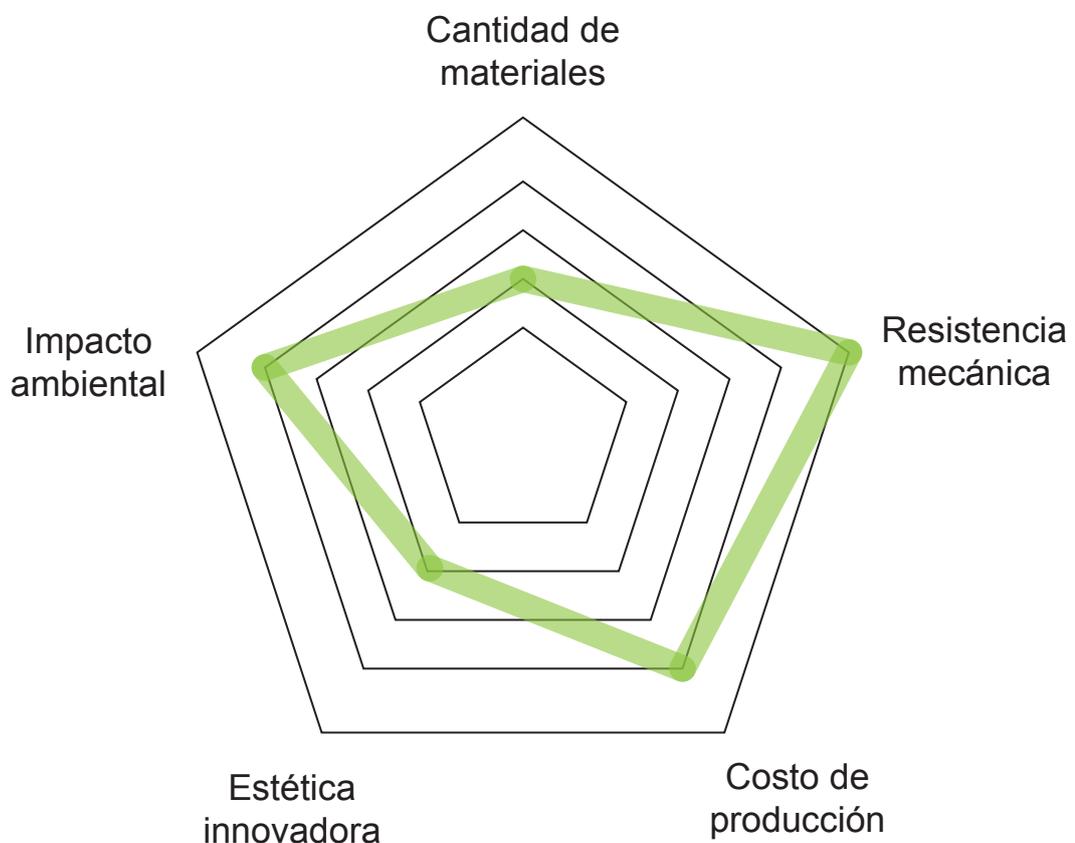


Figura 87 - Esquema de evaluación del banco 2

# ANÁLISIS COMPARATIVO

## Banco de estudio 2

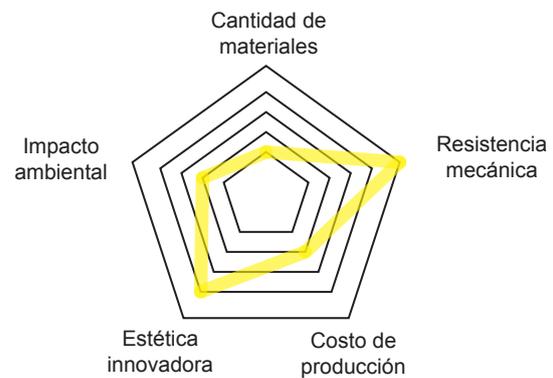
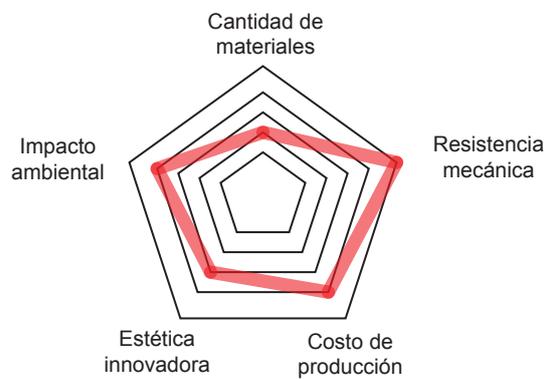
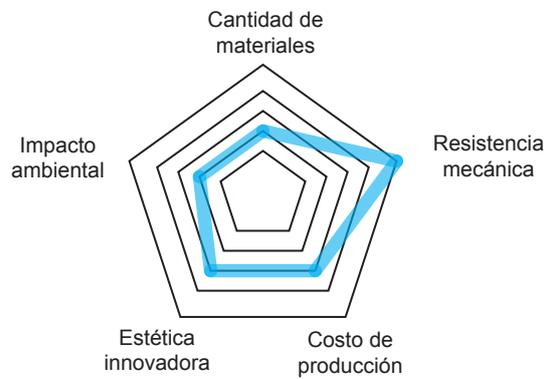
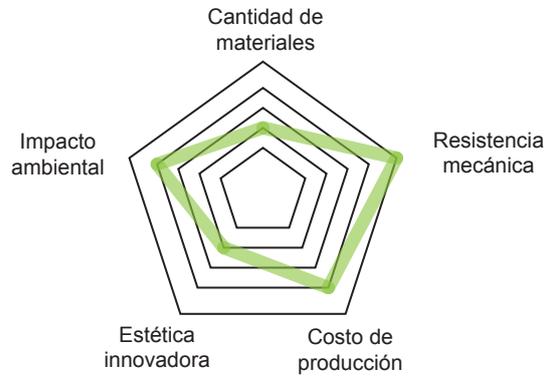


Figura 88 - Comparativa de sustitución de material banco 2

## Banco de estudio 3

En la conformación de este banco predominan 2 materiales, el cemento y la madera. El primero es utilizado para conformar las bases y el segundo para generar el asiento y respaldo.

Estos 2 materiales se vinculan por 2 soportes metálicos y una serie de bulones que fijan todas las partes.

El banco no se encuentra fijado al piso pero por su elevado peso no es trasladable. Los procesos de fabricación utilizan materiales vírgenes, y no aprecia el uso de materiales reciclados, tal vez la madera únicamente pueda provenir de bosques con manejo responsable.

Material	Unidades (Un)	Durabilidad
Hormigón armado	2	Alta
Soportes metálicos	2	Media
Bulones metálicos	12	Media
Madera	16	Baja

Tabla 32 - Materiales y componentes banco 3



Figura 89 - Imagen del banco 3

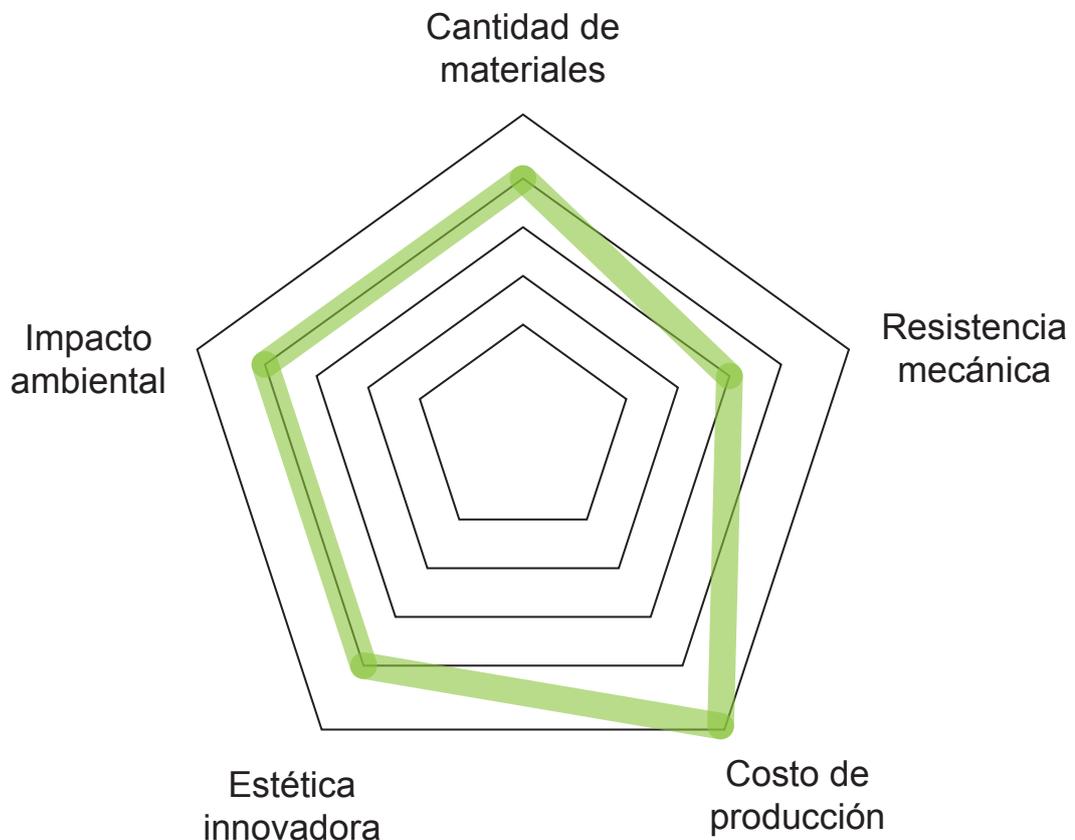


Figura 90 - Esquema de evaluación del banco 3

# ANÁLISIS COMPARATIVO

## Banco de estudio 3

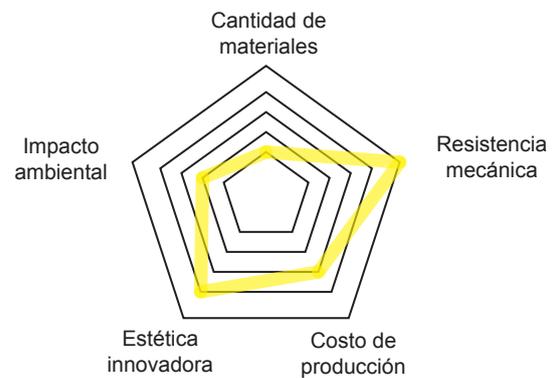
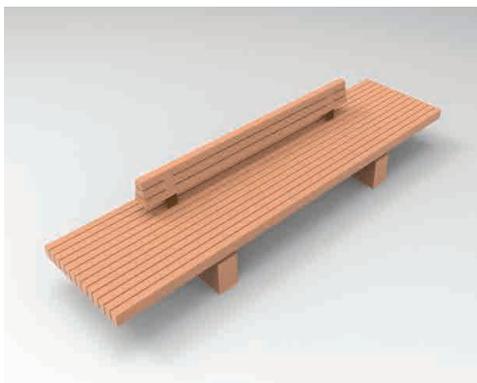
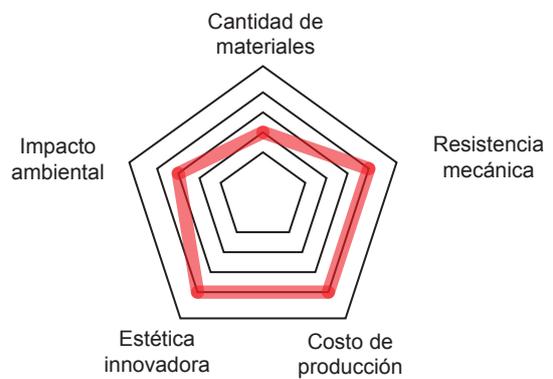
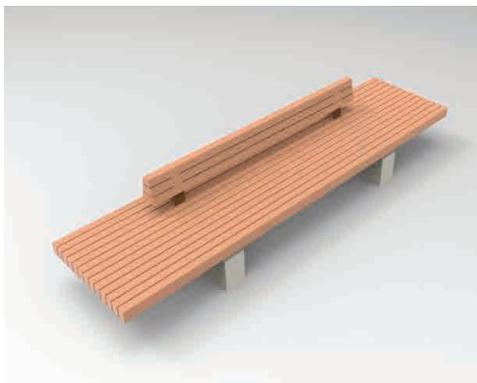
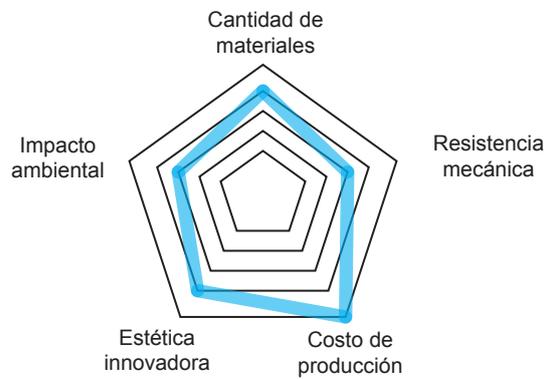
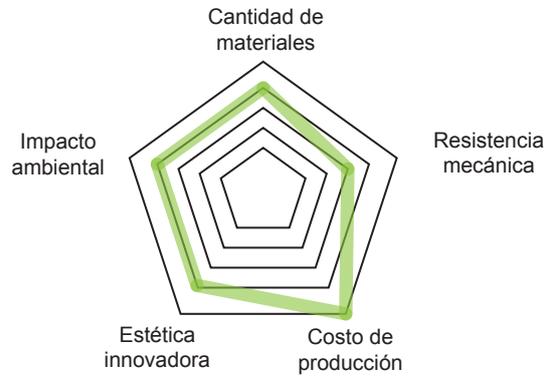


Figura 91 - Comparativa de sustitución de material banco 3

# FICHA DE ANÁLISIS

## Banco de estudio 4

En la conformación de este banco predominan 2 materiales, el cemento y la madera. El primero es utilizado para conformar las 2 bases y el segundo como terminación y adecuación ergonómica y estética a los usuarios.

Estos 2 materiales se vinculan por una serie de bulones metálicos que fijan ambas partes. El banco no se encuentra fijado al piso pero por su elevado peso no es trasladable.

Los procesos de fabricación utilizan materiales vírgenes, y no aprecia el uso de materiales reciclados, tal vez la madera únicamente pueda provenir de bosques con manejo responsable.

Material	Unidades (Un)	Durabilidad
Hormigón armado	2	Alta
Bulones metálicos	10	Media
Madera	13	Baja

Tabla 33 - Materiales y componentes banco 4



Figura 92 - Imágen del banco 4

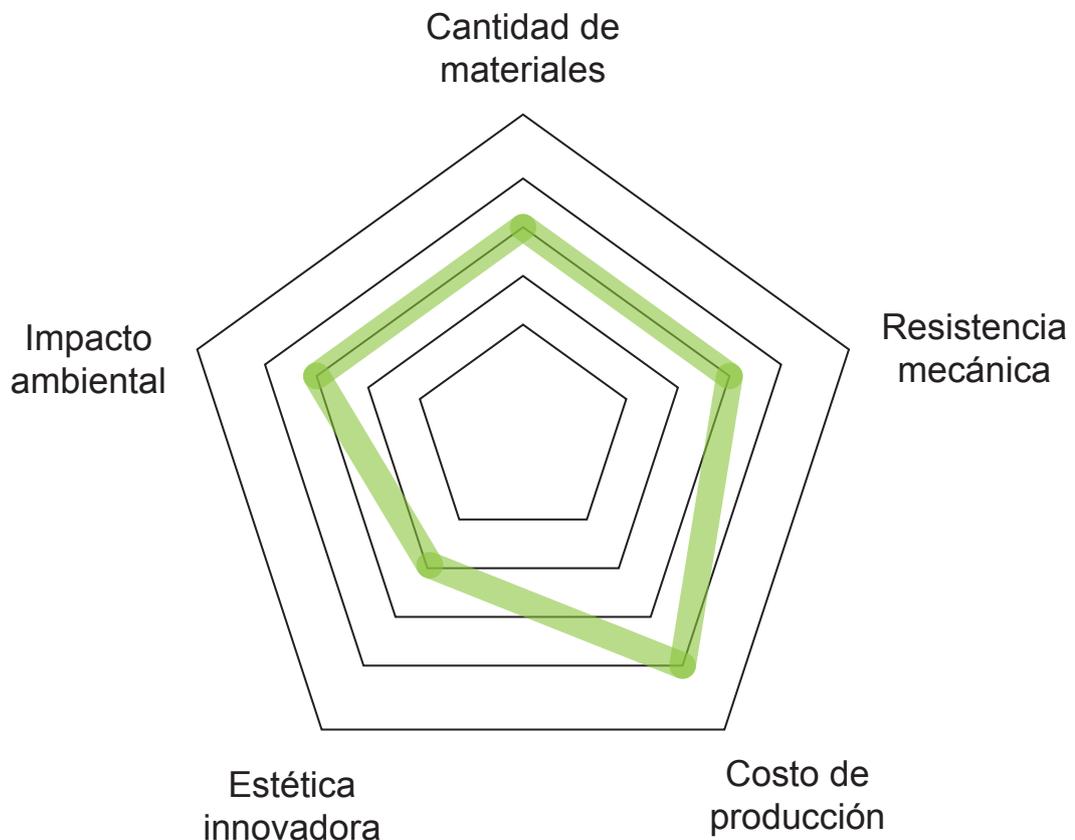


Figura 93 - Esquema de evaluación del banco 4

# ANÁLISIS COMPARATIVO

## Banco de estudio 4

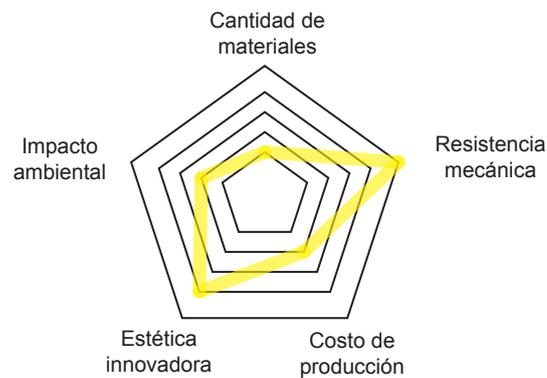
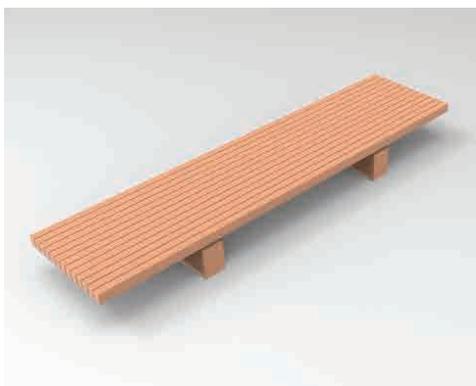
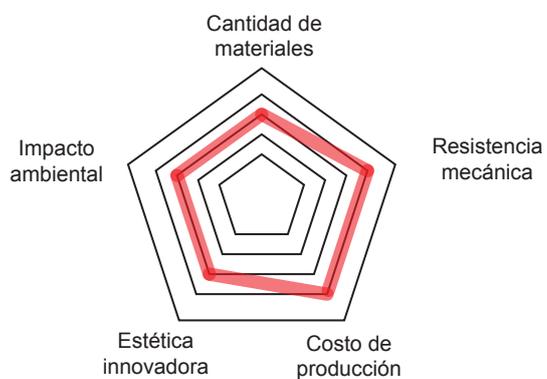
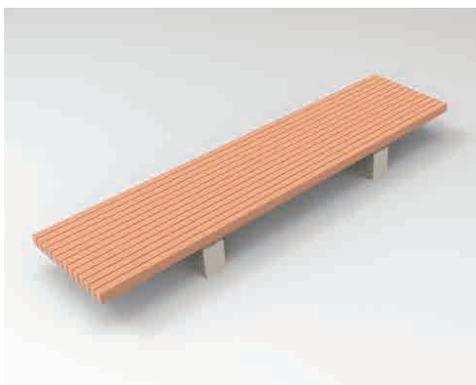
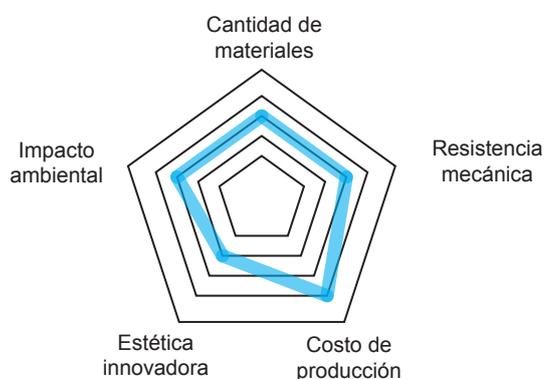
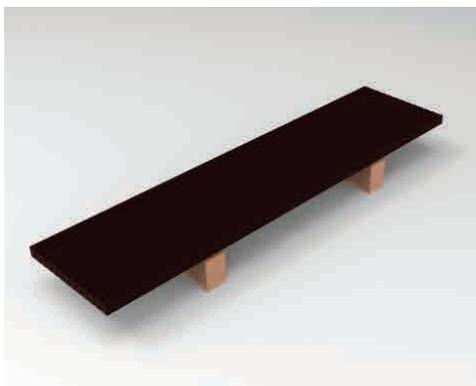
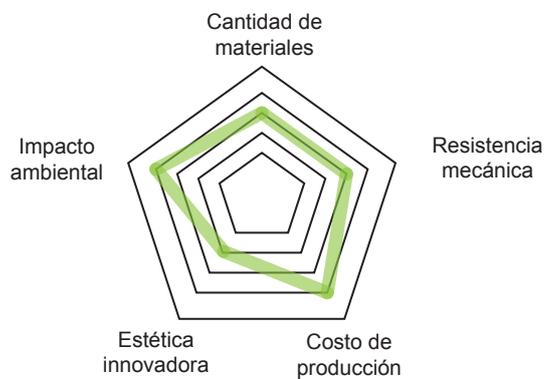
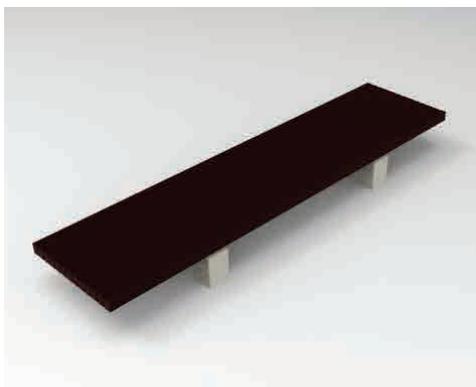


Figura 94 - Comparativa de sustitución de material banco 4

# RESUMEN ANÁLISIS COMPARATIVO

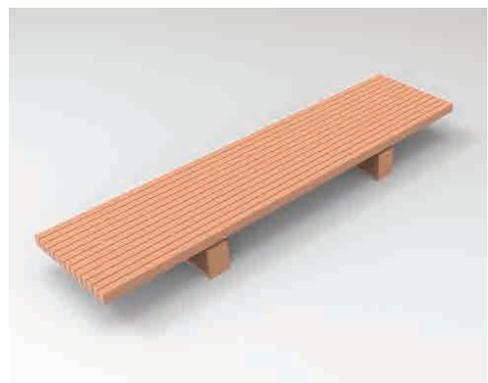
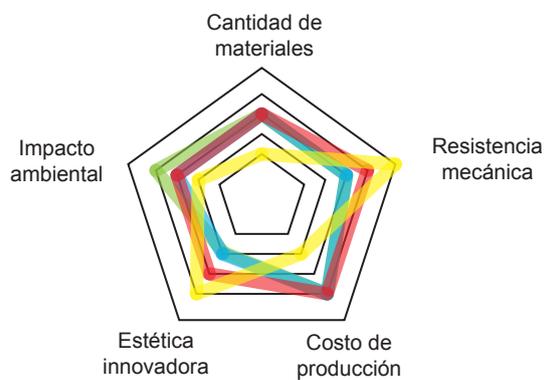
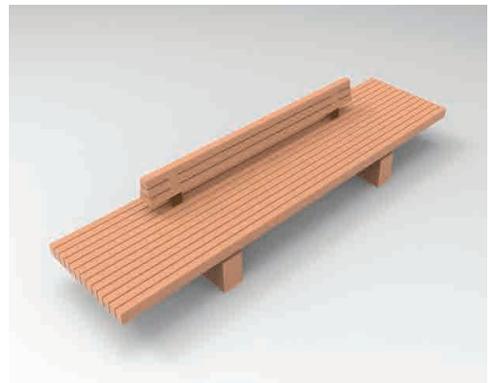
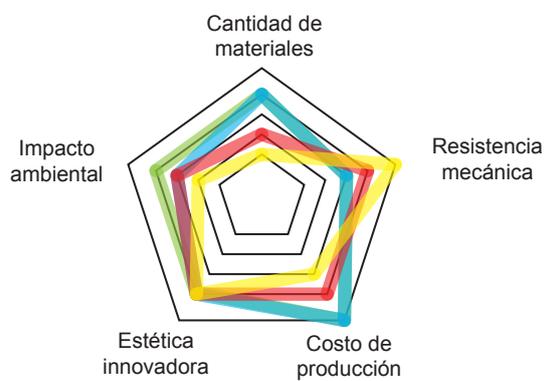
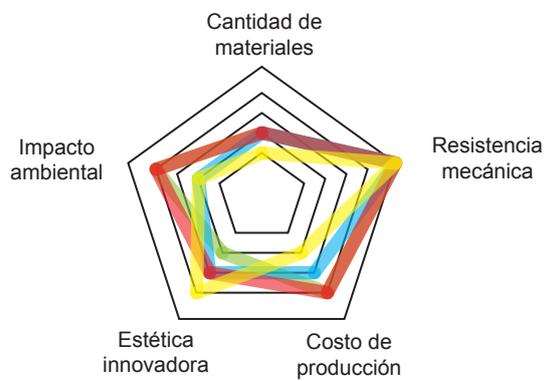
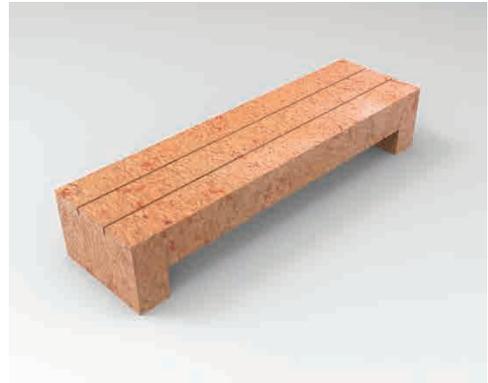
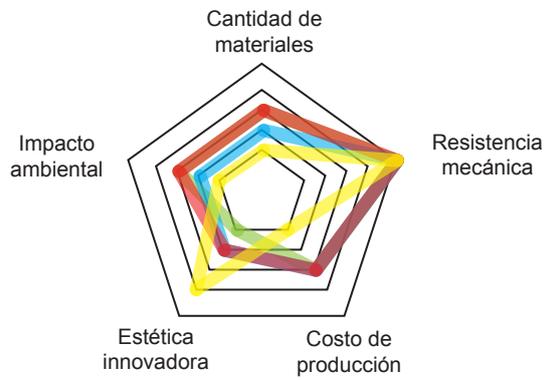


Figura 95 - Comparativa combinada de propuestas

## Resultados

Del análisis de los diferentes bancos de estudio en cuanto a la información representada en los esquemas y sus 5 atributos relevados podemos observar que los mismos no sufren grandes variaciones ni tensiones elevadas entre los mismos.

Las modificaciones que surgen de la aplicación del material desarrollado en las diferentes piezas responden a dos factores principales, a la ubicación espacial de la pieza sustituida y la modificación tecnológica propia de la utilización del material propuesto.

En cuanto a la ubicación espacial si el material se encuentra en las superficies más expuestas al usuario el atributo estético se ve maximizado. La modificación tecnológica nos permite prescindir de insumos antes utilizados o bien generar piezas en menor cantidad de pasos o con menor cantidad de moldes.

La inclusión del material reciclado reduce en todos los casos el atributo de impacto ambiental, dado que se sustituyen las piezas de cemento o madera. De estos dos materiales el cemento es que genera la mayor reducción en este atributo.

El atributo que menos alteraciones tuvo fue el de resistencia mecánica dado que el material propuesto tiene características muy similares a la de los materiales iniciales.

Otro atributo que tuvo variaciones considerables es cantidad de materiales, pero estas son lógicas debido a la sustitución de materiales iniciales, llegando a la sustitución total con el material propuesto.

Surge de este análisis que el material propuesto puede funcionar de buena manera aplicado a mobiliario urbano, ya que en todos los casos de estudios la inclusión del mismo minimiza los atributos más negativos y maximiza los más positivos derivados de la producción y la utilización de los bancos.

En este análisis no se modificaron formalmente ninguno de los ejemplos relevados, sin embargo el material propuesto posee características plásticas que amplían el universo de formas y vínculos sin complejizar en exceso los procesos productivos.

Consideramos que las aplicaciones que se propondrán a continuación deberán contemplar la novedad formal aplicada al espacio público.

## Resultados

Desde la jerarquización de requisitos se pudo constatar que los objetivos iniciales de este trabajo se vieron ampliados, además de esto se pudo dar un enfoque más preciso para la aplicación con miras al desarrollo de mobiliario urbano.

Si bien al momento creemos que no es posible cumplir con todos los requisitos plantados, las futuras propuestas podrán cumplir con la mayoría de los requisitos indispensables, algunos deseables y algunos optativos.

En a la aplicación de los procesos productivos aplicables al material, todos resultaron pasibles de utilización, no obstante el calandrado por su simplicidad resultó el más viable para diferentes procesos productivos.

Esto no descarta los demás procesos investigados, ya sea la extrusión como el moldeado, los cuales siguen siendo también buenas alternativas para la generación de productos con el material propuesto.

Cualquiera de los procesos anteriormente mencionados generan piezas pasibles de mecanización con las limitantes ya mencionadas, lo que permite dar una correcta terminación a las superficies.

La herramienta adaptada y desarrollada para el análisis del mobiliario existente resultó de gran aporte. Con ella se trabajaron 5 atributos que consideramos impactan directamente en diferentes esferas que componen al producto, tanto desde lo formal, lo productivo, lo estético, los costos y el impacto ambiental.

Este análisis dio como resultado que las mayores modificaciones se dieron en cuanto a la ubicación espacial de la pieza sustituida con el material propuesto.

La observación más importante derivada de este análisis es que la inclusión del material en todos los casos minimiza los atributos más negativos como ser impacto ambiental y costo de producción y potencia los positivos como menor cantidad de materiales y resistencia mecánica. Si bien no se modificaron formalmente las piezas, tan solo la sustitución de un material por otro impacta en la esencia de la pieza y como ésta es percibida en su contexto de uso.

La realización de piezas de mobiliario urbano con el material propuesto sumado a sus características amplían en gran manera el universo de formas posibles sin complejizar los procesos productivos.

Con los avances obtenidos hasta el momento consideramos que están terminadas las etapas de la metodología de Bürdeck "Esbozo del proyecto / Creación de alternativas". Si bien en la próxima etapa de la metodología volveremos a los procesos productivos, el enfoque será más en profundidad para poder valorarlo al producir una pieza a escala lo más fielmente posible.

# Capítulo 6 - Diseño aplicado al material

## Alternativa de producto

Introducción

Posibilidades de calandrado

Resultados

Posibilidades de extrusión

Resultados

Posibilidades de moldeado

Resultados

## Conclusiones

Resultados

## Introducción

Como forma de verificar lo analizado en el capítulo anterior y cumplir con los objetivos trazados al inicio de esta tesis en el presente capítulo se desarrollarán algunas alternativas para el uso del material.

Estas serán de aplicación de procesos productivos y tecnologías propias del material desarrollado aplicadas al mobiliario urbano, no obstante este desarrollo no profundizará en otros aspectos como los ergonómicos, de uso, costos, usuarios, contexto de uso, etc.

El objetivo primordial es evidenciar aplicaciones posibles con fin de materializar en productos lo desarrollado y de esta forma mostrar las capacidades y limitantes del material propuesto.

Para lograr estas aplicaciones pondremos la mirada desde los procesos productivos aplicables y las piezas, formas, superficies y vínculos que con ellos se pueden lograr.

Con estos lineamientos nos planteamos continuar trabajando los procesos antes relevados y aplicables al material desde los más simples hasta los más complejos.

Si bien existen numerosos ejemplos a nivel mundial de mobiliario urbano contemporáneo que trabajan materiales y formas novedosas en el caso del universo acotado de la plaza "Gral. Liber Seregni" estos ejemplos parecen lejanos, sin embargo en algunas de las piezas emplazadas allí se puede ver una intención de salir de las ideas preconcebidas en cuanto a mobiliario urbano en Montevideo.

Consideramos que dadas las características de este material el mismo puede servir de nexo para lograr generar piezas que se alejen de lo formalmente convencional de la ciudad y que mantengan o mejoren las características de uso y durabilidad que estos productos deben tener.

## Posibilidades de Calandrado

Como ya mencionamos por medio de este proceso se pueden lograr piezas laminadas de diversos espesores, anchos y longitudes.

Teniendo en cuenta que los productos producidos mediante este proceso son mayormente placas, consideramos que con el material propuesto se pueden lograr piezas de similares características. Éstas pueden utilizarse enteras o ser aserradas para utilizarse como tablas, éstas últimas son posibles de ser molduradas para lograr diferentes formas.

Las placas generadas con el material propuesto se pueden trabajar húmedas sobre pre-formas para lograr por plegado formas en tres dimensiones.

Las limitantes productivas están dadas por la capacidad de la maquinaria a utilizar en cuanto a dimensiones planeras y el grado de compactación que se pueda lograr en función del espesor deseado.

Estos son aspectos en los que no se van a profundizar dado que pertenecen a la producción en sí y escapan a los objetivos de este análisis.



Mayor espesor = Menor compactación



Menor espesor = Mayor compactación

Figura 97 - Diferencias de compactación esperables

En cuanto a las limitantes propias del material un aspecto a destacar es que para la conformación de formas plegadas o curvadas los ángulos deben ser mayores de 95° aproximadamente.

Con ángulos menores el material sufre contracciones propias durante el secado que lo debilitan en las zonas de pliegue.



Figura 98 - Consideraciones para piezas calandradas

Para el desarrollo de estas formas es necesario utilizar pre-formas o moldes que contengan un área de resguardo dada la contracción del material durante el proceso de secado.

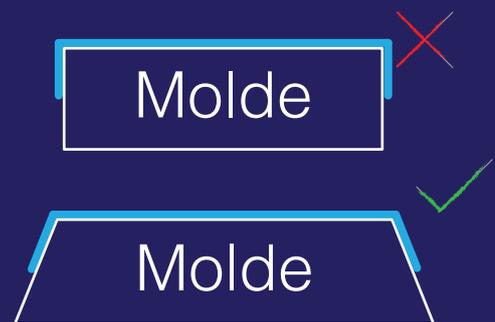


Figura 99 - Consideraciones para piezas calandradas sobre molde

# ALTERNATIVAS DE PRODUCTO



Figura 100 - Proceso manual de generación de láminas calandradas

## Resultados

### Calandrado

Es aconsejable que la superficie de reposo utilizada para el fraguado del material calandrado tenga algún tipo de producto desmoldante oleoso.

De lo contrario el material podría adherirse al apoyo durante el secado y esto generaría en la pieza diferentes deformaciones como ser ondulaciones superficiales, agrietamientos o ladeo de sus cantos.



Figura 101 - Aplicación de desmoldante sobre superficie de apoyo.



Figura 102 - Pieza seca con deformaciones producto de la no aplicación de desmoldantes.

Por otro lado es aconsejable que la mezcla termine de secar completamente para realizar el fraccionamiento de las tablas o tableros. Si se realizan los cortes de piezas con la mezcla recién calandrada y húmeda el rozamiento de la herramienta de corte generará desgarros, arrastres y deformaciones en el material final.

Los desgarros durante el corte son producto del arrastre de EPS por la herramienta, esto se genera por que las fibras al estar húmedas y una vez cortadas vuelven a unirse y al separar las piezas dejan el corte irregular.

Otras deformaciones que se generan por la misma razón son el aplastamiento de la cara superior y arrastre superficial a los lados del corte.

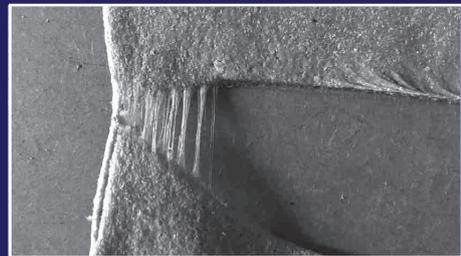


Figura 103 - Desgarro producido por corte en pieza húmeda

La mezcla al momento de ser calandrada hasta el espesor deseado debe ser procesada ágilmente (aprox. 15 min) debido a la evaporación del solvente. Luego de ser expulsada la pieza, ésta debe ser manipulada rápidamente ya que contiene menor cantidad de solvente retenido producto del proceso experimentado.

Si los tiempos de procesamiento y manipuleo son extensos tanto la mezcla como la pieza generada se secan superficialmente generando defectos.

Para el aserrado de los tableros secos en secciones de menor tamaño hay que utilizar sierra del tipo sinfin, ya que este tipo de herramientas posee hojas de menor sección y mayor recorrido que otras como las del tipo circular, esto produce menor rozamiento y por lo tanto menor temperatura lo que deriva en menos arrastre al cortar y elimina procesos posteriores.

## Posibilidades de Extrusión

Mediante este proceso se pueden fabricar piezas extruídas de secciones transversales complejas con diversas formas, ya sea macizas o huecas. Además de esto la pieza extruída resultante posee una excelente terminación superficial.

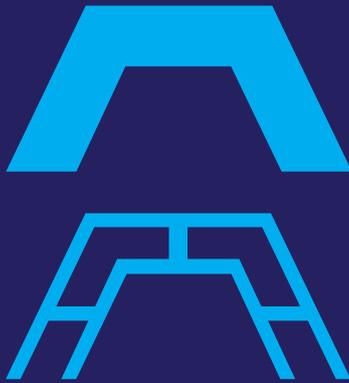


Figura 104 - Ejemplo de pieza extruída maciza y hueca

Las piezas extruídas son de sección regular y pueden ser continuas o fraccionarse en varios módulos, lo que permite diferentes configuraciones al momento de su instalación. Las piezas generadas con el material propuesto luego de salir de la boquilla de extrusión deben ser sometidas a un baño de agua para mantener inalterada su forma, esto solo provoca el endurecimiento superficial para que la misma no se deforme por la acción de su propio peso.



Figura 105 - Diferencia entre piezas con y sin puelverzación de agua

Al igual que en el proceso anterior la pieza se puede manipular luego del baño por un período de tiempo reducido.

Otros factores que influyen en la manipulación de la pieza son el tamaño y la sección. Por estas razones es que la pieza puede moldearse levemente ya sea curvándola o retorciéndola, pero sin generar grandes cambios en su forma.

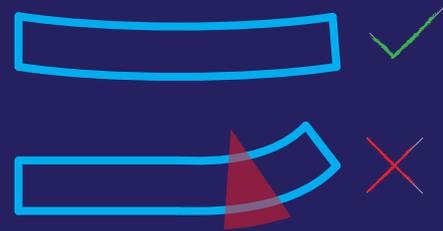


Figura 106 - Vista superior de piezas extruídas con condicionantes de manipulación

Esta característica permite mejorar la capacidad de modulación de las piezas.

Con las posibilidades que brinda este proceso se pueden lograr encastres que permitan la unión de piezas sin la necesidad de usar fijaciones agregadas como ser tornillos, bulones, herrajes, etc. Para lograr esto es necesario la realización de procesos luego secada la pieza.

El trabajar con módulos permite generar diferentes configuraciones que sirven para extender espacialmente el mismo por medio de la repetición, logrando mediante la sumatoria de módulos generar piezas más amplias.

# ALTERNATIVAS DE PRODUCTO

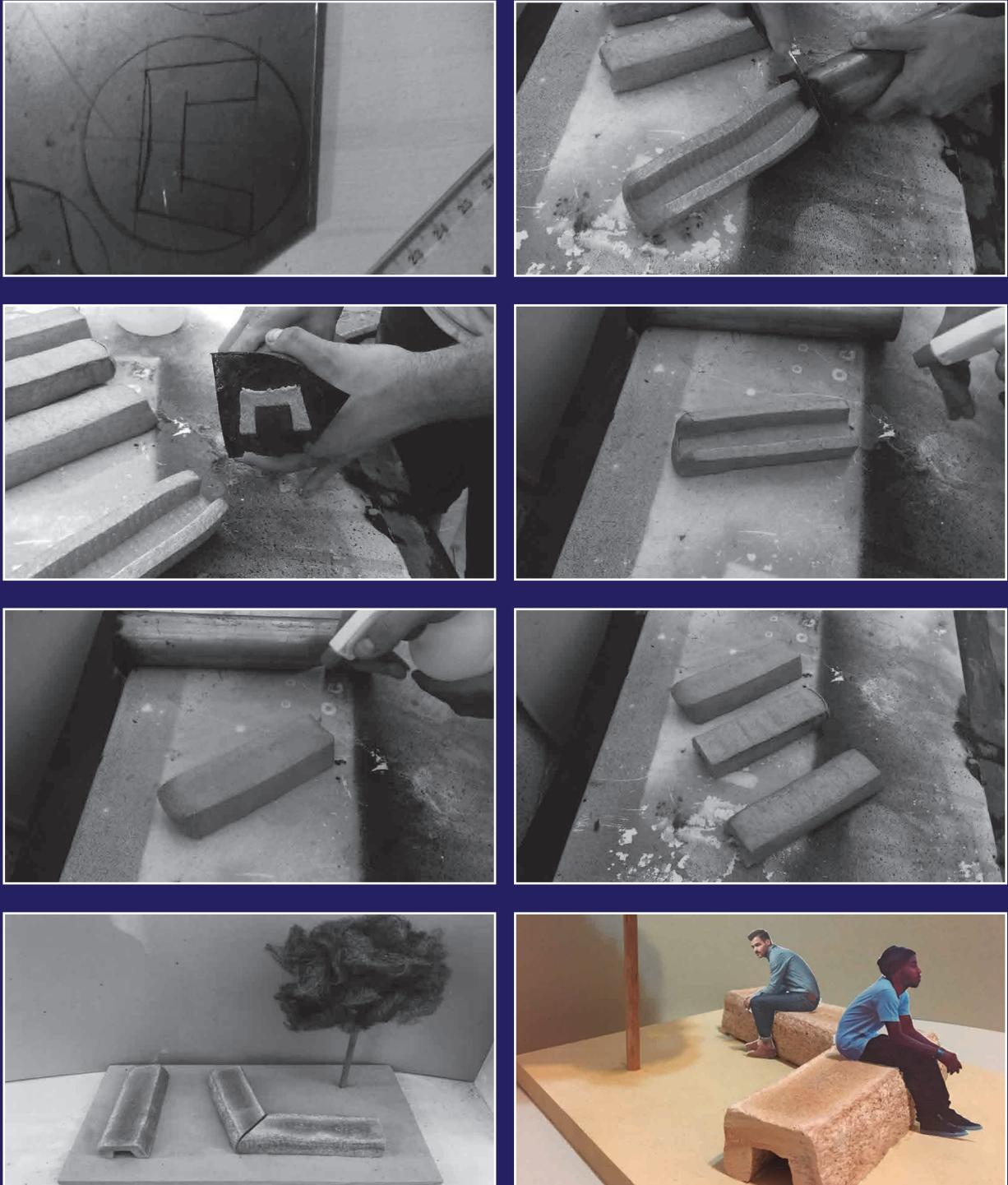


Figura 107 - Proceso manual de generación de piezas extruías

## Resultados

### Extrusión

Para la realización de este proceso no es necesario la utilización de desmoldante ni en la extrusora ni en la superficie de apoyo del material.

La mezcla al pasar por la boquilla se ve compactada por la acción de la presión generada por el pistón, copiando fielmente la forma deseada. Un vez que pasó este punto la mezcla se expande nuevamente pero en menor medida en todos sus ejes.



Figura 108 - Expansión del material al salir de la boquilla extrusora.

Esta expansión es esperable y debe ser considerada al momento de fabricar la boquilla. Para la extrusión del material no es necesario la aplicación de grandes presiones, las pruebas fueron realizadas con un pistón de 2 ton en cual no fue cargado al máximo de capacidad.

La velocidad de salida del material depende de la boquilla y no de la presión ejercida sobre la mezcla, por más que se aplique más presión el material es expulsado a la misma velocidad. Sumado a esto se debe considerar que la presión ejercida debe ser constante, de lo contrario se generarían marcas y deformidades en las superficies de las piezas terminadas.



Figura 109 - Marcas y deformaciones por diferencias de presión durante el proceso.

Al igual que los demás procesos luego de salir de la boquilla extrusora es necesario un baño de agua para que la pieza mantenga su forma en el secado posterior.

En este proceso existe un porcentaje de desecho de material dado por el inicio y el corte de la pieza extruida. En ambos momentos la mezcla sufre deformaciones importantes, en el primer caso el material debe acomodarse a la forma de la boquilla, en el segundo caso las deformaciones son producto del corte de de la pieza húmeda.

Estos extremos de la pieza extruída deben ser cortados y desechados una vez que la misma se encuentre seca.

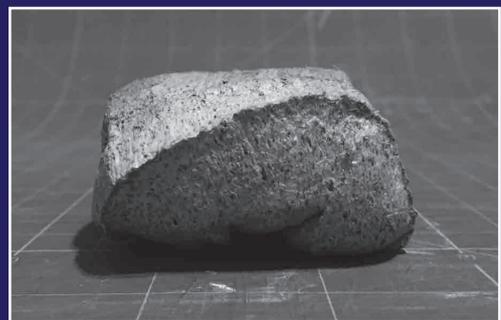


Figura 110 - Deformación generada al inicio de la extrusión de una pieza.

## Posibilidades de Moldeado

La aplicación de este proceso nos permite conformar piezas de formas complejas ya sea regulares como irregulares, con algunas limitantes dadas por el material.

Este proceso puede realizarse tanto con moldes simples, de una o dos piezas como con moldes complejos de tres piezas o más.

Para realizar el moldeado es necesario la aplicación de presión para que la mezcla fluya y copie lo más fielmente posible la forma del molde. Dada la viscosidad de la mezcla se hace necesario tomar precauciones en la fabricación del molde para que la misma fluya entre sus paredes de manera correcta, ya que no es un material líquido sino una masa.

Para la fabricación de los moldes es necesario considerar los ángulos de la pieza final para evitar desgarramientos.

Los ángulos de desmolde y el porcentaje de retracción que el material sufre durante el secado deben ser considerados.

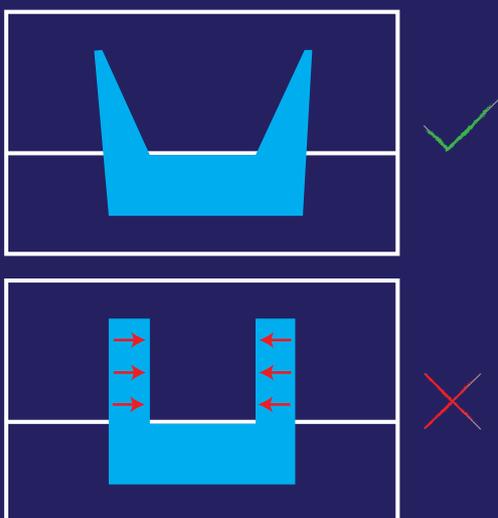


Figura 111 - Molde simple con y sin consideraciones para el desmolde de las piezas.

La mezcla propuesta presenta un buen nivel de copiado de detalles inclusive en piezas de tamaño reducido.

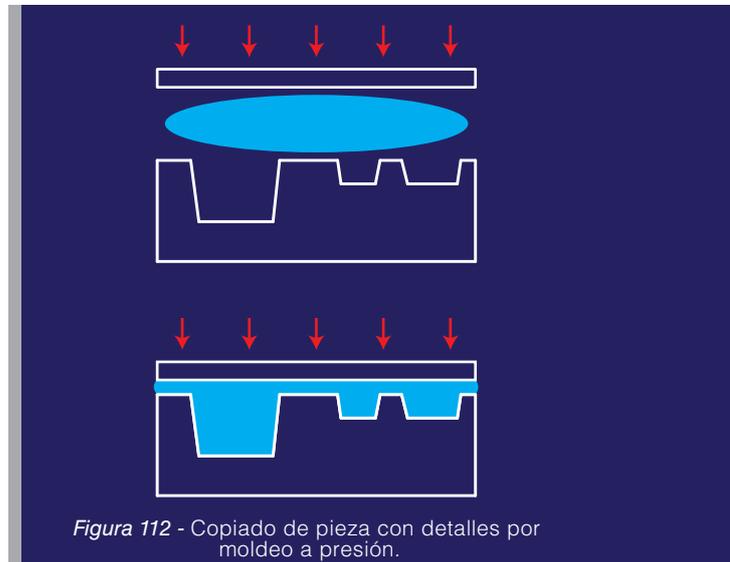


Figura 112 - Copiado de pieza con detalles por moldeado a presión.

La misma puede utilizarse en procesos de moldeado como los utilizados para otros materiales y piezas, como ser la fabricación de productos de caucho, caucho siliconado, etc.

Este proceso siempre requiere de la realización de procesos posteriores para eliminar excesos de material que son expulsados fuera del molde.

Dentro de estos procesos podemos incluir el retirado de rebabas, troquelado de bordes, chaflanado de aristas vivas, etc.

Si bien estos pueden ser aplicables a otros procesos de conformación de piezas, en el caso del moldeado son imprescindibles, sin embargo representan un desperdicio mínimo de material.

# ALTERNATIVAS DE PRODUCTO

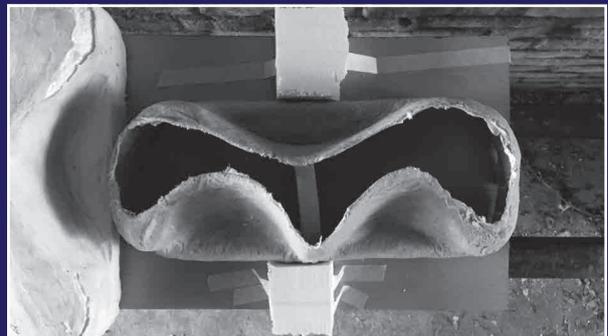
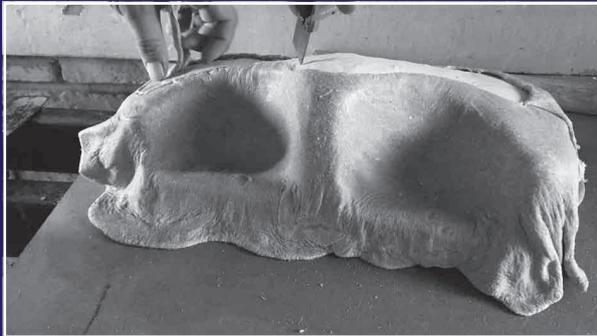
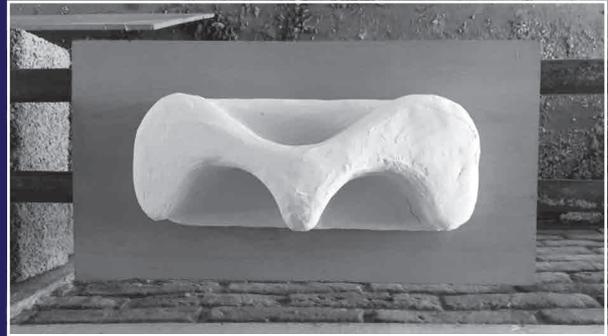
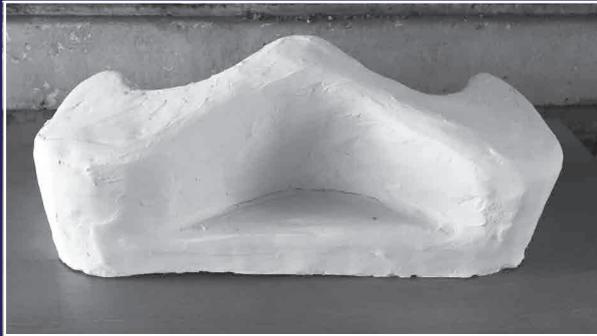


Figura 113 - Proceso manual de generación de piezas moldeadas

## Resultados

### Moldeado

Los moldes a utilizar previamente deben tener desmoldante aplicado en toda su superficie, esto posibilita el retirado de las piezas.

En este proceso y con este material es aconsejable realizar solamente un secado parcial en molde, el secado final debe realizarse fuera del molde para evitar que con las contracciones del material la pieza quede aprisionada.

El secado parcial, como en los casos anteriores debe realizarse con agua, la misma puede incluirse sobre el desmoldante de forma pulverizada en el mismo molde o bien aplicarse inmediatamente después de retirada la pieza, esto depende del tipo de pieza.

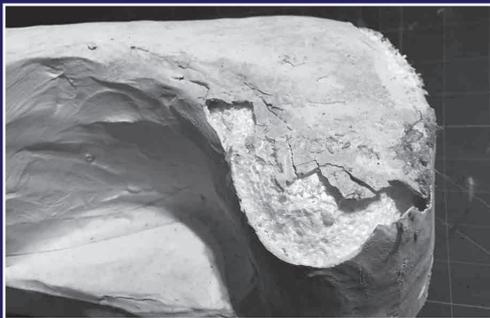


Figura 114 - Molde afectado por la incorrecta aplicación de desmoldante.

En el ensayo de este proceso se utilizó 1 solo molde, el material fue colocado sobre el mismo previo calandrado. Si bien esto facilitó el proceso al utilizarse un único molde, también complejizo lograr llegar a la forma final.

Este método de trabajo y la forma buscada generaron pliegues en el material al momento de ajustarlo al molde, si bien estos pliegues fueron mitigados con la aplicación de presión se generaron diferentes espesores por la

acumulación de material. Esto genera que se haga necesario la rectificación de bordes y superficies.

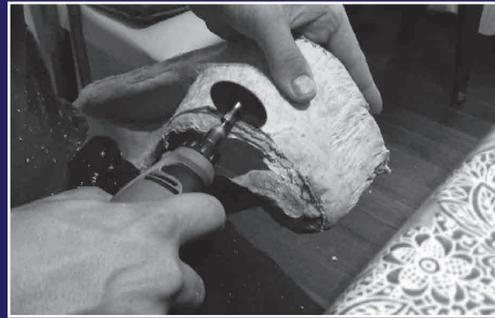


Figura 115 - Corte y rectificación de superficie posterior al secado.

Estos procesos si bien deben realizarse en las piezas moldeadas, se puede minimizar colocando soportes durante el secado para evitar deformaciones, esto depende directamente del tipo de pieza que se quiera fabricar.

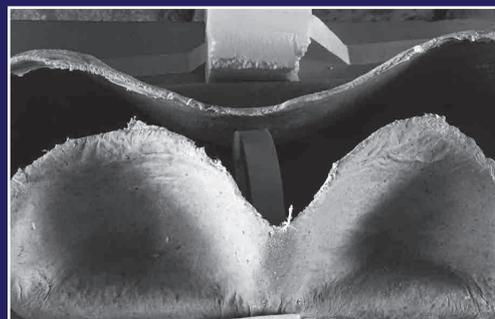


Figura 116 - Utilización de soportes durante el secado.

De los procesos investigados si bien este es el que requiere más reprocesos posteriores al secado, también es el que permite más libertad formal pudiendo generarse incluso formas orgánicas.

Otra de las ventajas productivas del uso de este proceso aplicado al material es que mediante el mismo se pueden producir piezas que sirvan a más de un propósito como la pieza presentada.

## Resultados

Los tres procesos estudiados y utilizados para conformar piezas con el material propuesto, brindan diferentes posibilidades tanto productivas como de aplicación.

La realización de las maquetas comprueba que el proceso más aplicable es el calandrado, incluso como proceso auxiliar para otros procesos posteriores. Esta característica le otorga un valor añadido a un proceso ya conocido y utilizado sin la necesidad de realizarle ninguna adaptación específica.

Consideramos que este proceso por sí solo es el más indicado para la fabricación de piezas destinadas a la sustitución de otros materiales utilizados en el mobiliario urbano.

En cuanto a la extrusión observamos que es el método más rápido de fabricación de piezas semiterminadas y el que menos reprocesos requiere para lograr las piezas finales.

Como limitante hay que tener especial cuidado en el diseño de la boquilla extrusora y en la manipulación de la pieza extruída. Por otro lado presenta la ventaja de lograr piezas modulables e iguales en su sección lo que otorga cierta flexibilidad desde el punto de vista de la construcción de espacios.

Creemos que este proceso puede llegar a realizarse en el mismo sitio de instalación ya que la pieza al salir de la extrusora solo requiere de tiempo de secado y procesos simples de terminación como ser fijación, achaflando de aristas, lijado superficial, etc. Si bien esto requiere un estudio más amplio y detallado la limitante sería principalmente el darle movilidad a la maquinaria requerida.

Por último el moldeado nos ofrece la posibilidad de realizar piezas con gran novedad formal para el contexto y adaptables al mismo. Si bien de los 3 procesos es el más complejo también es el que presenta más libertades formales.

Como única desventaja podemos observar que los moldes requeridos para la fabricación pueden tener costos elevados debido al tamaño de los mismos, para poder solventar estos costos sería necesario producir gran cantidad de piezas. Sabemos que la mayor limitante va ser el tamaño, dado que el mismo no requiere grandes estructuras ni materiales costosos.

Derivado de la utilización de este proceso en busca de generar una forma final representativa del mismo, llegamos a la conclusión que se pueden generar piezas con más de un propósito, a modo de ejemplo asientos con contenedores de residuos, asientos con canteros incuídos, maceteros que incluyan soportes para iluminación, etc.

Si bien a lo largo de este trabajo hemos visto y revisado en varias oportunidades los procesos aplicables, una vez concluída esta etapa constatamos que sin aplicar los mismos a un proyecto no era posible determinar las reales capacidades que posee tanto el material propuesto como los procesos en sí mismos.

El llevar este desarrollo a aplicaciones, al menos en maquetas, concluye con más información relevada y validada que ayudan a la mejor comprensión del valor del presente trabajo.

# Capítulo 7 - Conclusiones

Conclusiones finales

Bibliografía

Desde el comienzo de este trabajo pensamos en desarrollarlo de manera interdisciplinar, dado que es imposible contar con los conocimientos y la profundidad necesaria para desarrollar un material desde su formulación.

Si bien en las primeras etapas del trabajo ya contábamos con aproximaciones y teníamos definidos los componentes principales que podrían utilizarse en la producción, se hizo necesario contar con equipamiento especializado para la realización de los trabajos con miras a definir el material y los procesos aplicables.

Luego de buscar en diferentes instituciones logramos acordar la utilización del laboratorio del Instituto de Ensayos de Materiales de Facultad de Ingeniería, con esto llegamos a ser los articuladores de diferentes saberes entre nuestra institución y la mencionada. Esto para nosotros es un gran valor agregado tanto por su novedad local como por los resultados obtenidos de esta colaboración, además de generar un vínculo que esperamos se fortalezca.

Al realizar la investigación preliminar también nos encontramos con mucha colaboración de empresas privadas las cuales nos abrieron sus puertas para informarnos su experiencia. Entre estas empresas se encuentran las más grandes del país en cuanto a producción y utilización de EPS y también empresas más pequeñas dedicadas a la clasificación y reciclaje de desechos. Toda esta información y experiencia sumado al interés que demostraron en la propuesta preliminar nos alentó a seguir adelante y nos manifestó que existen bases sólidas e interés en el desarrollo de este tipo de propuestas.

Además de este interés en la investigación vimos que no solo es un interés local sino que es regional y mundial.

Desde el campo del diseño creemos que pudimos aportar además de formulaciones y ensayos una visión global del producto como tal, contemplando también aspectos de uso y humanos.

Con este enfoque decidimos trabajar con 2 metodologías, una utilizada para la generación de saberes científicos y otra propia del campo del diseño, utilizada para la generación de ideas y desarrollo de productos.

Esta articulación nos permitió ver como existen entre ellas diversos puntos en común y como la generación de conocimiento de diferentes disciplinas comparten etapas en respuesta a las mismas problemáticas y oportunidades detectadas.

En cuanto al desarrollo del material se realizaron la mayor cantidad de ensayos posibles y se los sometió a diferentes esfuerzos y consideraciones como forma de contemplar tanto su estructura, su funcionamiento y sus posibilidades constructivas posteriores. Si bien de todas las formulaciones se eligió la que obtuvo los

# CONCLUSIONES FINALES

mejores resultados para el uso primario que nos planteamos, no se deben descartar las demás ya que pueden ser contempladas para otros usos con diferentes exigencias.

La formulación seleccionada para el resto del desarrollo fue verificada y comprobada mediante ensayos adicionales con el fin de asegurarnos sus características y propiedades, llegando a generar una ficha representativa de la propuesta.

Si bien lo anterior define en su totalidad al material, no es suficiente para definir la aplicación del mismo, es por ello que por medio de la herramienta I.D.O seleccionamos y jerarquizamos los requisitos que la propuesta debe contemplar.

El desarrollo posterior es producto de la unión de la nociones técnicas y de la proyección de los primeros objetivos de diseño aplicado, creemos que este es uno de los puntos de contacto más importantes entre los saberes.

Con esta base y teniendo en cuenta que el material tiene carecterísticas plásticas, investigamos los procesos más utilizados por esta industria y más accesibles para realizar. No pudimos acceder a maquinaria específica para éstos, sin embargo pudimos aproximarnos a lo que sería la realización industrial. Lo mismo ocurrió con los precesos de maquinado los cuales si fueron más accesibles de realizar aunque no de manera automática.

Tanto la etapa de ensayos como la etapa de aplicación de procesos y mecanizado del material suman a la visión global del diseñador visto como proyectista de objetos y procurador de soluciones. En este punto resulta imposible pensar en la realización de

objetos con este material sin haberlo diseñado, trabajado y comprobado anteriormente.

Al verificar los procesos que eran aplicables al material para la conformación de piezas surgió la necesidad de poder profundizar en procesos de mecanizado, tanto sea para corregir las imperfecciones que estos pudieran tener o como para generar piezas nuevas partiendo de las mismas.

Los procesos de mecanizado ensayados fueron los más comunes así como las herramientas utilizadas.

Los resultados obtenidos fueron muy buenos pero es necesario tomar precauciones sobre todo en el recalentamiento de la herramienta. Los datos obtenidos fueron volcados a una nueva ficha que unida a la anterior resultan de insumo imprescindible para la utilización del material en la producción de piezas.

Con toda esta información referente al material y las aproximaciones que tuvimos al hasta el momento sobre que uso darle y en que contexto podría ser utilizado definimos en el desarrollo de alternativas implementar las propuestas en el mobiliario urbano.

Consideramos que el material como tal podra verse exigido a condiciones extremas dadas por el contexto y el uso en este tipo de mobiliario. Además de esto el utilizarlo en espacios públicos y mediante campañas que promueban la clasificación responsable sería una forma potente de consentizar a la población sobre el problema de los desechos y los beneficios de reutilizarlos, haciendo al usuario participe y testigo de como el desecho luego se transforma en un producto para el uso de la sociedad en su conjunto.

# CONCLUSIONES FINALES

Para abordar el desarrollo de piezas para el contexto establecido, propusimos la utilización de una herramienta adaptada que nos permitió graficar, identificar y evaluar diferentes atributos de mobiliario existente. Esta herramienta se completa mediante la sustitución de diferentes piezas con el material propuesto.

Este análisis fue acotado únicamente a bancos de plaza, por ser el producto que más exigencias tiene desde el punto de vista de contexto y de uso.

El resultado de este análisis fue satisfactorio ya que comprobamos que el material al ser utilizado para conformar todo el producto o partes del mismo genera mejoras en los atributos, ya sea potenciando los positivos o reduciendo el impacto de los negativos.

En este punto se hizo necesario llevar a objetos tangibles todo lo investigado, para ello se conformaron modelos a escala con la utilización del material propuesto y los procesos antes estudiados. Mediante la utilización de los 3 procesos se generaron 3 modelos representativos de cada una de las técnicas, verificando también la posibilidad de generar objetos con múltiples usos, objetos con piezas sustituidas, etc.

En el inicio de este trabajo teníamos determinadas expectativas en cuanto al desarrollo del mismo, no obstante el trabajo cotidiano con el material y las constantes motivaciones recibidas tanto de las personas vinculadas a ésta tesis así como de usuarios ajenos a la misma, hicieron que profundizáramos más de lo pensado en la investigación aumentando cada vez más expectativas iniciales.

Lo anterior sumado a las limitantes que tuvimos para la realización de los ensayos necesarios, como ser la limitada cantidad de moldes, la dificultad de acceso al desecho y la falta de tiempo, prolongaron la realización del trabajo.

Nuestra búsqueda se fue transformando entonces de un trabajo acotado a una propuesta integral, que abarca desde las primeras formulaciones del material hasta la real aplicación del mismo en la fabricación de productos.

En cuanto a los objetivos trazados al inicio de la tesis los mismos se ampliaron durante el trabajo, no obstante creemos que no se cumplieron en su totalidad. Pese a ello la mayoría fueron cumplidos y consideramos que de mejor manera que de como los pensamos inicialmente.

Pensamos que este trabajo además de ser un desarrollo en sí mismo, también representa bases sólidas para el desarrollo de propuestas posteriores y en cierta medida una guía para la propuesta de nuevos trabajos interdisciplinarios.

Si bien el camino recorrido tuvo inconvenientes y ventajas, fue ampliamente disfrutable y enriquecedor para nosotros, esperamos que así lo haya sido para todos que han tenido contacto de una forma u otra con el presente trabajo.

**ARRIOLA LARA, Enma Aracely, et al. "Evaluación técnica de alternativas de reciclaje de poliestiro expandido (EPS)" [tesis].**

San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2013.

**CEMPRE. Manual de gestión integral de residuos sólidos urbanos.**

Ed. Monteverde, 1998.

**PNUD/IMM. Proyecto PNUD/URU/91/008. "Úselo y tírelo... para que otros lo reciclen".**

Ed. Cecilia Tenaglia, 2000.

**QUARMBY, Arthur. "Materiales plásticos y arquitectura experimental".**

Ed. Gustavo Gilli, 1976.

**NEUFERT, Ernst. Manual del Styropor.**

Ed. Herder, 1970.

**BÜRDEK, Bernhard . "Historia teoría y práctica del diseño industrial".**

Ed. Gustavo Gilli, 1994.

**IPCS - EHC 143. "Environmental Health Criteria 143".**

OMS, 1992.

**IPCS - EHC 140. "Environmental Health Criteria 143".**

OMS, 1990.

**LAWSON, Stuart. "Diseño de muebles - Desarrollo, Materiales, Fabricación".**

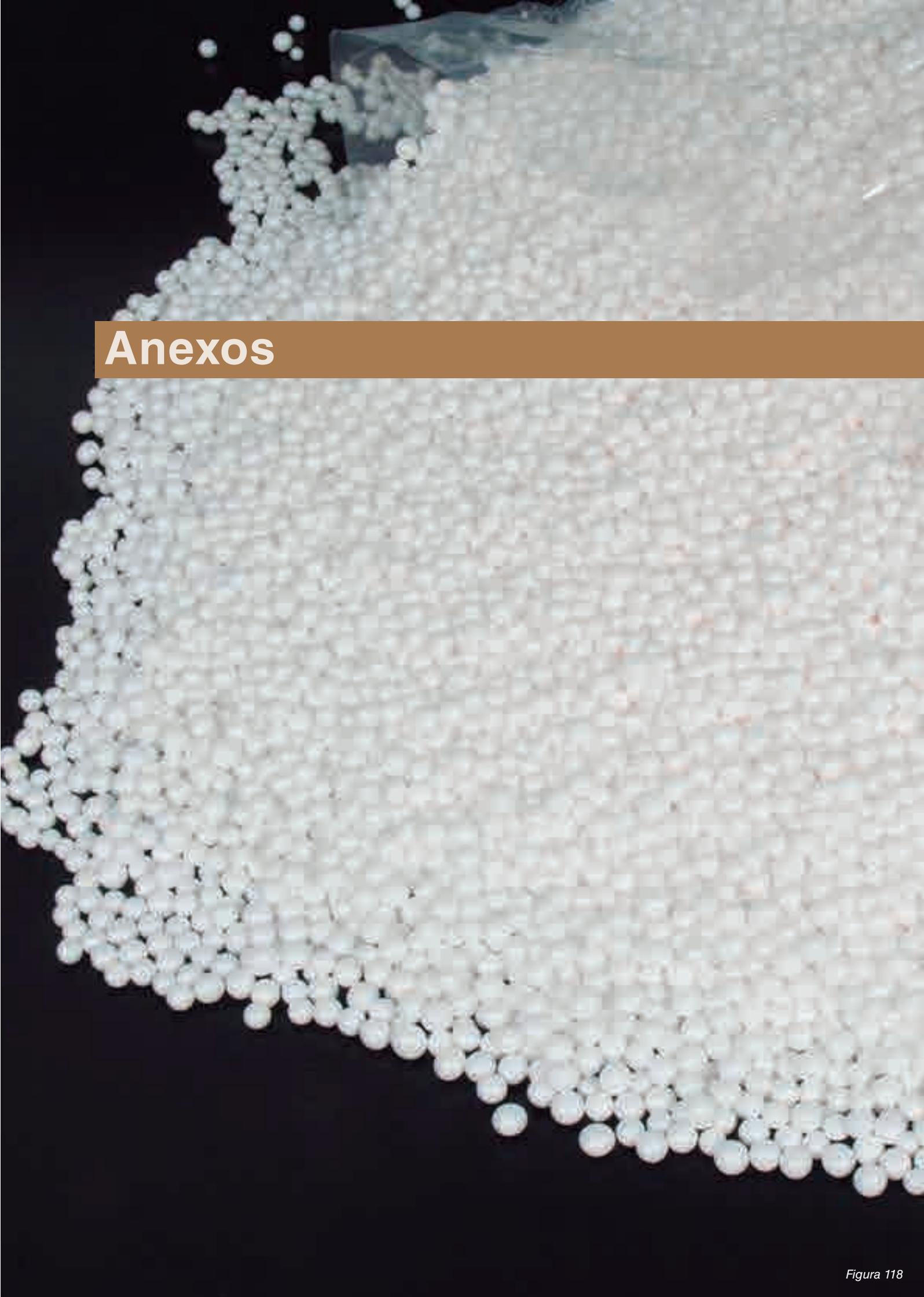
Ed. Blume, 2013.

**CORKETT, Tom. "Eco Design - Mobiliario".**

Ed. Promopress, 2013.

**CORKETT, Tom. "Eco Design - Lámparas".**

Ed. Promopress, 2013



# Anexos

## Anexos

Ensayos caseros	pág. 001
Laboratorio de ensayos	pág. 002
Preparación de muestras para IdM	pág. 003
Ingeniería de muestra	pág. 005
Mención obtenida IdM	pág. 007
Pruebas de quema controlada	pág. 008
Ensayos de flexión y compresión	pág. 009
Proceso de generación de mezcla	pág. 010
Ensayo quema en Mufla	pág. 011
Imágenes microscópicas	pág. 012
Pruebas varias	pág. 019
Articulación primaria entre metodologías y nexos existentes	pág. 020
Imágenes ampliadas de cortes	pág. 021
Relevamiento industria del plástico	pág. 027
Entrevistas de apoyo	pág. 029
Cuestionario general AUIP	pág. 031
Datos exportaciones/importaciones	pág. 037
Aplicación de procesos industriales	pág. 039
Aplicación de procesos mecanizado	pág. 042
Proceso elaboración de maquetas	pág. 045
Muestras sin y con aplicación de agua	pág. 048
Resultados de ensayo en laboratorio	pág. 049

# ENSAYOS CASEROS



# LABORATORIO DE ENSAYOS



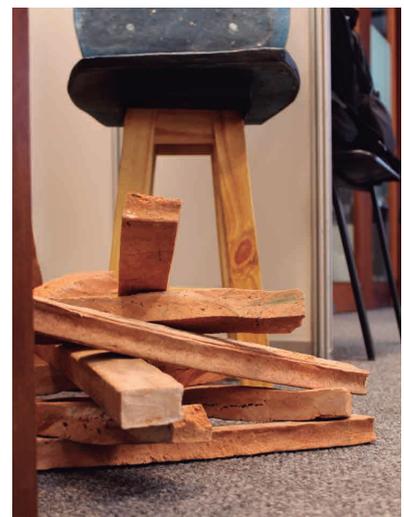
# PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA IdM



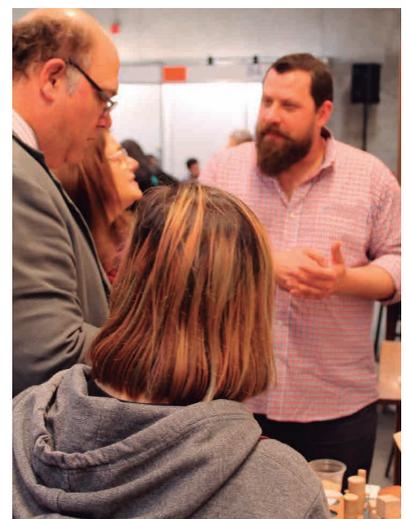
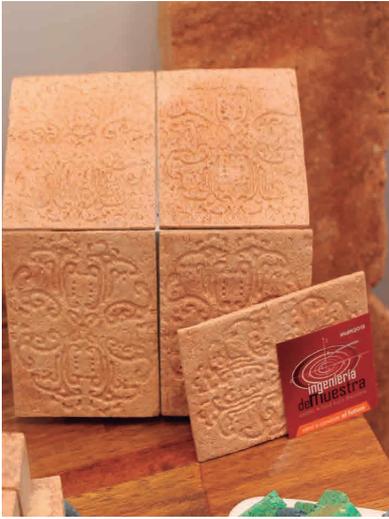
# PREPARACION DE MUESTRAS PARA IdM



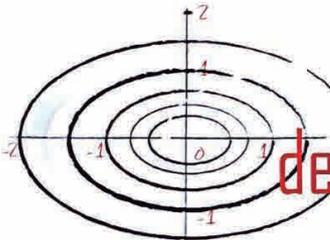
# INGENIERÍA DE MUESTRA



# INGENIERÍA DE MUESTRA



Octubre de 2015



**ingeniería  
de Nuestra**  
2015 • José Luis Massera

## Reconoce al proyecto

PLASTIC WOOD

por poseer el mayor potencial emprendedor de la muestra.

*[Signature]*  
Por Emprenur

*[Signature]*  
Por ANII

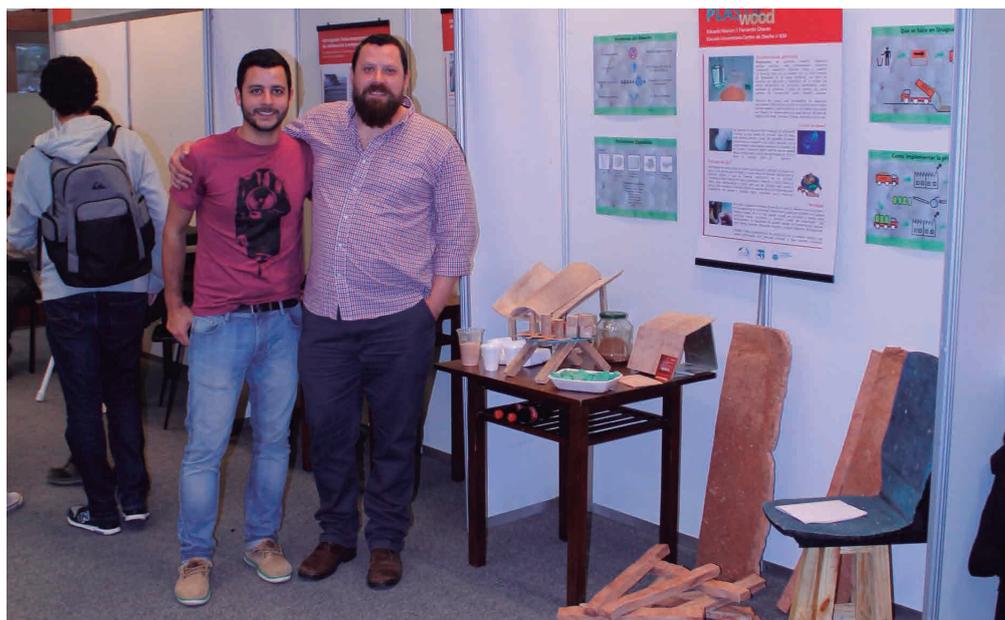
*[Signature]*  
Por LATU

*[Signature]*  
Por Incubadora Khem

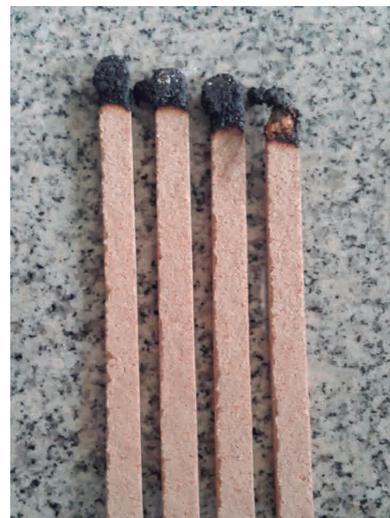
Fundación Julio Ricaldoni  
INGENIERÍA EN EL URUGUAY

ACADEMIA  
INGENIERIA

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY



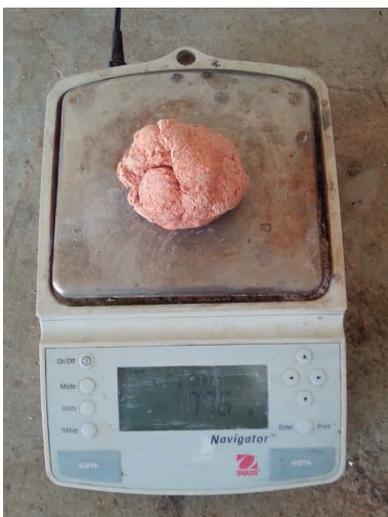
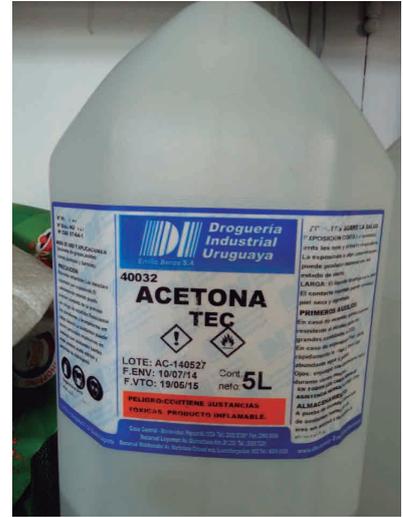
# PRUEBAS DE QUEMA CONTROLADA



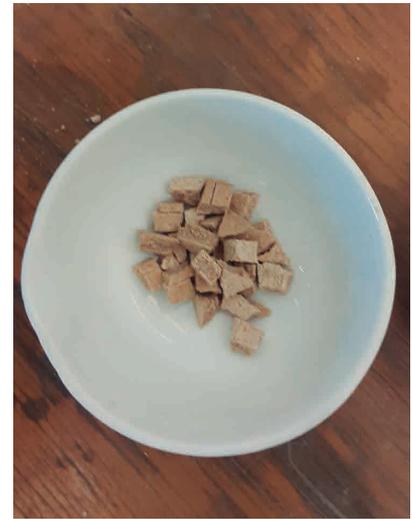
# ENSAYOS DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN



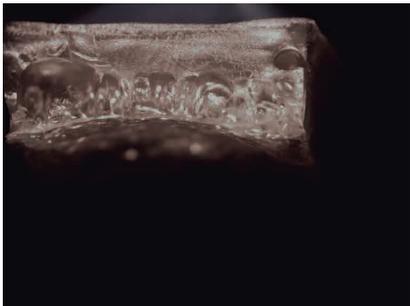
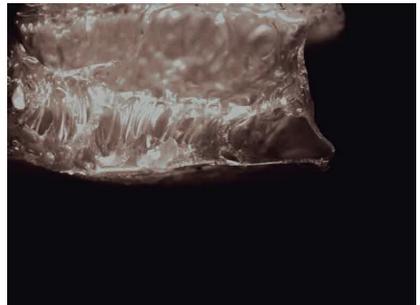
# PROCESO DE GENERACIÓN DE MEZCLA



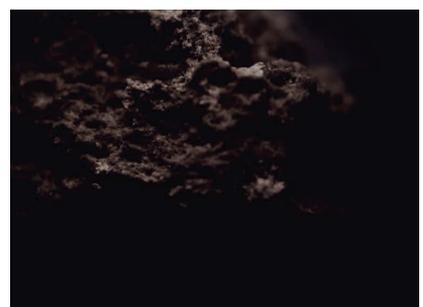
# ENSAYO QUEMA EN MUFLA



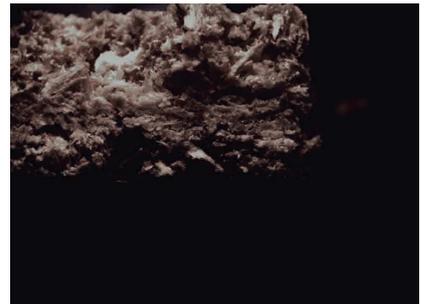
# IMÁGENES MICROSCÓPICAS



# IMÁGENES MICROSCÓPICAS

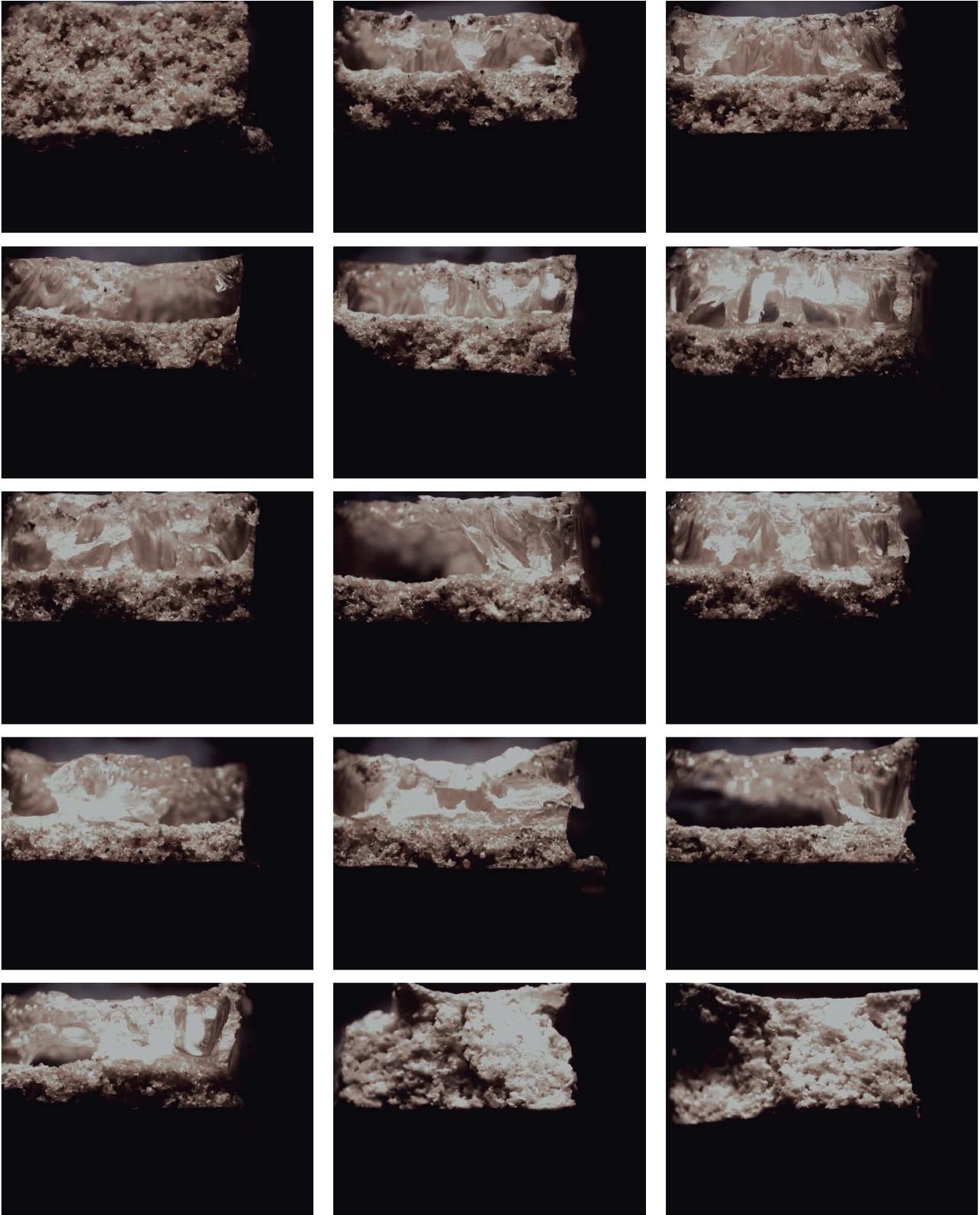


# IMÁGENES MICROSCÓPICAS

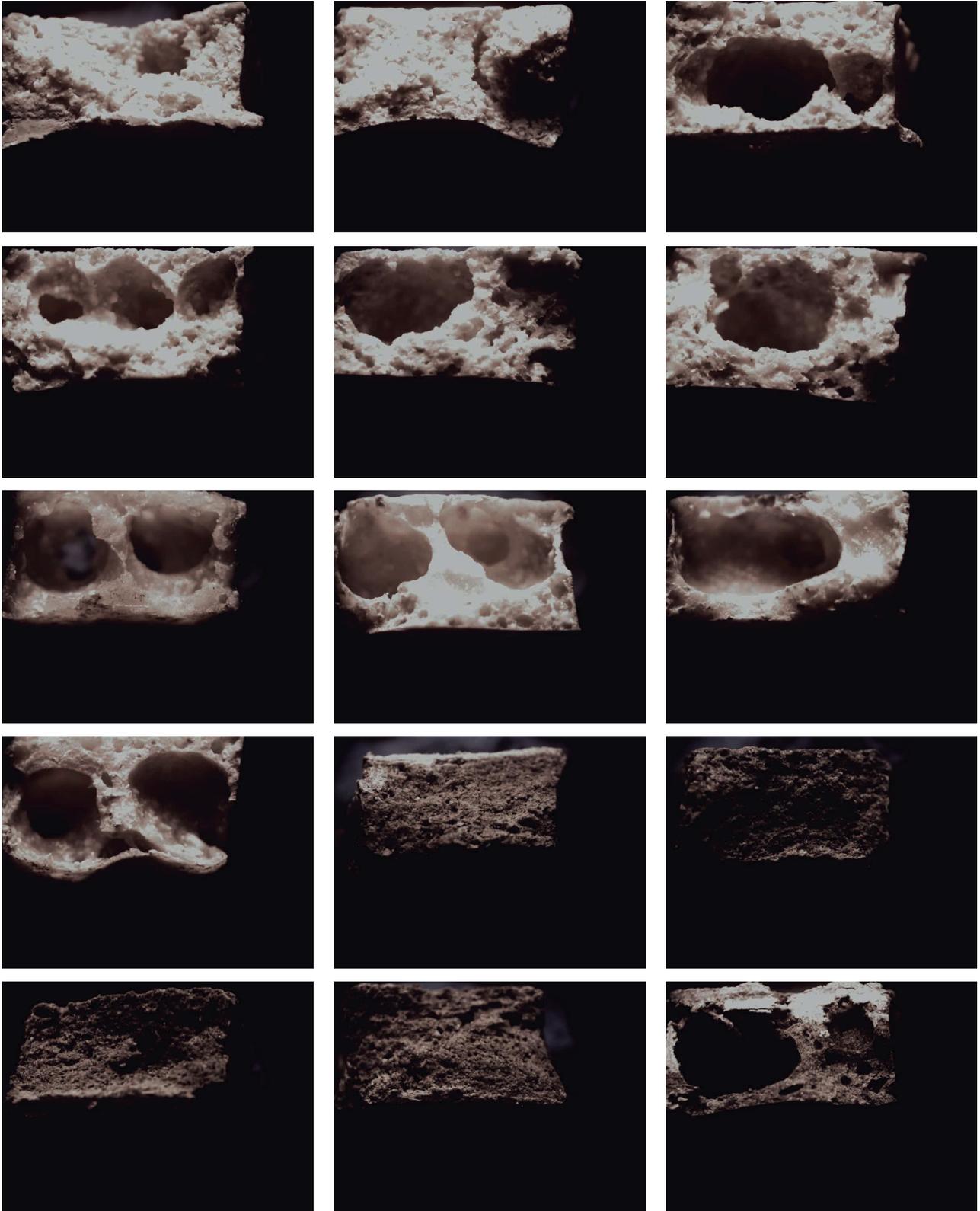




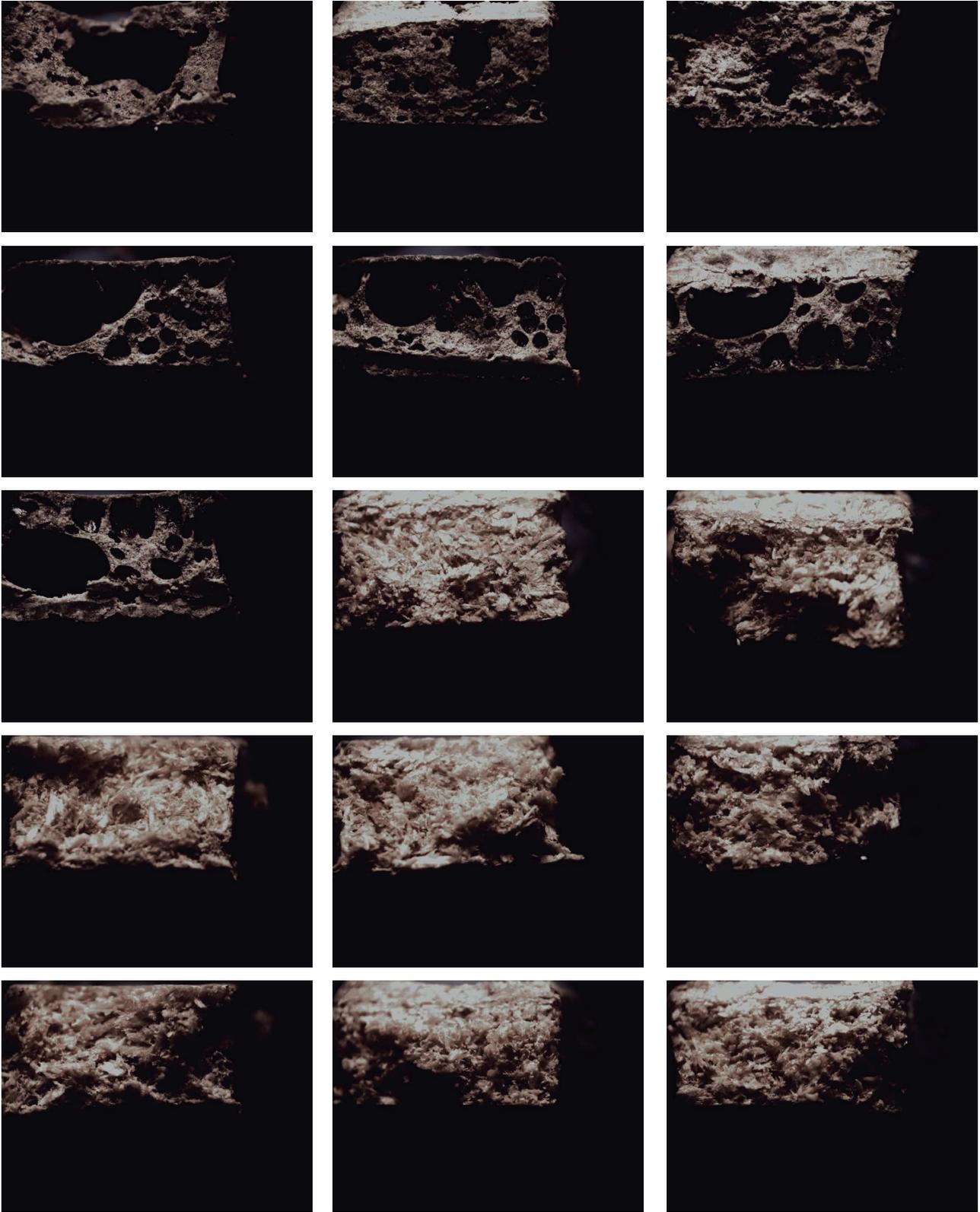
# IMÁGENES MICROSCÓPICAS



# IMÁGENES MICROSCÓPICAS



# IMÁGENES MICROSCÓPICAS



# PRUEBAS VARIAS



Vibrado de pieza con ultra sonido



Comprobacion estructural unicamete mediante pliegues

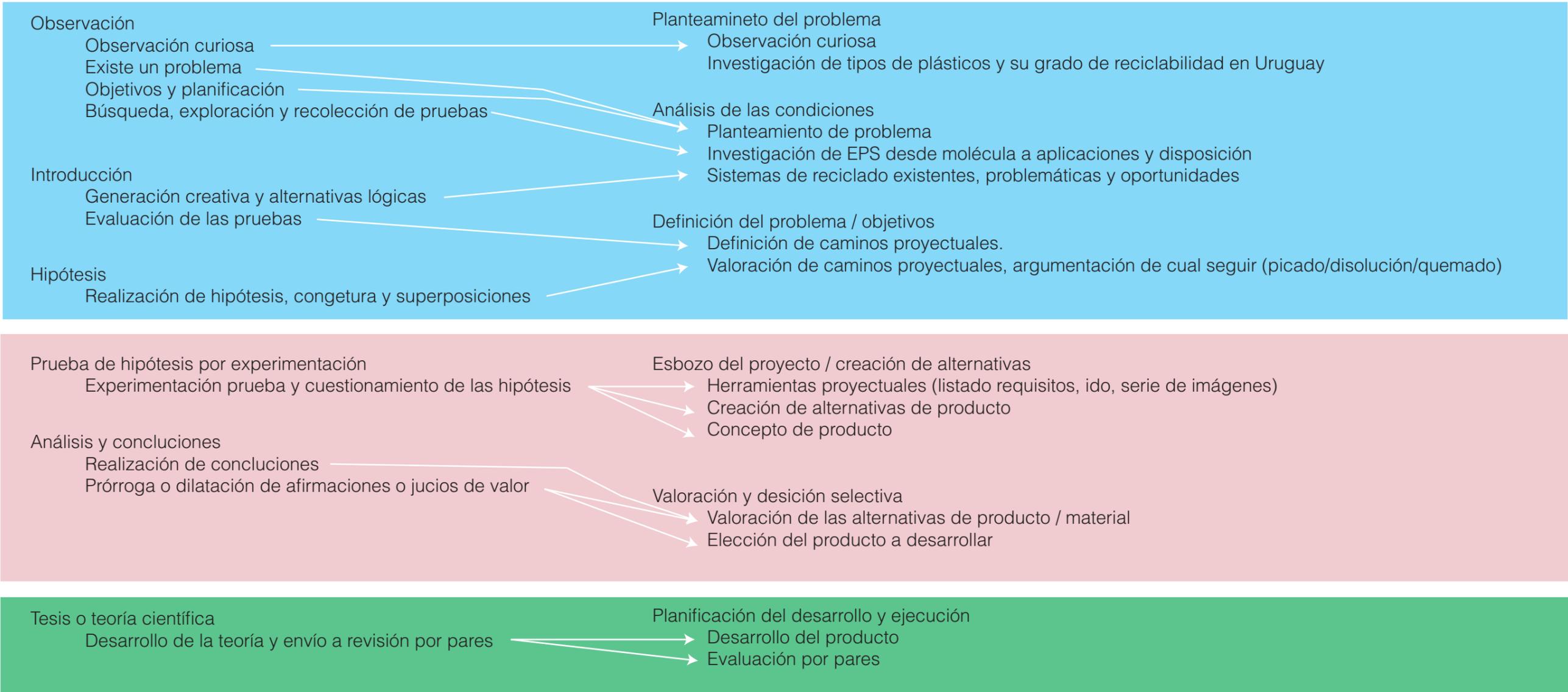


Retiro de piezas luego de prueba de inmercion en agua

# ARTICULACIÓN PRIMARIA ENTRE METODOLÓGÍAS Y NEXOS EXISTENTES

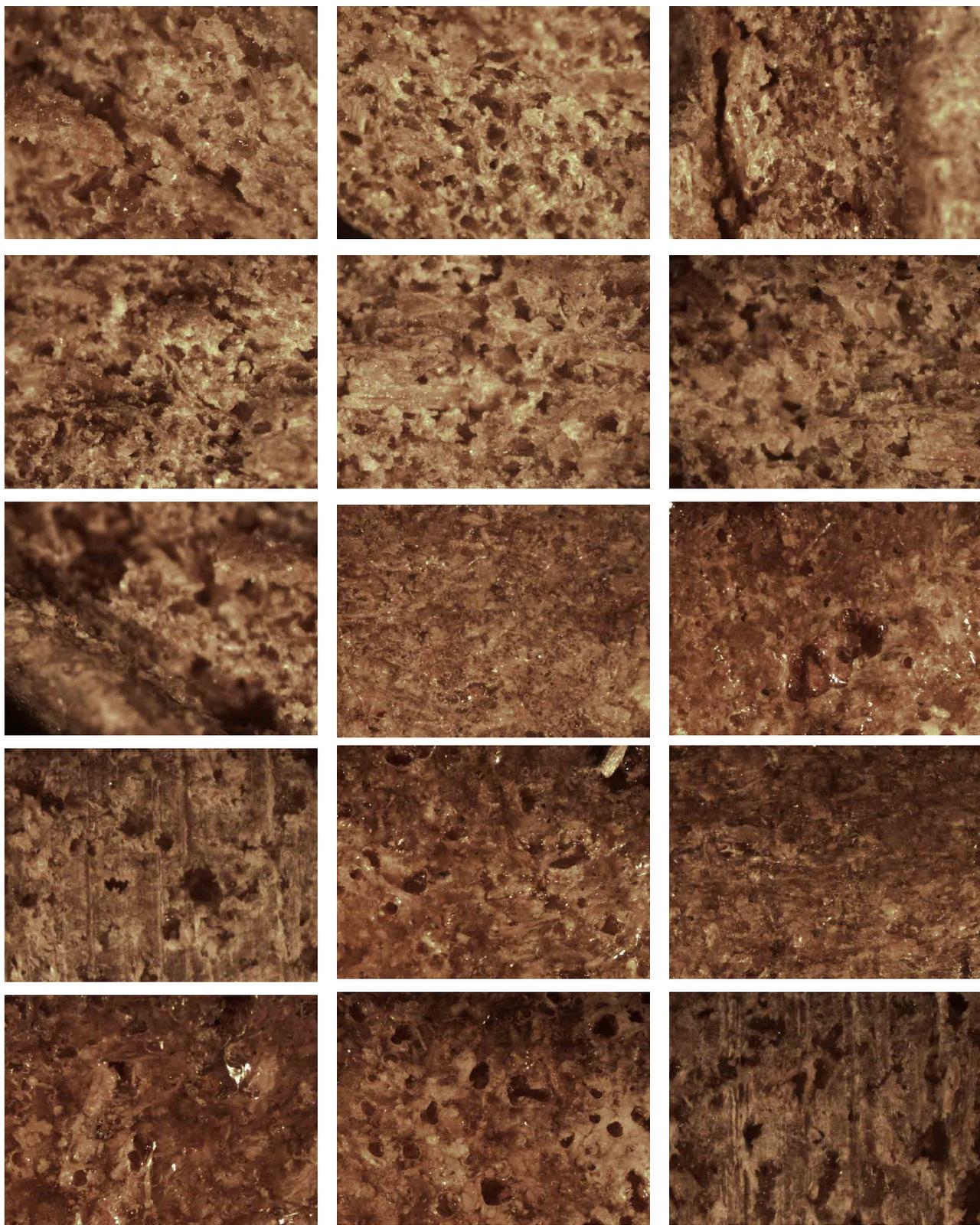
MC 14

BURDEK

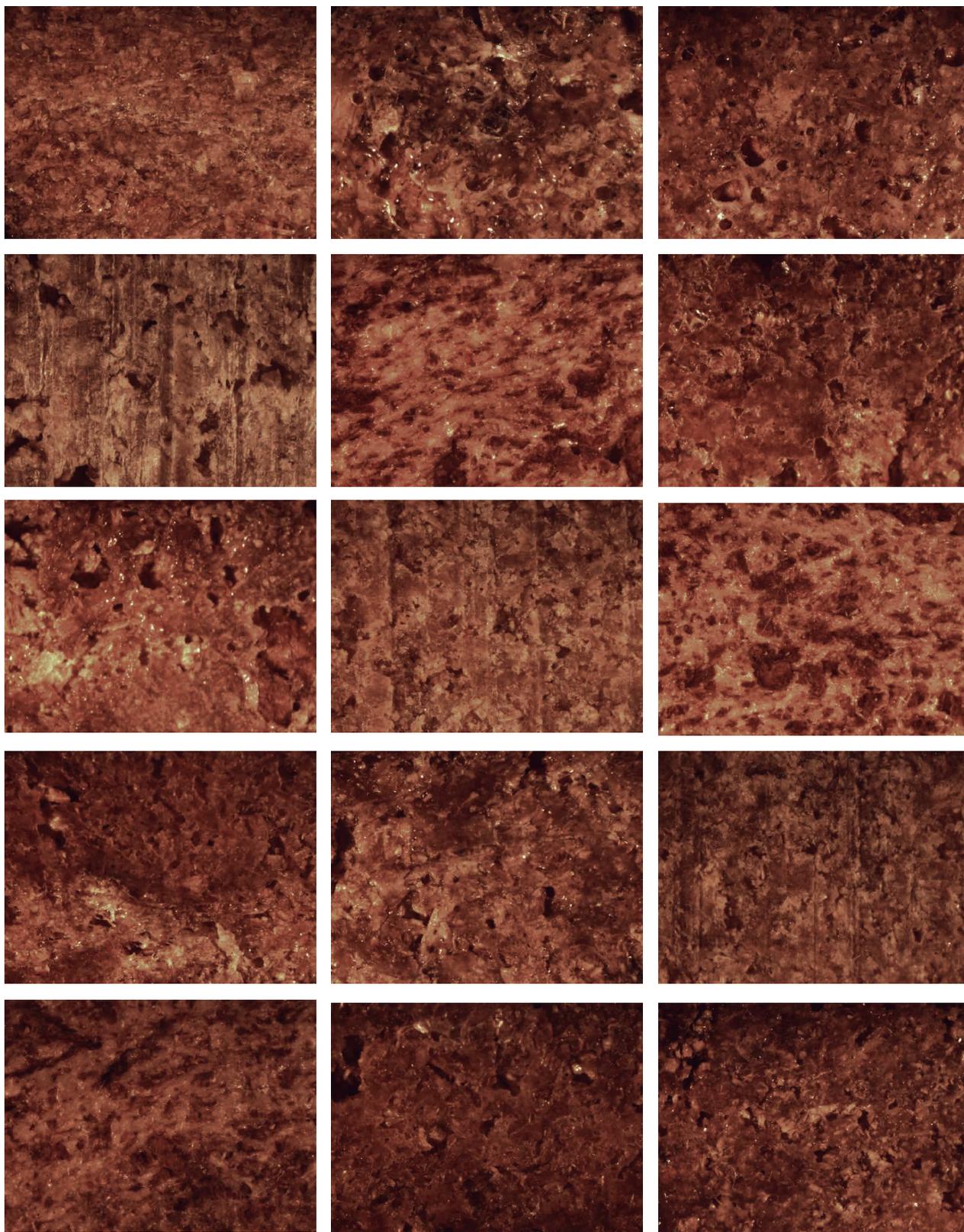


Ingredientes de apoyo  
 Métodos creativos, lógicos/no lógicos y técnicos  
 Objetivos del método científico  
 Aptitudes y habilidades cognitivas

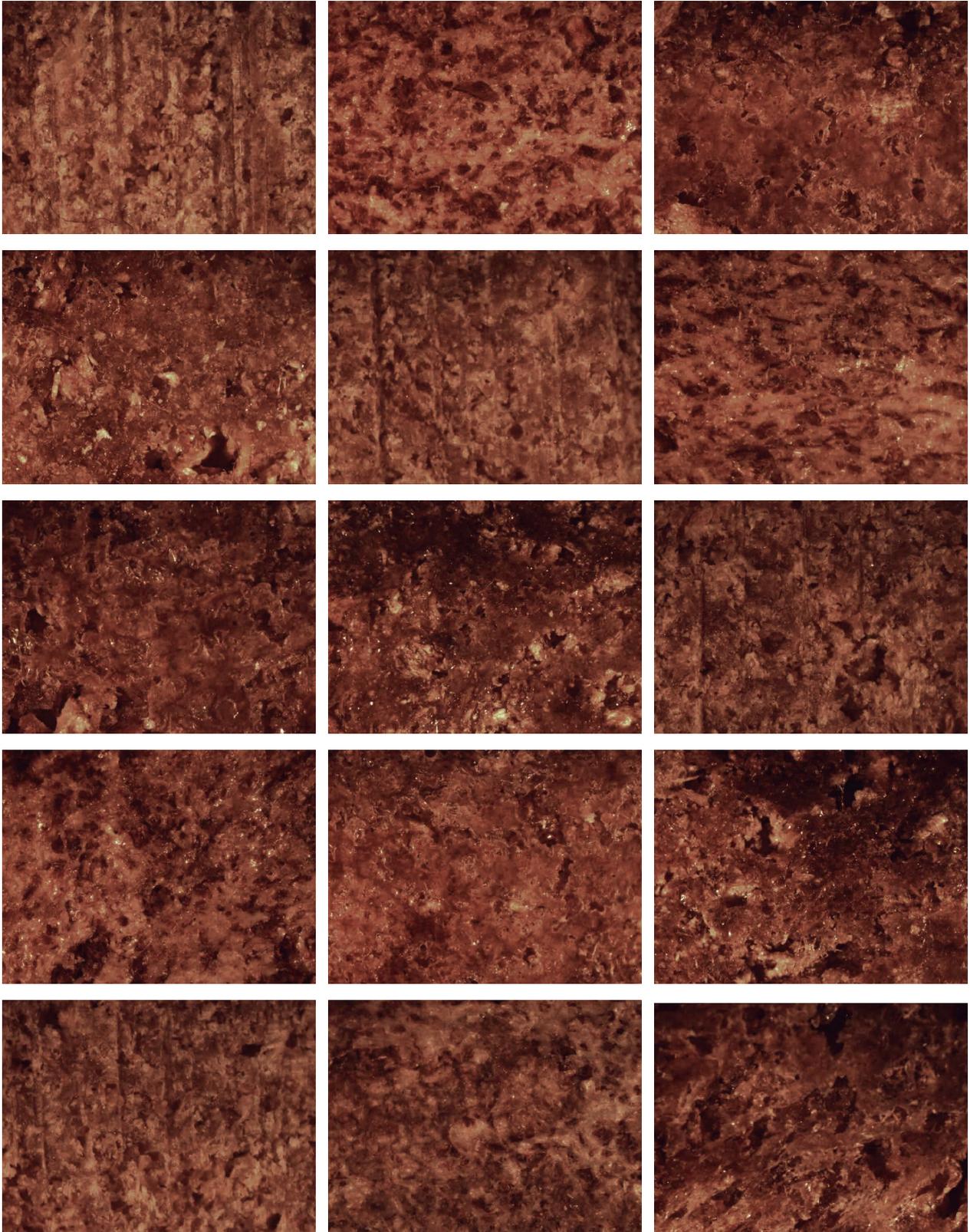
# IMÁGENES AMPLIADAS DE CORTES



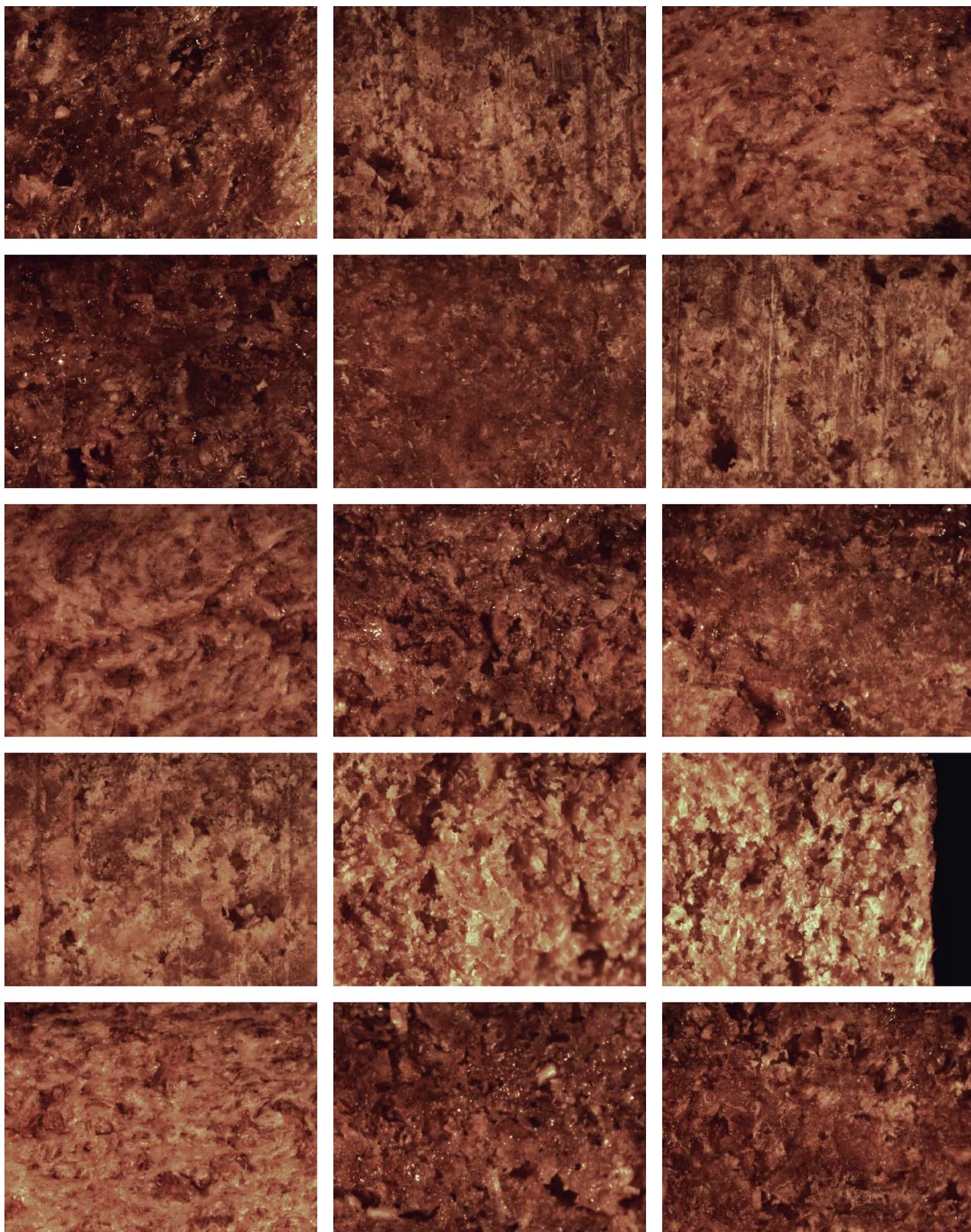
# IMÁGENES AMPLIADAS DE CORTES



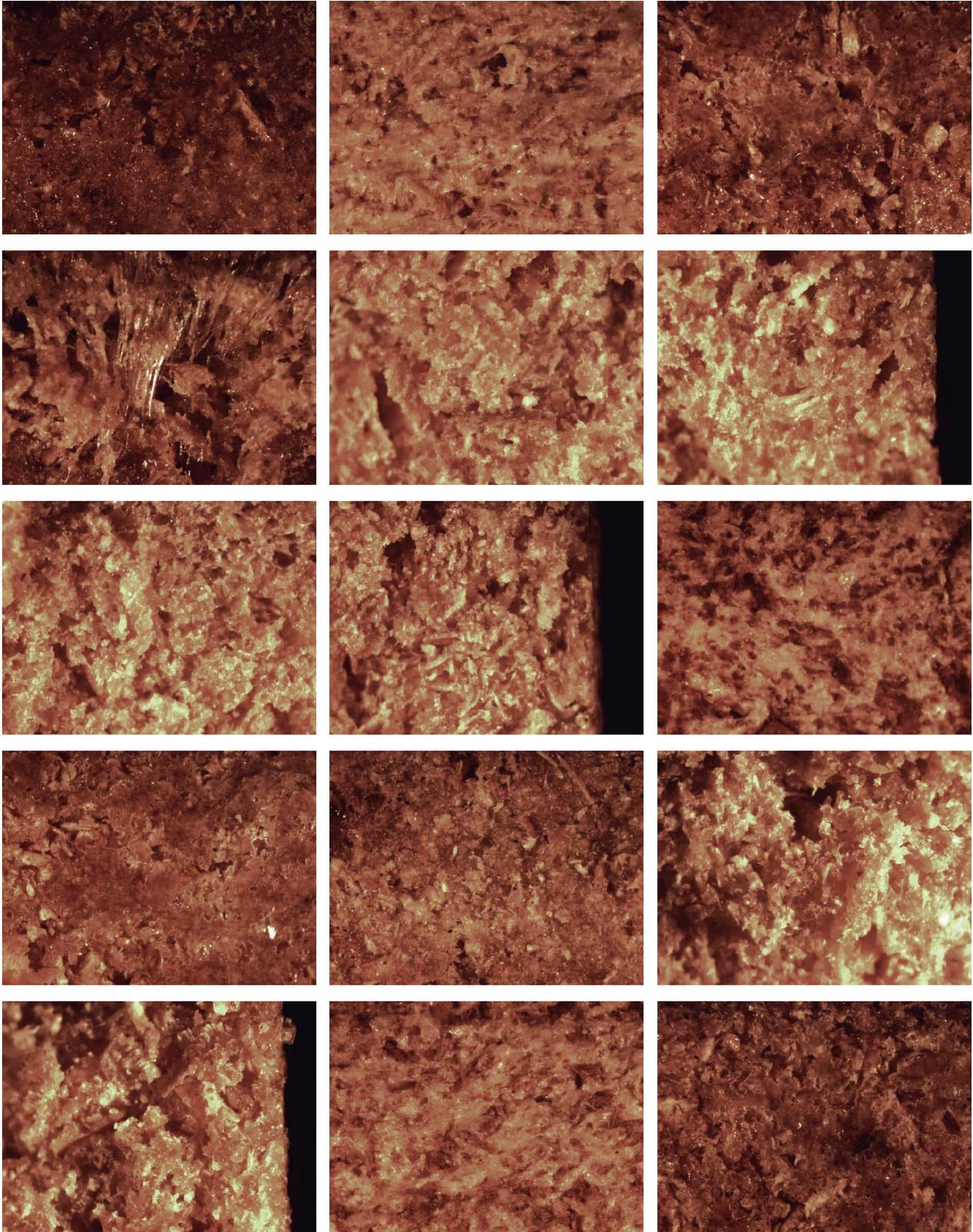
# IMÁGENES AMPLIADAS DE CORTES



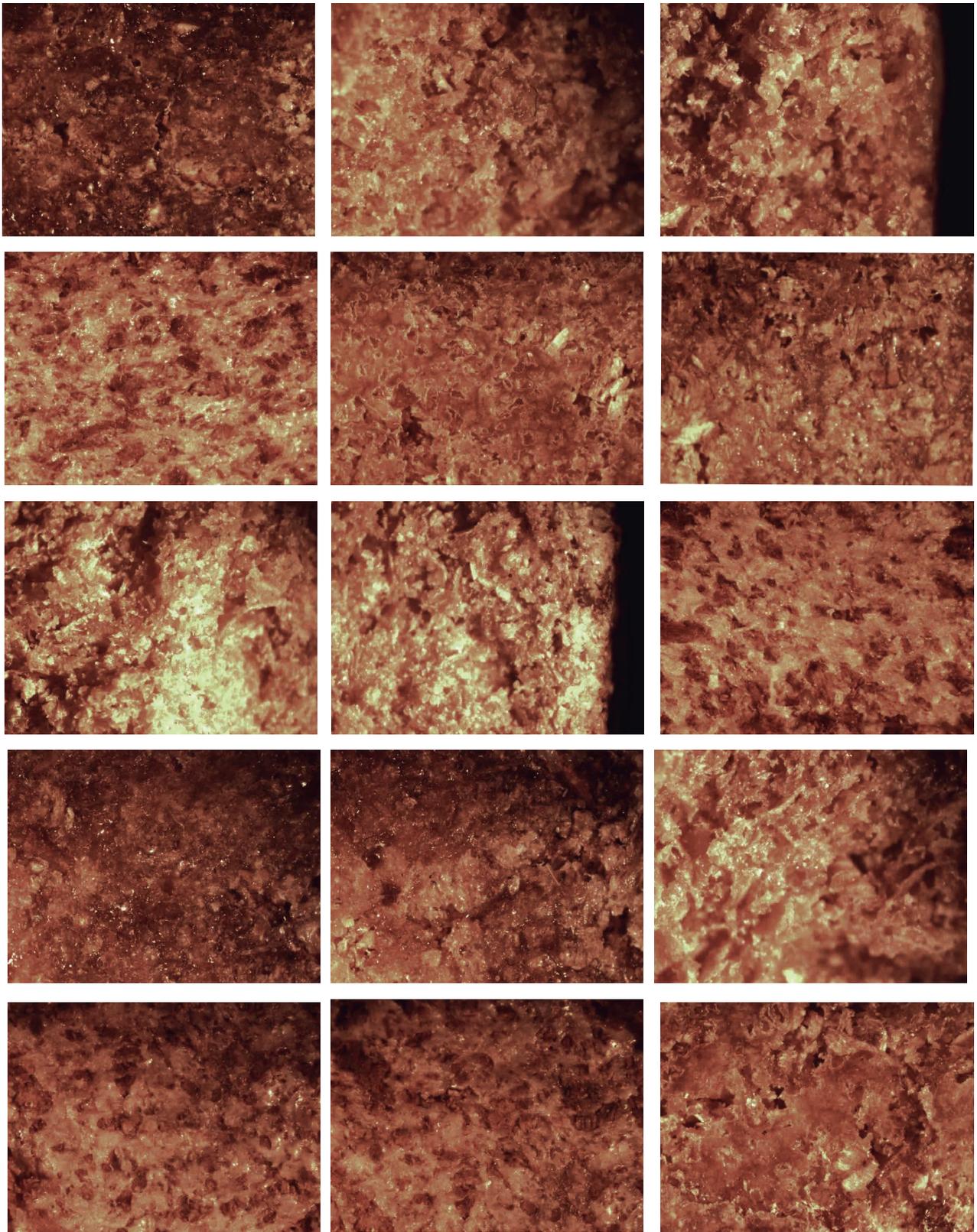
# IMÁGENES AMPLIADAS DE CORTES



# IMÁGENES AMPLIADAS DE CORTES



# IMÁGENES AMPLIADAS DE CORTES



El sector del Plástico

El sector plástico es un actor fundamental en la industria uruguaya, tanto por su participación en la producción industrial, como en el empleo que genera y en las exportaciones.

La industria plástica es fundamentalmente una industria para industrias, además de fabricar productos de consumo final (muebles, juguetes, entre otros). Por tanto, la demanda interna y externa de bienes de consumo (originada indirectamente por los sectores alimentario, vestimenta, calzado y farmacéutico y directamente por muebles y juguetes), de materiales de construcción y de insumos agropecuarios repercute en la actividad del sector del plástico.

El sector plástico uruguayo es una industria en expansión y con énfasis en el crecimiento internacional.

El crecimiento del sector trae consigo varios problemas, detallados a continuación:

- Falta de personal capacitado, a nivel de mandos medios y operarios
- Esfuerzos exportadores dispersos e individuales, que no han logrado posicionar a la industria del plástico uruguayo en el exterior, así como fomentar el aumento de nuevas empresas exportadoras (principalmente las pequeñas y medianas).
- Cumplimiento de normativas ambientales nacionales e internacionales (sistema de recolección y reciclado de envases plásticos)
- Aprovechamiento de oportunidades de mejoras productivas mediante la realización de mejoras tecnológicas en las empresas, (por ejemplo: reutilización de envases post consumo para la producción de nuevos productos, con su consecuente abaratamiento de las materias primas).

De acuerdo a la información del Instituto Nacional de Estadística, a nivel nacional existen 358 empresas fabricantes de productos de caucho y plástico (datos del año 2005, código CIU, revisión 3, División D25).

A nivel regional, los Departamentos de Montevideo, Canelones y San José concentran el 76,8 % de la industria manufacturera.

El 18,7 % de las empresas del sector plástico son socias de la AUIP, las cuales son responsables del 85 % del total de la materia prima procesada y están ubicadas en los 3 Departamentos mencionados. Si además se supone que la industria del plástico tiene un comportamiento similar al de la industria manufacturera, se puede concluir que la zona geográfica aludida presenta una concentración de más del 70 % de las empresas de la industria plástica y más del 85 % de la producción nacional del sector.

## POTENCIALIDAD DE CRECIMIENTO Y MEJORA DE LA COMPETITIVIDAD

La demanda internacional de productos plásticos es creciente y tiene un potencial de crecimiento ineludible a futuro.

La justificación de crecimiento de su consumo se centra en dos aspectos:

Es un material transversal, utilizado por varias industrias (envases para alimentos, medicamentos y cosméticos, tuberías, conexiones y perfiles para la construcción, autopartes, insumos para la industria eléctrica y electrónica y para el sector agroindustrial, entre otros)

Es un material que está reemplazando a otros como la madera, el vidrio y el aluminio debido a cambios en los hábitos de consumo (demanda de envases livianos e irrompibles), a su carácter de reciclable y reusable y a su aporte a la eficiencia energética (por ejemplo, al utilizarse como material en la industria de la construcción).

# RELEVAMIENTO INDUSTRIA DEL PLASTICO

Por tanto, la industria del plástico tiene un futuro promisorio de crecimiento a nivel mundial. Uruguay no es ajeno a esta realidad, contando con muchos aspectos a su favor, como ser: una trayectoria del sector nacional de más de 50 años, una demanda interna y regional no saturada con potencial de crecimiento, una alta participación en el mercado interno, exportaciones con crecimiento sostenido y una gama amplia de clientes nacionales e internacionales exigentes y exportadores.

La AUIP representa a empresas del sector en el desarrollo de los siguientes temas: asuntos laborales, ambientales y de comercio exterior y relaciones institucionales. Por otro lado, las empresas del sector tienen delegados asignados que participan en las Comisiones de Medio Ambiente, de Asuntos Laborales, de Ciencia y Tecnología y de Asuntos Económicos y Fomento de la Inversión de la CIU.

Entrevista con la Sra. Virginia Viviani y el Sr. Héctor de Los Santos de AUIP

Desde 1985 hasta hoy en día se ha mantenido un fluido y buen relacionamiento con la organización sindical; sin perjuicio de importantes diferencias sobre temas de fondo conceptuales propios a cada organización.

A partir de 1990 se dejaron de convocar en forma obligatoria los consejos de salario, pero en esta rama se continuaron los acuerdos hasta 1995.

A partir del 2005 se convocaron de nuevo, situación que permanece inalterada hasta la fecha.

Los principales elementos tratados en los convenios colectivos son:

Salarios mínimos, aumentos de carácter general, categorías, beneficios, condiciones de seguridad y de trabajo, cláusulas para la prevención de conflictos y cláusulas de paz laboral. Con el tiempo se agregó el tema de licencia sindical para los dirigentes nacionales y horas sindicales para los integrantes del Comité de base según la cantidad de trabajadores de cada empresa.

Por su parte los empleadores, tienen por prioridad el tratar las cláusulas de paz laboral, la continuidad en el trabajo, el rendimiento de los trabajadores y el cumplimiento de los estándares de producción.

Aunque en determinado tiempo no hubo negociaciones se trató de canalizar un diálogo social entre las partes y así evitar conflictos.

Lo que más solicitaban los trabajadores era la recuperación salarial y las fórmulas de ajustes; en un principio eran ajustes cuatrimestrales y luego por decisión del Poder Ejecutivo pasaron a ser semestrales y hoy se habla de ajustes anuales. La mecánica de negociación es la siguiente: en cada consejo de salarios, se presenta una propuesta por parte de los trabajadores y es contestada por los empleadores, es muy difícil que desde un principio haya un acuerdo por e propuesta.

Existen determinadas quejas por parte de los empleadores por sus funcionarios; es común lo que se manifiesta entre las Empresas, de que los mismos están poco comprometidos con el trabajo, falta de productividad, el ausentismo; pero estos reclamos son contestados por los trabajadores, como que la baja tecnología que se tiene es lo que hace que la productividad sea baja. Algunas empresas comprenden maquinaria de alta tecnología, pero la mayoría tienen máquinas de muchos años con escaso desarrollo tecnológico.

Otro de los temas tratados por los trabajadores es el aumento de categoría por antigüedad; dicen: “como tengo determinados años en la empresa me tienen que aumentar la categoría”, pero es algo que no ha sido compartido por las empresas pues solo el paso del tiempo no debe ser suficiente para un aumento de salarios sino que deben ponderarse otros elementos como conocimiento, responsabilidad, buena disposición e involucramiento con la tarea que se realiza.

Se nota mucha desconfianza de una parte con la otra; los empresarios no confían en los dirigentes sindicales y viceversa. Cada modificación que se plantea se piensa mucho ya que en un futuro puede ser algo que los perjudique. Ejemplo: algunas empresas tienen una prima por presentismo, por lo cual evitaban el ausentismo, y si los trabajadores se adherían a un paro perdían ese beneficio; luego se votó una Ley que establecía que las horas de paro no podían ser consideradas como faltas que diera lugar a la pérdida total del presentismo, sino que la pérdida debía ser proporcional al tiempo efectivamente no trabajado, lo cual fue un perjuicio para las empresas.

Se trata de negociar los temas de seguridad en el trabajo, y lo que se manifiesta, es que es un rubro, en el cual no ocurren asiduamente accidentes graves; pueden darse pero no es lo común. Este hecho demuestra el interés por parte de la empresa de buscar la seguridad de sus trabajadores y de estos de acatar con responsabilidad utilizando los implementos de protección.

En los últimos convenios se está planteando por parte de los trabajadores la reducción horaria con mantenimiento de la masa salarial lo cual es rechazado por los empleadores, porque significaría un costo elevado para las empresas.

Habitualmente, las negociaciones, demoran, llevan determinados meses, por lo cual se termina votando una propuesta del Poder Ejecutivo; pasó en el año 2010 y este año está por ocurrir lo mismo.

Conclusión:

Según lo conversado podemos establecer, que los principales temas tratados en las negociaciones empresarios-trabajadores se refieren a: ajustes salariales, categorías, condiciones de trabajo y seguridad, horas sindicales, reducción de la jornada, aplicación de sanciones, etc. Pueden aparecer algún otro punto pero los más usuales son los precedentemente descritos.

Lo que más se busca es un diálogo entre las partes para evitar conflictos y que no existan reclamos permanentes por los trabajadores que redunden en perjuicios directos de las empresas y su competitividad.

## Cuestionario sobre la Industria Plástica

Descríbanos en líneas generales que comprende la industria del plástico en el Uruguay.

El sector plástico es un actor fundamental en la industria uruguaya, tanto por su participación en la producción industrial, como en el empleo que genera y en las exportaciones, con una tendencia creciente en valores absolutos y en términos comparativos con las exportaciones totales de la industria.

La industria plástica es fundamentalmente una industria para industrias.

La demanda interna y externa de bienes de consumo se da principalmente por los sectores: alimentario, vestimenta, calzado, farmacéutico, materiales para transporte y envasado, materiales para la construcción y de insumos agropecuarios entre otros, que repercute en toda su cadena de valor.

¿Cuál es la situación actual de la industria en cuanto al número de empresas y a la cantidad de producción? (Por ej. está creciendo, estancado, decreciendo). Explique cuáles considera son los principales motivos que fundamentan dicha situación.

La industria plástica es un sector industrial que en los últimos años ha tenido un aumento sostenible en sus principales variables: volumen físico, personal ocupado, exportaciones, importaciones, etc.

La demanda creciente de artículos plásticos se ha dado en virtud de que los mismos han sustituido a otros productos tradicionales hechos con otros materiales por ejemplo: metales, vidrios, papel, madera, etc.

Además el desarrollo tecnológico que se ha constatado en diversos productos plásticos han aparejado soluciones más adecuadas a diversos sectores de la actividad, incluyendo un importante ahorro energético. Como ejemplos se pueden mencionar las industrias del envase y packaging, alimenticia, automotriz, de la construcción, informática, telecomunicaciones, vestimenta, electrodomésticos, frigorífica, etc.

Sabemos que no todas las empresas plásticas están afiliadas a la AUIP. ¿Cuántas sí lo están? ¿Que ventajas tienen las que no lo están sobre las que sí?

El total de las empresas afiliadas representan del 85% al 90% del total de la manufactura, producción y facturación del Sector.

Ventajas: en este aspecto, tenemos que tener en cuenta fundamentalmente que servicios se le da a las empresas afiliadas, en ese sentido entre las actividades que cumple destacamos:

# CUESTIONARIO GENERAL AUIP

- Representación del Sector ante autoridades de Gobierno, Organismos públicos y privados y cámaras Empresariales y Sindicato de trabajadores (UNTMRA).
  - Asesoramiento en materia laboral sobre Convenios Colectivos, normativa legal y Consejos de Salarios.
  - Información general sobre temas de Comercio Exterior, Industria, Banco de Previsión Social, Aduanas, etc.
  - Participación a nivel de la DINAMA (Dirección Nacional de Medio Ambiente) por temas ambientales en relación a la disposición final de los productos plásticos y su reciclado.
  - Integración de las distintas Comisiones de Asesoramiento Interno que posee la Cámara de Industrias del Uruguay sobre todas las áreas que hacen a la actividad industrial.
  - Integrante de la Asociación Latinoamericana del Plástico (ALIPLAST).
  - Participante en Ferias y Encuentros internacionales de la Industria Plástica.
  - Organizador de Seminarios técnicos para los industriales del Sector.
- Fundador del Laboratorio de análisis y ensayos de materiales y productos plásticos en el LATU.
- Integrante de los Comités Técnicos de UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas) para la elaboración de normas técnicas para productos del sector.

¿Existe a nivel internacional algún tipo de institución asimilable a la AUIP? En caso afirmati vo, ¿Hay empresas uruguayas asociadas a la misma? ¿Cuáles son las ventajas que les ofrece?

A nivel latinoamericano e internacional existen Asociaciones como la nuestra, por ejemplo en Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Venezuela, Perú, México, España, Italia, etc.

Nuestra Asociación está afiliada a ALIPLAST que significa Asociación Latinoamericana de la Industria del Plástico, allí en ese ámbito se encuentran representadas la mayoría de las cámaras empresariales que corresponden a este sector de actividad.

En relación a las ventajas que este tipo de organizaciones ofrece son entre otras:

- El conocimiento de las actividades productivas del sector plástico en los distintos países
- Intercambio de información estadística
- Participación en ferias y eventos internacionales
- Adoptar posiciones comunes frente a temas similares como temas ambientales, precios de las materias primas, normas técnicas, etc.

¿Que fuerza tiene el gremio de los trabajadores del plástico? ¿Como influye en la competitividad internacional?

El sector de trabajadores del plástico están sindicalizados en el sindicato UNTMRA que fundamentalmente responde al sector metalúrgico.

Con dicho sindicato desde el año 1985 para acá y aún antes, se han mantenido fluidas relaciones y acordado convenios colectivos que han permitido ciertos períodos de tranquilidad.

# CUESTIONARIO GENERAL AUIP

No obstante, sus reivindicaciones muchas veces están más allá de las posibilidades reales de atenderlas, lo que ha derivado en conflictos que han afectado y afectan la competitividad de las empresas tanto en el mercado interno como en el externo.

La actual política del Poder Ejecutivo sobre negociación colectiva ha expuesto al sector a tener que conceder reivindicaciones que afectan su competitividad a través de aumentos muy importantes en el costo de la mano de obra.

A ello se debe agregar los costos de las tarifas públicas y trabas comerciales dispuestas por nuestros socios mayoritarios del Mercosur y la competencia de artículos provenientes de China.

De la producción total, ¿Aproximadamente cuánto se destina a la exportación y cuanto al consumo nacional?

60% a 70% consumo local, 30% exportaciones.

¿Actualmente, a qué países se exporta la mayor parte de la producción uruguaya?  
¿Cuál o cuáles son los productos más exportados?

Fundamentalmente se exporta a Argentina y a Brasil y demás países de la región.

Los principales productos exportados son: artículos para el transporte y envasado, artículos de bazar y menaje, envases, film y bolsas de distintas materias primas para distintos usos, artículos de camping, etc.

¿El sector plástico atrae inversiones extranjeras?

Si, actualmente hay importantes inversiones en el sector por parte de empresas brasileras, japonesas, chinas y costaricenses

¿Cuáles son los principales proveedores de materia prima/tecnología? ¿Cómo es la relación comercial entre dichos proveedores y las empresas del sector?

Entre los principales proveedores de materia prima se destaca:

Dow Chemical, Brasquem, Petroquímica Triunfo, Petroquímica Cuyo, Dapama Uruguay S.A., SM Resinas Uruguay S.A., Riolsa S.A., Química Oriental S.A., Partil S.A., Melinord S.A.

La relación comercial es positiva, fluida y de buen servicio

¿Han existido o existen alianzas entre empresas locales? Y entre empresas locales y extranjeras? En caso afirmativo, ¿cómo afectó la competitividad a nivel local e internacional dicha alianza? Se mantuvo en el tiempo, o se deshizo una vez cumplido su propósito?

# CUESTIONARIO GENERAL AUIP

Las alianzas no son muy significativas, y siempre han respondido a razones puntuales y a un fin específico.

¿Cuáles serían las ventajas para las empresas del sector (en especial las pymes) de incentivar la cooperación entre ellas para fortalecer su inserción a nivel internacional?

Las ventajas son a todo nivel entre las que vale destacar:

- aumento de competitividad de la empresa por reducción de costos de producción
- mejor tecnología
- mayor desempeño del personal de producción
- aumento de la inserción internacional de las empresas
- generación de puestos de trabajo
- aumento de personal calificado a nivel de mandos medios y operarios
- cumplimiento de las normativas ambientales con estrategias sectoriales de largo plazo.

¿Qué grupos de interés influyen en la industria del plástico (Por ej.: gobierno, sindicato, clientes, ambientalistas, entidades financieras, etc.)? ¿Cuál es el grado de influencia que tiene cada uno de dichos grupos sobre el desarrollo económico de las empresas plásticas?

Grupo de interés	Influencia		
	Baja	Media	Alta
<b>Gobierno</b>			X
<b>Sindicato</b>			X
<b>Clientes</b>		X	
<b>Ambientalistas</b>		X	
<b>Entidades financieras</b>		X	

¿De qué manera influyen los principales grupos de interés mencionados anteriormente?

Gobierno: Fijando lineamientos para la negociación colectiva y estableciendo nuevas normas en materia laboral.

Sindicato: Realizando reivindicaciones y planteos que muchas veces cuestionan el poder de dirección de las empresas y sus posibilidades de competencia en función de criterios ajenos a la propia operativa industrial.

Cientes: Orientando la oferta de productos hacia la satisfacción de las necesidades de los consumidores.

Ambientalistas: Desarrollando campañas no amigables con la actividad productiva y sus productos. Y con planteos a las autoridades de gobierno nacionales y municipales que tienden a restringir y limitar el campo de acción de las empresas del sector. (Regulación del volumen físico de bolsas en los supermercados).

Entidades financieras: Influyen en la medida que los préstamos y créditos para la industria, tienen elevadas tasas de interés que muchas veces dificultan la inversión.

¿Hay algún ente que regule la actividad de la industria plástica?

En forma general no existe. DINAMA (Dirección Nacional de Medio Ambiente) ha establecido algunas normas y criterios básicos sobre las bolsas de plástico para supermercado.

En materia de envases hay una ley y un decreto que establece la normativa a cumplir en relación a dichos productos post-consumo.

¿Qué productos importa el país que compiten directamente con los producidos por el sector plástico nacional?

En su mayoría al país se importan productos que la industria nacional produce o que puede fabricar.

En la partida 3916 a 3926 NCM puedes encontrar todos los productos semi-terminados y terminados que nuestro país importa, en especial podemos señalar: artículos para el transporte y envasado, artículos de bazar y menaje, artículos sanitarios y para la construcción, etc..

¿Qué materias primas son nacionales y cuales importadas?

Las resinas plásticas son todas importadas, hay otras materias primas que son insumos para la industria comprendidos como compuestos que tienen alguna fabricación nacional.

Entre las resinas plásticas que se importan tenemos entre otras: PEBD (Polietileno de Baja Densidad), PEAD (Polietileno de Alta Densidad), PP (Polipropileno), PVC (Cloruro de Polivinilo), PS (Poliestileno Cristal), PS-AI (Poliestileno de Alto Impacto), EPS (Poliestileno Expandido y Poliestileno Expandible), PET (Polietileno Tereftalato), ABS (Acrilo Butadieno Estileno), SAN (Acrilo Mitrilo Estileno), dichas resinas comprenden Polímeros de Etileno, Polímeros de Propileno, Polímeros de Estireno, Polipropileno, Poliestireno, Polímero de Cloruro de Vinilo, Polímero de Acetato de Vinilo, Alcoholes Polivinílicos, Polímeros Acrílicos, Poliacetales, Poliamidas, Resinas Amínicas, Siliconas en formas primarias.

# CUESTIONARIO GENERAL AUIP

¿Hay algún tipo de institución que imparta cursos que capacite a los trabajadores de esta industria?

En forma específica en Uruguay actualmente no hay, sí lo hubo en el pasado a través de cursos impartidos por el COCAP (Consejo de Capacitación Profesional).

La mayoría de la instrucción o aprendizaje que reciben los trabajadores es a través de la instrucción o información que le dan las empresas.

El INEFOP (Instituto Nacional Formación Profesional) tiene la competencia en lo que se relaciona a la formación técnica profesional.

Institutos de enseñanza técnica en la región existen y son de reconocida competencia: Argentina, Brasil, Perú, Colombia, Ecuador, México, Chile, etc.

En nuestro país se ha estado estudiando la posibilidad de establecer cursos de capacitación para enseñanza técnica en la industria que no brinda el sistema formal.

A la fecha no se ha logrado avanzar en su concreción.

## PERSONAL OCUPADO DEL SECTOR PLÁSTICO A DICIEMBRE DE 2010, 2011 Y 2012 SEGÚN CÓDIGO CIU REV.4 CLASE 2220

AÑO	DESCRIPCIÓN	PERSONAL OCUPADO	PUESTOS DE TRABAJO	MASCULINO	FEMENINO	CANTIDAD DE EMPRESAS	EMPRESAS			
							MICRO (hasta 4 ocup)	PEQUEÑA (5 a 19 ocup)	MEDIANA (20 a 99 ocup)	GRANDE (más de 100 ocup)
2010	Fabricación de productos de Plástico	5612	5670	4183	1487	284	107	117	49	11
2011		5746	5806	4187	1619	280	101	117	49	13
2012		5463	5529	3980	1549	275	104	111	48	12

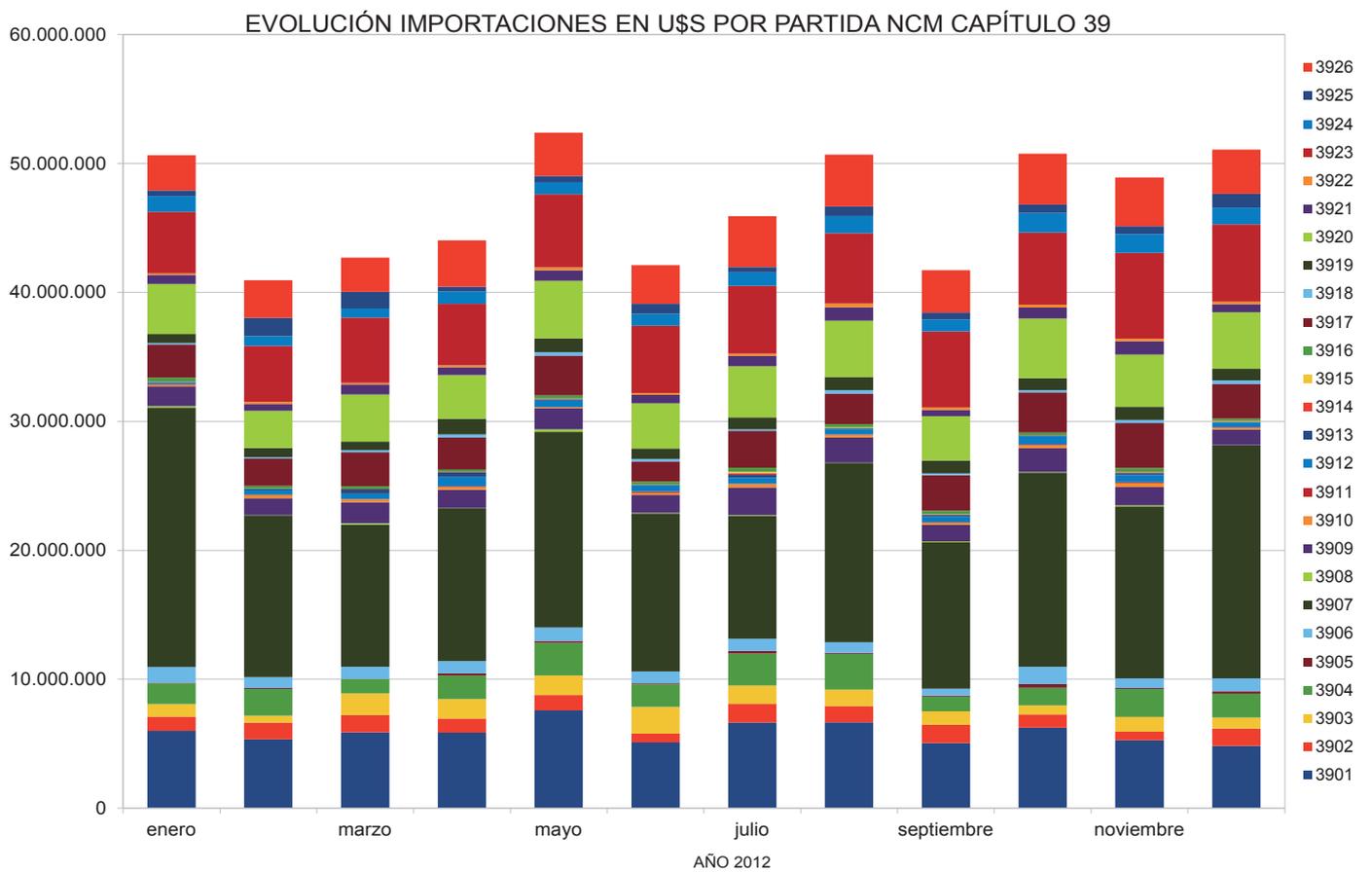
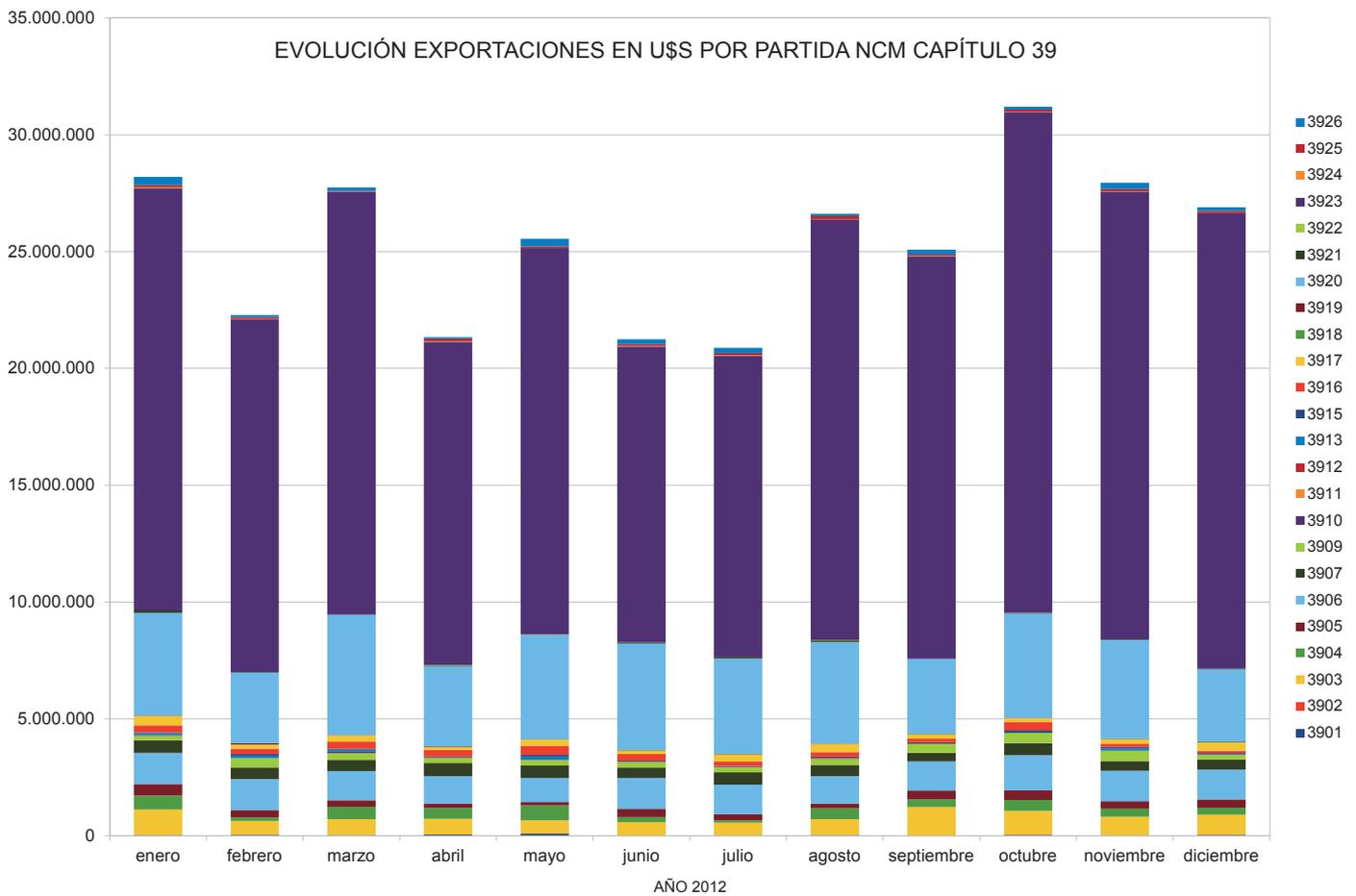
Fuente: BPS

## PERSONAL EN SEGURO DE DESEMPLEO DEL SECTOR PLÁSTICO A DICIEMBRE DE 2010, 2011, 2012 Y ABRIL DE 2013 SEGÚN CÓDIGO CIU REV.4 CLASE 2220

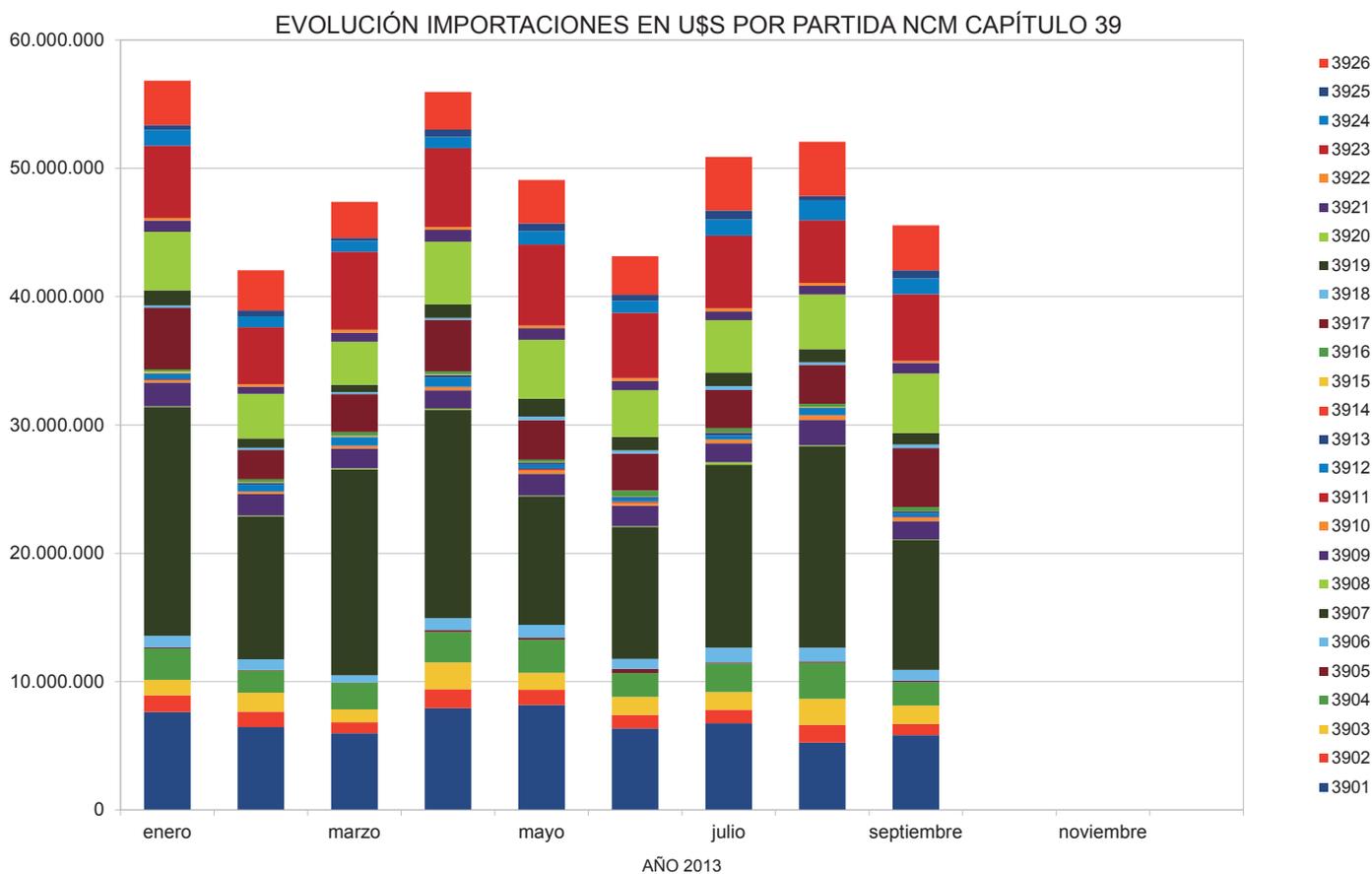
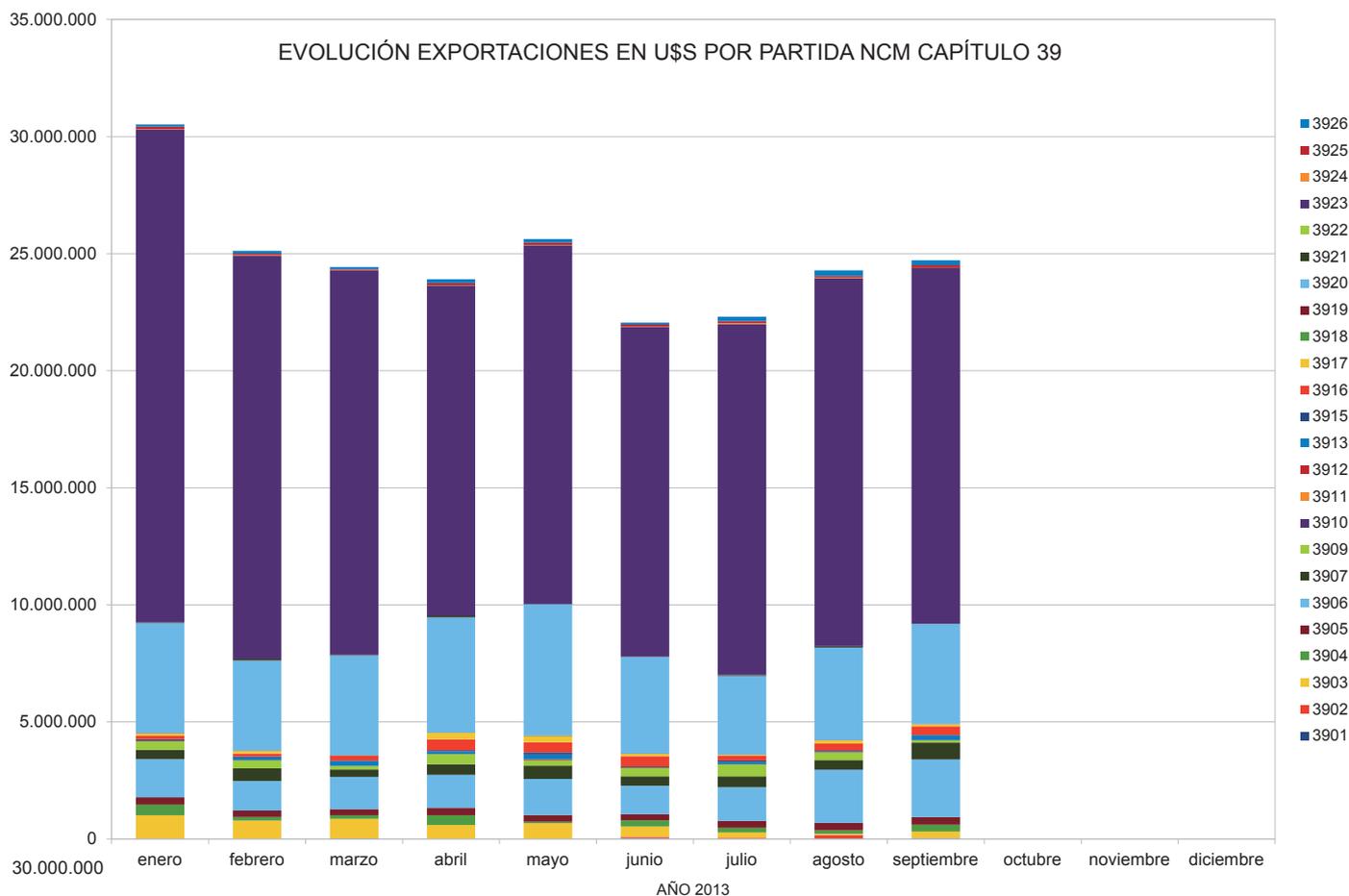
AÑO	DESCRIPCIÓN	PERSONAL EN SEGURO DE DESEMPLEO	MASCULINO	FEMENINO
2010	Fabricación de productos de Plástico	231	191	40
2011		340	274	66
2012		414	350	64
ABRIL-2013		208	154	54

Fuente: BPS

# DATOS EXPORTACIONES / IMPORTACIONES



# DATOS EXPORTACIONES / IMPORTACIONES



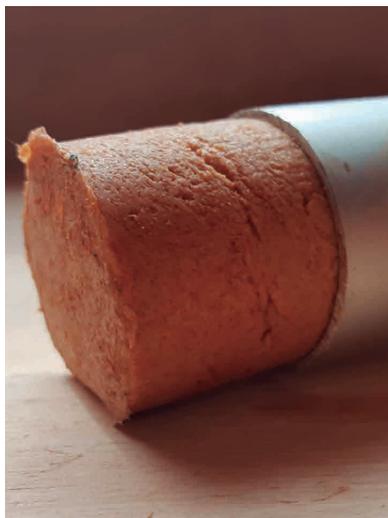
# APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES



# APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES



# APLICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES



# APLICACIÓN DE PROCESOS MECANIZADO



# APLICACIÓN DE PROCESOS MECANIZADO



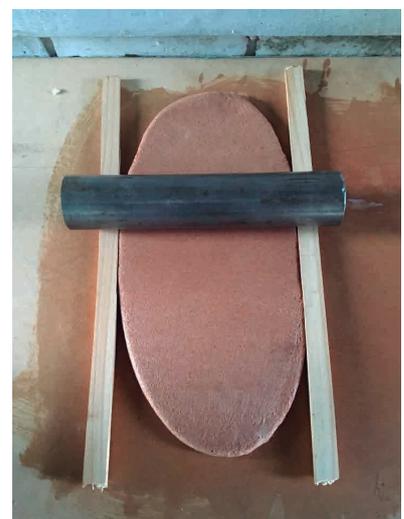
# APLICACIÓN DE PROCESOS MECANIZADO



# PROCESO ELABORACIÓN DE MAQUETAS



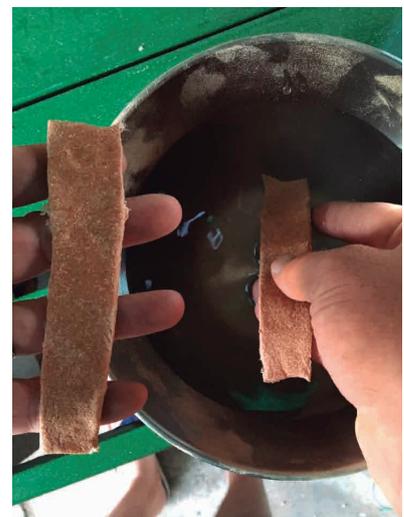
# PROCESO ELABORACIÓN DE MAQUETAS



# PROCESO ELABORACIÓN DE MAQUETAS



# MUESTRAS SIN Y CON APLIACIÓN DE AGUA



# RESULTADOS DE ENSAYOS EN LABORATORIO

Grupo	Tanda	Probeta N°	Dimensiones iniciales (cm)			Volumen inicial (cm3)	Volumen final promedio	% variación post secado	% variación promedio	% variación promedio por grupo	Fecha de vertido	Fecha de ensayo	Ensayos Flexión en 3 puntas				Ensayos Compresión										
			4	16	4	256							Fuerza (kg)	Kg/cm2	Fuerza promedio Kg/cm2	Fuerza promedio Kg/cm2 por grupo	Fuerza (Kg)	Kg/cm2	Fuerza promedio Kg/cm2	Fuerza promedio Kg/cm2 por grupo							
Grupo 1	1	1	3,70	15,30	3,80	215	216	16%	16%	16%	12-11-14	10-12-14	372	26,5	24	26	3000	213	204	210							
		2	3,75	15,30	3,80	218		15%					2600	182													
		3	3,75	15,30	3,75	215		16%					3060	218													
	2	4	3,65	15,20	3,80	211	213	18%	17%		19-11-14	10-12-14	372	26,8	28	26	3000	216	222	210							
		5	3,65	15,20	3,80	211		18%					2880	208													
		6	3,70	15,20	3,85	217		15%					3440	241													
	3	7	3,70	15,10	3,75	210	216	18%	16%		26-11-14	10-12-14	326	23,5	27	26	2730	197	203	210							
		8	3,80	15,10	3,80	218		15%					3000	208													
		9	3,80	15,10	3,85	221		14%					2990	204													
Grupo 2	4	10	3,60	15,00	3,70	200	205	22%	20%	19%	3-12-14	3-3-15	490	36,8	35	32	2850	214	223	198							
		11	3,65	15,00	3,75	205		20%					3250	237													
		12	3,70	15,10	3,75	210		18%					3000	216													
	5	13	3,65	15,20	3,75	208	208	19%	19%		10-12-14	3-3-15	384	28,1	30	32	2500	183	180	198							
		14	3,70	15,20	3,75	211		18%					2450	177													
		15	3,65	15,10	3,70	204		20%					2450	181													
	6	16	3,65	15,20	3,80	211	209	18%	18%		17-12-14	3-3-15	450	32,4	31	32	2550	184	191	198							
		17	3,65	15,20	3,80	211		18%					2750	198													
		18	3,60	15,10	3,80	207		19%					2600	190													
Grupo 4	7	19	3,70	15,25	3,85	217	221	15%	14%	7%	24-2-15	3-3-15	420	29,5	27	31	2750	193	200	211							
		20	3,75	15,30	3,85	221		14%					2900	201													
		21	3,80	15,30	3,85	224		13%					3000	205													
	8	22	4,00	15,25	4,15	253	248	1%	3%		3-3-15	29-4-15	417	25,1	31	31	4000	241	217	211							
		23	3,90	15,30	4,15	248		3%					3200	198													
		24	3,90	15,30	4,10	245		4%					3400	213													
	9	25	3,95	15,30	4,00	242	243	6%	5%		17-3-15	29-4-15	529	33,5	34	31	3300	209	215	211							
		26	3,80	15,35	4,15	242		5%					3250	206													
		27	4,00	15,35	4,00	246		4%					3700	231													
Grupo 3	10	28	3,70	15,30	3,80	215	221	16%	14%	13%	24-3-15	29-4-15	520	37,0	34	32	3350	238	231	213							
		29	3,75	15,20	3,90	222		13%					3250	222													
		30	3,72	15,30	3,95	225		12%					3400	231													
	11	31	3,72	15,35	3,80	217	220	15%	14%		31-3-15	29-4-15	432	30,6	31	32	2900	205	212	213							
		32	3,70	15,20	3,95	222		13%					2950	202													
		33	3,70	15,30	3,90	221		14%					3300	229													
	12	34	3,95	15,50	3,70	227	229	12%	11%		7-4-15	22-7-15	470	32,2	32	32	2860	196	198	213							
		35	3,95	15,50	3,80	233		9%					2760	184													
		36	3,80	15,50	3,85	227		11%					3120	213													
												Promedio total	30													Promedio total	208
												Desviación Std	3,9													Desviación Std	18

## CARACTERIZACIÓN DE ASERRÍN (200 Ggr)

Mallas utilizadas	Masa resultante (grs)	%
1,18 mm	75,9	38%
600 µm	28,43	14%
300 µm	60,5	30%
106 µm	15,06	8%
Inferiores a 106 µm	14,66	7%
Total	194,55	97%
Pérdida durante proceso	5,45	3%

## PORCENTAJE DE HUMEDAD RETENIDA EN ASERRÍN

Tara	36,4363	
Peso inicial	40,6785	
Peso seco	40,3025	5 hrs a 110° C
Final	40,6826	2 días después

Porcentaje de humedad	8,86%
-----------------------	-------

### Observaciones:

Se aprecia que es aserrín esta compuesto mayoritariamente por partículas mayores o iguales a 1.18 mm y entre 599 y 300 micras.

La pérdida de masa durante el proceso son partículas con tamaño inferior a 106 micras.

Las partículas no son parejas.

## ENSAYOS DE ABSORCIÓN DE H<sub>2</sub>O

Probetas Utilizadas N° 1,4,9		Semana 1	Semana 2		Semana 3		Semana 4
Muestra	Inicial	1' apoyo balanza	1' apoyo balanza	Con estufa	1' apoyo balanza	Con estufa	Con estufa
Peso P1	33,1865	38,5588	41,1742		42,1569		32,0767
Peso P1'	21,9962		29,1630			21,2729	
Peso P1''	26,1194	29,5173		25,3024			
Peso P4	23,2298	27,2109	29,1666		30,1536		22,4812
Peso P4'	28,7005		35,6280			27,8190	
Peso P4''	21,0341	24,8704		20,3824			
Peso P9	28,3699	32,6627	34,2748		35,3504		27,4299
Peso P9'	23,8488		29,5348			23,1084	
Peso P9''	29,9259	34,1334		28,9923			
% absorción P1		13,9%	19,4%		21,3%		-3,5%
% absorción P1'			24,6%			-3,4%	
% absorción P1''		11,5%		-3,2%			
% absorción P4		14,6%	20,4%		23,0%		-3,3%
% absorción P4'			19,4%			-316,9%	
% absorción P4''		15,4%		-3,2%			
% absorción P9		13,1%	17,2%		19,7%		-3,4%
% absorción P9'			19,3%			-3,2%	
% absorción P9''		12,3%		-3,2%			

\* Estufa a 50 grados C por 1 semana \*\* Apoyo en balanza 1 minuto

Nota 1: Observamos que el porcentaje de absorción de agua en la segunda semana es considerablemente menor que en la primera, por lo que suponemos que se esta alcanzando el punto de saturación del material.

Nota 2: También podemos ver que luego de proceso de secado en estufa de las diferentes muestras, las mismas arrojan una baja de masa con respecto a la muestra inicial. Concluimos que; por un lado se evaporó toda el agua anteriormente absorbida, por otro lado como la masa final es 3,2% menor que la inicial, consideramos que esta diferencia corresponde a solvente sin evaporar.

## PRUEBA DE PÉRDIDA DE MASA SIN AGUA CON ESTUFA POR UNA SEMANA

### Probetas Utilizadas N° 1,4,9

Muestra	Secas sin agua	C/ estufa 1 semana	Pérdida de masa
Peso P1	75,6847	73,2907	-3,27%
Peso P4	74,2430	71,8953	-3,27%
Peso P9	77,7252	75,2246	-3,32%

## ANÁLISIS DE EVAPORACIÓN DE SOLVENTE

Probetas expuestas a deshumidificación 1 semana en ambiente controlado

Grupo	Probeta N°	Peso Inicial	Peso Final	Evap.	Prom	Std
1	1	83,8	82,0	1,8	1,7	0,1
	2	72,5	72,1	1,6		
	3	77,8	76,1	1,7		
2	4	75,3	73,7	1,7	1,8	0,2
	5	80,4	78,6	1,8		
	6	85,9	83,9	2,0		
3	7	76,0	74,1	1,9	2,3	0,5
	8	76,6	74,4	2,2		
	9	85,9	83,0	2,9		

<b>Prom</b>	<b>2,0</b>
<b>Std</b>	<b>0,4</b>

## PORCENTAJES DE CADA COMPONENTE EN RELACIÓN A LOS DEMÁS COMPONENTES DE LA MEZCLA

			N° Probetas	Componentes	Cantidad (gramos)	% de Componente en relación al total de carga		
Grupo 1	% Acetona en relación a EPS	60%	1 al 9	Acetona	600	48%	48%	% Acetona en relación a toda la carga
	% EPS en relación a Acetona	40%		Espuma Construcción	200	16%		52%
				Espuma Packing	200	16%		
				Carga Aserrín	250	20%		
Grupo 2	% Acetona en relación a EPS	58%	10 al 18	Acetona	600	47%	47%	% Acetona en relación a toda la carga
	% EPS en relación a Acetona	42%		Espuma Construcción	215	17%		53%
				Espuma Packing	215	17%		
				Carga Aserrín	250	20%		
Grupo 4	% Acetona en relación a EPS	46%	19 al 27	Acetona	600	39%	39%	% Acetona en relación a toda la carga
	% EPS en relación a Acetona	54%		Espuma Construcción	350	23%		61%
				Espuma Packing	350	23%		
				Carga Aserrín	250	16%		
Grupo 3	% Acetona en relación a EPS	50%	28 al 36	Acetona	600	41%	41%	% Acetona en relación a toda la carga
	% EPS en relación a Acetona	50%		Espuma Construcción	300	21%		59%
				Espuma Packing	300	21%		
				Carga Aserrín	250	17%		

# RESULTADOS DE ENSAYOS EN LABORATORIO

Grupo	Tipo de probeta	Nº Probeta	Dimensiones iniciales (cm)			Volumen inicial (cm3) 256	% de variación de volumen	Vertido	Ensayos Flexión en 3 puntas			Ensayos Compresión		
			Ancho 4	Largo 16	Espesor 4				Volumen final	Fuerza (kg)	Kg/cm2	Fuerza Promedio Kg/cm2	Fuerza (Kg)	Kg/cm2
1	Testigo	37	3,80	15,25	3,70	214	16%	27-5-15	485	34,5	32	2940	209	196
	Sometidas a Inmersión en H2O	38	3,80	15,30	3,70	215	16%		452	32,1		2750	196	
	Sometidas a radiación UV	39	3,80	15,20	3,65	211	18%		412	29,7		2540	183	
2	Testigo	40	3,85	15,40	3,60	213	17%	3-6-15	470	33,9	33	2840	205	212
	Sometidas a Inmersión en H2O	41	3,85	15,40	3,70	219	14%		495	34,7		3230	227	
	Sometidas a radiación UV	42	3,80	15,30	3,75	218	15%		448	31,4		2900	204	
3	Testigo	43	3,80	15,30	3,90	227	11%	10-6-15	458	30,9	33	3280	221	229
	Sometidas a Inmersión en H2O	44	3,75	15,30	3,80	218	15%		440	30,9		2980	209	
	Sometidas a radiación UV	45	3,70	15,30	3,08	174	32%		410	36,0		2910	255	
									Promedio	32,7		Promedio total	212	
									Desviación Std	2,2		Desviación Std	21	
									Promedio Testigos	33,1		Promedio Testigos	212	
									Promedio H2O	32,6		Promedio H2O	210	
									Promedio UV	32,4		Promedio UV	214	

