



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Tesis presentada a la Escuela
de Diseño de la Pontificia
Universidad Católica de Chile
para optar al título profesional
de Diseñador.

DISEÑO | UC

Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

Facultad de Arquitectura,
Diseño y Estudios Urbanos.

Pilcán

concreto austral

FRANCISCA FUENZALIDA

Profesor guía: Tomás Vivanco
Julio, 2016. Santiago, Chile.



DISEÑO|UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

Facultad de Arquitectura,
Diseño y Estudios Urbanos.

Pilcán

concreto austral

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la
Pontificia Universidad Católica de Chile para optar
al título profesional de Diseñador.

Autor: Francisca Fuenzalida

Profesor Guía: Tomás Vivanco
Julio, 2015. Santiago, Chile.

GRACIAS

Gracias a mis padres, quienes gracias a su cariño y entrega, me han llevado a ser la persona que soy hoy.

A mis hermanas, Sofi y Dani, por ayudarme, escuchar mis indecisiones y alentarme. A mi hermano, Tomy, por acompañarme durante todo el proyecto, por transmitirme sus conocimientos, explicarme un sin fin de cosas y ayudarme en tantas otras. Muchas gracias.

A Walter, por su apoyo incondicional y subirme el ánimo en todo momento, sin ti no habría sido posible. A mis amigos por todos estos años de risas, pasadas de largo y aprendizajes juntos. Especialmente a Trini.

A Mauricio, por iniciarme en el mundo de los materiales. A mi profesor guía, Tomás, por la paciencia, la confianza y por motivarme a ir siempre más allá.

Por último, gracias a todas aquellas personas que colaboraron en el proyecto, desde el laboratorio de materiales, hasta Chiloé.

CONTENIDOS

9	INTRODUCCIÓN		
	1. RESIDUOS EN CHILE		
12	1.1 Residuos	50	
12	1.1.1 ¿Qué son y cómo se clasifican?	50	
13	1.1.2 Contexto Nacional	51	
14	1.1.3 Residuos sólidos municipales	51	
15	1.1.4 Residuos sólidos industriales	52	
16	1.2 Valorización y jerarquía de residuos	52	
17	1.2.1 Tasas de valorización en Chile	52	
	2. RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA AGROINDUSTRIA CHILENA		
20	2.1 Agroindustria	56	
22	2.2 Residuos Agroindustriales	57	
23	2.3 Residuos de la industria Vitivinícola	58	
23	2.3.1 Orujo y Escobajo	58	
25	2.4 Residuos de la industria de Maíz	60	
25	2.4.1 Caña de Maíz	62	
26	2.5 Residuos de la industria Acuícola	62	
26	2.5.1 Concha de chorito	63	
27	2.6 Residuos de la industria de frutos secos	63	
27	2.6.1 Cáscara y pelón de almendra	65	
29	2.7 Análisis entrecruzado	65	
32	2.8 Conclusiones		
32	2.8.1 Primera selección de residuos		
	3. PROCESOS DE PRODUCCIÓN		
36	3.1 Producción de almendra	68	
36	3.1.1 Etapas del cultivo	70	
38	3.1.2 Etapas de procesamiento	71	
40	3.2 Producción de chorito	72	
40	3.2.1 Etapas del cultivo	72	
42	3.2.2 Etapas de procesamiento	73	
44	3.3 Producción de maíz		
44	3.3.1 Etapas del cultivo	76	
46	3.3.2 Etapas de labranza	76	
47	3.4 Conclusiones	77	
47	3.4.1 Segunda selección de residuos	78	
	4. INDUSTRIAS DE PRODUCCIÓN ASOCIADAS		
	4.1 Industrias asociadas a la concha de chorito		
	4.1.1 Producción de cemento		
	4.1.2 Producción de concreto		
	4.1.3 Impactos negativos de la industria		
	4.2 Industrias asociadas a la cáscara de almendra		
	4.2.1 Producción de plásticos		
	4.2.2 Impactos negativos de la industria		
	5. PRUEBAS DE MATERIAL		
	5.1 Pasos preliminares		
	5.2 Preparación del material		
	5.3 Experimentación material		
	5.3.1 Muestras con conchas de choritos		
	5.3.2 Muestras con cáscaras de almendras		
	5.4 Conclusiones		
	5.4.1 Selección final de residuos		
	5.5 Experimentación material 2.0		
	5.5.1 Muestras con conchas de choritos		
	5.6 Conclusiones		
	5.6.1 Pasos a seguir		
	6. FORMULACIÓN DEL PROYECTO		
	6.1 Contexto		
	6.2 Oportunidad de diseño		
	6.3 Formulación		
	6.4 Usuario		
	6.4.1 Prosumidores		
	6.5 Antecedentes y referentes		
	7. MATERIAS PRIMAS		
	7.1 Estudio y recolección del residuo		
	7.1.1 Conociendo la industria		
	7.1.2 Formas de obtener el residuo		
	7.2 Materias primas		
	7.2.1 Ciclo de la cal		
	7.2.2 Materiales complementarios		

8. DESARROLLO EXPERIMENTAL		10. PROYECTO	
84	8.1 Metodología de pruebas en laboratorio	132	10.1 Identidad visual
85	8.1.1 Metodología de las mezclas	132	10.1.1 Naming
85	8.1.2 Medición de la densidad real	133	10.1.2 Desarrollo de Isologotipo
88	8.2 Ensayo 1: mezclas patrón	133	10.1.3 Tipografías
89	8.2.1 Análisis de resultados	134	10.1.4 Construcción del Isologo
90	8.3 Ensayos 2: mezclas preliminares	134	10.1.5 Área de resguardo
92	8.3.1 Análisis de resultados	135	10.1.6 Paleta cromática
92	8.3.2 Pasos a seguir	136	10.2 Diseño de packaging
93	8.4 Ensayos 3: mezclas 2.0	136	10.2.1 Concepto
97	8.4.1 Análisis de resultados	136	10.2.2 Formato
97	8.4.2 Pasos a seguir	136	10.2.3 Identificador gráfico
98	8.5 Ensayos 4: mezclas finales	137	10.2.4 Contenido
99	8.5.1 Análisis de resultados	140	10.2.5 Planimetrías
99	8.5.2 Pasos a seguir	141	10.3 Plataforma digital
100	8.6 Análisis XRD	145	10.4 Modelo de negocios
101	8.7 Conclusión	146	10.5 Proyecciones de costos
102	8.8 Proyección de resistencias	148	10.6 Fondos concursables
103	8.9 Prototipo asiento: compresión	149	10.7 Proyecciones
106	8.10 Prototipo unión: tracción	149	10.7.1 Huella de carbono
106	8.10 Análisis de resultados	149	10.7.2 Pruebas de material
		150	10.8 Conclusión
9. DESARROLLO DEL PROYECTO		11. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	
110	9.1 Prototipos "Hazlo tú mismo"	152	
110	9.1.1 Concepto		
110	9.1.2 Variables de diseño	155	12. ANEXOS
113	9.1.3 Prototipos de taburetes		
119	9.1.4 Prototipos lámparas		
124	9.1.5 Conclusión		
125	9.2 Brain Chile		
126	9.3 Prototipo industrial: Baldosas Córdova		
126	9.3.1 Proceso de fabricación		
127	9.3.2 Desarrollo de prototipos		
129	9.3.3 Conclusión		

INTRODUCCIÓN

Desde los comienzos de nuestra evolución, la humanidad ha tenido la necesidad de utilizar los recursos disponibles en la Tierra para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, a medida que la población mundial crece, la demanda de recursos naturales por parte del ser humano es cada vez mayor. Tal ha sido el aumento en el consumo, que se están generando desequilibrios y daños difíciles de revertir en el ecosistema, produciéndose deforestación, sequía, escasez de agua dulce, pérdida de suelo y biodiversidad, sumado al aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera.

Frente a esta realidad, se hace necesario cambiar la forma en que percibimos la Tierra en que habitamos; hacernos conscientes de que los recursos que nos brinda no son inagotables y del daño que estamos generando. Se deben buscar alternativas de formas de vida y hábitos más sostenibles y cambiar la mirada que tenemos respecto a los elementos que nos rodean. Una manera de hacerlo, es otorgándole valor a aquellos recursos que están siendo tratados como residuos.

En el sector Agroindustrial se generan anualmente miles de toneladas de residuos de diversa índole, los cuales muchas veces son considerados meramente desechos y enviados a disposición final, como materias sin valor. Ante esto, surge la oportunidad de investigar residuos industriales generados en el país, sus componentes y propiedades, con el fin de otorgarle valor a un material que está siendo descartado.

La elección del tema a investigar, surge por un lado, por el interés que siempre he tenido respecto a la experimentación con materiales alternativos, tema que he abordado en diversos proyectos a lo largo de mi carrera y que no deja de sorprenderme. Y, por otro, emerge desde la motivación por generar diseños que respondan a necesidades latentes, tal como es el caso abordado en este proyecto; el agotamiento de recursos naturales que experimentamos en la sociedad actual.

Vertedero de residuos.
Recuperado de: <http://efc.web.unc.edu/2013>



A large pile of garbage, including plastic bags, bottles, and other debris, is shown in the foreground. In the background, a large mound of earth or sand is visible. Numerous birds are flying in the sky above the garbage pile. The sky is blue with some white clouds.

1. RESIDUOS EN CHILE

1.1 RESIDUOS

1.1.1 ¿Qué son y cómo se clasifican?

El Ministerio del Medio Ambiente [MMA] (2011) define residuos como “sustancias u objetos que habiendo llegado al final de su vida útil se desechan, procediendo a tratarlos mediante valorización o eliminación” (p. 139). Éstos pueden ser clasificados bajo distintos parámetros. A continuación se presentarán aquellos relevantes para la investigación.

Clasificación por origen:

Según su origen los residuos son clasificados como residuos industriales; residuos sólidos o líquidos provenientes de los procesos industriales, y residuos municipales; residuos sólidos provenientes de hogares, comercios, oficinas, escuelas, edificios públicos y de servicios municipales.

Clasificación por estado:

Según el estado físico del residuo, éstos se clasifican como sólidos, líquidos o gaseosos.

Clasificación por manejo:

La composición y características propias del residuo van asociadas al manejo que debe aplicarse, en base a esto se clasifican como residuos peligrosos; aquellos que presentan un riesgo para la salud humana o al medio ambiente, residuos no peligrosos; aquellos que no presentan ninguna característica de peligrosidad al no generar efectos nocivos sobre la salud humana y generan o puede generar alguna reacción física, química y/o biológica. Y por último, residuos inertes; residuo o mezcla de residuos que no genera, ni puede generar ninguna reacción física, química o biológica (Comisión Nacional del Medio Ambiente [CONAMA], 2010, p. 12).



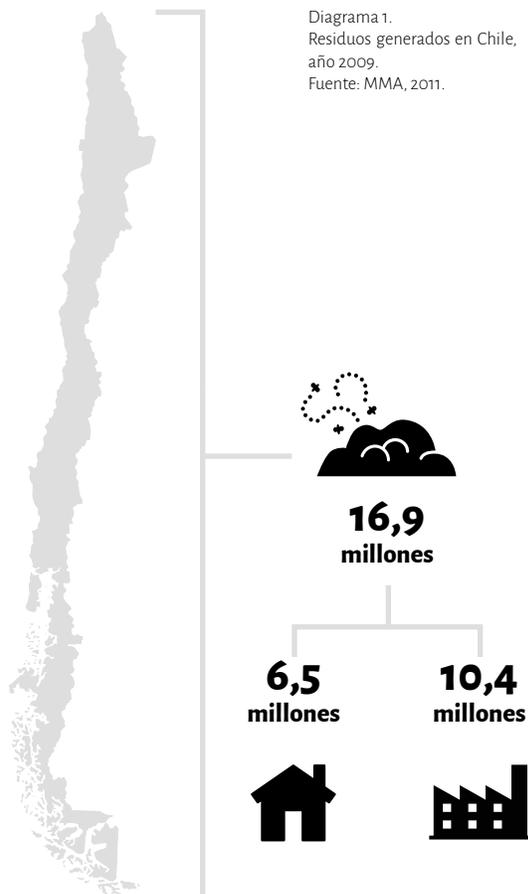
“En la naturaleza no existen residuos, todo es reincorporado al ciclo a través de las cadenas tróficas y de los ciclos biogeoquímicos, sólo en los ecosistemas con presencia antrópica se generan residuos.”
(MMA, 2011, p. 139)

Vertedero de residuos.
Recuperado de: <http://www.energynext.in/>

1.1.2 Contexto Nacional

Según los resultados obtenidos del Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos en Chile, desarrollado por la CONAMA el año 2009, la generación de residuos sólidos aumenta cada año, debido al crecimiento de la población, incremento en el nivel de vida, crecimiento en la producción industrial y tasas de valorización de residuos aún incipientes en el país.

Para el año 2009, la generación estimada de residuos fueron de 16,9 millones de toneladas, de las cuales 6,5 millones de toneladas correspondieron a residuos municipales (38,5% del total de residuos sólidos), y 10,4 millones de toneladas a residuos industriales (61,5% del total de residuos sólidos), (CONAMA, 2010).



El manejo de los residuos en Chile ha estado presente como una preocupación en los distintos sectores sociales del país, sin embargo, aún no hay soluciones efectivas para su tratamiento. Los niveles de producción y consumo a nivel nacional, favorecen el incremento en la generación de residuos sólidos.

Principales causas de su generación:

- El proceso de crecimiento, distribución y concentración de la población.
- Las características físicas del país y la distribución de las actividades económicas, que conducen a la presencia de lugares alejados de zonas pobladas, lo cual dificulta la fiscalización y posibilita la instalación de basurales ilegales.
- La existencia de deficiencias institucionales, reglamentarias, de fiscalización y gestión, que han generado pasivos ambientales con efectos negativos para la salud de la población y el medio ambiente.
- El aumento de ingresos de los habitantes, el cual genera un mayor consumo.
- El modelo de consumo que caracteriza a nuestra sociedad (CONAMA, 2005).

Principales impactos ambientales de su disposición final:

- Alteración de la calidad del agua y de las características hidráulicas, tanto superficiales como subterráneas.
- Alteración en la vegetación y fauna
- Alteración de las propiedades físicas, químicas y de fertilidad de los suelos.
- Emisión de gases de efecto invernadero, fruto de los procesos de degradación anaeróbica en los rellenos sanitarios.
- Emisiones atmosféricas.
- Enfermedades provocadas por vectores sanitarios y deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas por la cercanía de residuos
- Impactos paisajísticos y mal olor
- Riesgo de accidentes, tales como explosiones o derrumbes
- Contaminación acústica derivada del transporte de residuos (MMA, 2011).

1.1.3 Residuos sólidos municipales

Según el MMA, la gestión de los residuos domiciliarios, entendida como recolección, transporte y disposición, es un servicio que opera a cargo de las respectivas municipalidades (2011).

Hoy en día la mayoría de los municipios limitan su gestión a la disposición final de los residuos a través de contratos con empresas privadas o mediante manejo propio. Éstas generalmente eliminan los residuos sin considerar estrategias como fomentar la prevención de su generación o su potencial valorización. Asimismo, los contratos de disposición final (procedimiento de eliminación mediante el depósito definitivo de los residuos, con o sin tratamiento previo), suelen desincentivar las iniciativas de reciclaje, debido a que los costos por tonelada son menores a medida que aumenta la cantidad dispuesta.

Más del 50% de los residuos municipales generados podrían ser valorizados, lo que reduciría considerablemente los residuos que son enviados a sitios de disposición final, disminuyendo de esta manera los costos que invierten los municipios por este concepto.

Los dos factores más preponderantes en la generación de residuos domiciliarios son el número de habitantes y el nivel de ingreso. A continuación se presenta la tendencia de residuos sólidos municipales generados en el país para el período 2000-2009, donde se puede observar que hubo un incremento del 28% a lo largo del período analizado (CONAMA, 2010).

Gráfico 1.
Composición de residuos municipales en Chile, año 2009.
Fuente: MMA, 2011.

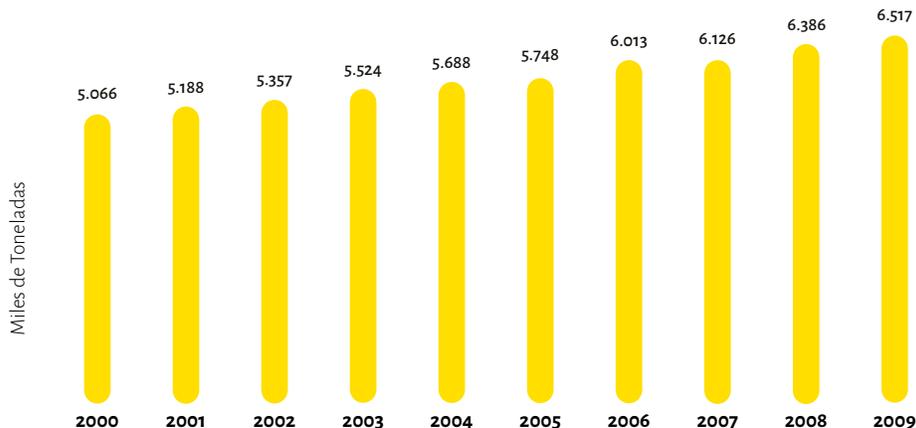
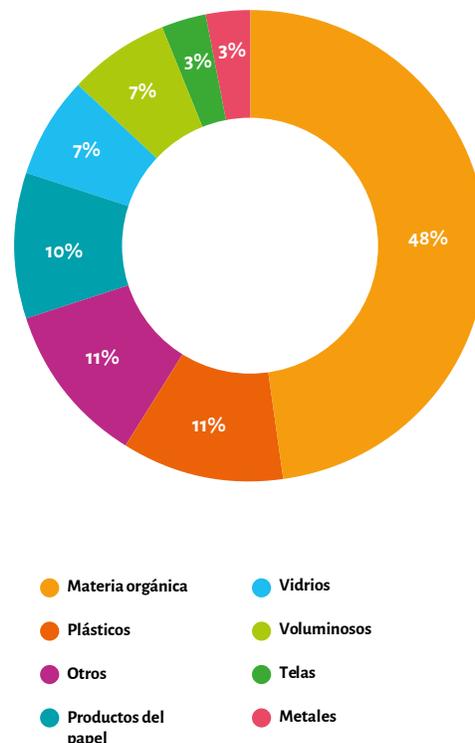


Gráfico 2.
Residuos sólidos municipales generados desde el año 2000 a 2009.
Fuente: MMA, 2011.

1.1.4 Residuos sólidos industriales

El manejo de los residuos industriales es responsabilidad de los generadores, en su mayoría privados. La relación de éstos con las empresas prestadoras de los servicios asociados; transportistas y destinatarios, se establece a través de libre elección, según evaluación económica (CONAMA, 2005).

Los sectores considerados en los residuos sólidos industriales generados en el país, corresponden a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme [CIU] de todas las actividades económicas, y se clasifican en: sector agricultura, silvicultura y pesca, sector minero y cantera, sector manufacturero, sector producción de energía, sector distribución y purificación de agua, y sector construcción, (ver gráfico 3).

La tasa de generación de residuos industriales a ido aumentando conforme pasan los años (ver gráfico 4), estimándose un incremento del 53% desde el año 2000 a 2009, lo que se traduce en un aumento del 4,8% anual (CONAMA, 2010).

Gráfico 3.
Generación de residuos industriales según sector, año 2009.
Fuente: MMA, 2011.

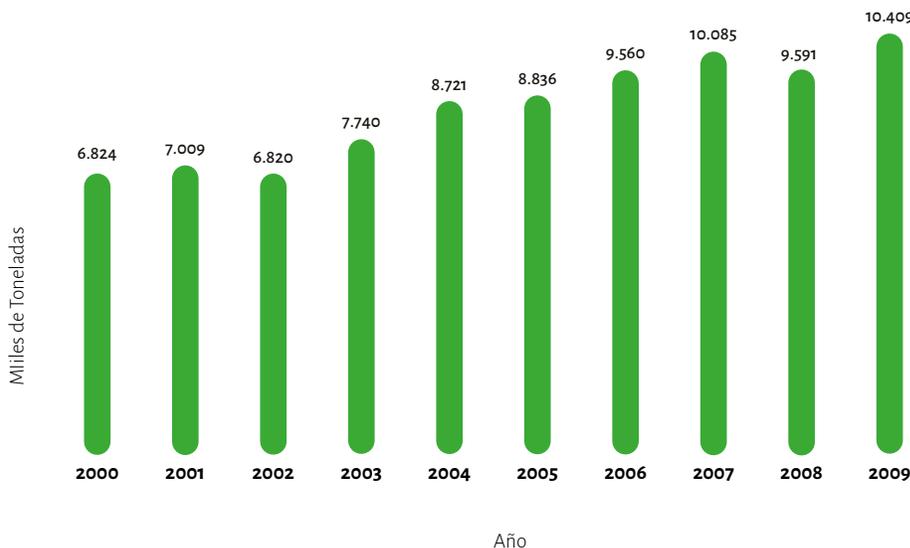
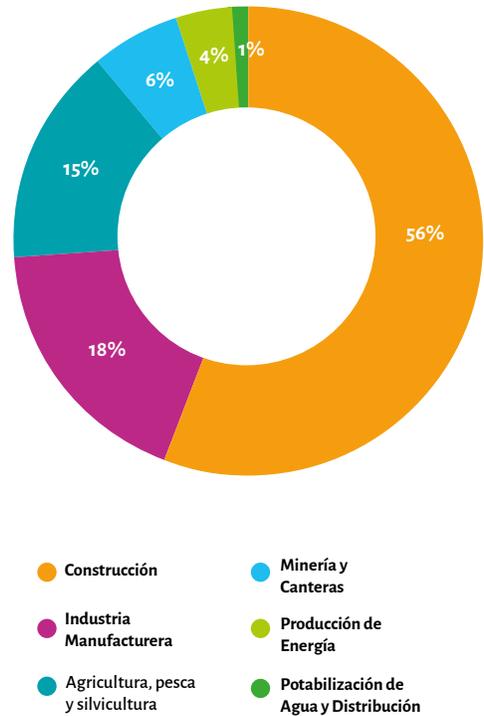


Gráfico 4.
Residuos sólidos industriales generados desde el año 2000 a 2009.
Fuente: MMA, 2011.

1.2 VALORACIÓN Y JERARQUÍA DE RESIDUOS

La generación de residuos y su gestión son aspectos importantes para el desarrollo sustentable del país. El proceso más utilizado para el manejo de residuos en Chile es la disposición final, la cual se lleva a cabo en rellenos sanitarios, vertederos y basurales. Sin embargo, se ha evidenciado que concentrar los esfuerzos en resolver sanitaria y ambientalmente la disposición final de éstos no es suficiente y se hace necesario redefinir el enfoque en la gestión de los residuos en el país (CONAMA, 2010).

De forma incipiente se ha comenzado a aplicar la valorización de los residuos. Ésta última es entendida como “acciones cuyo objeto es recuperar residuos o alguno de sus componentes, con la finalidad de reincorporarlos a procesos productivos y/o generar nuevos materiales, productos o energía” (MMA, 2011, p. 160). De esta manera se minimiza el riesgo que suponen los residuos tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas (CONAMA, 2010).

En los últimos años el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) ha estado trabajando para impulsar un cambio en la mirada y en la forma de trabajar la gestión de residuos, a través de la elaboración de una Ley General de Residuos. Ésta involucra promover en primera instancia la prevención en la generación de residuos y, si ello no es posible, fomentar, en este orden, su reducción, reutilización, reciclaje, valorización energética, tratamiento y la disposición final de los mismos, como última alternativa. (ver diagrama 2).

“Es fundamental que como país dejemos de ver los residuos sólo como basura, como un tema de vertederos y rellenos sanitarios. Los residuos son más que eso, son una materia prima; son la fuente de trabajo de un sector que ayuda considerablemente al medio ambiente, como son los recolectores; son una fuente de energía; y lo más importante: los residuos son elementos que podemos reducir, reutilizar y reciclar en nuestra vida diaria”.
(Benítez, CONAMA, 2010, p. 2)



Diagrama 2.
Jerarquía en el manejo de residuos.
Fuente: MMA, 2011.

1.2.1 Tasas de valorización en Chile

Si bien el desarrollo de mercados para la valorización de residuos tales como papel y cartón, vidrio, plástico y metales, ha experimentado un crecimiento en los últimos años, la tasa de valorización de residuos generados en Chile es aún incipiente (ver diagrama 3), por lo que se hace necesario potenciar la valorización de éstos (CONAMA, 2010).

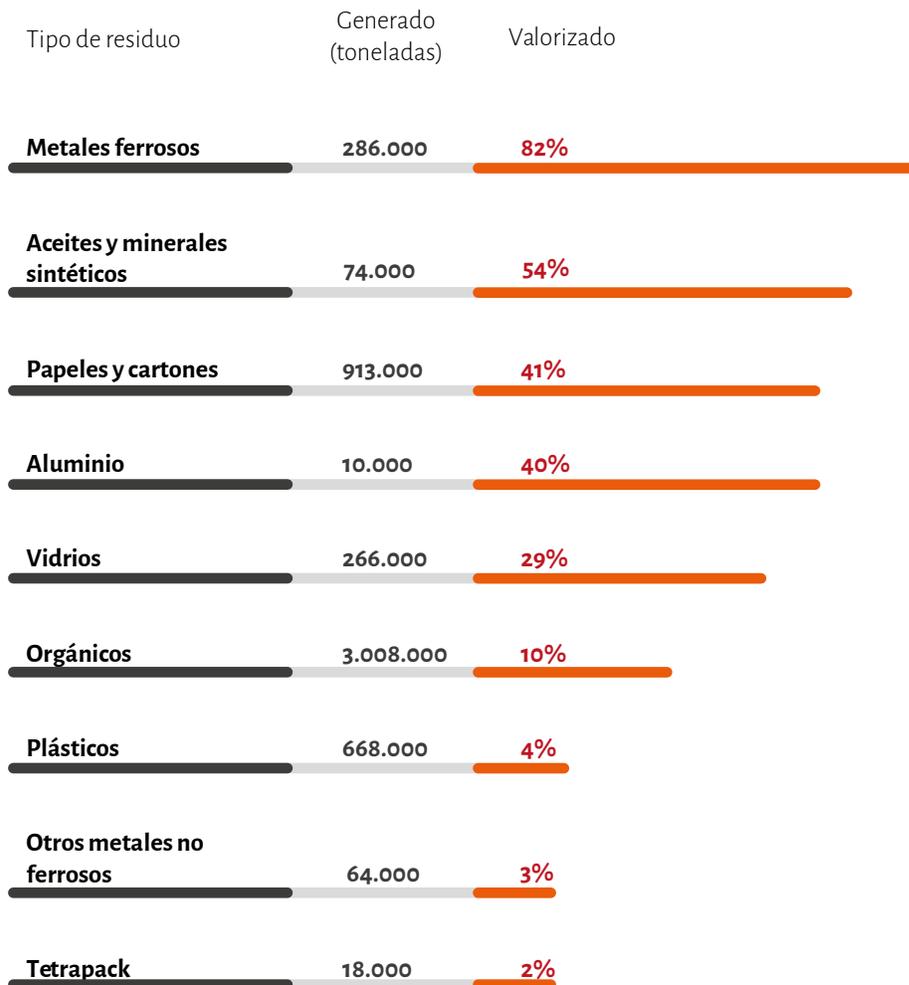


Diagrama 3. Generación y porcentaje de valorización de los residuos en Chile, año 2009. Fuente: MMA, 2011.





2. RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA AGROINDUSTRIA CHILENA

Tomando en cuenta que la mayor parte de los residuos generados en Chile son de carácter orgánico y que éstos son valorizados en apenas un 10%, surge la oportunidad de investigar el sector industrial que mayormente los genera: la agroindustria. Este sector comprende diferentes tipos de actividades: agrícola, ganadera, silvícola y acuícola y el sector manufacturero, que representan un 15% y 18% de los residuos sólidos industriales del país respectivamente.

A raíz de esto, se estudian 6 residuos sólidos generados por agroindustrias preponderantes a nivel nacional, con el objetivo de investigar, analizar, comparar y evaluar su potencial valorización y reutilización bajo distintos parámetros.

2.1 AGROINDUSTRIA

La Agroindustria es un sector económico que abarca la producción, industrialización y comercialización de productos agropecuarios, forestales y biológicos. Este sector se caracteriza por procesar materias primas y productos intermedios, los cuales pasan por diversos tipos de transformación y grados de elaboración durante el tiempo que transcurre entre el comienzo de la explotación y su uso final (Henson & Cranfield, 2013).

Ésta se divide en dos categorías; alimentaria y no alimentaria. La primera se encarga de la transformación de los productos de la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, en productos elaborados para el consumo alimenticio. Dentro de esta transformación se incluyen los procesos de selección de calidad, clasificación, embalaje y almacenamiento de la producción. La parte no-alimentaria se encarga de la transformación de materias primas, para dar origen a diferentes productos industriales (INAPI, s.f).

Dentro de la Agroindustria, cabe destacar tres características propias de sus materias primas: estacionalidad, índole perecedera y variabilidad.

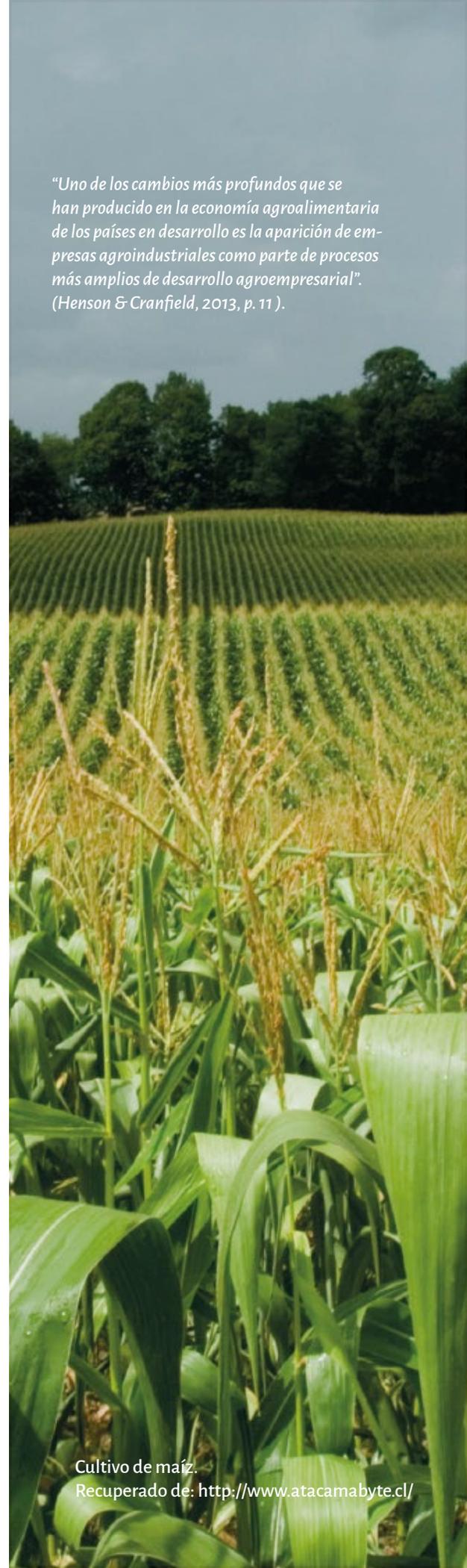
1) Estacionalidad

Dado que las materias primas para las agroindustrias son de carácter biológico, su suministro es estacional, estando disponible al final de la cosecha o del ciclo de reproducción. A pesar de que el suministro de materias primas esté disponible durante uno o dos períodos al año, la demanda del producto acabado es relativamente constante durante el año.

2) Índole perecedera:

Las materias primas biológicas son perecederas y con frecuencia bastante frágiles. Debido a esto, los productos agroindustriales exigen mayor velocidad y cuidado en la manipulación y almacenamiento. (lo que también puede influir en la calidad nutricional de los productos alimentarios ya que se reduce el daño o deterioro de las materias primas).

“Uno de los cambios más profundos que se han producido en la economía agroalimentaria de los países en desarrollo es la aparición de empresas agroindustriales como parte de procesos más amplios de desarrollo agroempresarial”.
(Henson & Cranfield, 2013, p. 11).



Cultivo de maíz.
Recuperado de: <http://www.atacamabyte.cl/>

3) Variabilidad:

Las Agroindustrias se caracterizan por la variabilidad en la cantidad y calidad de las materias primas trabajadas. La cantidad es incierta debido a los cambios meteorológicos y al daño que puedan causar enfermedades y plagas en los cultivos. Respecto a la calidad, esta es variable porque la estandarización de las materias primas sigue siendo un factor evasivo, aún cuando se han logrado avances en el aspecto genético de animales y plantas. Estas variaciones ejercen presión adicional en el programa de producción de una planta agroindustrial y en las operaciones de control de calidad (Austin, 1984).

2.2 RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

En el marco de este informe, se entiende por “residuo Agroindustrial” aquellos residuos generados por las industrias y centros productivos agrícolas, silvícolas, ganaderos y acuícolas.

Las actividades representativas citadas producen diferentes tipos de residuos, orgánicos e inorgánicos, siendo los orgánicos los que se producen en mayor cantidad. La consideración como residuo o subproducto de estos últimos, depende de la capacidad que tengan de ser valorizados.

La adecuada gestión y tratamiento de los residuos es una necesidad ineludible, ya que si no se realiza de manera correcta se pueden generar graves situaciones de contaminación. Para que la gestión global de los residuos mejore, es suficiente un cambio de perspectiva sobre la consideración de éstos, de considerarlos un problema a considerarlos una oportunidad o un recurso (Solé & Flotats, 2004).



Orujo de uva.
Recuperado de: <https://en.wikipedia.org/>

2.3 RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

2.3.1 Orujo y Escobajo

La uva es una de las frutas más abundantes en el mundo, con más de 60 millones de toneladas de producción anual, el 70% de las cuales son para la producción de vino (Moral y Moreno, 2008).

La industria vitivinícola Chilena ocupa un lugar importante tanto a nivel local como mundial, siendo el duodécimo productor del mundo. La industria de producción del vino genera aguas residuales y residuos sólidos. La mayoría de los residuos generados en bodega son orgánicos (80-85%), siendo éstos el orujo, el escobajo y las lías sólidas. El orujo es el hollejo y pepas de la uva que quedan luego de exprimir la pulpa, las lías son el sedi-

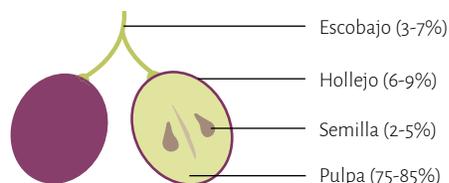


Diagrama 4. Composición de la uva. Fuente: Dellacassa, (s.f). Dibujos, material del autor.

mento acumulado tras la fermentación del vino, compuesto principalmente por levaduras, y el escobajo es la estructura leñosa del racimo (Moral y Moreno, 2008).

En las tablas a continuación se pueden observar los componentes químicos del orujo y del escobajo, los cuales fueron los residuos analizados por ser los mayormente generados y de carácter más sólido.

Composición química del orujo

Variedad: *Vitis vinifera* L.

Compuestos	% en base seca (g/100g)
Carbohidratos	29,2
Proteínas	8,49
Fructosa	8,91
Glucosa	7,95
Pectina	3,92
Humedad	3,33
Cenizas	4,65
Fibra dietaria total	46,17

Compuestos bioactivos	(mg/100g)
Antocianinas	131
Vitamina C	26,25

Tabla 1. Composición química del orujo de la uva Fuente: Sousa et al., (2014).

Nota: Los compuestos bioactivos son constituyentes extranutricionales que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos. La ceniza es el producto de la combustión del material analizado, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles.

La producción de vinos en Chile se concentra mayoritariamente en las regiones del Maule, Libertador Bernardo O'Higgins y Metropolitana, representando el 93 % del total (SAG, 2015).



Observación:

La suma de los componentes de cada tabla puede dar porcentajes inferiores o superiores al 100%; en el primer caso se debe a que no siempre se analizan todos los componentes, sino los principales o relevantes de la investigación; en el segundo caso es común que los autores presenten categorías de distinto orden (e.g., azúcares y carbohidratos), resultando en sumas de porcentajes mayores al 100%.

Composición química del escobajo

Variedad: *Vitis vinifera* L.

Compuestos	% en base seca (g/100g)
Celulosa	30,3
Hemicelulosa	21,0
Lignina	17,4
Taninas	15,9
Proteínas	6,1
Cenizas	7,0

Tabla 2. Composición química del orujo de la uva
Fuente: Prozil, Evtuguin y Lopes, (2012).

Tratamientos y aplicaciones del orujo y escobajo:

- Reincorporación del orujo y escobajo al suelo de los cultivos, para fertilizarlo. Además es utilizado para generar compost.
- Extracción de alcohol por destilación de los orujos, que se utiliza en la elaboración de aguardiente de orujo y como alcohol para otro tipo de bebidas.
- Elaboración de aceite de pepita de uva extraído de las semillas.
- Uso del orujo y del escobajo para alimentación animal.
- Obtención de proteínas y fibra alimentaria de las pepitas y los hollejos de los orujos para la elaboración de suplementos dietéticos, (Moral & Moreno, 2008).

Situación actual en Chile: Polilla del racimo de la vid

Según el SAG, desde el año 2008 esta polilla es una plaga presente en el país, la cual ataca a los viñedos, ya que su larva provoca un daño directo al alimentarse de los racimos, produciéndose una pudrición y deshidratación de las bayas, haciendo disminuir los rendimientos de las viñas, (s.f). Debido al grave daño fitosanitario que este insecto produce al sector agrícola, el SAG la declaró bajo control obligatorio mediante la Resolución N°4.287 de 2014. En cuanto al manejo de escobajo y orujo, están siendo controlados y deben seguir la normativa para evitar la propagación de la plaga, siendo enterrados bajo suelo en ciertos casos.



Escobajo de uva. Recuperado de:
<http://urbinavinos.blogspot.cl>



Orujo de uva. Recuperado de:
<http://www.grappanonino.it/>

2.4 RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE MAÍZ

2.4.1 Caña de Maíz

El maíz es el cereal de mayor producción a escala mundial, siendo el segundo más cultivado en Chile después del trigo. El cultivo de éste genera alrededor 20 toneladas de materia orgánica (biomasa) residual por hectárea cultivada, siendo cosechada cerca del 50% de la materia total presente en el cultivo en forma de grano y choclo (Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA], 2015).

La biomasa residual, llamada rastrojo, esta constituida principalmente por la caña, razón por la cual se estudiaron los componentes de ésta (ver tabla 3), y en menor cantidad por hojas, panoja y restos de mazorca, entre otros.

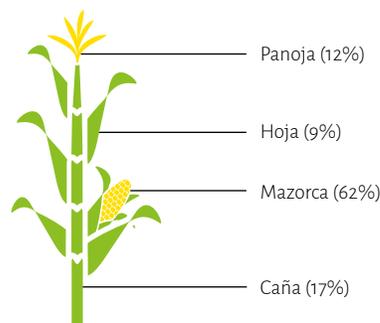


Diagrama 5. Componentes y sus porcentajes del peso seco del maíz. Fuente: Pasturas de américa, (s.f). Dibujos, material del autor.

Tratamientos y aplicaciones del rastrojo:

- Trituración y reincorporación a la tierra luego de la cosecha, ya que ayuda a proteger el suelo de las precipitaciones erosivas y reduce las pérdidas por evaporación, al mantener más fría y protegida la superficie del suelo.
- Eliminación mediante quemas agrícolas, acción que daña la calidad del suelo, emite contaminantes a la atmósfera y puede generar incendios.
- Uso como alimento animal

Composición química del rastrojo de maíz

Variedad: *Zea mays L.*

Compuestos	% en base seca (g/100g)
Holocelulosa	73,24
Alfa Celulosa	41,67
Lignina	19,98
Cenizas	1,3

Tabla 3. Composición química del rastrojo de maíz

Fuente: Garay, Rallo, Carmona, Araya (2009).

Nota: La holocelulosa es término que se utiliza para referirse al total de los carbohidratos, celulosa y hemicelulosas, contenidos en las materias primas vegetales fibrosas o en la pulpa misma. La proporción de los componentes del residuo depende principalmente de la variedad analizada, nivel de fertilización y tipo de cultivo.



Rastrojo de maíz. Recuperado de: <http://tuproximocampo.blogspot.cl/>

El maíz se siembra principalmente en las regiones de O'Higgins y el Maule, que reúnen el 75% de la superficie de cultivo. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias [ODEPA], 2015).



2.5 RESIDUOS DE LA INDUSTRIA ACUÍCOLA

2.5.1 Concha de Chorito

Chile se encuentra entre los cinco primeros países cultivadores de choritos (*Mytilus chilensis*) y es uno de los principales productores de la industria acuícola-pesquera, representando el 4% del volumen de producción a nivel mundial. La producción de moluscos corresponde al 15% de la industria acuícola del país, siendo los choritos los moluscos más cultivados, representando el 3,5% del total de la industria, (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica [CONICYT], 2007).

Los residuos propios de la producción de choritos están formados principalmente por organismos que se adhieren a la superficie de los sistemas de cultivo como algas y organismos invertebrados, los cuales están compuestos principalmente por agua (90 a 95%) y por las conchas (ver tabla 4), que se obtienen luego del proceso

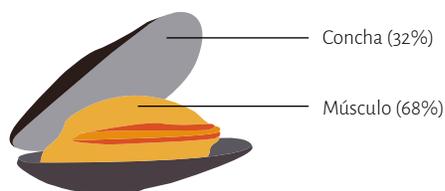


Diagrama 6. Componentes y sus porcentajes del peso del chorito. Fuente: Paz-Ferreiro, Baez-Bernal, Castro, García (2012). Dibujos, material del autor.

de la cosecha. En las planta de transformación éste es el principal residuo, a modo de ejemplo una planta que procesa 120 toneladas por día, puede generar aproximadamente 38 toneladas diarias de conchas residuales, (Consejo Nacional de Producción Limpia [CNPL], 2012).

Tratamientos y aplicaciones de las conchas:

- Generalmente son eliminados en vertederos.
- Uso como fertilizante para el control de acidez de cultivos, ya que al contener carbonato de calcio ayuda a regular el pH de los suelos.
- Uso como rellenos de calles, ya que evita la generación de barro al escurrir el agua.

Composición química de la concha de chorito

Variedad: *Mytilus Chilensis*

Compuestos	% del peso
Carbonato de Calcio	95-99
Proteínas	1-5

Tabla 4. Composición química de la concha de chorito. Fuente: Paz-Ferreiro, Baez-Bernal, Castro, García, (2012).

Nota: Las conchas son un material híbrido, teniendo componentes minerales inorgánicos (Carbonato de Calcio) y una matriz orgánica compuesta de proteína conquiolina, junto con pequeñas cantidades de otros elementos: Nitrógeno, Sulfuro, Fósforo, Potasio y Magnesio.



Conchas de choritos. Recuperado de: <https://c1.staticflickr.com>

Prácticamente toda la producción de choritos se lleva a cabo en la Región de Los Lagos, principalmente en los canales del mar interior de Chiloé y Llanquihue. La región abarca el 99% tanto de centros en operación como de actividad de cosecha, (Dirección del trabajo [DT], 2010).



2.6 RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE FRUTOS SECOS

2.6.1 Cáscara y pelón de almendra

Según la Fundación para la Innovación Agraria [FIA], las almendras son el fruto seco mayormente producido a escala mundial, siendo el segundo en Chile luego de las nueces de nogal. Las principales especies cultivadas por la industria nacional de frutos secos son las nueves, almendras y avellanas, (2009).

Los residuos generados por la industria de las almendras son los que se obtienen luego de la etapa de descascarado. Esta etapa es cuando se obtiene el producto a comercializar; la semilla del fruto, y los residuos generados son la cáscara de la almendra y el pelón, que es la cubierta exterior.

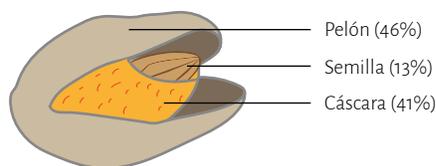


Diagrama 7. Componentes y sus porcentajes del peso de la almendra. Fuente: Godini, (1983). Dibujos, material del autor.

Chile exporta el 90% de las almendras sin cáscara, por lo que grandes cantidades de los residuos mencionados, se generan en las industrias de procesamiento locales (FIA, 2009).

Composición química de la cáscara de almendra

Variiedad: *Prunus dulcis*

Compuestos	% en base seca (g/100g)
Hemicelulosa	35,16
Lignina	30,01
Celulosa	28,99
Ceniza	0,76

Tabla 5. Composición química de la cáscara de almendra. Fuente: Altuna, Bhangerb, Cetin, Pehlivan, (2009).



Cáscara de almendra. Recuperado de: <http://www.ecobiotermica.com>

De la superficie en producción, La principal región productora es la Metropolitana, con un 46,4%, seguida por las regiones O'Higgins, Valparaíso y Coquimbo con un 34,04%, 10,41% y 7,29%, respectivamente, (FIA, 2009).



Composición química del pelón de almendra

Variedad: *Non pareil*

Compuestos	% en base seca (g/100g)
Fibra	41,6
Azúcares solubles	37,7
Celulosa	15,5
Lignina	12,1
Proteína	6,7
Ceniza	6,1

Tabla 6. Composición química del pelón de almendra
Fuente: Calvert, Parker, (1985).

Tratamientos y aplicaciones de la cáscara y del pelón:

- El empleo más común de la cáscara de la almendra y del pelón a nivel nacional, es utilizarlo como alimento de engorda animal, siendo el pelón el elemento más nutritivo al presentar alta cantidad de fibra y azúcares.
- Uso como biocombustible, debido a su alto poder calorífico. Esta aplicación no ha sido aplicada de manera industrial en Chile.

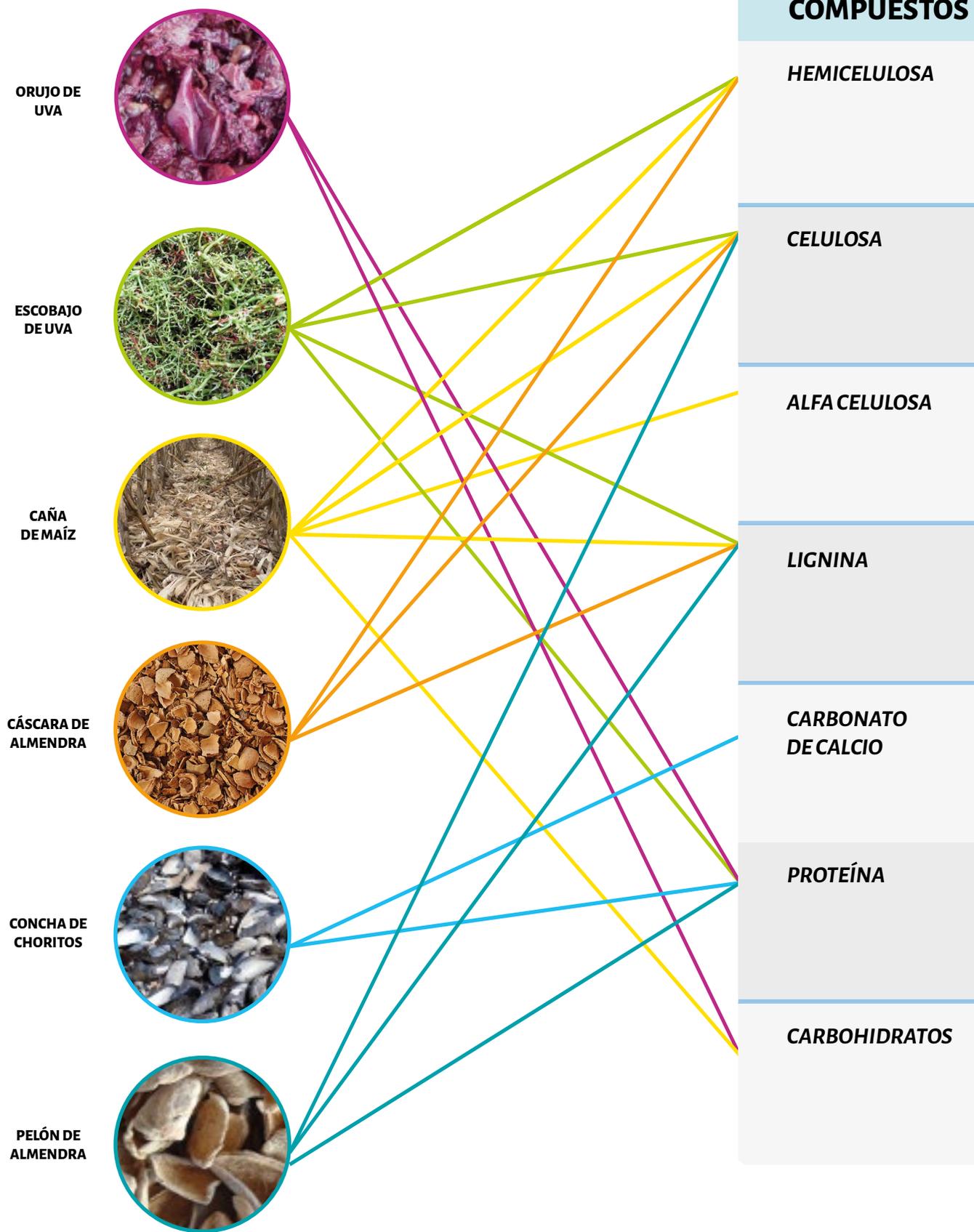


Pelón de almendra. Recuperado de:
<http://www.greenresource.co.in>

2.7 ANÁLISIS ENTRECRUZADO

Luego de analizar las diversas tablas de componentes químicos mostradas con anterioridad, se realizó una selección de los componentes más predominantes para generar un análisis entrecruzado entre los residuos y sus compuestos (ver tabla 7).

Se incluyeron las aplicaciones más comunes de cada compuesto, para reconocer posibles potenciales de uso de cada residuo. Todo esto con el fin de generar una primera selección de los seis residuos, tomando en cuenta tanto conclusiones obtenidas a raíz del estudio de los compuestos, como observaciones extraídas durante su estudio.



PRINCIPALES APLICACIONES

- Aditivo alimentario
- Producción de film plástico
- Producción de papel

- Materia prima del papel y de tejidos de fibras naturales
- Producción de seda artificial
- Elaboración de barniz
- Aislantes térmicos y acústicos
- Producción de bioplásticos

- Aditivo alimentario
- Industria farmacéutica

- Fabricación de fibras de carbono
- Industria farmacéutica
- Producción de bioplásticos

- Fabricación de cemento
- Enmiendas calizas
- Industria farmacéutica
- Elaboración de pinturas
- Producción de cerámica
- Elaboración de plástico
- Nutrición Animal
- Producción de cauchos

- Componente alimenticio
- Industria Farmacéutica

- Componente alimenticio
- Producción de bioplásticos
- Fabricación de películas fotográficas
- Conservación de alimentos
- Fabricación de fibras textiles

Tabla 7.
Compuestos de los residuos y
sus aplicaciones.

2.8 CONCLUSIONES

2.8.1 Primera selección de residuos

Luego del estudio y análisis de los 6 casos de residuos generados por la Agroindustria Chilena, se realiza una primera selección de éstos.

Uno de los factores claves para poder realizar el descarte fue comprender cómo estaba siendo valorizado el residuo, en caso correspondiente. Otro factor incidente fue la situación actual respecto al manejo de éstos, variable determinante en las posibilidades de trabajar con ellos. Y por último, el potencial identificado en base a los componentes de cada uno.

A continuación se presentan las diversas razones por las que fueron descartados 3 de los 6 residuos estudiados:

Orujo y escobajo:

Una de las razones por las que se descartó trabajar con el orujo y el escobajo, residuos de la industria vitivinícola, fue debido a la presencia de la plaga lobesia butrana, ya que tal como se mencionó con anterioridad, los centros de cultivo se han visto obligados a controlar y manejar la situación en pos de evitar la propagación de la plaga, eliminándolos y enterrándolos bajo tierra en ciertos casos. Este hecho complejiza tanto la obtención como el tratamiento de ambos materiales.

Por otro lado, se pudo observar que los componentes del orujo tienen un alto potencial para ser utilizados en el ámbito alimenticio, razón por la cual el residuo ya está siendo valorizado en diversas formas (aceite de pepita de uva, suplementos alimenticios, alcohol de orujo, entre otros). perdiéndose interés en la valorización de éste.

Pelón:

Se descarta trabajar en torno al pelón debido a los componentes identificados en su estructura. Al presentar mayoritariamente fibra y azúcares, se pierde interés en trabajar con sus componentes, los que ya están siendo valorizados en la alimentación bovina.

De esta manera, se decide seguir investigando la concha de chorito, la cáscara de almendra y la caña de maíz.

En el caso de la cáscara de almendra y la caña de maíz, se muestra interés en su posible valorización debido al potencial encontrado en sus componentes, al presentar ambos lignina, hemicelulosa y celulosa, elementos constitutivos de las plantas con múltiples aplicaciones.

Respecto a la concha de chorito, se rescata el alto contenido de Carbonato de Calcio presente en su estructura, material con diversos usos y que al formar alrededor del 97% del residuo, presenta un gran potencial. Por otro lado, la mayor parte del residuo no está siendo valorizado, siendo comúnmente enviado a vertederos.

VALORIZACIÓN DEL RESIDUO

RESIDUO	GRADO DE VALORIZACIÓN	
Orujo		Industrial
Escobajo		Semi-industrial
Caña de maiz		Semi-industrial
Cáscara de almendra		Semi-industrial
Pelón de almedra		Semi-industrial
Concha de chorito		Semi-industrial

EXPOSICIÓN A PLAGAS

RESIDUO	CANTIDAD DE PLAGAS	
Orujo		6
Escobajo		6
Caña de maiz		6
Cáscara de almendra		4
Pelón de almedra		4
Concha de chorito		0



Planta procesadora de almendras.
Imagen, material del autor.



3. PROCESOS DE PRODUCCIÓN

En el siguiente apartado se darán a conocer los procesos de producción de los tres residuos seleccionados; caña de maíz, concha de choritos y cáscara de almendra. Se dará cuenta de las etapas de proceso productivo de cada uno, la cantidad de residuo generado a nivel nacional y los períodos de cosecha, con el fin de evaluar la viabilidad del uso de los residuos como material valorizable y generar una tercera selección de éstos.

3.1 PRODUCCIÓN DE ALMENDRA

3.1.1 Etapas de Cultivo

1. Plantación

El primer aspecto a valorar a la hora de producir un cultivo es el lugar en que será plantado. Éste debe considerar las condiciones necesarias para lograr mayor potencial del cultivo, vale decir un clima mediterráneo con inviernos suaves y húmedos y veranos cálidos y secos en el caso del almendro. La elección de las variedades a cultivar se realiza según con las características climáticas de la zona.

2. Poda

La forma de podar el almendro depende del objetivo a perseguir y edad del huerto. La primera poda se realiza durante los años de formación del cultivo. Cuando alcanza la madurez se efectúa una poda ligera para renovar las ramas donde fructifica.

3. Fertilización

Para fertilizar los cultivos se suelen utilizar diferentes fuentes de Nitrógeno. Además de fórmulas que contienen Fósforo, Potasio, Boro, Zinc, Magnesio, Manganeso, Hierro y Calcio, las cuales deben aplicarse durante los riegos.

4. Control de plagas y enfermedades

La presencia de plagas y enfermedades es uno de los principales problemas durante la producción, ya que puede afectar el rendimiento del cultivo. Según la plaga

u enfermedad detectada, el tipo de tratamiento que se debe realizar.

5. Cosecha

La recolección en huertos que utilizan distintas variedades de almendras, se realiza según las fechas de maduración de cada una. Se deben realizar a tiempo a fin de evitar el deterioro de los frutos, expuestos a la acción de insectos, pájaros y accidentes climáticos. Tras la cosecha el fruto es transportado a una planta de procesamiento para su posterior pelado y descascarado (Cadena de la almendra y su relación con la innovación, 2007).



Períodos de cosecha:

La cosecha se realiza entre Febrero y Abril.
La época de cosecha varía según la variedad cultivada:
– Almendra Solano: Inicios de febrero.
– Almendra Non Pareil: Mediados de febrero.
– Almendra Price: Fines de febrero, inicios de marzo.
– Almendra Carmel: Mediados de marzo.
– Almendra Fritz: Entre abril y mayo.
(Vivero Tiempo Nuevo, s.f).

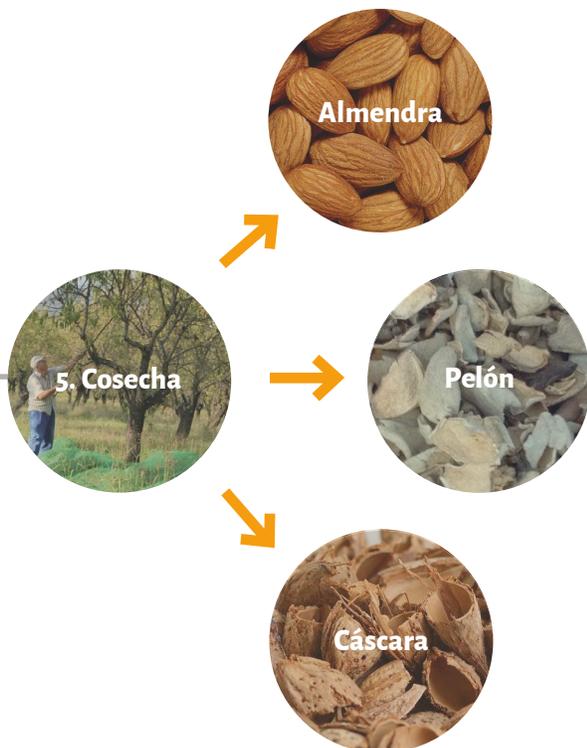
Cáscara de almendra generada anualmente

Peso de la almendra (%)	Toneladas de producción (2012)
100	22.000
41	x

$$\frac{22.000 \cdot 41}{100} = \mathbf{9.020}$$

toneladas de cáscaras de almendras anuales.

Tabla 8. Cantidad de cáscara de almendra generada anualmente
Fuentes: Cadena de la almendra y su relación con la innovación, (2007).
Nota: El 41% representa el porcentaje del peso de la cáscara sobre la totalidad del fruto.



3.1.2 Etapas de Procesamiento

1. Recepción

Después de la cosecha el fruto es transportado a la planta de procesamiento, donde ocurre el proceso de despelonado y descascarado de la almendra. Para esto se emplea un sistema mecánico de uso industrial que permite separar de modo automático la almendra del pelón y de la cáscara, las que son posteriormente seleccionadas por personal cualificado.

2. Pre-Limpia

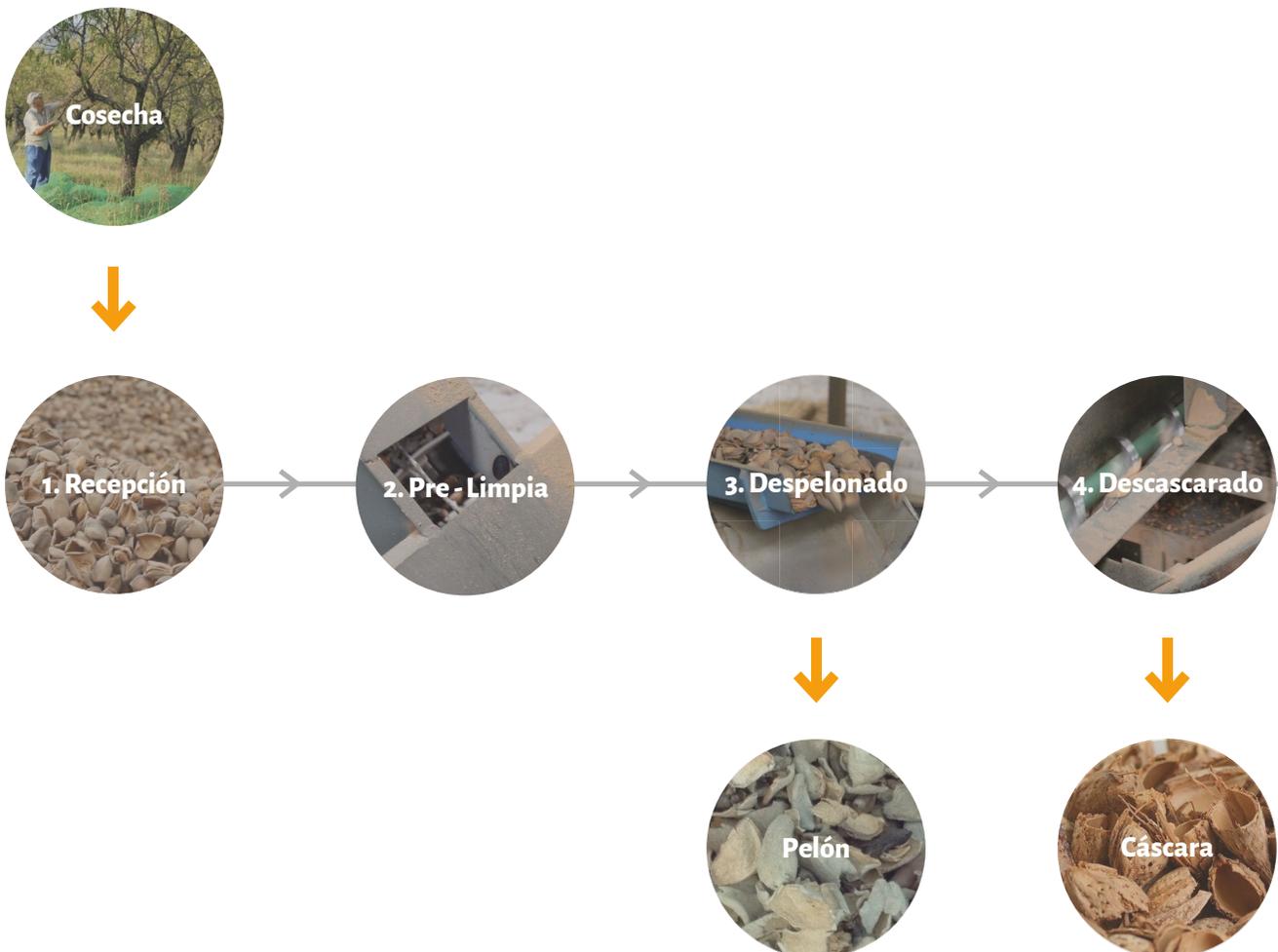
La prelimpia consiste en el método de extracción mecánica y por aire de todos los elementos ajenos a los frutos, dentro de los cuales se encuentran: ramos, polvo, piedras, entre otros.

3. Despelonado

El despelonado es la etapa que permite separar la capa externa del fruto llamado pelón, la cual se realiza mediante un proceso mecánico de roce de un fruto con otro dentro de un cilindro con púas, luego se separan los productos mediante zarandas; máquina utilizada para cernir, y aire. El producto resultante de este proceso puede ser comercializado.

4. Descascarado

El proceso de descascarado (separación de la semilla de su cáscara), se realiza mediante roce y presión. La separación es mediante zarandas y aire, obteniéndose un producto de pureza variable de entre 70 y 85 %.



5. Selección

Esta etapa corresponde a la selección manual del producto proveniente del descascarado, las cuales se clasifican en pepa sana, partida y picada. Se separan los insectos, gomas, piedras, metales y otros materiales no deseados. Es la parte más crítica del proceso, ya que al concentrar un número elevado de mano de obra, la manipulación expone al producto a la contaminación con agentes infecciosos.

6. Envasado

El producto terminado es almacenado en bodegas aisladas y refrigeradas, para luego ser envasado, (Huertos del Valle [HDV], s.f).



3.2 PRODUCCIÓN DE CHORITO

3.2.1 Etapas de Cultivo

1. Obtención de semillas

Existen dos métodos para la obtención de crías o semillas de choritos. El primero es mediante la recolección directa en rocas planas y de fácil acceso, conocido como marisqueo. El segundo método consiste en la utilización de colectores, mediante redes y cuerdas, que se mantienen sumergidas a 1 o 2 metros de profundidad durante la época de reproducción del chorito, permitiendo la fijación de las larvas.

2. Encordado

Es el proceso en que la semilla captada es colocada en cuerdas de cultivo para su posterior engorde. Mientras más pequeño el tamaño de las semillas, mejor, ya que se podrán colocar más unidades, lo que se traduce en una mayor rentabilidad del cultivo.

3. Desdoble

El desdoble consiste en confeccionar nuevas cuerdas de cultivo a partir de las cuerdas de semilla inicialmente preengordadas. De ésta manera se obtienen 3 a 4 cuerdas de desdoble, en las que los choritos son clasificados según talla obteniéndose cultivos más homogéneos y

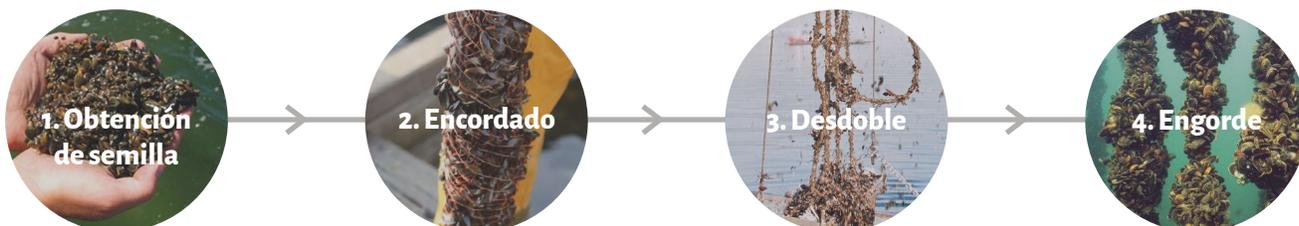
con una menor densidad de individuos por metro de cuerda.

4. Engorde

La principal variante que determina el tamaño de engorde de los choritos es la temperatura y el clima en el que se desarrollan, ya que esto es lo que condiciona el entorno de crecimiento. En verano el crecimiento es inferior, mientras que en invierno es el momento de mayor crecimiento.

5. Cosecha

La cosecha es la última fase del cultivo y su proceso es similar al realizado en el desdoble, comenzando con el izado de las cuerdas, desprendimiento y separación de los ejemplares. Posteriormente, los choritos son limpiados, clasificados y, si su destino es el mercado de consumo fresco, se procederá al embolsado. En el caso de las conservas y enlatados el proceso es más largo, ya que el producto debe pasar por plantas procesadoras que mediante maquinaria industrial separan la concha y la carne, para luego realizar una selección para su posterior distribución (Macías, Tirado, s.f.)



Períodos de cosecha:

La cosecha se extiende desde Noviembre a Junio de cada año. El período de cosecha varía según la demanda del mercado; mientras más temprano se coseche, menor será el tamaño del chorito (R. Parra, comunicación personal, 10 de Octubre de 2015).

Concha de chorito generada anualmente

Peso del chorito (%)	Toneladas de producción (2014)
100	236.500
32	x

$$\frac{236.500 \cdot 32}{100} = \mathbf{75.680}$$

toneladas de conchas de choritos anuales.

Tabla 9. Cantidad de concha de chorito generada anualmente
Fuentes: Los resultados de un año dispar, (2015). Baez-Bernal, Castro, Ferreiro, Pomar, (2012).
Nota: La concha representa el 32% del peso total del chorito.



3.2.2 Etapas de Procesamiento

1. Recepción

Para el procesamiento de los choritos, lo primero que se realiza es el transporte de la materia prima a la industria de desconchado, el cual se efectúa en camiones cerrados. El chorito se transporta en sacos de 25 a 30 kg. aproximadamente, los cuales deben estar provistos de una etiqueta indicando el nombre del productor, lugar de origen y código de área de extracción. Al llegar a la planta son descargadas las bolsas en el área de recepción para su posterior lavado y calibrado.

2. Lavado y Calibrado

En esta etapa los choritos son traspasados de los sacos a una tolva (recipiente con forma de pirámide con una abertura en su parte inferior) que por medio de una cinta transportadora los dirige a una desgranadora provista de agua potable que lava y desgrana los choritos para su posterior calibración según sus tamaños; pequeño, mediano y grande.

3. Desbisado

Una vez realizado el lavado son transportados a la planta de proceso de materia, donde se realiza la extracción mecánica del pelo o biso presente en el chorito.

4. Cocción

Posteriormente el producto se cocina al vapor en un equipo que dispone de un programador de tiempo, temperatura y presión, lo que permite reaccionar rápidamente a determinadas características de la materia prima, de manera que se obtiene un producto bien cocido. Garantizando de esa forma su seguridad y salubridad para el consumo humano.

5. Desconchado

Los moluscos son llevados automáticamente por medio de cintas transportadoras a dos separadores de carne y de concha, los cuales trabajan por vibración. El producto es separado utilizando parrillas que tienen un diseño especial para choritos de distintos tamaños. Posteriormente la carne es recogida en una plancha metálica con flujo de agua potable que la lleva a la siguiente fase de selección. La concha cae por la parte delantera mediante una cinta transportadora y es dirigida a un triturador para su acumulación y posterior retiro.

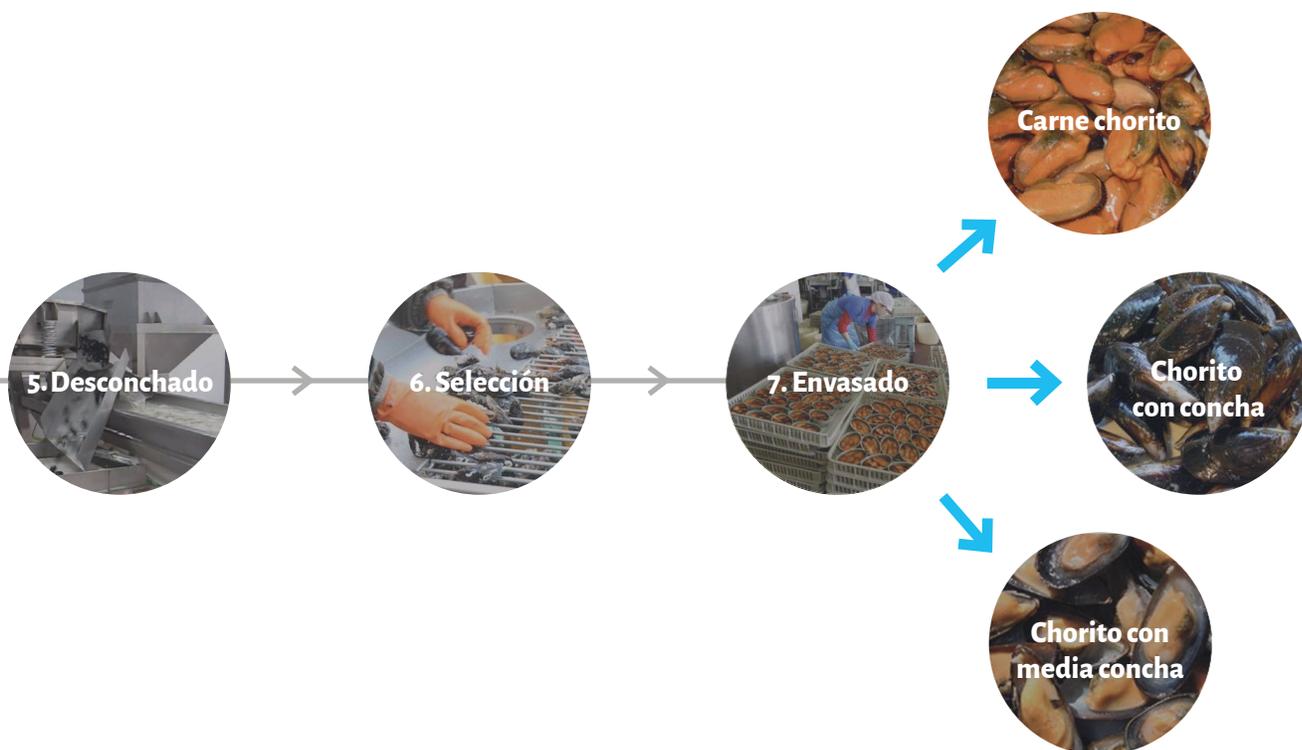


6. Selección

Es en esta etapa donde se separa toda materia extraña o fauna acompañante de la carne de chorito. Esto es realizado sobre una cinta transportadora y efectuada manualmente por personal capacitado. Una vez lista la selección de la carne, esta es congelada y calibrada, según los distintos tamaños de venta.

7. Envasado

Una vez calibrado el producto es dirigido por medio de cintas transportadoras a un sistema de envasado a granel para su almacenamiento y posterior empaque según pedidos de clientes. El producto empacado es transportado a la cámara de mantenimiento, donde se guardan hasta su despacho a los distintos mercados (Servicio de Evaluación Ambiental [SEA], s.f).



3.3 PRODUCCIÓN DE MAÍZ

3.3.1 *Etapas de Cultivo*

1. *Siembra*

El primer aspecto a valorar para la siembra del maíz es la elección del período, el cual tiene lugar a principios de primavera. Siembras muy tempranas permiten un mejor desarrollo del cultivo, pero hay que contemplar que una helada tardía puede afectar el mismo. Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas. La temperatura óptima del suelo para el inicio de la siembra es cuando alcanza un valor de 12°C. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos, ocupando grandes extensiones de terrenos en forma lineal y cuidando el espacio entre la plantación de semilla y semilla.

2. *Control de plagas*

El control de plagas en grandes plantaciones se realiza mediante plaguicidas o a través de variedades de maíz resistentes o tolerantes a la plaga predominante en el lugar de plantación. En esta etapa es indispensable que el productor realice la compra adecuada de semillas, ya que de ello dependerá la mayor parte del proceso de cultivo.

3. *Fertilización*

El uso de fertilizantes y plaguicidas en plantaciones de grandes extensiones ha de seguir una serie de condicionantes para que el alimento sea apto para el consumo humano, teniendo en cuenta a su vez la degradación del suelo y el entorno donde se hace crecer el maíz. Los elementos más utilizados son el nitrógeno y el fósforo. El fósforo es aplicado al momento de siembra, mientras que el nitrógeno, puede ser aplicado tanto a la siembra como cuando el cultivo se encuentra en el desarrollo de hojas.

4. *Cosecha*

El momento de cosecha viene determinado por el período de llenado de grano, para el uso de grano seco hay que esperar el momento de "madurez fisiológica", el grano comienza a perder humedad. El punto óptimo para cosechar el cultivo es cuando la humedad del grano llega al 14%. Si se cosecha con mayor humedad, los granos deberán ser secados artificialmente para estar en condiciones de ser almacenados. Esto implicaría incurrir en mayores costos, por lo cual es esencial esperar el momento adecuado para su recolección. El período de cosecha es normalmente durante los meses de otoño, las plantas generalmente se cortan y amogan para la posterior preparación del terreno para la siguiente siembra. De este proceso se obtiene el grano de maíz como producto, y el rastrojo como residuo. (Deras, s.f.).



Caña de maíz generada anualmente

Peso del maíz (%)	Toneladas de producción (2014)
48	1.115.732
17	x

$$\frac{1.115.732 \cdot 17}{48} = \mathbf{395.155}$$

toneladas de caña de maíz anuales.

Tabla 10. Cantidad de caña de maíz generada anualmente

Fuente: ODEPA, (2015)

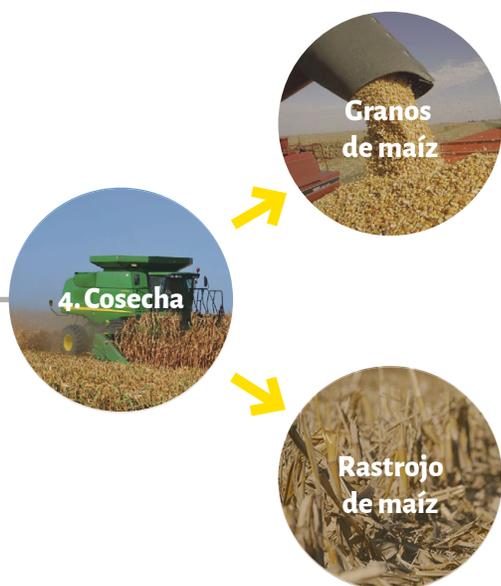
Nota: En el caso del maíz, la totalidad de la producción se refiere a la cantidad de grano cultivado. Al representar el grano el 48% del peso de la planta, se utilizó esta medida para calcular la cantidad de residuo generada anualmente. El 17% representa el porcentaje del peso de la caña sobre la totalidad de la planta de maíz.

Períodos de cosecha:

La cosecha se realiza entre Marzo y Mayo.

La época de cosecha varía según la Región:

- RM y IV: Fines de Marzo a Fines de Mayo
 - VII: Fines de Marzo a mediados de Mayo
 - VIII: Mediados de Marzo a fines de Abril
 - IX: Mediados de Marzo a fines de Abril
 - X: Mediados de Marzo a fines de Abril
- (Faiguenbaum, 2015).



3.3.2 Etapas de labranza

1. *Picado*

La labor de picado se realiza de forma inmediata a la cosecha y tiene como objetivo reducir el tamaño del rastrojo a fin de aumentar su superficie de contacto y con ello su velocidad de descomposición.

2. *Arado de inversión*

Posteriormente al picado, el rastrojo debe ser incorporado en el suelo mediante un arado de vertedera, el cual invierte el suelo dejando los restos de material vegetal bajo la superficie del suelo, favoreciendo su descomposición.

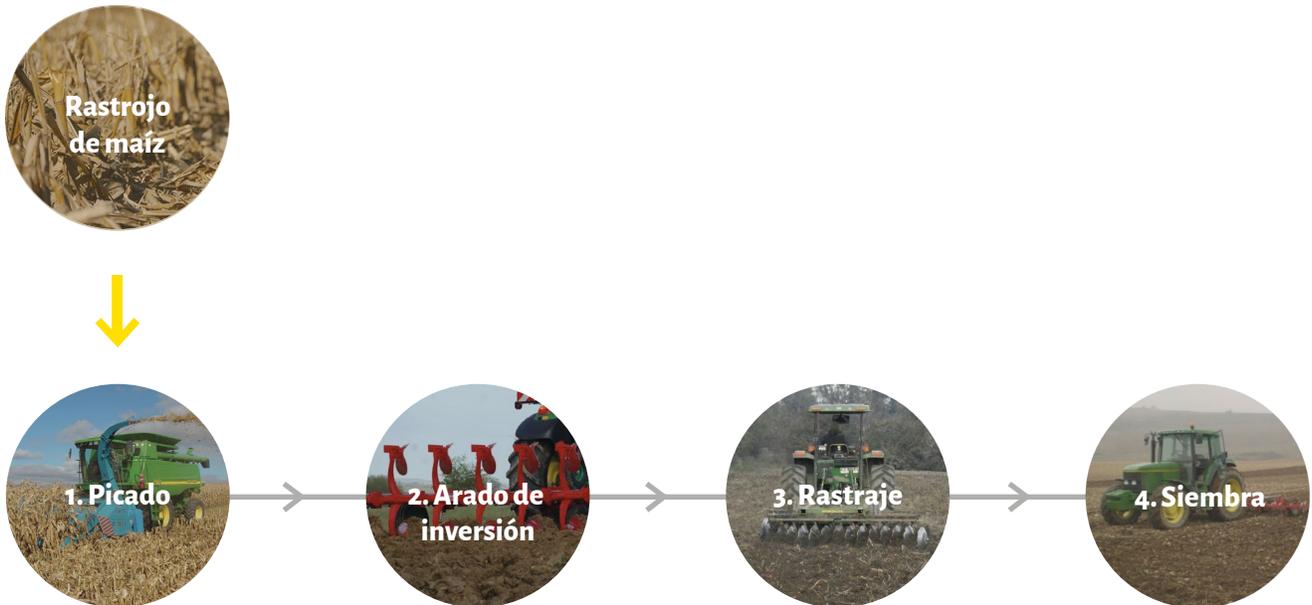
3. *Rastraje*

El rastraje corresponde a una labor de preparación de la cama de semillas y tiene por objetivo aumentar el mullimiento del suelo, con el fin de incrementar el contacto de éste con la semilla y facilitar la germinación y emergencia de esta última.

4. *Siembra*

La labor de siembra da inicio a un nuevo ciclo de cultivo mediante la disposición de semillas en hileras equidistantes mediante el uso de una sembradora neumática de precisión.

(T. Fuenzalida, comunicación personal, 23 de Noviembre de 2015).



Observación:

En el caso del maíz, se estudió el cultivo y labranza de la planta, ya que es en éstas etapas cuando se genera la caña del maíz. No se profundizó en la etapa de procesamiento, porque no se vinculaba con el residuo investigado.

3.4 CONCLUSIONES

3.4.1 Segunda selección de residuos

A partir del estudio realizado del cultivo y procesamiento de los tres residuos, se realizaron diagramas de sus ciclos de vida, para luego realizar una segunda selección.

Ciclo 1: Caña de maíz

En el caso del maíz (ver diagrama 9), se puede observar que la caña de la planta vuelve al ciclo de vida del producto, incorporándose al terreno de cultivo mediante el proceso de labranza. Otros residuos son generados en las etapas de procesamiento y consumo, sin embargo, éstos se encuentran fuera del caso de estudio.

Ciclo 2: Cáscara de almendra

Respecto a la producción de almendra (ver diagrama 10), se puede observar que el ciclo queda abierto, ya que luego del procesamiento y consumo del producto, se generan residuos que no regresan a la zona de cultivo, dentro de los cuales se encuentra la cáscara de almendra.

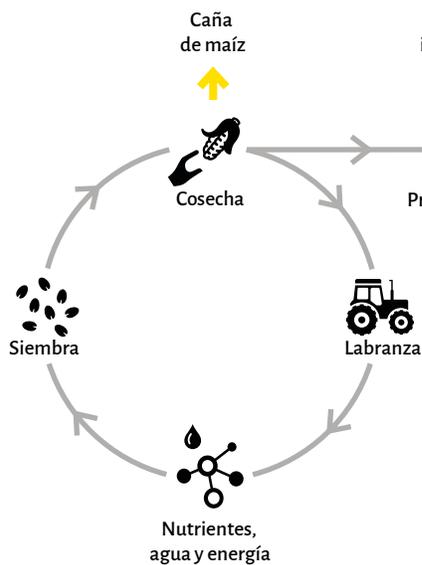


Diagrama 9.
Ciclo de la caña de maíz.

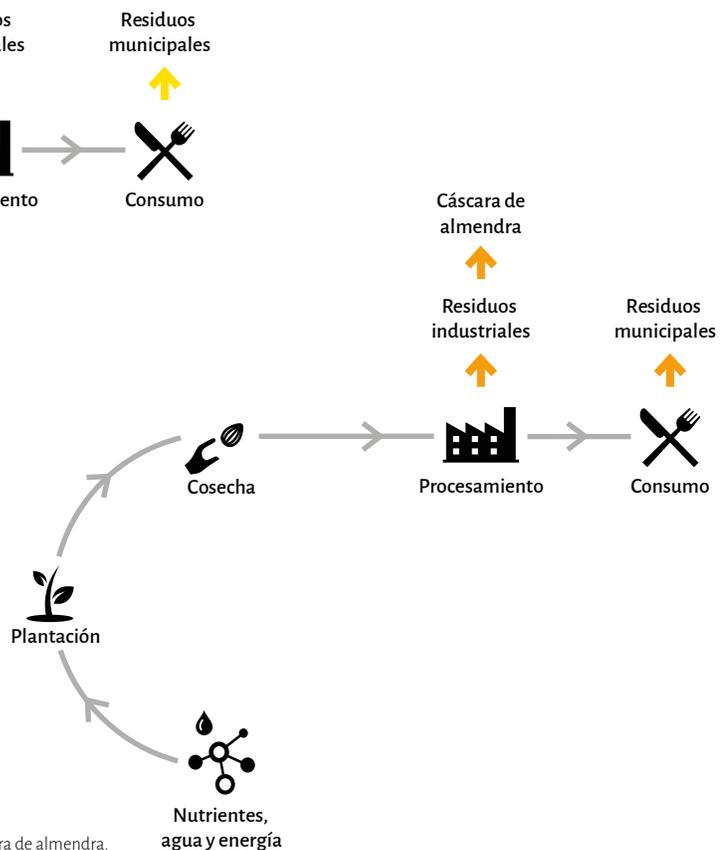


Diagrama 10.
Ciclo de la cáscara de almendra.

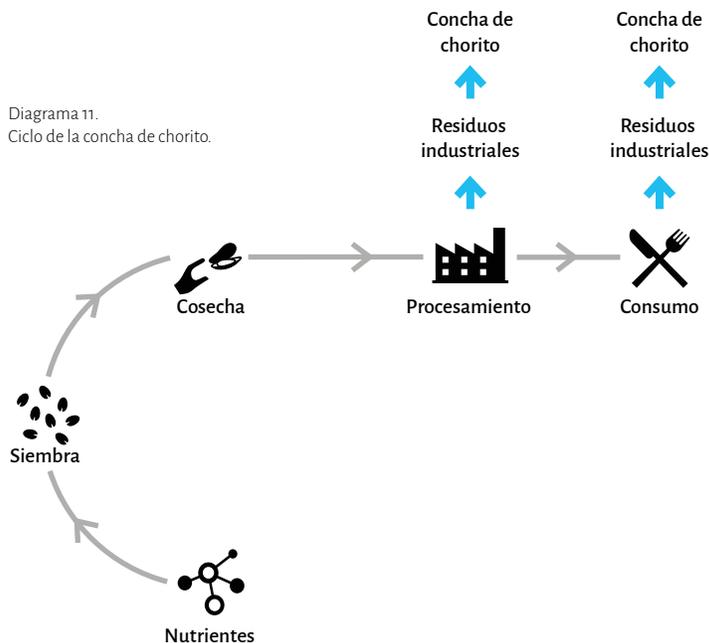
Ciclo 3: Concha de chorito:

Tal como en el caso de la almendra, el ciclo del chorito queda abierto, ya que una vez procesado y consumido el producto, los residuos generados no vuelven al inicio del ciclo. Cabe destacar que la concha de chorito es desechada tanto en el procesamiento como en el consumo, ya que ésta también es comercializada con concha, (ver diagrama 11).

Conclusión

Luego de analizar los tres casos, se descarta trabajar con la caña del maíz a pesar de ser el residuo generado en mayor cantidad. Esto se debe a que el residuo está siendo valorizado al ser reincorporado a la tierra luego del cultivo, práctica que ayuda a proteger el suelo de las precipitaciones y reduce las pérdidas por evaporación, regresando al ciclo de producción. Por otro lado, la obtención y tratamiento de éste se complejiza al estar en contacto con diversos componentes y permanecer en el área de cultivo después de la cosecha.

Diagrama 11.
Ciclo de la concha de chorito.





4. INDUSTRIAS DE PRODUCCIÓN ASOCIADAS

Según los principales componentes encontrados tanto en la conchas de choritos como la cáscara de las almendras, se realizó una investigación en torno a las industrias asociadas a éstos, según el potencial encontrado.

En el caso de las almendras, se investigó la industria de los plásticos, debido a que sus componentes tienen el potencial de poder ser aplicados como bioplástico u material similar. Respecto a las conchas de chorito, debido al gran porcentaje de Carbonato de Calcio contenido en ellas, se investigó la industria del cemento y concreto, ya que en ambos se trabaja con Cal (material obtenido luego de calcinar Carbonato de Calcio).

4.1 INDUSTRIAS ASOCIADAS A LA CONCHA DE CHORITO

*“La industria del cemento es responsable del 5 al 7% de todo el dióxido de carbono que se genera en el mundo”.
(Dávalos, 2013)*

4.1.1 Producción de cemento

1. Extracción de materia prima: de las canteras de piedra se extrae la caliza y la arcilla a través de barrenación y detonación con explosivos.

2. Transporte y almacenamiento: una vez que las grandes masas de piedra han sido fragmentadas, se transportan a la planta en camiones o bandas.

3. Triturado: el material de la cantera es fragmentado en los trituradores, cuya tolva recibe las materias primas, que por efecto de impacto y/o presión son reducidas a un tamaño máximo de una y media pulgadas.

4. Prehomogenizado: cada una de las materias primas es transportada por separado a silos en donde son dosificadas para ser prehomogenizadas, (mezcla proporcional de los componentes).

5. Molienda harina cruda: una vez definida la dosificación de las materias primas se muelen en molinos de rodillos o de bolas obteniéndose un polvo fino, llamado harina cruda, el cual se almacena en silos de crudo.

6. Clinkerización: es la parte medular del proceso, donde se producen las reacción químicas más importantes del proceso. La harina es calcinada mediante hornos rotatorios a temperaturas entre 1.400 a 1.500°C, transformándose en un nuevo material llamado clinker, (pequeños módulos gris oscuros de 3 a 4 cm), el cual debe ser rápidamente enfriado al salir del horno.

7. Molienda de cemento: el clinker, junto con otras adiciones como yeso, escoria granulada de alto horno o puzolana (según el tipo de cemento que se quiera producir), es molido en molinos de bolas, reduciéndolo a un polvo fino y obteniéndose de ésta forma el producto final; el cemento.

8. Ensacado: el cemento es enviado de los silos de almacenamiento a donde será envasado, o surtido directamente a granel.

9. Distribución: en ambos casos se puede despachar en camiones, tolvas de ferrocarril o barcos, (“Cómo Hacemos Cemento”, s.f).



Diagrama 12.
Producción de cemento.

4.1.2 Producción de concreto

1. Recepción y almacenamiento de materias primas: el proceso de producción del concreto comienza con la recepción e inspección inicial de las materias que lo componen para ser aprobadas mediante estudios físicos y químicos, estas son:

– **Cemento:** Es el material de mayor importancia en la mezcla, puesto que es el elemento que proporciona resistencia al concreto.

– **Agua:** es el líquido más valioso para una mezcla, siendo su función el reaccionar químicamente con el cemento.

– **Agregados:** piedras y arenas de diferentes tamaños que se obtienen de las canteras y representan del 60% al 75% aprox., del volumen total del concreto.

– **Aditivos:** sustancias químicas sólidas o líquidas, que se pueden agregar a la mezcla del concreto antes o durante el mezclado. Los aditivos de mayor uso se utilizan ya sea para mejorar la durabilidad del concreto endureci-

do, o para reducir el contenido del agua, también aumentan el tiempo de fraguado.

2. Mezclado del concreto: Durante la etapa de mezclado, los diferentes componentes se unen para formar una masa uniforme de concreto. El tiempo de mezclado es registrado desde el momento en que los componentes son vertidos en la revolvedor y comienza a rotar. Al transportar el concreto, la unidad revolvedora se mantiene en constante rotación, con una velocidad de 2 a 6 vueltas por minuto.

Las operaciones de dosificación y mezclado de los componentes del concreto pueden ser ejecutadas en la propia obra o fuera de ella, siendo en este último caso necesario el transporte de la mezcla a obra.

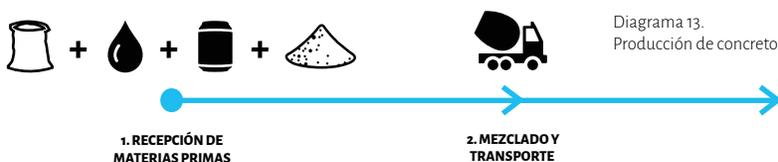


Diagrama 13.
Producción de concreto.

4.1.3 Impactos negativos de la industria

1. Fuente de emisión de CO₂ a la atmósfera: tanto en el manejo, almacenamiento, molienda y horneado del proceso de producción del cemento se produce la liberación de diversas partículas de polvo y gases contaminantes como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono.

La emisión de CO₂ se genera principalmente en dos etapas del proceso de manufactura del cemento: la primera se debe a la alta cantidad de energía fósil utilizada en el proceso de quema de las materias primas; la segunda al proceso de calcinación de la piedra caliza, momento en que ocurre la descomposición del carbonato de calcio (CaCO₃) en óxido de calcio y dióxido de carbono. Estos procesos aportan, respectivamente, un 40% y un 60% de las emisiones de CO₂ de esta industria (Gao *et al.*, 2014).

2. Contaminación de aguas: el escurrimiento y el líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales y de eliminación de los desechos puede ser una fuente de contaminantes para las aguas superficiales y freáticas.

3. Perjudica la salud: la producción de cemento afecta la salud de trabajadores al estar en contacto con el polvo, especialmente la sílice libre, que puede provocar silicosis. Además de perjudicar la salud de centros poblados cercanos a las industrias. (Mora *et al.*, 2013), (Ávila, 2010.).

“La industria de la construcción es la que más residuos industriales genera a nivel nacional, representando el 56% de éstos”.
(CONAMA, 2010)

“El hormigón es el material de construcción más usado a nivel mundial con 25 billones de toneladas al año. El mismo escenario se vive en Chile, donde el 80% de las construcciones son hechas con este elemento”
(Dávalos, 2013)

4.2 INDUSTRIAS ASOCIADAS A LA CÁSCARA DE ALMENDRA

4.2.1 Producción de plásticos

Los plásticos tradicionales se sintetizan a partir de petróleo por la industria química. La carestía de este combustible fósil, su carácter de resistencia a la degradación natural y el hecho de que es una fuente que, tarde o temprano, acabará por agotarse, ha llevado a buscar alternativas. Como una respuesta a esto, surgen los bioplásticos, materiales sintetizados a partir de productos vegetales.

1. Plásticos de Base biológica: El término "base biológica" significa que el material o producto es en parte, derivado de plantas como por ejemplo: maíz, caña de azúcar, o celulosa.

2. Plásticos Biodegradables: La biodegradación es un proceso químico durante el cual los microorganismos que están disponibles en el entorno convierten los materiales en sustancias naturales como el agua, dióxido de carbono y compost, (sin aditivos artificiales). El proceso de biodegradación depende fundamentalmente de las condiciones ambientales, como la ubicación y temperatura, y la composición del material. La biodegradación de un plástico no depende de los recursos usados como base del material, sino que está ligada a su estructura química. En otras palabras, existen plásticos a 100% de base biológica que pueden ser no-biodegradables, y por otro lado plásticos 100% de base fósil que pueden biodegradarse ("What are bioplastics?", 2015).

4.2.2 Impactos negativos de la industria

1. Es uno de los materiales que produce mayor cantidad de desechos sólidos tóxicos a nivel mundial.
 2. Se suele utilizar en cualquier tipo de aplicaciones e industrias, debido a su bajo coste de producción.
 3. Su fabricación está fuertemente ligada al uso de aditivos y procesos químicos altamente contaminantes para el cuerpo humano.
 4. Su industria y procesos generan una parte importante de la huella de carbono actual.
 5. La mayoría de plásticos tradicionales tienen un largo período de biodegradación.
- ("Impacto de los plásticos en la salud humana y los ecosistemas", 2010).

Ejemplos y tipos de bioplásticos

1. Poliolefinas no biodegradables de base biológica y PET.

Plásticos de materias primas como PE, PP y PVC se hacen a partir de recursos renovables, a menudo de bioetanol. Así como el PET de poliéster que es de base biológica, es utilizado para aplicaciones técnicas y para el envasado (principalmente en botellas de bebidas).

2. Polímeros técnicos de base biológica, no biodegradables.

Son polímeros específicos tales como poliamidas de base biológica (PA), y poliésteres como por ejemplo, PTT, PBT. Su uso es más diverso, algunas aplicaciones técnicas típicas son fibras textiles (fundas de los asientos, alfombras), y aplicaciones de automoción como espumas para los asientos, carcasas, cables, mangueras y cubiertas, etc. Por lo general, su vida de funcionamiento es de varios años, por lo cual se denominan bienes duraderos, donde la biodegradabilidad no es relevante.

3. Plásticos biodegradables de base biológica.

Incluye mezclas de almidón hechas de termo-plásticos modificados y otros polímeros biodegradables. Poliésteres tal como el ácido poliláctico (PLA) o polihidroxicanoato (PHA). Hasta el momento, se han utilizado principalmente para productos de corta vida como embalajes. Sin embargo, esta gran área de innovación en la industria del plástico continúa creciendo.

4. Plásticos biodegradables de origen fósil

Son un grupo relativamente pequeño y se utilizan principalmente en combinación con almidón u otros bioplásticos, debido a que mejoran su rendimiento específico en relación a su biodegradabilidad y propiedades mecánicas ("What are bioplastics?", 2015).

"11% de los residuos municipales son plásticos, siendo los segundos mayor generados después de la materia orgánica. De las 668.000 toneladas de plástico generadas en 2010, apenas un 4% fue valorizada".
(MMA, 2011)

Análisis de referentes

Se buscaron casos de bioplástico que utilizaran los componentes de la almendra en su formulación, vale decir, lignina, celulosa y hemicelulosa. A continuación se muestran los referentes encontrados.

1. Arboform: Arboform es un bioplástico compuesto de componentes naturales de la biomasa vegetal; lignina, fibra celulosa y algunos aditivos. Puede ser moldeado al igual que los termoplásticos. Está compuesto en su mayoría por celulosa (60%) y lignina (30%). La parte restante son aditivos naturales que funcionan como plastificantes, colorantes, antioxidantes, cargas, etc. Tiene una composición, propiedades y apariencia similar a la madera, con la diferencia de que puede ser fundido con calor y moldeado como un termoplástico.



Productos de Arboform
Recuperado de: <http://www.tecnaro.de/>

2. Zeoform: es un material derivado de celulosa y agua, transformando las fibras lignocelulosas provenientes de la biomasa de desechos industriales en un material estructural con variadas aplicaciones. Se hace sin ningún tipo de pegamentos, productos químicos o sintéticos. La química fundamental (fórmula patentada) pasa por un proceso de unión de hidroxilos por evaporación, en donde la celulosa, en estado de micro-fibras, es mezclada con agua. El material es sostenible y compostable.



Productos de Zeoform
Recuperado de: <http://www.tecnaro.de/>

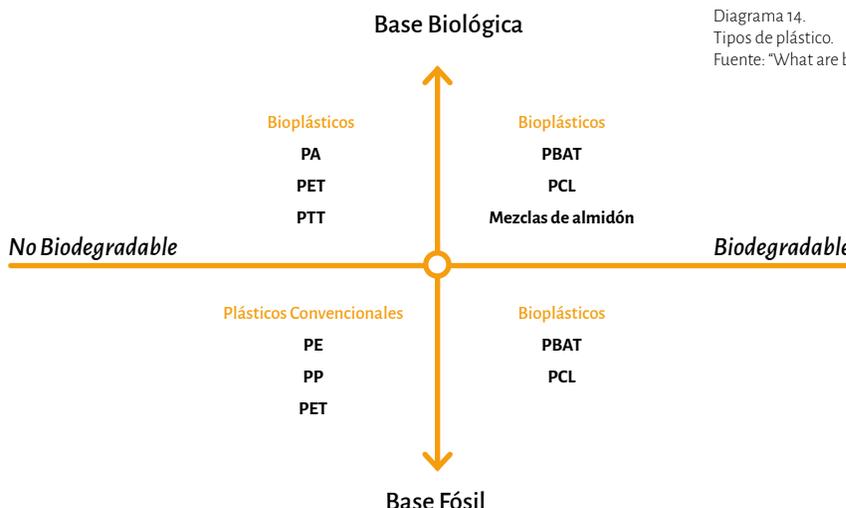


Diagrama 14.
Tipos de plástico.
Fuente: "What are bioplastics?", (2015).



Experimentación material.
Imagen, material del autor.



5. PRUEBAS DE MATERIAL

Luego de investigar las industrias asociadas, se reafirma que los componentes de la cáscara de almendras tienen un gran potencial de ser utilizados para producir bioplástico y generar una alternativa a los plásticos tradicionales. Respecto a la industria del cemento y del hormigón, al ser grandes fuentes de contaminación, surge la oportunidad de buscar un material alternativo y menos contaminante a partir de las conchas de choritos.

A raíz de ello, y tomando en cuenta las propiedades de ambos residuos, se comienza a experimentar tanto con las conchas de choritos como la cáscara de almendra. Se realizaron distintas pruebas de material añadiéndoles diversos componentes a las mezclas, para observar cuáles generaban mejores resultados.

5.1 PASOS PRELIMINARES

Antes de realizar las pruebas de material se obtuvo la cantidad necesaria de cada residuo industrial para poder realizar los ensayos. Se determinó la metodología que se aplicaría para realizar las mezclas y se definió con que materiales se complementaría cada una.

1) Obtención del material:

La obtención del material se realizó mediante dos empresas. En el caso de las cáscaras de almendras, el residuo fue provisto por la fábrica procesadora Almendras Huelquén, ubicada en Paine.

Respecto a las conchas de choritos, éstas fueron obtenidas mediante la empresa Geomar, planta procesadora de mariscos ubicada en Concepción, la cual realizó un envío de los residuos industriales, (acción gestionada por Rodrigo Parra, gerente de la empresa).

2) Metodología aplicada:

Para determinar el procedimiento a realizar para generar las pruebas de ambos residuos, se coordinó una reunión con Andrea Ramos, integrante del laboratorio de Biomateriales y Biopolímeros de la Pontificia Universidad Católica [PUC], quien luego de explicarle la investigación y objetivos del proyecto, dio indicaciones respecto a la manera en que se debían trabajar ambos residuos antes de realizar las pruebas. Así se determinó que cada uno debía pasar por una etapa de limpieza, secado y triturado, antes de ser mezclados con otros componentes.

La metodología aplicada en cada prueba fue la siguiente: por cada 40 ml de residuo, se agregaron 20 ml de material complementario, generándose una relación 2:1.

Los residuos fueron cribados en un colador antes realizar las mezclas, las cuales se llevaron a cabo en un recipiente plástico al cual se le añadió agua hasta generar una pasta homogénea.

3) Materiales complementarios:

En el caso de las conchas de choritos, los materiales añadidos a las mezclas fueron elementos conglomerantes [1], utilizándose cemento, yeso, cal y hormigón, para comprobar el nivel de resistencia que se podía generar con el material.

Respecto a la cáscara de almendra, se añadieron materiales que fueran biodegradables y que estuvieran vinculados a los componentes utilizados en la producción de bioplásticos, utilizándose almidón de maíz, glicerina, vinagre, dextrina y tween.

En ambos casos, se realizó una mezcla que no contuviera elementos adicionales, conformada sólo por los residuos triturados y agua.

[1] Conglomerante: material capaz de unir fragmentos de uno o varios materiales, generalmente de naturaleza pétreo, y dar cohesión al conjunto mediante transformaciones químicas en su masa que originan nuevos compuestos (Polanco, Setián, s.f).

5.2 PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Tal como planteó Andrea Barros, antes de iniciar los experimentos de prueba, ambos residuos fueron limpiados; para eliminar elementos ajenos a la muestra, secados; ya que al estar deshidratados son más fáciles de moler, y triturados. Esto, debido a que mientras más pequeñas las partículas, hay más áreas superficiales expuestas, lo que puede mejorar la adhesión de los materiales, (A. Barros, comunicación personal, 16 de Noviembre de 2015).



1. Limpieza del material:

El residuo industrial provisto por la empresa Almendras Huelquén, estaba compuesto por el pelón y la cáscara de almendra, por lo que se tuvo que separar manualmente ambas partes para obtener la cáscara sola.



1. Secado:

Las cáscaras fueron expuestas al sol durante dos días para que se deshidrataran y fuera más fácil su trituración.



1. Triturado:

Para triturar las cáscaras se utilizó un molidor de café, acción que se repitió variadas veces para obtener un grano fino.



1. Limpieza del material:

El residuo industrial entregado por la empresa Geomar estaba compuesto en su mayoría por conchas de choritos, pero presentaba algunos restos de otros moluscos, los cuales fueron separados del material.



1. Triturado:

Para triturar las conchas se utilizó un molino de bolas, el cual en 10 minutos logró triturar todas las conchas hasta reducirlas a pequeñas partículas.

5.3 EXPERIMENTACIÓN MATERIAL:

5.3.1 Muestras con conchas de chorito



Experimento n°1: Concha de choritos

Componentes:

- 60 ml de concha de chorito
- 30 ml de agua

Resultados:

Se obtuvo un material frágil y abrasible, el cual se desgastaba al manipularlo. Hubo poca adhesión de los componentes, los cuales se dispersaban al desmoldar el material. Uno de los factores que pueden haber incidido en la falta de adhesión, es escasez de agua en la mezcla.



Experimento n°2: Yeso y concha

Yeso: material que se obtiene de la calcinación del sulfato de calcio hidratado. Es conglomerante, endureciéndose rápidamente luego de aplicarle agua.

Componentes:

- 40 ml de concha de chorito
- 20 ml de yeso
- 30 ml de agua

Observaciones:

Se obtuvo un material rígido y resistente a la flexión, de superficie lisa y suave al tacto. Se generaron ciertas porosidades en donde se encontraban las curvas más pronunciadas del molde.



Experimento n°3: Cemento y concha

Cemento: material compuesto de piedra caliza, arcilla y yeso, el cual al estar en contacto con agua es conglomerante y se endurece.

Componentes:

- 40 ml de concha de chorito
- 20 ml de cemento
- 20 ml de agua

Observaciones:

La mezcla se adhirió a la forma del recipiente, generándose un material resistente a la flexión, rígido y compacto de superficie porosa.



Experimento nº4: Hormigón y concha

Hormigón: material empleado en construcción, conformado principalmente de cemento, agua, áridos (arenas y gravas) y aditivos.

Componentes:

- 40 ml de concha de chorito
- 20 ml de hormigón
- 35 ml de agua

Observaciones:

El material obtenido presentó una superficie bastante porosa y abrasible, ya que se desgastaba con la fricción. Luego de un par de días la muestra se fragmentó, (según el análisis de) la causa más probable de ello fue la falta de agua en la mezcla.



Ruptura del molde



Experimento nº5: Cal viva y concha

Cal viva: polvo blanco resultante de la cocción de la roca caliza, cuyo componente principal es el óxido de calcio. Es un producto muy higroscópico, capaz de absorber humedad del medio circundante.

Componentes:

- 40 ml de concha de chorito
- 20 ml de cal viva
- 35 ml de agua

Observaciones:

Se obtuvo un material de superficie lisa y suave al tacto, pero de poca resistencia ya que luego de manipularlo se fragmentó

en tres partes. A pesar de que la mezcla adhirió la forma del molde, se presentaron ciertos desgastes del material en el lugar donde se ubicaba la curvatura más pronunciada del recipiente.



Ruptura del molde

5.3.2 Muestras con cáscaras de almendras



Experimento n°1: Cáscara de almendra

Componentes:

- 60 ml de cáscara de almendra
- 60 ml de agua

Observaciones:

El material obtenido de la mezcla resultó ser bastante frágil y abrasible, desintegrándose con facilidad al friccionarla. La superficie presentó irregularidades, ya que algunas partículas quedaron en el molde.



Experimento n°2: Dextrina y cáscara

Dextrina: derivado del almidón que se utiliza como pegamento soluble en agua, agente de espesamiento en la transformación de los alimentos y como aglutinante en productos farmacéuticos.

Componentes:

- 40 ml de cáscara de almendra
- 20 ml de dextrina
- 35 ml de agua

Observaciones:

Se obtuvo un material rígido pero de superficie irregular, más rugosa que las otras muestras, quedando partes de la mezcla en el molde. Al cabo de unos días aparecieron grietas sobre la superficie.



Experimento n°3: Almidón de maíz y cáscara

Almidón de maíz: carbohidrato extraído de los granos de maíz, ampliamente utilizado en la industria alimentaria para espesar los alimentos procesados.

Componentes:

- 40 ml de cáscara de almendra
- 20 ml de almidón de maíz
- 30 ml de agua

Observaciones:

La muestra resultó ser liviana y muy frágil, trizándose al manipularla. Al tocarla liberaba pequeñas partículas de polvo.



Experimento n°4: Almidón de maíz, vinagre, glicerina y cáscara

Para realizar esta mezcla se utilizó una receta de bioplastico "casero", en la que se indica utilizar almidón de maíz, vinagre y glicerina, mezclarlos y ponerlos a fuego lento. Se siguieron las indicaciones y se añadió cáscara de almendra a la solución.

Componentes:

- 40 ml de cáscara de almendra
- 10 ml de almidón de maíz
- 5 ml glicerina
- 5 ml vinagre
- 40 ml de agua

Observaciones:

Esta fue la única prueba que pasó por calor y fue la dio mejor resultado, generándose un material rígido y compacto, que adhirió la forma del molde y mantuvo su composición con el paso de los días. De esta manera se pudo observar que aumenta la capacidad de adhesión, luego de diluir los componentes de la mezcla.



Experimento n°5: Tween 20, almidón de maíz y cáscara

Tween 20: tensoactivo (componentes que ayudan a disolver o emulsionar sustancias insolubles en agua) cuya estabilidad permite que sea usado como detergente y emulsionante en numerosas aplicaciones domésticas, científicas, alimentarias, industriales y farmacológicas.

Componentes:

- 40 ml de cáscara de almendra
- 15 ml de almidón de maíz
- 5 ml tween
- 30 ml de agua

Observaciones:

Se obtuvo un material compacto pero de poca resistencia, sin embargo mantuvo su forma. La muestra resultante era suave al tacto y tenía ciertas porosidades.

5.4 CONCLUSIONES

5.4.1 Selección final de residuos

Luego de realizar las pruebas de material y tomando en cuenta observaciones obtenidas durante la investigación, se decide trabajar con la concha de choritos. Dentro de los factores más incidentes en esta decisión se encuentran:

Cantidad de residuo:

Si bien en ambos residuos se presentan en grandes cantidades, hay una gran diferencia importante entre la generación de cáscara de almendra (9.020 toneladas) y la concha de choritos (75.680 toneladas) a nivel nacional.

Preparación del residuo:

Luego de obtener ambos residuos industriales y comenzar a prepararlos según los pasos anteriormente descritos (limpieza, secado y triturado), se comprende la cantidad de tiempo que conlleva preparar cada uno.

En el caso de la almendra, el residuo implicó más tiempo en su preparación. Esto se debe a que el residuo in-

dustrial viene con la cáscara y el pelón juntos, por lo que debe realizarse una separación manual de ambos, lo que aumenta considerablemente el tiempo y nivel de elaboración por el que debe pasar el material.

Elaboración y resultados de las pruebas de material:

En cuanto a la elaboración de las mezclas, si bien se aplicó la misma metodología con ambos residuos, se pudo observar que en el caso de la almendra, la mezcla que presentó mejores resultados fue la que paso por un proceso de disolución. Factor que complejiza el proceso de elaboración del material.

Por otro lado, se debe considerar que en caso de trabajar con la cáscara de almendra, al estar constituida por tres componentes principales (lignina, celulosa y hemicelulosa), se deberían hacer pruebas de extracción de los componentes para observar cambios en los resultados, acción compleja y vinculada al área de procesamiento químico.

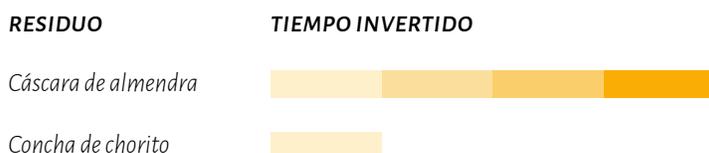
CANTIDAD DE RESIDUO



ELABORACIÓN DE LA MEZCLA



LIMPIEZA DEL RESIDUO



5.5 EXPERIMENTACIÓN DE MATERIAL 2.0

5.5.1 *Muestras con conchas de choritos*

En base a los resultados obtenidos de las pruebas de material con las conchas de choritos, se observa que las mezclas que dieron mejores resultados fueron las de yeso y cemento. Ambas generaron un material rígido y resistente a la flexión, adaptando la forma del molde y manteniéndose intactos con el paso de los días.

A raíz de ello, se decide realizar nuevas pruebas de material que contuvieran conchas de chorito, yeso y cemento en la solución. Esta vez, la cantidad de concha de chorito varió en cada muestra, incorporándose un 90%, 80%, 70% y 60% de éstas en cada prueba. Esto, para saber cuánto era el mínimo de cemento o yeso necesario para que el material tuviera una resistencia suficiente.

A su vez, la relación de cemento y yeso añadidas en cada solución se realizó en la relación 2:1, incorporando el doble de cemento que de yeso en cada mezcla, ya que el cemento es un material más resistente.



**Experimento n°1: Concha de chorito (90%),
cemento y yeso**

Componentes:

- 54 ml de concha de chorito
- 4 ml de cemento
- 2 ml de yeso
- 35 ml de agua



**Experimento n°2: Concha de chorito (80%),
cemento y yeso**

Componentes:

- 48 ml de concha de chorito
- 8 ml de cemento
- 4 ml de yeso
- 30 ml de agua



**Experimento n°3: Concha de chorito (70%),
cemento y yeso**

Componentes:

- 42 ml de concha de chorito
- 12 ml de cemento
- 6 ml de yeso
- 35 ml de agua



**Experimento n°4: Concha de chorito (60%),
cemento y yeso**

Componentes:

- 36 ml de concha de chorito
- 16 ml de cemento
- 8 ml de yeso
- 30 ml de agua

Observaciones generales:

La muestra con mayor cantidad de aglomerantes (60% de concha respectivamente), fue la que dio mejor resultado, obteniéndose un material resistente, de superficie lisa y compacta, adaptando muy bien la forma del molde. Mientras más concha de choritos había en la mezcla, más abrasible fueron las muestras, desgastándose con facilidad al rozarlas y presentando irregularidades en la superficie.

5.6 CONCLUSIONES

5.6.1 Pasos a seguir

Una vez listas las muestras, se coordinó una reunión con Franco Zunino, Ingeniero Civil especialista en materiales de construcción, ciencia y tecnología del hormigón y materiales basados en cemento. Se le explicó el proyecto y se le mostraron las pruebas de material realizadas, quien luego de observarlas y comprender la metodología aplicada, realizó un análisis de las muestras. Gracias a esto y en conjunto con lo investigado, se pudieron determinar los pasos a seguir del proyecto.

Respecto a las mezclas realizadas haciendo uso de dos conglomerantes a la vez (yeso y cemento), se concluye que éstas debían ser realizadas por separado, ya que las reacciones químicas generadas al mezclar ambos conglomerantes con las conchas de choritos, son diferentes a las producidas si se añaden individualmente a la mezcla. Por otro lado, a raíz de lo conversado se comprende que el cemento genera mayores resistencias que el yeso, por lo que era una mejor alternativa como material complementario a la mezcla.

Si bien se quería comprobar cuanto era el mínimo de conglomerante necesario para obtener un material resistente, se debe tomar en cuenta que los experimentos realizados fueron preliminares, por lo que se deben realizar nuevas mezclas en la continuación del proyecto, hasta obtener la dosificación más eficiente y sustentable, vale decir, con la mayor cantidad de conchas de chorito que sea posible.

Se investigará cuales son los materiales complementarios al residuo que generan mejor resultados y aportan mayor resistencia. Para ello se realizarán ensayos variando tanto los componentes utilizados como sus dosificaciones, hasta obtener el resultado esperado, siempre preponderando la cantidad de concha de chorito en la mezcla.

Se analizará si el porcentaje de materia orgánica presente en el material (1 a 5% de proteína conquiolina) incide en la durabilidad y estructura del material, ya que al haber elementos biodegradables éstos pueden incidir en la duración de éste.

Por último, los resultados obtenidos serán evaluados en el laboratorio del Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la PUC, quienes colaborarán en el desarrollo del proyecto.



Conchas de chorito residuales.
Imagen, material del autor.



6. FORMULACIÓN DEL PROYECTO

6.1 CONTEXTO

EL CEMENTO Y LA INDUSTRIA MITÍCOLA

Ante la tendencia creciente de las emisiones de dióxido de carbono de origen antrópico y el compromiso de las naciones por reducirlas frente al cambio climático (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2015), se espera un incremento en la demanda por bienes y servicios con una menor huella de carbono, como también cambios en los marcos legales de los países hacia políticas de menores emisiones. Así, “minimizar el impacto ambiental es una de las preocupaciones latentes de hoy. La baja huella de carbono, el uso eficiente del recurso hídrico y la sostenibilidad del medio ambiente se convierten en un valor agregado dentro de los distintos mercados” (Dávalos, 2013, p.19).

El dióxido de carbono (CO₂) es el principal gas de efecto invernadero de origen antrópico responsable del calentamiento global. Del total de las emisiones de este origen, la industria del cemento es responsable del 7% de todo el CO₂ que se genera en el mundo (Dávalos, 2013), siendo el material de construcción más utilizado a nivel nacional, el cual es producido en la zona central de Chile.

La emisión de este gas se genera principalmente en dos etapas del proceso de manufactura del cemento: la primera se debe a la alta cantidad de energía fósil utilizada en el proceso de quema de las materias primas; la segunda al proceso de calcinación de la piedra caliza, momento en que ocurre la descomposición del carbonato de calcio (CaCO₃) en óxido de calcio y dióxido de carbono. Estos procesos aportan, respectivamente, un 40% y un 60% de las emisiones de CO₂ de esta industria

(Shen *et al.*, 2014). Ante lo anterior, se vuelve necesario buscar materiales alternativos que tengan una menor huella de carbono y que a la vez cuenten con las características físicas y químicas que requiere un material de construcción.

En Chile, la gran mayoría de la producción de choritos se realiza en la región de Los Lagos, particularmente en Chiloé. Esta industria genera alrededor de 76.000 toneladas anuales de residuos de conchas de este molusco, las cuales son llevadas a vertederos, o bien utilizadas para la producción de cal de uso agrícola. Las conchas de choritos, al estar compuestas entre un 95 y 99% de CaCO₃, presentan propiedades que pueden ser extrapoladas a nuevas aplicaciones, siendo una de ellas su uso como conglomerante.

El cemento está compuesto mayoritariamente por CaCO₃ (60%), por lo que se busca reemplazar este componente proveniente de la extracción de la piedra caliza, por las conchas. De esta manera, surge la oportunidad de generar un material más sustentable al eliminarse los principales procesos responsables de las emisiones de CO₂ involucrados en la producción de cemento. Adicionalmente, este método permite mejorar sustancialmente la eficiencia del uso de materia prima, dado que el nivel de pureza de carbonato de calcio es considerablemente superior en las conchas de choritos (97%) respecto a la piedra caliza (48%).

CONSUMO RESPONSABLE

En los últimos años los consumidores han cambiado su actitud, considerando en sus decisiones de compra factores distintos a los meramente económicos (precio/calidad), potenciando su rol como agentes de cambio en la sociedad actual. En consecuencia, los impactos sociales y medioambientales vinculados al origen y condiciones de producción y comercialización de los bienes, se han convertido en razones para seleccionar entre un producto u otro (ProChile, 2015).

En consecuencia, la disposición a pagar por productos sustentables ha aumentado universalmente desde el año 2011. A escala global, el porcentaje de consumidores dispuestos a pagar por productos y servicios de este tipo aumentó de 45 % en 2011 a 55% en 2014, situación que se repite en Latinoamérica, donde el crecimiento fue de un 50% en 2011 a un 63% en 2014 (Nielsen, 2014).

A raíz de ello, se ha visto incrementado el rol del prosumidor, personas que son partícipes del desarrollo de productos y procesos de producción, buscando alternativas más sustentables a las que se encuentran en el mercado. Ante este escenario, Pilcán pretende abordar el mercado de los prosumidores.

"El cambio de paradigma hacia un modelo de consumo y producción que fomente el desarrollo económico y social en el marco de los límites de nuestros sistemas ecológicos y que reduzca las externalidades negativas de nuestros hábitos y nuestras decisiones económicas, es corresponsabilidad de todos los actores de nuestra sociedad" (Woischnik, 2014, p.1).

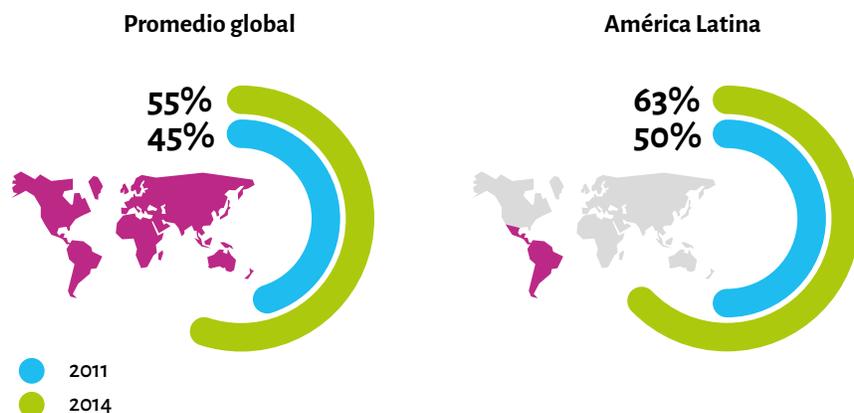


Diagrama 15.
Porcentaje de consumidores que están dispuestos a pagar más por bienes y servicios de empresas socialmente responsables.
Fuente: Nielsen, (2014).
Diagrama adaptado de: www.statista.com

6.2 OPORTUNIDAD DE DISEÑO

OPORTUNIDAD (1)

Dadas las similitudes que guardan el cemento y las conchas de choritos, es factible que estos últimos puedan ser utilizados para la elaboración de un material cementante [2], como sustituto de la cal. Por otro lado, el carácter concentrado de ambas industrias (la de choritos y la industria cementera), y la nula producción de cemento en la zona sur, sugieren que los residuos mitícolas podrían ser reutilizados para la formulación de un material con un menor costo de transporte asociado, disminuyendo tanto costos ambientales como monetarios. De este modo, surge la oportunidad de generar un nuevo material que fortalezca la industria local y disminuya el impacto ambiental asociado a la producción y transporte de cemento.

OPORTUNIDAD (2)

Dado el carácter creciente del mercado de los prosumidores y la actual carencia de un producto cementicio diseñado para éstos, se propone el diseño de un producto acorde a las exigencias del usuario descrito. Esta oportunidad se concibe como resultado de dos aspectos: (1) la importancia del origen y el ciclo de vida de un producto para los prosumidores, y (2) la carencia de un material cementicio de formato asequible y cercano.

[2] Cementante: material (con o sin agregados) que provee propiedades de plasticidad, cohesividad y adhesividad cuando es mezclado con agua; propiedades que son necesarias para su posicionamiento y formación de una masa rígida (Cementitious material, 2016).

6.3 FORMULACIÓN

QUÉ:

Concreto sustentable elaborado a partir de conchas de choritos, destinado a crear un nuevo formato de comercialización del material, que permite a los usuarios hacer productos por ellos mismos.

POR QUÉ:

– En Chile se generan anualmente 75.680 toneladas de conchas de choritos, equivalentes a 48.750 m³, las cuales son consideradas residuos y enviadas a depósito final, o bien procesadas como cal de uso agrícola. Éstas presentan propiedades que pueden ser extrapoladas a nuevas aplicaciones, siendo una de ellas el uso como conglomerante.

– La industria del cemento es responsable del 7% de todo el dióxido de carbono que se genera en el mundo. A su vez, el cemento es empleado en la producción de concreto, el material de construcción más utilizado a nivel nacional. Ante esto, se vuelve necesario buscar alternativas de material que pasen por procesos menos contaminantes.

– La práctica “Hazlo tu mismo” se ha incrementado considerablemente en los últimos años, habiendo cada vez más personas que quieren ser partícipes del proceso de diseño y creación de productos. El formato de comercialización del concreto tradicional no responde a esto último, al estar pensado para ser utilizado en obras gruesas, siendo poco asequible por el usuario descrito.

PARA QUÉ:

1. Generar una alternativa sustentable al uso de concreto tradicional, al reducir la cantidad de cemento en la mezcla, a modo de aminorar el impacto ambiental que conlleva el procesamiento de éste.
2. Fomentar la autoproducción de mobiliario y objetos, haciendo partícipes a los usuarios del diseño y creación de productos, por medio de un nuevo formato de comercialización del material.

OBJETIVO GENERAL:

Generar un producto sustentable y asequible, mediante la valorización de un residuo, que haga partícipe a los usuarios de la creación de objetos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

– Generar un material resistente maximizando el uso de conchas, capaz de competir con materiales que se encuentran hoy día en la industria.

– Disminuir la cadena de producción de los mobiliarios y objetos de diseño tradicionales, al entregar directamente la materia prima junto con los recursos necesarios para su producción local.

– Fomentar la democratización del diseño, al llevar el material a niveles más asequibles haciendo partícipe al usuario del proceso de producción.

6.4 USUARIO

6.4.1 Prosumidores

El usuario objetivo al cual va dirigido el proyecto es a los prosumidores, personas que no sólo consumen, sino que también producen, involucrándose en el diseño y manufactura de los productos. (Toffler, 1980) Son personas activas y participativas respecto a los procesos de producción y de compra, a través de su participación, personalización, consumo informado y fabricación de productos.

Este usuario, de entre 20 y 40 años, tiene un interés especial por hacer las cosas por si mismo, personalizando sus diseños y creando objetos únicos, buscando constantemente maneras de inspirarse.

Son personas preocupadas por el medioambiente, buscando comprar productos que se hagan de forma ética, sustentable y que beneficien a comunidades poco privilegiadas (Williams, s.f).

En el caso de Chile, el interés por este mercado se ha quintuplicado en los últimos cinco años, tendencia que demuestra el incremento en el interés de ser parte del proceso de diseño de los productos adquiridos por los consumidores (Google trends, 2016).

Ya que la comercialización del cemento y del hormigón, suelen ser en formatos de 42 kg, peso que dificulta el transporte al estar pensado para obras gruesas principalmente, el proyecto busca generar tamaños más asequibles y portables por personas que quieran trabajar el material de manera independiente.

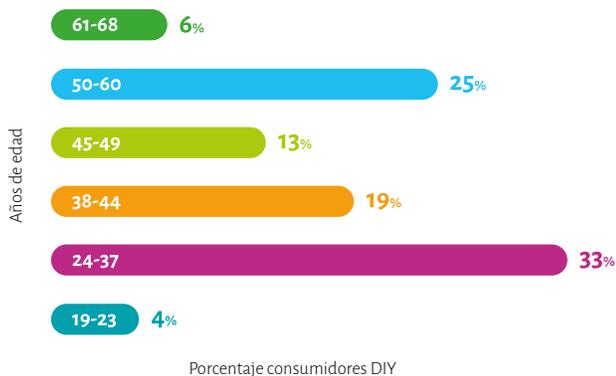


Gráfico 6.
Rangos etáreos de consumidores "Do it yourself" [DIY].
Fuente: Venveo, (2015).

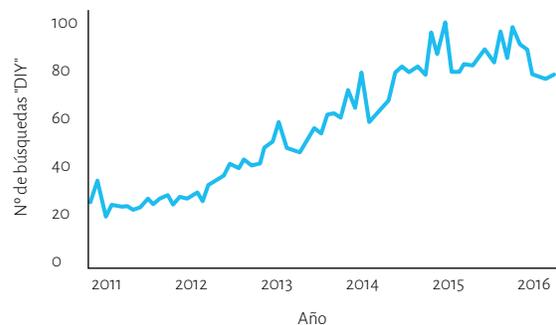


Gráfico 7.
Búsqueda del término "DIY" en google Chile.
Fuente: Google trends, (2016).

6.5 ANTECEDENTES Y REFERENTES



Bioconcrete
Recuperado de: <https://inhabitat.com>

Bioconcrete

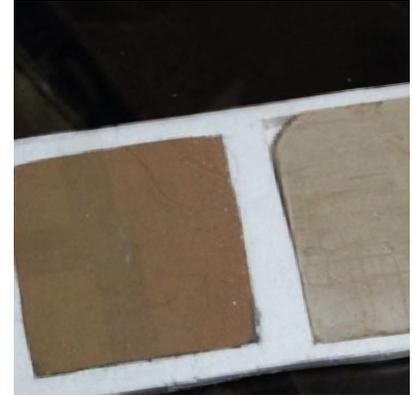
Bioconcrete, es un concreto cuya mezcla de componentes contiene bacterias que ayudan a reconstruir las grietas o ropturas que se producen en el material tras su desgaste. Al reaccionar con agua se activan microorganismos productores de piedra caliza, la cual sirve como aglomerante rellenando las fracturas.



Bloque de cemento de cenizas de cáscara de arroz
Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com>

Cemento con cenizas de cáscara de arroz

Uso de cenizas de cáscara de arroz como suplemento del cemento para la producción de concreto. Disminuyendo la cantidad de componentes contaminantes presentes en la mezcla, y generando un material más sostenible, cuyas propiedades físicas tienen una gran similitud con el material original.



Oyster Shell Ceramic
Recuperado de: <https://www.youtube.com>

Oyster Shell Ceramic

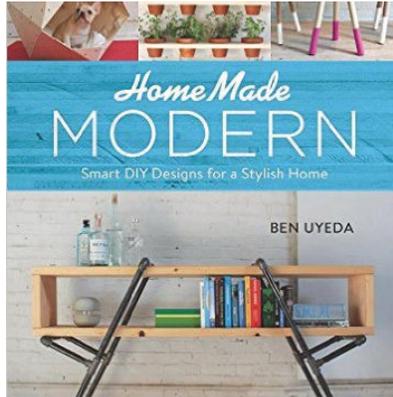
Pruebas de material en las que se incorporó conchas de ostras trituradas en la creación de baldosas, para comprobar si tenían incidencia en la resistencia y fuerza estructural del material. Como resultado se obtuvo que aquellas muestras que contenían más restos de concha, fueron más resistentes.



Azulejos de cáscaras de moluscos
Recuperado de: <http://www.ecoseatile.com>

Azulejos de cáscara de moluscos

Azulejos formados a partir de resina transparente y residuos de cáscara de chorito y otros moluscos.



Tutorial para hacer lámparas de concreto
Recuperado de: <http://vimeo.com>

HomeMade Modern

HomeMade Modern es una plataforma on-line, que comparte ideas de diseño bajo el concepto DIY (Do it yourself), dando cuenta del proceso de fabricación de productos con el objetivo de inspirar a las personas a hacer cosas por ellos mismos.



7. MATERIAS PRIMAS

7.1 ESTUDIO Y RECOLECCIÓN DEL RESIDUO

7.1.1 Conociendo la industria

Si bien en la primera etapa del proyecto se trabajó con conchas de choritos obtenidas mediante la empresa Geomar, se contactó a otras empresas del sector para reunir más material, conocer las plantas de producción y las diversas formas en que se podía presentar el residuo.

De esta forma, la segunda etapa del proyecto comenzó realizando una visita a la empresa Toralla, centro de cultivo y planta productora de productos de origen mitíco- la ubicada en la localidad de Chonchi, Chiloé.

Previo coordinación con José Bijit, encargado del área de Control de Gestión, se coordinó una visita a terreno con el objetivo de conocer profundamente la industria y procesamiento del chorito, la generación del residuo y los actores involucrados.

En esta instancia se realizó una visita guiada por la planta de procesamiento del molusco, actividad donde se conocieron las normativas de salubridad aplicadas, las etapas y maquinaria involucradas en el ciclo de procesamiento del producto y el rol de los empleados, quienes seleccionaban manualmente la carne a comercializar.

Gracias a esta visita se conoció una nueva forma de tratar el residuo, ya que en Toralla, si bien gran parte de las conchas son enviadas a vertederos, cuentan con una planta de cal, lugar donde procesan el residuo triturando y calcinando las conchas a 80°C para generar y comercializar cal agrícola de segunda categoría.



Centro de procesamiento de Toralla S. A.



Recepción de la materia prima.



Silo donde se acopia y tritura el material de descarte que es enviado a la planta de Cal.



Planta procesadora de Cal agrícola.

7.1.2 Formas de obtener el residuo

Si bien gran parte del residuo es enviado a depósito final, se encontró una nueva salida comercial que es su procesamiento como cal agrícola de segunda categoría. Sin embargo el valor de éste producto sigue siendo inferior al del cemento, por lo que se decide hacer pruebas de material tanto con las conchas que son desechadas, como con las que son procesadas.

De esta manera, se encuentran dos formas de obtener la materia prima a utilizar:

(1) Concha triturada:

Conchas que son enviadas a depósito final, las cuales son previamente trituradas para reducir su volumen. Según la política de cada empresa, éstas son enviadas a vertederos con excedentes de materia orgánica, o bien, limpias luego de pasar por un proceso de lavado.

(2) Cal

El residuo pasa por un proceso de trituración y calcinación de alrededor de 80°C para luego ser comercializado como cal agrícola de segunda categoría, utilizada para neutralizar la acidez del suelo y suministrar calcio para la nutrición de las plantas. El resultado del proceso es carbonato de calcio pulverizado, material constituido puramente de las conchas (J. Bijit, comunicación personal, 5 de Febrero de 2016).



Conchas luego de ser trituradas en molino de bolas.



Cal agrícola obtenida mediante Toralla.

7.2 MATERIAS PRIMAS

7.2.1 Ciclo de la cal

Luego de distinguir las dos maneras en que se encuentra el residuo, se hace necesario comprender las diversas formas químicas en que se puede encontrar la cal, material constituyente de las conchas.

Según su estado, podemos encontrar:

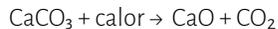
1. Carbonato de calcio (CaCO_3)

Compuesto químico muy abundante en la naturaleza, conformando rocas como la caliza y la dolomita, así como conchas y esqueletos de organismos varios.

2. Óxido de calcio (CaO)

El óxido de calcio o cal viva, es el resultado que se obtiene luego de calentar a más de 700°C el carbonato de calcio, reacción que libera CO_2 .

Reacción química al incorporar calor:



3. Hidróxido de calcio (Ca(OH)_2)

El hidróxido de calcio o cal apagada, se obtiene como resultado de la hidratación del óxido de calcio.

Reacción química al incorporar agua:



A medida que pasa el tiempo, este material comienza a absorber CO_2 y liberar agua a la atmósfera, transformándose nuevamente en carbonato de calcio. Esta reacción permite que se genere un material resistente, que endurece con el paso del tiempo.

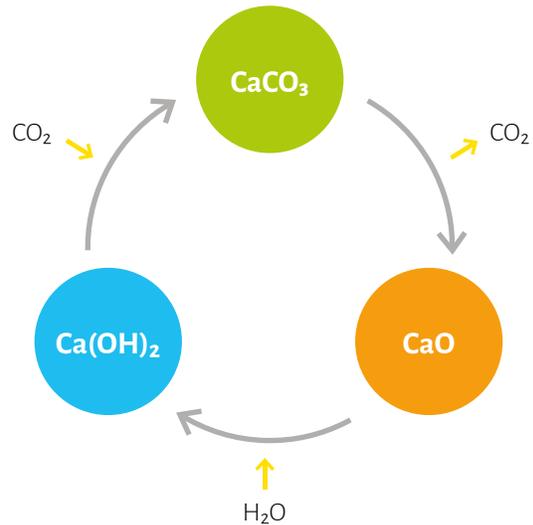


Diagrama 16.
Ciclo de la Cal.
Fuente: Diagrama adaptado de R. Serpell, comunicación personal, 19 de Mayo de 2016.

Análisis del residuo

Tanto en el caso de las conchas trituradas como en la cal agrícola, la cal se encuentra como carbonato de calcio. Es por ello que el residuo en sí tiene baja reactividad, a no ser que sea sometido a altos grados de calor y pase a ser óxido de calcio.

Si bien se busca evitar el proceso de calentamiento, el CaO es un componente necesario para lograr el fraguado [3] de la mezcla. Por esta razón sólo es posible reemplazar una fracción del cemento en la mezcla, ya que de lo contrario esta quedaría desprovista de CaO . Por otro lado, la adición de CaCO_3 como conchas también provee de cierta reactividad a la mezcla, comportándose de forma superior a un material de relleno (como sería la arena, por ejemplo). (M. Lopez, comunicación personal, 18 de Marzo de 2016).

[3] Fraguado: proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del cemento, debido a las reacciones químicas de hidratación entre los componentes del material (Cementos Bío Bío, s.f)

7.2.2 Materiales complementarios

1. Cemento

Tal como se planteó anteriormente, si bien el objetivo del proyecto es reducir el uso de cemento empleado en la dosificación del hormigón, se hace necesario incorporar una parte a la mezcla. Para ello, se realizaron mezclas utilizando **cemento portland**, el cemento más utilizado a nivel internacional y **cemento puzolánico** clase IV/B, ambos de producción nacional.

El cemento portland está formulado a base de clinker y yeso, mientras que el puzolánico es cemento portland con adiciones de puzolana [4] que varían entre un 10 y 50%.

Composición química del cemento portland.

Compuestos	% del peso
Óxido de Calcio	63,4
Óxido de Silicio	19,8
Óxido de Aluminio	4,81
Óxido de Hierro	3,14
Óxido de Magnesio	2,75
Óxido de Azufre	2,91
Otros materiales	3,19

Tabla 11. Composición química del cemento portland
Fuente: Bentz, Ferraris, Jones, Lootens, Zunino, (2016).
Nota: En la tabla se puede observar que el material preponderante es el óxido de calcio.

2. Arena fina

Según los objetivos de cada mezcla, se incorporó arena fina en ciertos casos, material inerte que ayuda a evitar que se comprima y fisure el material al rellenar los poros de éste (M. Lopez, comunicación personal, 18 de Marzo de 2016). Los granos de la arena utilizada pasaban por un tamiz de 1 mm de diámetro y eran retenidos por uno de 0,25 mm.

3. Agua

En todas las mezclas realizadas fue necesario añadir agua, ya que ésta permite hidratar los componentes del cemento, generando una pasta fluida y trabajable.

[4] Puzolanas: "Materiales silíceos o alumino-silíceos quienes por sí solos poseen poco o ningún valor cementante, pero cuando se han dividido finamente y están en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes" (American Society for Testing Materials [ASTM], 1992).



Probetas fragmentadas luego del ensayo de compresión.
Imagen, material del autor.



**8. DESARROLLO
EXPERIMENTAL**

METODOLOGÍA

PREPARACIÓN DEL MATERIAL

1. OBTENCIÓN Y TRATAMIENTO DEL RESIDUO



CONCHA TRITURADA CAL AGRÍCOLA

2. MEDICIÓN DE DENSIDAD REAL



3. CONFECCIÓN DE PROBETAS



4. SELECCIÓN DE MATERIALES COMPLEMENTARIOS

CEMENTO ARENA AGUA



ELABORACIÓN DE MEZCLAS

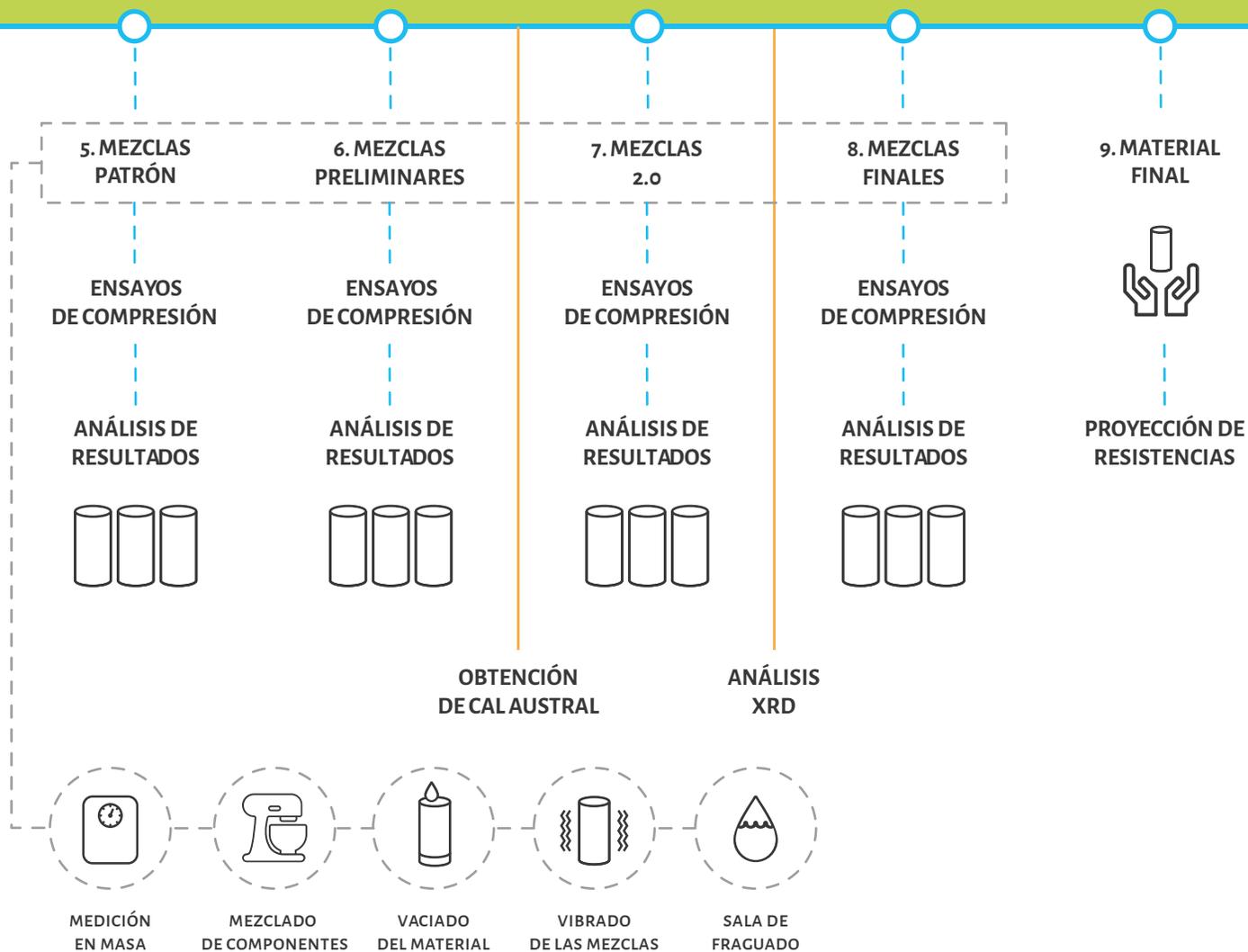


Diagrama 17.
Metodología de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.



8.1 METODOLOGÍA DE PRUEBAS EN LABORATORIO

Para determinar el procedimiento con que se llevarían a cabo las pruebas de material, se coordinó una reunión con Mauricio Lopez, docente de Ingeniería y Gestión de la Construcción PUC, especialista en deterioro y rehabilitación de estructuras, durabilidad de materiales y tecnología del hormigón, quien actualmente desarrolla un proyecto adjudicado de 4 años de duración por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico [FONDECYT] sobre el posible uso de residuos como recursos para la fabricación de materiales a base de cemento.

Mauricio entregó relevantes observaciones y variables claves a considerar para el correcto desarrollo del material, las cuales se describen a continuación.

1) Medir la densidad real:

Debido a que las proporciones de las mezclas se definen en unidades de masa, pero al trabajarlas se miden en unidades de volumen, es necesario conocer la densidad real [5] del residuo para saber cuánto material incorporar a la mezcla.

2) Granulometría y reactividad:

La reactividad del carbonato de calcio aumenta mientras más pequeñas sean sus partículas, por lo que a mayor tritutación del residuo, mayor capacidad de reaccionar tendrá en la mezcla.

2) Relación agua/cemento [a/c]:

Es la relación entre el peso del cemento y del agua utilizada en la mezcla, siendo uno de los parámetros más importantes en la tecnología del hormigón ya que incide en la resistencia final del mismo. A mayor cantidad de agua, mayor fluidez, obteniéndose un material más trabajable pero que resulta menos resistente, ya que se generan poros que aumentan su fragilidad.

En el caso de querer reducir la cantidad de agua incorporada para aumentar la resistencia, se debe incorporar un aditivo plastificante, el cual aumenta la fluidez del material.

3) Presencia de cloruros en las conchas:

En caso de utilizarse armadura de hierro en la estructura del material, se debe medir la presencia de cloruros del residuo, ya que la concha al ser cultivada en aguas salinas puede contener una cantidad significativa de cloro, los cuales son muy corrosivos y podrían afectar la estructura.

Para medir la cantidad de cloruros se debe hacer un ensayo de difracción de rayos X, el cual indica la composición atómica del material. De esta manera, se sabe con qué está combinado el carbonato de calcio, pudiendo detectar la presencia de cloruros en las conchas.

Según el porcentaje de cloruros presentes, se podría solucionar con un lavado simple del residuo ya que probablemente el cloro esté en la superficie debido a la baja permeabilidad de la concha.

4) Ensayo de compresión:

El ensayo de compresión es la prueba más utilizada para medir el desempeño del hormigón. Ésta se mide utilizando una máquina que aplica carga axial [5] a probetas cilíndricas, las cuales se fisuran al llegar a la carga máxima soportada. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima soportada entre el área de la sección de la probeta que recibió la carga, lo cual puede reportarse mediante megapascales (MPa) o kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm²).

El resultado de una prueba de compresión es el promedio de, al menos, tres pruebas de resistencia elaboradas con la misma mezcla y sometidas a ensayos a la misma edad (M. Lopez, comunicación personal, 18 de Marzo de 2016).



Diagrama 18.
Probeta sometida a carga axial.

[5] Densidad real: relación entre el peso del material y el volumen real que ocupan los granos. Este se determina mediante el matraz de Le Chatelier (Cementos Bío Bío, s.f.).

[6] Carga axial: El componente longitudinal interno resultante de la fuerza que actúa de forma perpendicular a la sección transversal de una estructura, produciendo estrés uniforme. (Axial load, 2016).

8.1.1 Metodología de las mezclas

Se comenzó realizando mezclas patrón como marco de referencia, utilizando cemento portland, cemento puzolánico y arena, para poder comparar las resistencias obtenidas con las mezclas que se harían después incorporando conchas.

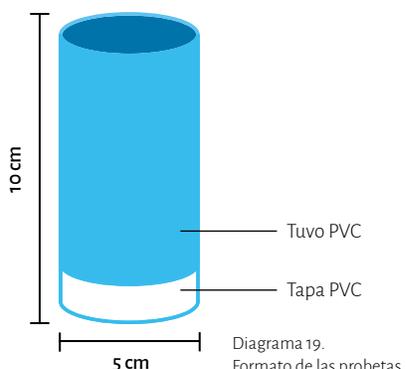
Respecto a las mezclas que incorporaban conchas, se realizaron ensayos manteniendo la cantidad de concha presente en cada mezcla, representando un 60% del total del material sólido, cantidad que fue modificada e incrementada una vez que se llegó a los materiales definitivos.

Antes de realizar las mezclas, se midió la densidad real de la materia prima a incorporar. Una vez cuantificado, se realizaron 3 muestras de cada mezcla para sacar un promedio entre los resultados obtenidos en los ensayos de compresión.

Todas las mezclas se dejaron fraguar durante 7 días en una sala a 25°C y con humedad relativa de 80%, para evitar su deshidratación.

Formato:

Se elaboraron probetas de tubos de PVC de 10 cm de alto x 5 cm de ancho, medida requerida para poder realizar los ensayos de fuerza de compresión. Cada probeta tenía una tapa del mismo material adherida en la parte inferior, a la cual se les hizo un agujero para realizar el desmoldaje de las probetas mediante presión de aire.



8.1.2 Medición de la densidad real

Según lo conversado con Mauricio López, se determinó que el primer paso para el desarrollo de las pruebas de material era medir la densidad real del residuo para saber cuánto material incorporar a la mezcla.

Este ensayo, al igual que los posteriores, se llevó a cabo en el laboratorio de Materiales de la Construcción del departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la PUC, con la ayuda de Mauricio Guerra, laboratorista técnico a cargo del lugar. Para realizar el ensayo, se aplicó el **Método del desplazamiento de agua**, el cual se utiliza para calcular la densidad real de materiales granulares, como lo es la concha.

Procedimiento:

Para realizar cada ensayo se utilizó el matraz de Le Chatelier, el cual se llenó con parafina hasta la marca de 9 mL. Luego se incorporó y pesó el residuo a medir. Una vez que el material añadido se sumergió, el nivel de la parafina subió, desplazando un volumen de líquido igual al volumen del material incorporado, obteniéndose de esta forma el volumen de la concha. Finalmente, se obtuvo la densidad real dividiendo el peso del material incorporado en el volumen de líquido desplazado.

Resultados del ensayo:

Densidad de concha triturada en molino de bolas, luego de pasar por el tamiz de 0,3 mm: **2,65 g/ml**.
Densidad de la cal, luego de pasar por el tamiz de 0,15 mm: **2,45 g/ml**.



8.1.3 Desarrollo de las mezclas



1. Medición de densidad real: previo a las mezclas se midió la densidad real de los distintos estados en que se encontraban las conchas, para saber cuánto material incorporar al momento de dosificar las mezclas.



2. Dosificación: se realizaron mediciones en masa para cuantificar el material a incorporar a la mezcla.



3. Mezclado: las mezclas se llevaron a cabo en una máquina amasadora de pan, a las que se le fue incorporando el agua paulatinamente hasta obtener una pasta homogénea.



4. Vaciado: el resultado de cada mezcla fue vaciado en probetas numeradas a las que se les puso desmoldante previamente. Esto para evitar la adherencia del material a las paredes del recipiente.



5. Vibrado: las probetas fueron situadas en una mesa vibratoria para compactar la mezcla, ya que la vibración permite llenar los espacios vacíos del recipiente al expulsar el aire atrapado y el exceso de agua.



6. Fraguado: todas las mezclas se dejaron fraguar durante un período de 7 días en una sala a 25°C y con humedad relativa de 80%, para evitar la deshidratación de las mezclas.



7. Retiro de las probetas: luego de 7 días se retiraron las probetas de la sala de fraguado para ser ensayadas en la máquina de resistencia a la compresión.



8. Desmolde: las probetas fueron desmoldadas mediante inyección de aire en el agujero ubicado en la tapa inferior.



9. Numerado: luego del desmolde, cada probeta fue numerada para evitar confusiones y anotar las resistencias a la compresión obtenidas en cada una de ellas.



10. Ensayo de compresión: cada probeta fue ensayada en una máquina especializada, la cual indicaba la resistencia final de cada una.



11. Fisuración: una vez que las probetas alcanzaban su máximo nivel de resistencia, se comenzaban a fisurar debido a la carga axial recibida.



12. Cálculo de resistencias: se anotaron las resistencias obtenidas de las probetas de cada mezcla para sacar un promedio entre éstas y calcular su resistencia final dividiendo la carga máxima soportada entre el área de la probeta que recibía la carga.

8.2 ENSAYOS 1: MEZCLAS PATRÓN



MEZCLA N°1: CEMENTO PUZOLÁNICO

Componentes:

100% Cemento puzolánico

Relación agua/cemento: 0,45

Resistencia a la compresión: **184 kgf/cm²**



MEZCLA N°2: CEMENTO PUZOLÁNICO Y ARENA

Componentes:

60% Arena fina
40% Cemento puzolánico

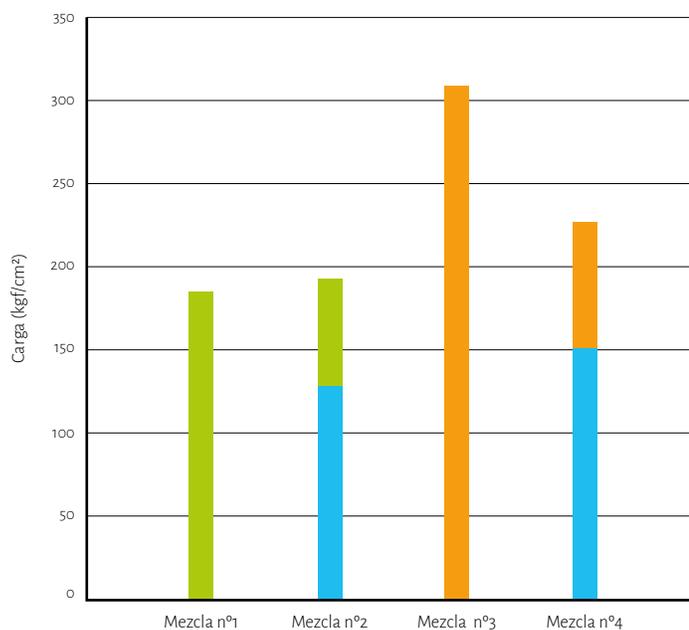
Relación agua/cemento: 0,5

Resistencia a la compresión: **193 kgf/cm²**

Se comenzó realizando mezclas patrón como marco de referencia para poder comparar las resistencias obtenidas con materiales tradicionales, frente a las resultantes de las mezclas que se harían después incorporando conchas. Se utilizó cemento portland, cemento puzolánico, arena y agua en distintas dosificaciones.

Objetivos de las mezclas patrón:

- (1) Obtener/Establecer resistencias referenciales para ser comparadas posteriormente con las mezclas que incorporen conchas.
- (2) Comparar las resistencias obtenidas al variar el tipo de cemento incorporado a la mezcla.
- (3) Comparar las resistencias obtenidas al incorporar arena fina a la mezcla.





**MEZCLA N°3:
CEMENTO PORTLAND**

Componentes:

100% Cemento portland

Relación agua/cemento: 0,45

Resistencia a la compresión: **318 kgf/cm²**



**MEZCLA N°4:
CEMENTO PORTLAND Y ARENA**

Componentes:

60% Arena fina
40% Cemento portland

Relación agua/cemento: 0,5

Resistencia a la compresión: **226 kgf/cm²**

Observación:

En este caso, se promediaron las resistencias obtenidas con dos probetas, ya que la tercera se rompió accidentalmente.

8.2.1 Análisis de resultados

Se pudo observar que las mezclas compuestas a base de cemento portland generaban mayores resistencias a las de cemento puzolánico, hecho que fue conversado y analizado con Mauricio Guerra. Éste clarificó que el cemento portland genera resistencias iniciales más altas que el cemento puzolánico porque el tiempo de fraguado de éste es menor, alcanzando mayores resistencias en el corto plazo, mientras que el cemento puzolánico logra resistencias similares al cabo de 28 días aproximadamente.

Por otro lado, se pudo observar que en el caso del cemento puzolánico, al incorporar arena a la mezcla la resistencia aumentó ligeramente, situación contraria al cemento portland, mezcla que fue menos resistente al incorporar áridos.

8.3 ENSAYOS 2: MEZCLAS PRELIMINARES



MEZCLA N°5: CEMENTO PUZOLÁNICO Y CONCHA

Componentes:



Relación agua/(concha+cemento): 0,45

Resistencia a la compresión: **29 kgf/cm²**

Observaciones:

Al considerar la totalidad de la concha como material cementante, se obtuvo una pasta excedente de agua, de consistencia muy líquida y que en consecuencia, menos resistente.

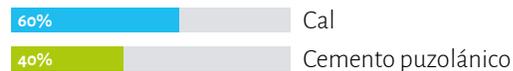
Se comenzó realizando dos mezclas que consideraban la concha como material cementante. En este caso, se varió el tipo de concha utilizada, realizado una a base de conchas trituradas provenientes de Geomar, y otra con la cal agrícola de la empresa Toralla. En ambos casos, se utilizó cemento puzolánico como material complementario y se tamizaron las conchas hasta pasar por el tamiz de 0,3 mm.

Luego se realizaron dos mezclas utilizando la relación agua/cemento tradicional, es decir, sin considerar la concha como material cementante, y se varió el tipo de cemento utilizado, para comprobar con cuál se generaban mejores resistencias. En este caso se utilizó sólo la cal, ya que al tener una menor granulometría, se es-



MEZCLA N°6: CEMENTO PUZOLÁNICO Y CAL

Componentes:



Relación agua/(cal+cemento): 0,45

Observaciones:

Luego de los 7 días de fraguado, la mezcla no endureció. Tras analizar la muestra con Ricardo Serpell, docente de Ingeniería y Gestión de la Construcción PUC, especializado en reciclaje de hormigón y materiales cementicios, se concluyó que esto se debía a la presencia de materia orgánica en el residuo. No se pudo realizar el ensayo de compresión.

peraba un mejor resultado en las resistencias finales al tener más probabilidades de reaccionar químicamente con el cemento.

Objetivos de las mezclas preliminares:

- (1) Comprobar si la concha podía ser considerada como material cementante (incidiendo en la relación agua/cemento de las mezclas).
- (2) Comparar las resistencias obtenidas en los ensayos de compresión al utilizar la concha triturada y la cal agrícola como materiales principales, teniendo como referencia las mezclas patrón.
- (3) Comparar las resistencias obtenidas al variar el tipo de cemento incorporado a la mezcla.



**MEZCLA N°7:
CEMENTO PUZOLÁNICO Y CAL**

Componentes:



Relación agua/cemento: 0,5

Observaciones:

Al igual que el ensayo n°6, la mezcla no fraguó debido a la presencia de materia orgánica en el residuo, por lo que no se pudo realizar el ensayo de compresión.



**MEZCLA N°8:
CEMENTO PORTLAND Y CAL**

Componentes:

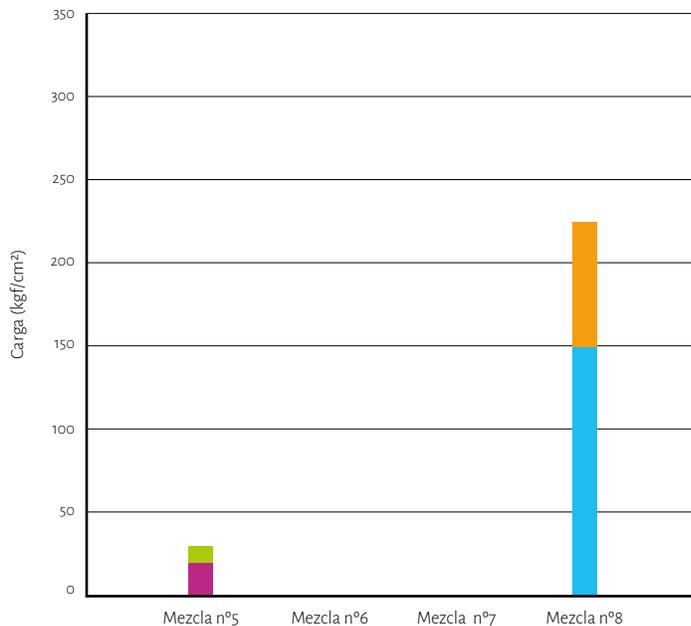


Relación agua/cemento: 0,5

Resistencia a la compresión: **224 kgf/cm²**

Observaciones:

En este caso la mezcla si fraguó, obteniéndose altas resistencias. No obstante, las probetas tenían agujeros donde se percibía cómo parte de la materia orgánica afectaba la estructura del material.



8.3.1 Análisis de resultados

A raíz de los resultados obtenidos se pudo observar que considerar la concha como material cementicio incidió en la resistencia final de las mezclas, debido a un exceso de agua en la mezcla. Por lo que no se podía considerar como tal a ese nivel de granulometría.

Por otro lado, se comprobó que al utilizar cemento portland se obtenían mejores resultados en las resistencias finales, lograndose resistencias similares a las obtenidas en las mezclas patrón, sin embargo la materia orgánica presente en la cal afectaba el proceso de fraguado, impidiéndolo en ciertos casos. A raíz de esto se determinó que era necesario eliminar la materia orgánica presente o buscar una alternativa de residuo más limpia.

Además, se concluyó que el proceso para limpiar, triturar y tamizar las conchas de Geomar requería de mucho tiempo, por lo que se buscaron alternativas que tuvieran una granulometría similar a la de la cal proveniente de Toralla.

Luego de compartir los resultados con Mauricio Guerra se comprendió que, si bien la cal es considerada un material cementante, en el caso de las conchas trituradas éstas se comportan como agregados al tener una granulometría similar a las de los áridos, no así las conchas que se encuentran en estado pulverizado, como lo es la cal agrícola, las cuales si pueden ser consideradas cementantes debido a lo pequeñas de sus partículas.

8.3.2 Pasos a seguir

Para eliminar la materia orgánica presente en la cal agrícola entregada por la empresa Toralla, ésta debía quemarse a altas temperaturas, lo que conducía a un mayor consumo energético, incrementando la huella de carbono final que tendría el material.

En consecuencia, se investigaron nuevas formas de obtener el residuo, buscando una alternativa que tuviera un menor contenido de materia orgánica. Fue así como se llegó a Cal Austral, empresa que se dedica a recolectar y procesar conchas residuales generadas en plantas procesadoras de choritos en Chiloé para comercializarlas como cal agrícola.

Se contactó a Mario Ahumada, gerente comercial de la empresa, para conocer el procesamiento del residuo y verificar si su contenido de materia orgánica era menor que el de la cal procesada en Toralla. Efectivamente, el proceso por el que pasaban las conchas conducía a un menor contenido de materia orgánica que el llevado a cabo en Toralla. Esto se debía a que la empresa le exigía a los productores que les enviaran los residuos limpios y ya triturados, para luego ser almacenados durante meses hasta que eliminaran la materia orgánica presente. Finalmente eran icinerados y triturados a 80°C, resultando con un máximo de 2% de materia orgánica. De acuerdo a lo conversado con el personal de la facultad de Ingeniería este contenido de materia orgánica no debería afectar la mezcla.

Luego de contarle el proyecto a Mario, éste se mostró interesado en colaborar al ser una posible nueva salida comercial del material, realizando un envío gratuito de la cantidad de cal que fuese solicitada. De esta manera, se concretó un envío de 200 kilos de cal a Santiago para realizar pruebas con el material.



Cal agrícola obtenida mediante Cal Austral.

8.4 ENSAYOS 3: MEZCLAS 2.0

En esta ocasión, se utilizó la cal proveniente de Cal Austral como el material preponderante en las mezclas, representando un 60% del peso respectivamente, al igual que en las mezclas anteriores.

Antes de realizar las mezclas, se midió la densidad real del nuevo material luego de ser cribado, pasando por el tamiz de 0,15 mm. Como resultado se obtuvo una densidad de: **2,45 g/ml**.

Se comenzó realizando cuatro mezclas variando el tipo de cemento utilizado y la cantidad de agua añadida. Si bien en las mezclas anteriores se comprobó que el cemento portland había dado mejores resultados en las resistencias obtenidas, se volvieron a realizar mezclas con cemento puzolánico ya que el material tenía escasa o nula cantidad de materia orgánica por lo que debía fraguar.

Se elaboraron dos mezclas que mantenían la misma relación agua/cemento considerando la cal como cementante ya que el material venía pulverizado, y otras dos incorporando plastificante, para aminorar la cantidad de agua incorporada y analizar cómo ello incidía en las resistencias finales.

Luego de ello, se realizaron 2 mezclas incorporando un 30% de arena fina del peso total de la mezcla, variando el tipo de cemento utilizado. Se mantuvo el porcentaje de cal presente en la mezcla, representando un 60% del material cementante de ésta.

Se agregó arena fina, ya que la cal tenía la granulometría de un material cementante, por lo que absorbía mucha agua, hecho que debilitaba el material al aumentar la relación agua/cemento. Al agregar arena se podía aminorar la cantidad de agua añadida, evitando la necesidad de agregar plastificante.

Por otro lado, la arena al ser un material inerte ayudaba a evitar que se comprimiera y fisurara el material resultante, rellenando los poros de éste.

Objetivos de las mezclas 2.0:

- (1) Comprobar si la cal de Cal Austral podía ser considerada como material cementante (incidiendo en la relación agua/cemento de las mezclas).
- (2) Comparar las resistencias obtenidas al incorporar plastificante a la mezcla.
- (3) Comparar las resistencias obtenidas al variar el tipo de cemento incorporado a la mezcla.
- (4) Evaluar cómo se comporta la mezcla al incorporar arena.

Observación

Para distinguir la cal proveniente de Toralla (utilizada en los ensayos anteriores), de la obtenida mediante Cal Austral, se referirá a ésta como "cal Austral" en las mezclas siguientes.



**MEZCLA N°9:
CEMENTO PUZOLÁNICO Y CAL AUSTRAL**

Componentes:



Relación agua/(concha+cemento): 0,4

Resistencia a la compresión: **52 kgf/cm²**



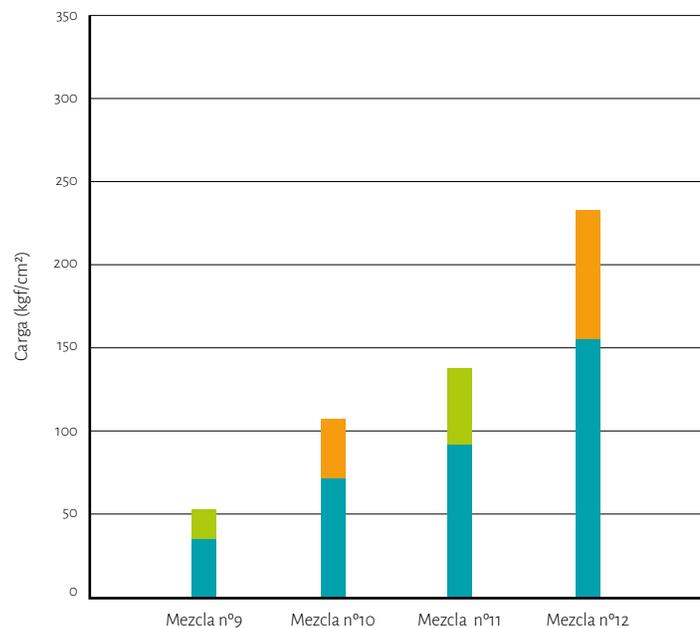
**MEZCLA N°10:
CEMENTO PORTLAND Y CAL AUSTRAL**

Componentes:



Relación agua/(concha+cemento): 0,4

Resistencia a la compresión: **106 kgf/cm²**





MEZCLA N°11:
CEMENTO PUZOLÁNICO Y CAL AUSTRAL

Componentes:



Aditivo plastificante (1% del peso)

Relación agua/(concha+cemento): 0,25

Resistencia a la compresión: **137 kgf/cm²**



MEZCLA N°12:
CEMENTO PORTLAND Y CAL AUSTRAL

Componentes:



Aditivo plastificante (1% del peso)

Relación agua/(concha+cemento): 0,2

Resistencia a la compresión: **233 kgf/cm²**



**MEZCLA N°13:
CEMENTO PUZOLÁNICO, CAL AUSTRAL Y ARENA**

Componentes:



Relación agua/(concha+cemento): 0,3

Resistencia a la compresión: **83 kgf/cm²**



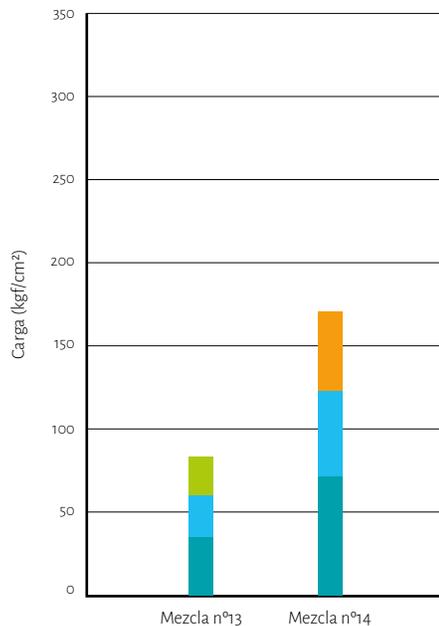
**MEZCLA N°14:
CEMENTO PORTLAND, CAL AUSTRAL Y ARENA**

Componentes:



Relación agua/(concha+cemento): 0,3

Resistencia a la compresión: **170 kgf/cm²**



8.4.1 Análisis de resultados

A raíz de los resultados obtenidos, se comprobó que la cal procesada por Cal Austral otorgaba buenos resultados, fraguando todas las mezclas. Se pudo observar cómo incide la cantidad de agua incorporada en las resistencias obtenidas, siendo mucho más alta en aquellos casos en que se utilizó plastificante. Sin embargo, se comprobó que aquellas mezclas que incorporaban arena no requerían de plastificante, insumo de alto costo, y mantenían una relación agua cemento favorable para las resistencias requeridas.

Finalmente, se comprobó que la cal podía ser considerada como material cementante, al estar dentro de las granulometrías indicadas para ello y al generar resistencias suficientes al regular la cantidad de agua incorporada a la mezcla, ya fuese añadiendo plastificante o arena a ésta.

Por otro lado, se volvió a comprobar que las mezclas que incorporaban cemento portland generaban mejores resultados en las resistencias finales, lográndose en las número 12 y 14 resultados similares a los obtenidos en las mezclas patrón. Cabe destacar que, si bien la mezcla n°12 generó una resistencia mayor a la n° 14, en el siguiente ensayo se decidió trabajar en torno a ésta última, ya que así se evitaba el uso de plastificante y por otro lado, incorporar arena ayudaba a evitar una futura contracción y agrietamiento del material.

8.4.2 Pasos a seguir

A raíz de los resultados obtenidos se decide trabajar en torno a la mezcla número 14, compuesta de cal, arena fina y cemento portland, al comprobar que: (1) la cal proveniente de Cal Austral generaba altas resistencias y fraguaba sin problemas, (2) la arena fina aminoraba los costos del material, evitaba el uso de plastificante y disminuía la probabilidad de fisuras y (3) el cemento portland generaba resistencias mayores y a menor plazo que el cemento puzolánico.

Ante este escenario, se determina el siguiente ensayo a realizar para obtener el material final. Éste consistió en variar la cantidad de cal añadida, para comprobar la cantidad máxima de concha que podía incorporar el material cumpliendo estándares de resistencia, a modo de generar un material con la menor huella de carbono posible.

8.5 ENSAYOS 4: MEZCLAS FINALES



MEZCLA Nº15: CEMENTO PORTLAND, CAL AUSTRAL Y ARENA

Componentes:



Relación agua/(concha+cemento): 0,25

Resistencia a la compresión: **103 kgf/cm²**



MEZCLA Nº16: CEMENTO PORTLAND, CAL AUSTRAL Y ARENA

Componentes:



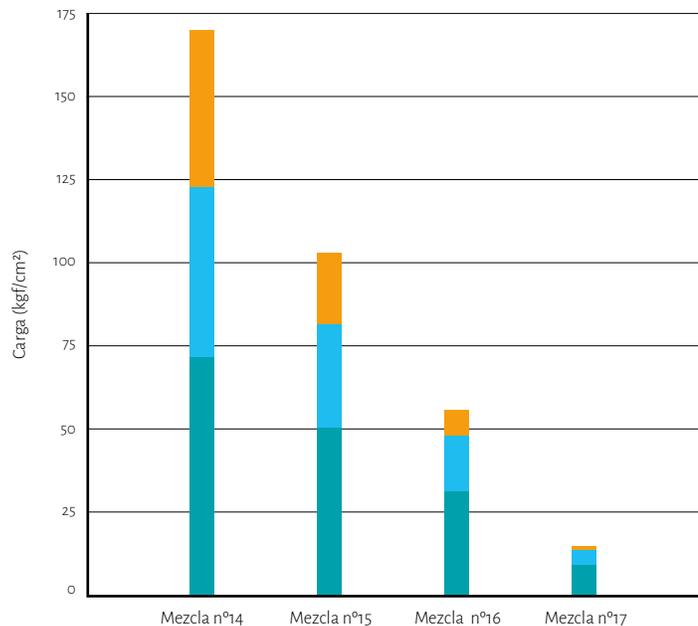
Relación agua/(concha+cemento): 0,26

Resistencia a la compresión: **56 kgf/cm²**

Se realizaron 3 mezclas variando la cantidad de cal añadida, las cuales representaban un 70, 80 y 90% del material cementante de la mezcla.

Objetivos de las mezclas 3.0:

- (1) Comprobar la cantidad máxima de concha que podía incorporar el material cumpliendo estándares de resistencia.
- (2) Determinar el material final.





MEZCLA N°17:
CEMENTO PORTLAND, CAL AUSTRAL Y ARENA

Componentes:



Relación agua/(concha+cemento): 0,26

Resistencia a la compresión: **15 kgf/cm²**



Detalle de la ruptura del canto de la probeta.

8.5.1 Análisis de resultados

Luego del ensayo se pudo comprobar cómo la resistencia se veía afectada a medida que se incorporaba más cal a la mezcla, disminuyendo sustancialmente. De esta manera, se confirma que el máximo contenido de concha que la mezcla podía tener era de un 80% del material cementante, ya que al incorporar un 90% se fragmentaba con facilidad.

A todas las mezclas se les agregó un 20% menos de agua de lo premeditado al obtenerse la consistencia requerida tempranamente, factor a considerar en las siguientes dosificaciones.

Por otro lado, se concluye que conforme la aplicación que se le de al material, puede variar la dosificación de los componentes según la resistencia requerida.

8.5.2 Pasos a seguir

Si bien se podían seguir realizando más ensayos en el laboratorio, variando los componentes y dosificaciones del material, se decide detener el desarrollo de mezclas. Esto debido a que los resultados obtenidos fueron los esperados, comprobando la cantidad máxima de conchas que podía incorporar la mezcla y por otro lado, se requería cambiar de escala y proceder a realizar prototipos funcionales a modo de constatar las aplicaciones que podía tener el material.

8.6 ANÁLISIS XRD

Tal como Mauricio Lopez había planteado desde un comienzo, se realizó el ensayo de difracción de rayos X (XRD), para evaluar la posible presencia de cloruros en las conchas, los cuales podían corroer la armadura de fierro que incorporase el material, y conocer la estructura cristalina en que se encontraba el carbonato de calcio.

Para ello, se analizó una muestra de la cal proveniente de Cal Austral en el laboratorio, ensayo realizado por Franco Zunino, docente de Ingeniería y Gestión de la Construcción PUC, especializado en ciencia y tecnología del hormigón y materiales basados en cemento.

Luego del análisis, se concluyó que la muestra estaba compuesta por una mezcla de calcita y aragonita (estructura cristalina no tan conocida del carbonato de calcio), arrojando un 62% de calcita y 38% de aragonita en peso. El resultado fue evaluado como positivo, ya que ambas formas del CaCO_3 son reactivas al estar en contacto con cemento.

Por otro lado, se confirmó una ausencia de cloruros en la muestra, lo que indicaba que las conchas habían pasado por un proceso de limpieza suficiente, por lo que no habrían problemas al incorporar estructuras de fierro en el material.

Observación

Ir a la sección "Anexos" para ver la tabla que muestra el resultado del análisis XRD.

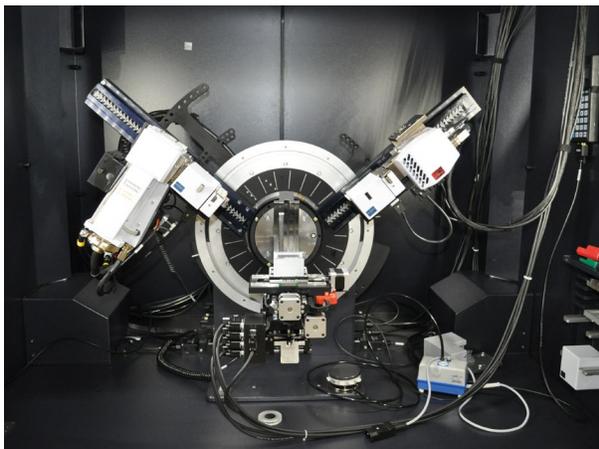


Imagen referencial de la maquinaria utilizada para el análisis.
Recuperado de: <http://www.uwec.edu>

8.7 CONCLUSIÓN

Por medio del presente proyecto se pudo constatar la posibilidad de desarrollar un material cementicio a partir de conchas de choritos. Dado que los costos energéticos asociados a su procesamiento son significativamente menores a aquellos del cemento tradicional, el reemplazo de una fracción de este último por cal derivada de conchas de mitílidos disminuye de manera significativa su impacto en el ambiente, manteniendo propiedades físicas comparables a las del concreto tradicional. Por otro lado, la caracterización de las resistencias del material en función de su contenido de concha permiten maximizar su uso en función de las aplicaciones deseadas, minimizando el costo ambiental asociado a la incorporación de cemento.

En cuanto a las perspectivas futuras para el uso de este material, se debe destacar su disponibilidad en la zona sur del país, donde no existen yacimientos de piedra caliza. El uso de conchas de choritos para la formulación de nuevos materiales cementicios podría contribuir tanto a la disminución de desechos llevados a vertedero, como al desarrollo de materiales de menor impacto ambiental.

El presente proyecto es una primera aproximación al estudio de las conchas como material cementicio, y sugiere importantes interrogantes que debiesen abordarse a futuro para el desarrollo de nuevos materiales. Entre ellas, el uso de conchas como materia prima para la generación de cal viva (CaO) mediante calcinación resulta atractiva para la producción de cemento en una industria local, que disminuya residuos y costos asociados a conceptos de transporte.

8.8 PROYECCIÓN DE RESISTENCIAS

Ya que los ensayos de resistencia se habían realizado después de 7 días, tomando en cuenta que la resistencia final del cemento portland se obtiene al cabo de 28, se proyectaron las resistencias para saber cuál sería, según la teoría establecida, el resultado final de éstas (Canciani, s.f).

Evolución de la resistencia a la compresión del concreto

Edad del concreto en días	3	7	28	90	360
Resistencia a la compresión	0,40	0,65	1,00	1,20	1,35

Proyección de resistencias

Mezcla n° 14 (kgf/cm ²)	105	170	262	314	354
Mezcla n° 15 (kgf/cm ²)	63	103	158	190	213
Mezcla n° 16 (kgf/cm ²)	34	56	86	103	116
Mezcla n° 17 (kgf/cm ²)	9	15	23	28	31

Una vez proyectadas las resistencias que tendría el material, se realizó una búsqueda de empresas productoras a base de cemento que dieran cuenta de la resistencia de diversos productos expresadas en kgf/cm². Esto para hacer una analogía y poder definir las posibles aplicaciones que tendría el material.

Luego de hacer una búsqueda exhaustiva, se tomó como referencia las resistencias especificadas por la empresa Piedras la Cantera, que realiza mobiliario urbano, baldosas y revestimientos, entre otros, y Baldosas Córdoba, que comercializa baldosas hidráulicas confeccionadas artesanalmente.

En el caso de Piedras la Cantera, la mayoría de sus banquetas, luminarias, maceteros y baldosas resisten 97 kgf/cm² (La Cantera, s.f). Mientras que en Baldosas Córdoba, dependiendo del tipo de baldosa, sus resistencias oscilan entre 110 y 135 kgf/cm² (M. Suarez, comunicación personal, 15 de Junio de 2016). A raíz de ello, se decide que los prototipos a realizar serían confeccionados a partir de las mezclas n° 14, 15 y 16, según el propósito de cada uno.



Panel de exhibición de productos de Baldosas Córdoba. Imagen, material del autor.



Banqueta de Piedras la Cantera. Recuperado de: <http://www.piedraslacantera.cl>

8.8 PROTOTIPO ASIENTO: COMPRESIÓN



Luego de definir los componentes del material, se diseñó el primer prototipo funcional para validar su aplicación como asiento.

Los objetivos de éste eran:

- (1) Comprobar si el material resistía al ser sometido a carga axial en un formato de mayor tamaño.
- (2) Evaluar el comportamiento del material al ser aplicado en una escala mayor.

Al ser el primer prototipo, se definió una forma sencilla y de fácil construcción. Para ello, se comenzó diseñando el contramolde, poniendo especial énfasis en cómo sería desmoldado posteriormente. Éste se llevó a cabo en madera terciada de 3 mm, a la cual se le aplicó un líquido desmoldante para evitar la adherencia del material a las paredes del molde. Para evitar posibles escapez del material en las uniones, se sellaron los cantos del molde con silicona.

Ya que la resistencia a la tracción del hormigón es considerablemente menor en relación con la resistencia a la compresión, se incorporó una estructura de fierro estriado, para evitar su ruptura, la cual se fijó con alambres por los costados.

Respecto a la mezcla, se llevó a cabo en una betonera, en la cual se mezclaron 83 litros de material. En este caso, la mezcla realizada correspondía a la **n°14** del desarrollo experimental, la cual resistía 170 kgf/cm², representando la concha el 60% del material cementante. Se utilizó ésta ya que el prototipo, al ser un asiento, requería de altas resistencias.

Luego, se vació la mezcla en el molde, compactando el material de forma manual, sustituyendo lo que anteriormente había sido realizado en una mesa vibratoria. Una vez lleno, se dejó fraguar durante 3 días, período en el que fue regado para evitar una pérdida brusca de agua. Finalmente se procedió a desmoldarlo, lográndose un acabado parejo, a excepción del costado que no había sido cubierto. Para emparejarlo se lijaron los cantos con lija al agua.

Al cabo de dos semanas, se procedió a testarlos, sentándose hasta 3 personas sobre el prototipo, el cual resistió sin problemas. De esta manera, se comprobó que el asiento funcionaba, lográndose los objetivos planteados.





8.10 PROTOTIPO UNIÓN: TRACCIÓN

Se diseñó un elemento de unión triple conformado por el material y 3 ganchos de acero, para luego someterlo a cargas de tracción y así evaluar su comportamiento.

Los objetivos de éste eran:

- (1) Evaluar el comportamiento del material al ser sometido a fuerzas de tracción.
- (2) Evaluar la viabilidad del material de ser aplicado como elemento de unión.

Como contramolde se utilizó una unión de PVC, la cual fue cortada transversalmente para facilitar el desmoldaje. Al igual que en el prototipo anterior, se le aplicó líquido desmoldante previo al relleno, para evitar la adherencia del material. Se sellaron las uniones del molde con cinta de tela y se procedió a vaciar la mezcla en éste, utilizando la misma del prototipo anterior (mezcla n°14).

En esta ocasión, se evitó el uso de armaduras de fierro al interior molde, ya que se quería medir la tracción del material en sí, sin añadir elementos que favorecieran su comportamiento a la carga ejercida. Luego de 4 días se procedió a desmoldar la unión, la cual se dejó durante un día más para que estuviera en contacto con el aire antes de proceder al ensayo.

El ensayo de tracción se realizó mediante un sistema de cuerdas y poleas atadas a dos pilares paralelos, las cuales se ataron a la unión creada. Seguido de ello, se ejerció fuerza tirando la cuerda que pasaba por el sistema de poleas, hasta que el prototipo se fragmentara.

El ensayo se repitió dos veces variando la posición del prototipo, ya que tenía 3 salidas. En ambos casos las uniones se rompieron al cabo de 4 segundos luego de ejercer fuerza.

8.10.1 Análisis de resultados

Mediante el ensayo realizado se pudo comprobar lo débil del material a las fuerzas de tracción, al fragmentarse el prototipo luego de pocos segundos una vez ejercida la fuerza sobre éste.

Cabe destacar que la medición realizada no entregó un dato cuantificable de la carga máxima de tracción que resistía el material, lo cual debería medirse a futuro. Sin embargo, se pudo comprobar que el material no funciona como elemento de unión por sí sólo, sino que debía incorporar armaduras de fierro para mejorar su comportamiento.







Mezcla de los componentes del material.
Imagen, material del autor.



9. DESARROLLO DE PROYECTO

9.1 **PROTOTIPOS** **"HAZLO TU MISMO"**

9.1.1 *Concepto*

Tomando en cuenta que el usuario al cual va dirigido el proyecto es a los prosumidores, personas activas y participativas respecto a procesos de producción y de compra, se realizaron prototipos de objetos que fueran factibles de realizar por ellos mismos en caso de tener el material a su disposición.

A raíz de ello, se prototiparon objetos que: (1) utilizaran materiales asequibles para su fabricación, (2) requirieran el uso de herramientas al alcance del consumidor y (3) no presentaran complejidades mayores en su construcción.

Los objetivos de éstos eran:

- (1) Evaluar el comportamiento del material al ser aplicado en objetos de diversa índole.
- (2) Evaluar los resultados obtenidos al variar el tipo de mezcla utilizada.

9.1.2 *Variables de diseño*

- (1) Fácil desmoldaje
- (2) Construcción sencilla
- (3) Bajo costo de producción
- (4) Uso de materiales asequibles

En este apartado se explican paso a paso los prototipos realizados, ya que su finalidad era identificar posibles aplicaciones del material, que fuesen factibles de realizar por el usuario objetivo. Se indican tanto los materiales requeridos como las herramientas utilizadas. Ambos son elementos referenciales, pudiendo ser sustituidos según conveniencia del prosumidor.

Se llevaron a cabo dos prototipos de taburetes y dos de lámparas, para evaluar cuales generaban mejores resultados y cuales eran más sencillos de realizar.



TABURETE (1)



9.1.3 Prototipos de taburetes

Se realizaron dos prototipos de taburetes, utilizando el mismo contramolde en ambos, siendo éste un balde de 19 Litros de capacidad.

La mezcla utilizada correspondía a la **n°15**, la cual contenía un 70% de conchas de material cementante y resistía 106 kgf/cm², lo cual era suficiente para la aplicación dada. Los prototipos fueron realizados de forma simultánea.

TABURETE (1)

Materiales requeridos:

- 20 kg de concreto austral Pilcán
- 1 cañería de cobre de 1 metro de longitud y 2 cm de diámetro
- 1 balde de 19 Litros de capacidad
- 3 gorros de cobre de 2 cm de diámetro
- 1 pliego de cartón corrugado
- Líquido desmoldante

Herramientas utilizadas:

- Cortador de tubos
- Brocha
- Cuchillo cartonero

Fabricación:

Se comenzó cortando la cañería de cobre, la cual iba a ser utilizada para las patas del taburete. Ésta fue cortada en 3 piezas de 33 cm de longitud cada una, a las cuales se les situaron los gorros de cobre en los cantos que estarían en contacto con el suelo.

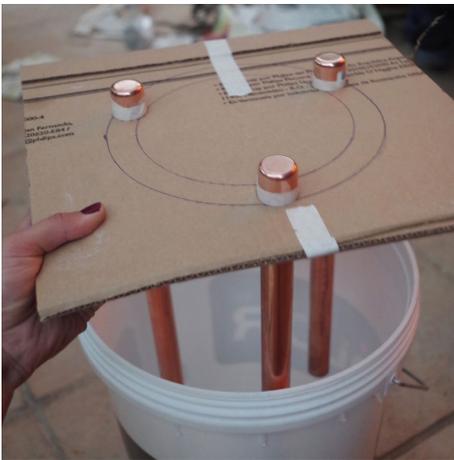
Para posicionar las patas de forma equidistante, se trazó una guía sobre un pedazo de cartón, el cual se situó en la parte superior del balde, indicando el lugar en que debían posicionarse.

Previo a vaciar la mezcla en el balde, se le puso desmoldante para evitar la adherencia del material. Finalmente, se procedió a llenar el contramolde, al cual se le había situado una marca a los 10 cm de la base, para saber hasta que punto llenarlo. De forma simultánea se vibró la mezcla golpeando el molde para que liberara el aire que había en su interior.

Luego de 3 días se procedió a desmoldar el taburete, para lo que fue necesario golpearlo por los costados del balde hasta que se desprendiera de éste. Inmediatamente fue testeado sentándose una persona sobre éste, comprobándose que funcionaba y que el material resistía.

Observaciones:

A pesar de que se utilizó una guía para situar las patas del taburete, éstas quedaron levemente torcidas, por lo que se debería mejorar la manera de posicionarlas. Por otro lado, se constató que la cantidad de mezcla incorporada fue desmesurada, quedando desequilibrado el peso del taburete.



TABURETE (2)



TABURETE (2)

Materiales requeridos:

- 20 kg de concreto austral Pilcán
- 3 metros de fierro estriado de 8mm
- 1 balde de 19 Litros de capacidad
- 1 listón de madera de pino

Herramientas utilizadas:

- Napoleón
- Cuchillo cartonero

Fabricación:

Se comenzó cortando el fierro en dos partes con un napoleón, los cuales fueron doblados posteriormente situándolos en una prensa de mesa.

Previo al vaciado de la mezcla en el molde, se cortó el listón de madera en dos partes para utilizarlas como guías para posicionar las patas del taburete.

En esta ocasión no se utilizó desmoldante, para comprobar si se podía evitar su uso al momento de desprender el prototipo del molde.

Luego se procedió al vaciado de la mezcla. Al igual que en el taburete anterior, se vibró mediante golpes y se marcó hasta donde debía ser llenado el molde, llegando a un espesor de 10 cm.

Al cabo de 3 días se procedió a desmoldar el prototipo. Debido a que no se había utilizado desmoldante, fue más complejo sacar el taburete del molde, teniendo que golpearlo reiteradas veces por los costados del balde hasta que se desprendiera.

Una vez listo, se procedió a sentarse sobre él para comprobar su resistencia. El taburete funcionaba, sin embargo las patas de éste se balanceaban, generando inestabilidad.

Observaciones:

Al igual que en el prototipo anterior, la parte superior del taburete quedó más grande de lo necesario, lo cual generaba inestabilidad al sentarse, al tener su mayor peso en la parte superior. Por otro lado, se constató la complejidad de doblar los fierros, los cuales quedaron levemente curvos en la parte inferior, lo que generó aún más inestabilidad en el asiento.

En este caso, se pudo denotar que el vibrado de la mezcla no fue suficiente, quedando agujeros en el material.



LÁMPARA (1)



9.1.4 Prototipos lámparas

Se realizaron dos prototipos de lámparas, variando tanto su forma como modo constructivo.

En ambos la mezcla utilizada correspondía a la n^o16, la cual contenía un 80% de conchas de material cementante y resistía 56 kgf/cm². La mezcla se realizó manualmente en un balde.

LÁMPARA (1)

Materiales requeridos:

- 2 kg de concreto austral Pilcán
- Tubo de PVC de 50 cm de longitud por 11 cm de diámetro
- Tubo de PVC de 50 cm de longitud por 7,5 cm de diámetro
- Tubo de PVC de 50 cm de longitud por 2 cm de diámetro
- Copla de PVC de 2,5 cm por 2,5 cm
- Alambre
- 2 tapas de PVC de 11 cm de diámetro
- 1 tapa de PVC de 7,5 cm de diámetro
- Cinta de tela
- Líquido desmoldante

Herramientas utilizadas:

- Sierra manual
- Brocha

Fabricación:

Se comenzó cortando los tubos de PVC a 4,5, 18, 20 y 28 cm, tanto a lo largo como transversalmente para facilitar el desmoldaje. Luego se puso desmoldante en todas las superficies que estarían en contacto con la mezcla.

Después de montar y unir con cinta de tela las piezas que conformaban la lámpara, se procedió a llenar el prototipo. Para compactar la mezcla se utilizó un pedazo de fierro, a modo de eliminar el aire que quedaba al interior del molde. Finalmente, se utilizó alambre para fijar el tubo situado al interior del molde y mantener recto el eje de la lámpara.

Al igual que en los prototipos anteriores, se procedió a desmoldar la lámpara luego de 3 días. Sin embargo, al momento de retirar el tubo situado al interior del molde, el prototipo comenzó a agrietarse. De esta forma, se pudo observar que la mezcla no había endurecido completamente, por lo que se evitó forzar el desmoldaje y se esperaron 2 días más antes de repetir la acción.

Al cabo de 5 días, se terminó de desmoldar el prototipo, el cual terminó rompiéndose luego de ejercer fuerza al desmoldarlo.

Observaciones:

El prototipo realizado presentó más complejidades de lo previamente pensado, siendo difícil de confeccionar y desmoldar, lo que incidió en la ruptura de éste. Por otro lado, se pudo observar que trabajar con la dosificación aplicada no daba buenos resultados, ya que generó bajas resistencias, agrietándose el material con facilidad.



LÁMPARA (2)



LÁMPARA (2)

Materiales requeridos:

- 2,5 kg de concreto austral Pilcán
- 2 Bowl de plástico
- Embudo de plástico
- Cañería de cobre de 5 cm por 2 cm
- Lija al agua nº120
- Líquido desmoldante
- Cable de 2 mt
- Soquete
- Ampolleta
- Enchufe

Herramientas utilizadas:

- Taladro con broca de 1 cm
- Martillo
- Brocha
- Alicata
- Atornillador punta paleta de 3 mm
- Cortador de tubos

Fabricación:

Se comenzó realizando un agujero en la parte inferior del bowl, lugar donde se situaría la cañería de cobre posteriormente por donde pasaría el cable. Seguido de ello, se comenzó a rellenar el molde de forma manual.

Inicialmente se quería utilizar sólo un bowl, pero la mezcla tendía a bajar, quedando irregular la superficie. Es por ello que se decidió agregar un bowl más pequeño el interior del más grande.

Luego de 3 días se desmoldó el prototipo, acción que resultó sencilla y ágil luego de golpearlo levemente por los costados. Finalmente se lijaron los cantos ya que habían quedado irregulares.

Observaciones:

El prototipo realizado fue mucho más fácil de elaborar que el descrito anteriormente, siendo una mejor alternativa como ejemplo de aplicación para el usuario.

Se pudo notar que hubo materiales que no fueron necesarios, como el embudo, que iba a ser utilizado como soporte para el soquete inicialmente. Por otro lado, se percató que el tubo de cobre dañaba con sus cantos el cableado, pudiendo generar un corto circuito posteriormente. Respecto a esto último, se podría solucionar reforzando su interior con otro elemento o sustituyendo el material.

A pesar de que se usó la misma mezcla que en el prototipo anterior, al momento de desmoldarlo no presentó problemas, logrando un acabado uniforme y compacto. Sin embargo, al cabo de una semana se rompió uno de los bordes luego de manipular la lámpara, demostrando lo frágil de la mezcla utilizada.



9.1.5 *Conclusión*

Gracias a los prototipos realizados se pudo indentificar que la mezcla nº16 generaba mejores resultados al momento de ser aplicada en formatos mayores a los desarrollados en la fase experimental. En consecuencia, se decide seleccionar la mezcla mencionada como el material final del producto.

Gracias a los prototipos realizados se pudo comprobar que era factible aplicar el material en diversos objetos, adaptando la forma y logrando resultados acertivos. Por otro lado, se pudo disulidar cuales eran los prototipos más sencillos de fabricar por el usuario, siendo en el caso de los taburetes, el nº1 y en el de las lámparas el nº2.

Cabe destacar que hizo falta cuantificar de forma apropiada la cantidad de mezcla y agua utilizada en los prototipos realizados. Factor a considerar en las próximas pruebas, ya que es un elemento fundamental para la correcta elaboración del material.

Pasos a seguir:

A raíz de resultados obtenidos, se pretende realizar el rediseño de uno de los prototipos que habían dado mejores resultados, tomando en cuenta las observaciones mencionadas. Más adelante se presentará el prototipo final y la estrategia aplicada.



9.2 BRAIN CHILE

Durante el desarrollo del proyecto se postuló a Brain Chile (Business, Research, Acceleration and Innovation), programa de la PUC organizado por el Centro de Innovación UC Anacleto Angelini, la Dirección de Transferencia y Desarrollo y la Escuela de Ingeniería, para la aceleración de emprendimientos de base científico-tecnológica originados en las instituciones de educación superior chilenas.

Luego de postular, el proyecto fue seleccionado junto con otros 30, de 150 emprendimientos postulantes a lo largo del país. Por consiguiente, se participó de un bootcamp, el cual consistía en una serie de talleres intensivos durante una semana, los cuales estaban orientados a entrenar a los equipos para el desarrollo de sus prototipos y modelos de negocios.

Al finalizar esta etapa se tuvo que presentar: (1) un pitch (presentación concisa de una idea), utilizando los aprendizajes obtenidos en el bootcamp, (2) un plan de trabajo para el proceso de aceleración, y (3) el equipo definitivo del proyecto.

En esta etapa se modificó el equipo, ya que en un principio se había postulado individualmente al concurso. De esta forma, se integraron 3 personas especializadas en áreas vinculadas con el desarrollo del proyecto: Tomás Fuenzalida, estudiante de Agronomía de la PUC, Javier Merrill, Ingeniero civil en minas de la Universidad de Chile y Catalina Fuenzalida, Ingeniera Comercial de la PUC.

Participar en Brain fue una instancia muy provechosa, en la cual se aprendió sobre las etapas de desarrollo que involucra un emprendimiento (siendo la primera vez que se participaba en un proceso de aceleración), lo importante de los roles que tiene cada integrante del equipo, la importancia del modelo de negocios y cómo hacer una presentación atractiva, sintetizando el proyecto en pocos minutos.

Los mayores desafíos fueron ser partícipe de un concurso de índole científica, lo cual se alejaba de mi área de expertiz y por otro lado, la presentación final del proyecto, donde en sólo 3 minutos se debía presentar la propuesta frente a una comisión calificada, la cual luego de exponer realizaba cuantiosas preguntas al respecto.

Finalmente, no se pasó a la etapa final del concurso, pero se valoró haber sido partícipe de ésta instancia, la cual entregó nuevos aprendizajes y aspectos a considerar en el proyecto, recibiendo valiosa retroalimentación luego del proceso.



Taller de modelo de negocios de la semana bootcamp.
Recuperado de: <https://www.facebook.com/ProgramaBrainChile>



Presentación del pitch.
Recuperado de: <https://www.facebook.com/ProgramaBrainChile>

9.3 PROTOTIPO INDUSTRIAL: BALDOSAS CÓRDOVA

Se contactó a la empresa Baldosas Córdoba, quienes realizan baldosas hidráulicas que son confeccionadas artesanalmente, para saber si les interesaba hacer pruebas con el material desarrollado. Al ser su materia prima el cemento portland, quería testearse la posibilidad de utilizar Pilcán como una alternativa más sustentable y validar su uso a escala industrial.

La empresa se mostró interesada, por lo que luego de una reunión con Jaime López (Gerente General) y Esteban Murúa (Comunicaciones), ocasión en que se les explicó el proyecto desarrollado y sus objetivos, se comenzaron a realizar pruebas de material en sus instalaciones.

9.3.1 Proceso de fabricación

Previo a la visita a la fábrica, se estudiaron los componentes y el proceso de producción de las baldosas hidráulicas, para saber cómo se podía introducir y dosificar Pilcán en la fabricación de éstas. Cada baldosa está confeccionada mediante moldes de acero los cuales son cubiertos con 3 capas de material, las cuales se detallan a continuación.

Primera capa:

Es la capa donde se plasma el diseño utilizando una trepa (molde de acero), la cual está conformada por una mezcla de cemento portland blanco o gris, polvo de mármol y pigmento. El espesor de esta capa es de 5 mm aprox.

Segunda capa:

Tras sacar la trepa se espolvorea una mezcla seca de arena y cemento portland (relación 2:1), que hace de secante a la primera capa al absorber el exceso de agua de ésta. El espesor de esta capa es de 2 mm. aprox.

Tercera capa:

La tercera y última capa está compuesta de arena y cemento portland (relación 3:1), la cual se humedece previamente a ser espolvoreada e incluye áridos de mayor grano para facilitar la adherencia en su colocación. El espesor de esta capa es de 1 cm. aprox.

Luego de ello, el molde se sitúa bajo una prensa hidráulica que comprime el material. Finalmente se extrae la baldosa y se dejan fraguar bajo agua durante 24 o 48 horas; mecanismo que acelera el proceso de endurecimiento.



9.3.2 Desarrollo de prototipos

Una vez en la fábrica y luego de comprender los componentes utilizados en las baldosas, se coordinó con Mirna Suarez (Jefa de Producción) las pruebas de material que se llevarían a cabo. De esta forma, se realizaron diversos prototipos, variando las dosificaciones tradicionales utilizadas en las baldosas, al incorporar el material desarrollado en el proyecto.

En esta ocasión la mezcla utilizada correspondía a la n°14 del desarrollo experimental, la cual resistía 170 kgf/cm², representando la concha el 60% del material cementante.

Baldosa (1):

Se sustituyó el cemento portland utilizado en la capa número 3 por Pilcán, agregando la cantidad de arena que solían utilizar. Esta baldosa brindó resultados positivos, sin presentar mayores cambios respecto a las baldosas confeccionadas en la fábrica.

Baldosa (2):

Al igual que en la baldosa mencionada anteriormente, se incorporó Pilcán en la capa 3, y se utilizó también como sustituto de la capa número 2. En esta ocasión, se pudo percibir que variar la capa intermedia incidía en

el acabo final del diseño de la baldosa. Esto debido a ya que la capa mencionada funcionaba como material secante y al utilizar Pilcán, la reacción fue más lenta ya que no absorbía el agua rápidamente, lo que perjudicó levemente el diseño final de la capa superior.

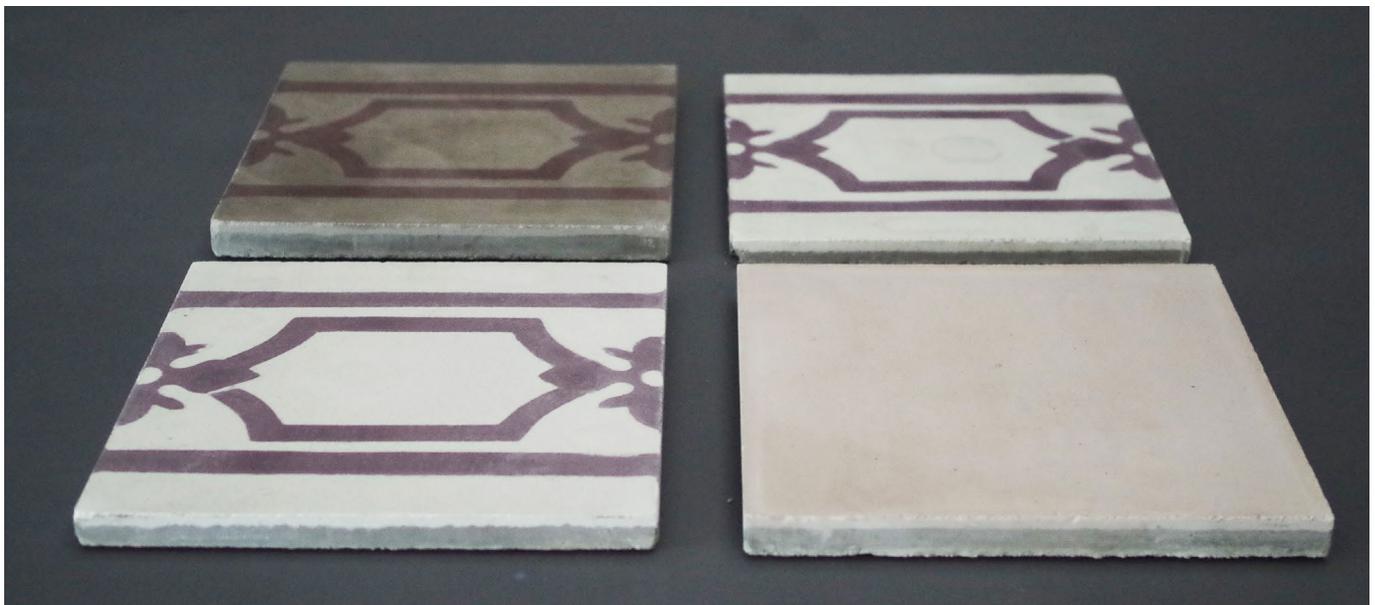
Baldosa (3):

Luego de observar que la capa número 3 otorgaba buenos resultados, se volvió a sustituir con Pilcán y se añadió en la capa número 1, alterando el colorido de la baldosa. Luego de analizar la baldosa realizada, la jefa de producción se vio interesada en el acabo final que se lograba con el material. Esto ya que la concha otorgaba un brillo especial y diferencial al ser aplicado en la capa superior. A raíz de ello, Mirna solicitó hacer una nueva baldosa en que se suplieran todos los pigmentos utilizando solamente Pilcán, para evaluar su acabado al natural.

Baldosa (4):

Finalmente, se llevaron a cabo 6 baldosas utilizando Pilcán como material sustituto de los pigmentos, ya que Mirna solicitó quedarse con 4 de éstas para evaluar el acabo final que brindaba el material y su posible uso a futuro.

Prototipos de baldosas realizadas con el material.



Fabricación de la baldosa nº3



Confeción de la capa 1.



Confeción de la capa 2.



Confeción de la capa 3.



Prensado de la baldosa.



Baldosa lista.

9.3.3 Conclusión

Probar el material en Baldosas Córdoba fue una experiencia muy enriquecedora, ya que gracias a los prototipos realizados, se pudo comprobar y validar el uso de éste a escala industrial. Si bien Mirna presentó especial interés en el acabado que brindaba la concha en los productos de la empresa, el gerente general no tenía como prioridad realizar una línea de productos más sostenibles, sino que le interesaba saber si el material servía para reducir costos, enfoque que estaba fuera de los objetivos del proyecto.

A raíz de ello y ya conforme con los resultados obtenidos, se decide discontinuar la realización de prototipos. Sin embargo, se dejaron las puertas abiertas a realizar nuevas pruebas y evaluar si tiene cabida realizar una colaboración a futuro.



Prototipado de lámpara
Imagen, material del autor.



10. PROYECTO

10.1 IDENTIDAD VISUAL

10.1.1 Naming

Para definir el naming del proyecto, se tomó como punto de partida su lugar de origen; la Isla Grande de Chiloé, perteneciente a la Región de los Lagos. Isla que destaca tanto por su amplia actividad marítima como por sus auténticas tradiciones culturales y mitológicas.

Este territorio se ha identificado por un gran legado lingüístico; los chilotos cuentan con un vocabulario único y extenso que a cualquier visitante le llama la atención. Cada zona de la isla, tanto grande o pequeña, tiene un nombre peculiar, tales como: Chonchi, Achao, Queilén, Quemchi.

Desde ahí, nace el interés por crear un naming que esté vinculado con la identidad isleña, no solo por características marítimas, sino también lingüísticas, siendo este **Pilcán**. Pilcán es una palabra que cobra sentido con el proyecto ya que -según la etimología chilota- se refiere a la temporada de extracción de mariscos, en la cual aparecen las mareas más bajas del año. El término proviene del período entre 1940 y 1950, cuando se desarrolló el calendario de las grandes mareas. Ahí sus habitantes organizaban la “temporada de los pilcanes”

en distintas playas de la isla, creandose un evento local que invitaba a los vecinos a proveerse de alimentos destinados para el consumo familiar y para el comercio en el mercado de Castro.

La faena del Pilcán abarcaba el proceso de recolección para el cual se necesitaban paldes, gualatos y palas para remover la arena y poder extraer los moluscos de las piedras. Luego, estos eran trasladados en canastos hacia la cocina para después se llevarlos a grandes tambores para hervir y cocinar. Seguidamente había que desconchar y finalmente se ahumaban ciertas partes (Galindo, 2002).

El concreto austral presentado en este proyecto, ha cursado un recorrido similar, pero ha buscado un nuevo destino para los residuos detrás de la faena local. El nuevo recorrido aprovecha hasta el último pedazo de la concha del molusco, logrando así que el trabajo de recolección de nuevos frutos.



10.1.2 Desarrollo de Isologotipo

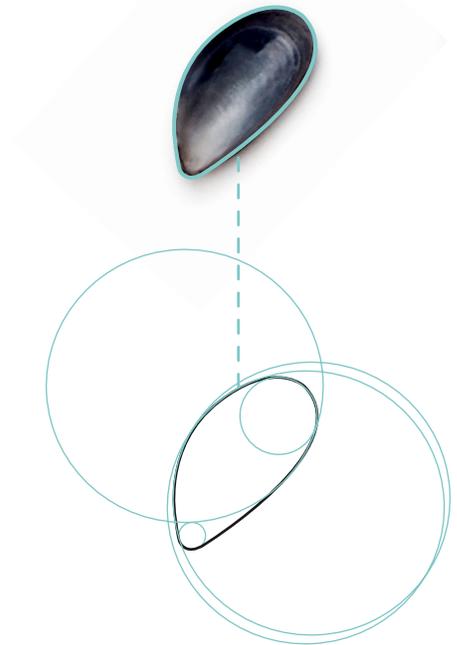
Para el desarrollo de la marca, se incorporó un isotipo, modificando la tipografía escogida. Éste surge a partir de la forma de la concha de choritos, material de des-carte que origina el proyecto.

Por otro lado, se incorpora una bajada que haga alusión al origen del producto, (el cual procede de la zona sur de Chile) y al material, (concreto).

Naming

Pilcán Isotipo
concreto austral Bajada

Construcción del Isotipo



10.1.3 Tipografías

La tipografía escogida para el logotipo Pilcán es Montserrat Bold, una tipografía con terminaciones rectas pero con detalles curvos que suavizan la lectura de éste, proporcionando cercanía. Se eligió la opción Bold para reforzar la propiedad de resistencia que posee el material. Respecto a la bajada, la tipografía utilizada es Branding SemiLight.

Montserrat Bold

**ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
123456789\$#!%&()*+/?@{}**

Branding SemiLight

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
123456789\$#!%&()*+/?@{}

10.1.4 Construcción del Isologo

Para la construcción del Isologo se tomó como referencia la altura del Isotipo (X), el cual se utiliza para definir el área de resguardo de éste.



10.1.5 Área de resguardo



10.1.6 Paleta cromática

Para la paleta cromática, el color principal propuesto es el Pantone Black C 90% para hacer alusión al color propio del material.

Como variante de éste, se propone utilizar el logotipo en color blanco, lo cual permite que sea utilizado en fondos de color e imágenes, otorgando una mayor versatilidad a la marca. En este caso, se debe considerar agregar una capa con opacidad al 30% (sobre la imagen) para la correcta visualización de la gráfica.



Pantone Black C

C 0%
M 0%
Y 0%
K 90%



Pantone White 000C

C 0%
M 0%
Y 0%
K 0%



10.2 DISEÑO DE PACKAGING

10.2.1 Concepto

Tal como se había mencionado con anterioridad, uno de los objetivos del proyecto era generar un producto asequible y cercano al consumidor, que diera cuenta del origen del producto y fomentara la autoproducción. A raíz de ello, se diseñó un packaging tomando como punto de partida al usuario a quien iba dirigido, diferenciándolo de los que se encuentran en el mercado hoy en día.

VARIABLES DE DISEÑO:

- (1) Que fuese de tamaño asequible
- (2) Que entregara información relevante del modo de uso y posibilidades de aplicación del producto
- (3) Que incluyera hiciera referencia al origen y carácter sustentable del material
- (4) Que utilizara materiales renovables y reciclables

10.2.2 Formato

(1) Tamaños:

Gracias a los prototipos realizados se pudo calcular cuánta mezcla se requería para las diversas aplicaciones que podría tener el material. A raíz de ello y teniendo en cuenta que la idea del producto era que fuese de fácil acceso, se determinaron dos tamaños de éste. De esta forma se definió que los paquetes contendrían 5 y 15 kg respectivamente, para que fuesen fáciles de manipular. El de 5 kg fue pensado para su uso en objetos de pequeño formato, ya sea luminaria, decoración, macetas, entre otros, mientras que el de 15 kg se proyecta para objetos de mayor tamaño y mobiliario.

(2) Sistema de apertura:

Se ideó un sistema de apertura que fuese fácil de realizar y que luego pudiera plegarse sobre sí, protegiendo el material. Para ello, el material no rellena completamente el envase, dejando aire en la parte superior.

(3) Materialidad:

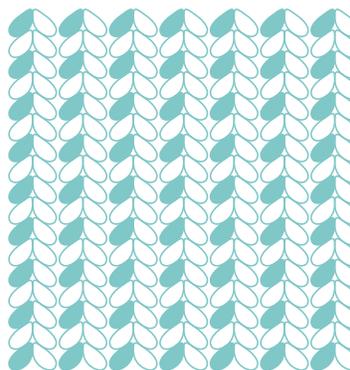
Respecto a la materialidad, se diseñó el packaging utilizando únicamente papel kraft blanco de 120 gr, impreso a dos colores.

10.2.3 Identificador gráfico

Respecto a la gráfica aplicada, se realizó un patrón a partir del Isotipo, para darle un sello diferencial al producto. Para su construcción se posicionaron las conchas tomando como referencia la forma de las cuerdas de cultivo del molusco, las cuales cuelgan verticalmente.

Para el patrón, se escogieron dos colores que hicieran alusión a lo austral y marítimo, para reforzar la identidad del producto. Éstos son aplicados de forma independiente en cada uno de los empaques. El packaging se imprime a dos colores, utilizando el Pantone Black del Isologo y los que se presentan a continuación.

CONSTRUCCIÓN DE PATRÓN:



Pantone P Cyan

C	27%
M	22%
Y	0%
K	90%

Pantone P 124-12 C

C	51%
M	5%
Y	23%
K	0%

10.2.4 Contenido

Respecto al contenido impreso en el empaque, se enfatizó en entregar un mensaje cercano y directo al consumidor, que llamara su atención.

Contenidos:

(1) ¿Qué es Pilcán?

Se presenta la siguiente reseña sobre el producto:

"Somos una empresa dedicada a la producción de un concreto sustentable a partir de conchas de choritos. En Pilcán reutilizamos los desechos generados por la industria acuícola, valorizándolos como material cementicio y generando un producto de reducido impacto ambiental en comparación al concreto tradicional. Eligiendo Pilcán podrás llevar a cabo tus ideas al mismo tiempo que beneficias al medio ambiente y a la comunidad local".

(2) ¿Cómo se usa?

Breve explicación del modo de empleo del material, indicando la cantidad de agua requerida para su uso.

(3) Taburete/Lámpara Pilcán: ¿Qué necesitas? ¿Cómo se hace?

Se entrega un ejemplo de aplicación del producto, describiendo los materiales y herramientas requeridas y los pasos para llevarlo a cabo. En el caso del paquete de 5 kg, se explica como realizar una lámpara colgante y en el de 15 kg, como realizar un taburete.

(4) Recomendaciones

Se entregan sugerencias respecto al almacenamiento y manipulación material y los elementos de seguridad requeridos para su uso (gafas, guantes y mascarilla).



PILCÁN 5 KG



Modo de uso y reseña del producto



Sugerencias de mantenimiento y seguridad

Ejemplo de aplicación (Lámpara)

PILCÁN 15 KG



Modo de uso



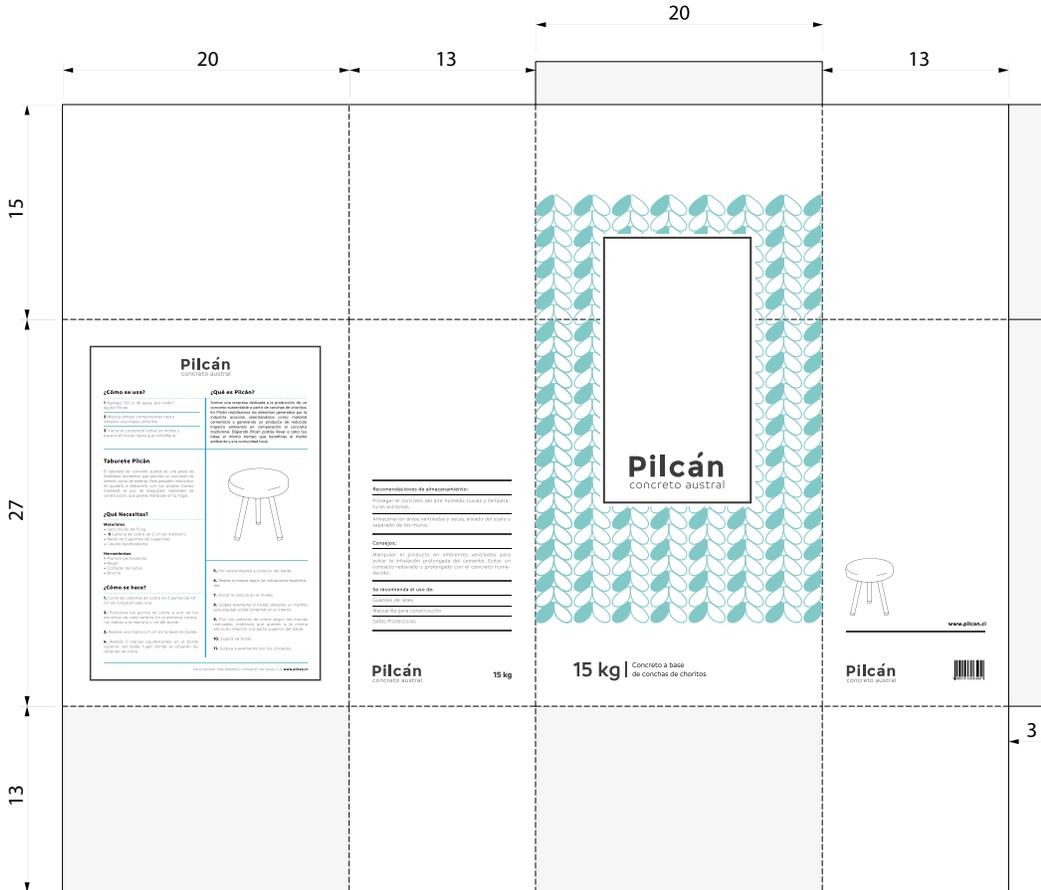
Reseña del producto

Ejemplo de aplicación (Taburete)

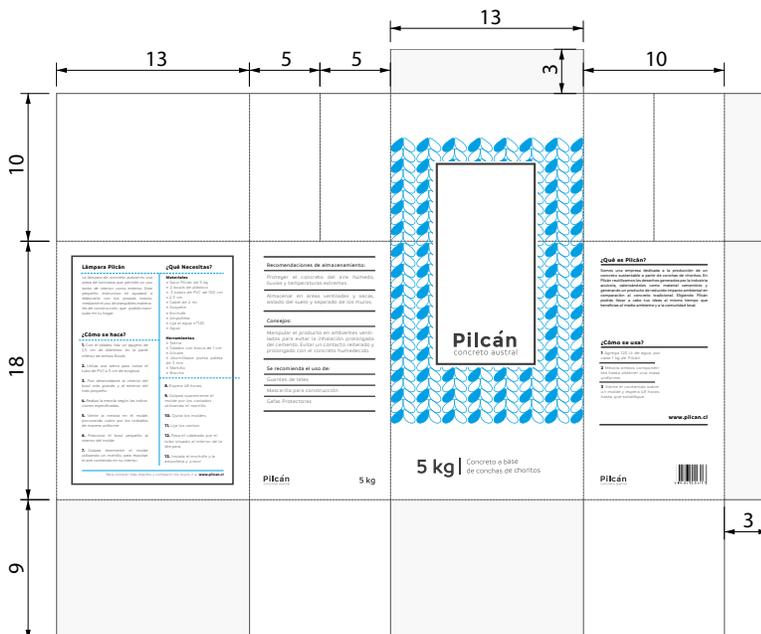
Sugerencias de mantenimiento y seguridad

10.2.5 Planimetrías

Planimetría paquete de 15 kg



Planimetría paquete de 5 kg



10.3 PLATAFORMA DIGITAL

Para generar mayor cercanía con el usuario y fomentar la autoproducción se plantea el desarrollo de una página web colaborativa, la cual invita al prosumidor a crear sus propios productos, a la vez que compartir sus creaciones.

Ésta cuenta con 5 secciones:

(1) ¿Quiénes somos?:

Información del equipo y origen del proyecto.

(2) ¿Qué hacemos?:

Información relativa a la procedencia del material, sus carácter sustentable y su ciclo productivo.

(3) Hazlo tú mismo:

En este apartado se presentan tutoriales del modo de uso del material, indicando, al igual que en el empaque, los materiales y herramientas requeridas y escenas que demuestran paso a paso como confeccionar un objeto.

(4) Comparte:

En esta sección el usuario puede hacerse partícipe de la plataforma, pudiendo subir videos de sus creaciones, fomentando de ésta forma la creación de una red colaborativa.

(5) Contacto:

Espacio para preguntas y encargos de material.

Pilcán

concreto austral

[¿Quiénes somos?](#)

[¿Qué hacemos?](#)

[Hazlo tú mismo](#)

[Comparte](#)

[Contacto](#)



A continuación se muestran en orden cronológico escenas del material audiovisual que se compartiría en la página. En el caso presentado, se explica paso a paso como realizar una lámpara colgante. Para ello, se llevó a cabo un rediseño de la lámpara nº2 descrita anteriormente.







10.4 MODELO DE NEGOCIOS

SOCIOS CLAVES:

- Proveedores de cal Austral, arena fina y cemento portland
- Tiendas especializadas en distribución de materiales (Ej. Homecenter)
- Empresas de transporte
- Instituciones que aporten capital para el desarrollo de emprendimientos (Ej. Sercotec)

ACTIVIDADES CLAVES:

- Producción del material
- Desarrollo de página web colaborativa
- Posicionar el producto en diversos puntos de venta del mercado

RECURSOS CLAVES:

- Cal Austral
- Maquinaria específica para la producción
- Arena fina
- Cemento Portland
- Tutoriales de la página web
- Espacio para fabricar, almacenar y empaquetar el producto
- Equipo: Personal capacitado en las diversas áreas de la producción (Diseñador, Ingeniero comercial, Ingeniero civil, Jefe de producción, Trabajadores en planta)

PROPUESTAS DE VALOR:

- Generar una alternativa sustentable al uso de concreto tradicional
- Fomentar la autoproducción de mobiliario y objetos por medio de un nuevo formato de comercialización del material

RELACIÓN CON EL CLIENTE:

- Packaging con instrucciones de elaboración y posibilidades de aplicación del producto
- Plataforma digital colaborativa con tutoriales y venta del producto

SEGMENTOS DE CLIENTE:

- Entre 20-40 años
- Hombres y mujeres

CANALES:

- Página web
- Tiendas especializadas en distribución de materiales

10.5 PROYECCIONES DE COSTOS

Para las proyecciones de venta del producto y sus costos asociados, se consideró que el punto de producción se iniciaría en Castro, Chiloé, y las ventas se expandirían en la Región de Los Lagos durante el primer año. De esta forma, se fomenta la producción local y descentralización del país, además de reducir el traslado de productos desde Santiago.

	Mes 0 (Inversión inicial)	Mes 1	Mes 3
Ingreso por Venta	100,00	\$ 375.000,00	144,00 \$ 540.000,00
Costos Variables		\$ (185.350,00)	\$ (254.104,00)
Materia prima		\$ (54.750,00)	\$ (78.840,00)
<i>Arena Fina</i>	300 kg	\$ (5.400,00)	\$ (7.776,00)
<i>Cal Austral</i>	490 kg	\$ (19.600,00)	\$ (28.224,00)
<i>Cemento portland</i>	210 kg	\$ (29.750,00)	\$ (42.840,00)
Packaging		\$ (10.600,00)	\$ (15.264,00)
<i>Puntos de venta</i>	20%	\$ (75.000,00)	\$ (108.000,00)
Transporte		\$ (120.000,00)	\$ (160.000,00)
Costos Fijos		\$ (1.014.871,00)	\$ (1.007.920,00)
Arriendo Bodega + oficina		\$ (300.000,00)	\$ (300.000,00)
Materiales	\$ (100.000,00)	\$ (100.000,00)	\$ (100.000,00)
Pago a personal		1,00 \$ (600.000,00)	1,00 \$ (600.000,00)
Página web	(13.200,00)	\$ (14.871,00)	\$ (7.920,00)
<i>Dominio</i>	\$ (13.200,00)		
<i>Pago mensual</i>		\$ (7.920,00)	\$ (7.920,00)
<i>Plantilla HTML</i>		\$ (6.951,00)	
Marketing		\$ (50.000,00)	\$ (50.000,00)
Máquina mezcladora	\$ (400.000,00)		
Utilidad Período	(526.400,00)	\$ (825.221,00)	\$ (722.024,00)

Calculo paquete:	
\$ 3.750,00	Precio
\$ (1.853,00)	Costos variables
\$ 1.897,00	Utilidad
51%	del precio es utilidad

Paquete 5 kg	Paquete 15 kg
2.500,00	\$ 5.000,00
(1.235,33)	\$ (2.470,67)
1.264,67	\$ 2.529,33
51%	51%

	Mes 0 (Inversión inicial)	Mes 1	Mes 3
Ingreso por Venta	100,00	\$ 375.000,00	144,00 \$ 540.000,00
Costos Variables		\$ (185.350,00)	\$ (254.104,00)
Materia prima		\$ (54.750,00)	\$ (78.840,00)
Arena Fina	300 kg	\$ (5.400,00)	\$ (7.776,00)
Cal Austral	490 kg	\$ (19.600,00)	\$ (28.224,00)
Cemento portland	210 kg	\$ (29.750,00)	\$ (42.840,00)
Packaging		\$ (10.600,00)	\$ (15.264,00)
Puntos de venta		20% \$ (75.000,00)	\$ (108.000,00)
Transporte		\$ (120.000,00)	\$ (160.000,00)
Costos Fijos		\$ (1.014.871,00)	\$ (1.007.920,00)
Arriendo Bodega + oficina		\$ (300.000,00)	\$ (300.000,00)
Materiales	\$ (100.000,00)	\$ (100.000,00)	\$ (100.000,00)
Pago a personal		1,00 \$ (600.000,00)	1,00 \$ (600.000,00)
Página web	(13.200,00)	\$ (14.871,00)	\$ (7.920,00)
Dominio	\$ (13.200,00)		
Pago mensual		\$ (7.920,00)	\$ (7.920,00)
Plantilla HTML		\$ (6.951,00)	
Marketing		\$ (50.000,00)	\$ (50.000,00)
Máquina mezcladora	\$ (400.000,00)		
Utilidad Período	(526.400,00)	\$ (825.221,00)	\$ (722.024,00)

Calculo paquete:	
\$ 3.750,00	Precio
\$ (1.853,00)	Costos variables
\$ 1.897,00	Utilidad
51%	del precio es utilidad

Paquete 5 kg	Paquete 15 kg
2.500,00	\$ 5.000,00
(1.235,33)	\$ (2.470,67)
1.264,67	\$ 2.529,33
51%	51%

Supuestos:

- Tasa de crecimiento en ventas: 20% mensual los primeros 6 meses y el segundo semestre un 15% mensual.
- Se consideró que el 50% de las ventas correspondía a los sacos de 5 kg y el porcentaje restante a sacos 15 kg.
- A partir del segundo semestre se consideró que se integrarían 2 personas más al equipo.

10.6 FONDOS CONCURSABLES

Participar en Brain Chile permitió comprobar el potencial del proyecto como emprendimiento. Con la intención de hacer ello posible, se realizó una búsqueda de ciertas instituciones y asociaciones que los fomentaran y financiaran económicamente. Cada una de las que se presentan a continuación tienen sus propios enfoques, requisitos y propósitos, pero hay algo en común que se definió a la hora de seleccionar: que estuvieran relacionadas con proyectos de innovación y emprendimientos, ojalá vinculados con recursos naturales y el fomento de un desarrollo y consumo sustentable.

FUNDACIÓN CHILE

Dentro de los fondos privados que se encuentran en Chile, está el llamado Emprende FCh de Fundación Chile, que busca apoyar emprendimientos tempranos. A los seleccionados, que son 25 al año, se les otorgan espacios de trabajo y apoyo en el proyecto de negocio. Además, al contar con inversionistas privados y compañías reconocidas, posibilita el acceso a redes de contacto. Se busca apoyar proyectos que involucren problemáticas importantes a nivel país, por lo que Pilcán se vuelve atingente a lo solicitado.

SERCOTEC

El Servicio de Cooperación Técnica, Sercotec, es una corporación privada creada tras una firma entre la CORFO, el Gobierno de Chile y el Instituto de Asuntos Interamericanos, y depende del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Se encargan de atender a pequeños empresarios y empresarias que buscan tanto desafiar concretar proyectos de negocio, como también el éxito en los mercados. Se busca mejorar las oportunidades y capacidades para dar inicio y aumentar considerablemente el valor de los negocios, intentando transformar y evolucionar las empresas y los territorios de nuestro país. Para ello, cuentan con una gran red de centros y programas de desarrollo empresarial que ayudan a reforzar capacidades técnicas y de acción junto con socios calificados.

Uno de los fondos concursables que ofrecen es el Capital Semilla Emprende que busca apoyar el accionar nuevos negocios que puedan ser parte del mercado. Aporta financiamiento para un plan de trabajo destinado a la implementación de un proyecto de negocio que incluye gestión empresarial e inversiones en bienes necesarios que se requieran para llevar a cabo el proyecto.

Los postulantes deben ser mayores de 18 años y no deben contar con algún inicio de actividad en primera categoría ante el SII, además de cumplir con un modelo de negocio que sea acorde al enfoque de la convocatoria de Sercotec.

JUMP

Se define como el mayor concurso nacional de grado universitario, organizado por la Pontificia Universidad Católica de Chile (UC), e incentiva a estudiantes emprendedores a postular sus ideas, tesis, investigaciones y proyectos para desarrollar, perfeccionar y validar sus modelos de negocios a partir de talleres que el programa ofrece. Va dirigido a todos los alumnos de pre o postgrado de universidades, centros de formación técnica e institutos profesionales de Chile y Latinoamérica.

KICKSTARTER

Pensando este proyecto no solo a nivel nacional, sino que expandible y transformable, se considera el sitio web de financiamiento colectivo llamado Kickstarter que acoge y posibilita el desarrollo de ideas creativas de personas individuales, a través de una recaudación de fondos masiva.

10.7 PROYECCIONES

10.7.1 *Huella de carbono*

Una de las principales características que permitirían diferenciar a Pilcán de otros concretos disponibles en el mercado es su reducido impacto ambiental; sin embargo, el presente proyecto aún no cuenta con mediciones que avalen esta reducción. Para corroborar esta idea, es necesario contar con una medición estandarizada que compare su huella ecológica respecto a otros materiales sustitutos. Por ello se propone que en el futuro sería necesario realizar una medición de la huella de carbono del producto según metodologías estándar, a fin de cuantificar debidamente el impacto sobre el ambiente que tiene Pilcán respecto al concreto tradicional. Esto permitiría diferenciar debidamente el producto en función de su reducida huella ecológica.

10.7.2 *Pruebas de material*

El desarrollo de nuevos materiales es una tarea altamente demandante de tiempo y recursos. En el presente proyecto se pudo realizar algunas pruebas preliminares para evaluar el comportamiento del material respecto a algunas mezclas patrón; sin embargo, aún quedan vacíos que deben ser abordados a futuro. En particular, se deben realizar pruebas adicionales para conocer el comportamiento de las mezclas en cuanto a su resistencia a la tracción. Esta es una prueba de estrés físico que no fue cuantificada en el presente trabajo, y que entrega valores clave para el modelamiento del material. De hecho, sin este parámetro resulta imposible estimar un valor de resistencia al peso para una estructura dada, por lo que su determinación es imprescindible para conocer los posibles usos que se le podría a Pilcán.

Otro aspecto no abordado en el presente estudio es la posibilidad de generar cal viva a partir de conchas de choritos. Dado que uno de los objetivos primarios de este proyecto fue contar con un material de reducido impacto ambiental, se prefirió eliminar el proceso de calcinación al que normalmente se somete la piedra caliza. Este proceso, sin embargo, provee al material con una mayor reactividad química, resultando en

propiedades físicas superiores. Dado que el material estudiado es generado en zonas geográficas donde no existe producción de cemento, el estudio de sus propiedades físicas luego de ser calcinado podría aportar información valiosa para el desarrollo de cementantes en la zona sur del país. Si bien el proceso de calcinación debiese aumentar de manera considerable la huella de carbono del material, se presume que ésta sería menor a la del cemento producido en la zona central, ya que disminuye de forma considerable los costos ambientales asociados al transporte. Finalmente, este punto reafirma la necesidad de cuantificar la huella de carbono de cualquiera sea el material desarrollado, a fin de diferenciar debidamente a Pilcán del concreto tradicional.

10.8 CONCLUSIÓN

La actual crisis ambiental que vivimos en el mundo es un desafío que nos concierne a todos; sin embargo, las mayores responsabilidades y acciones recaen sobre las naciones, las que actúan a una escala global. A pesar de los esfuerzos de éstas, los desafíos que demanda esta crisis requieren de acciones locales que apunten hacia escenarios futuros más favorables. Es en esas acciones locales donde realmente se presenta el desafío a las personas, y donde éstas pueden tener una incidencia directa.

Pilcán surgió como un proyecto orientado a trabajar en torno a la problemática la reutilización de residuos como medio para reducir el impacto ambiental de los materiales. Este proyecto constituyó un desafío importante, demandando un intenso trabajo de aprendizaje interdisciplinario e incursionando en ámbitos del conocimiento de gran impacto ambiental y económico, como lo es la industria del cemento. El desafío de desarrollar un material y finalmente un producto a partir de la identificación y caracterización de un residuo fue una ardua tarea a la que fue necesario dedicarse por completo durante el último año. El sinnúmero de ensayos realizados en el laboratorio, la interacción con los profesores, técnicos, estudiantes y funcionarios del área de la ingeniería resultaron ser una actividad sumamente enriquecedora tanto a nivel personal como profesional. Este proyecto exigió una importante adaptación al rigor científico y técnico asociado a la industria de los materiales, pero no sólo eso. La búsqueda de ayuda, las fallas, logros y el apoyo obtenidos en un área del conocimiento aparentemente cercana, pero abrumadoramente distanciada del diseño constituyeron una motivación importante para perseverar en este proyecto, y para cambiar mi visión respecto al trabajo interdisciplinario.

Probablemente Pilcán sea un proyecto que otorga más preguntas que respuestas. Si bien se logró el objetivo de pasar desde un residuo (conchas de choritos) a uno o más productos (mobiliario, lámparas, baldosas), el trabajo experimental desarrollado y el análisis de sus resultados plantean nuevas interrogantes que deben ser abordadas a futuro. Estas incluyen nuevas mediciones sobre las mezclas ya desarrolladas, y el desarrollo de nuevos materiales introduciendo variaciones en los procesos utilizados. También se plantea la necesidad de cuantificar debidamente el impacto ambiental del material. Por otro lado, si bien los formatos del producto y los prototipos desarrollados se diseñaron para un mercado de prosumidores en base a su simpleza y asequibilidad, aún queda pendiente realizar un testeo con el usuario final.

Quisiera recalcar el aporte del presente proyecto a mi desarrollo personal y profesional. Más que aprender nuevos conocimientos, el trabajo del último año me permitió desarrollar competencias y habilidades necesarias para enfrentar nuevos desafíos y ampliar mi visión respecto al mundo y nuestro impacto en él. Finalmente, el reto asumido en el desarrollo de este proyecto me incita a buscar nuevos límites y explorar otras áreas del conocimiento, a fin de continuar con el camino de enriquecimiento personal y social que deriva del trabajo interdisciplinario.



11. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Austin, J. E. (1984). Análisis de proyectos agroindustriales. Madrid, España: Editorial Tecnos.

Ávila, J. (2010). Contaminación atmosférica en las empresas cementeras en el marco de la responsabilidad social ante las comunidades adyacentes. *CICAG* 6(1), 48-69.

Axial load. (s.f.) McGraw-Hill Dictionary of Scientific & Technical Terms, 6E. (2003). Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en <http://encyclopediaz.thefreedictionary.com/axial+load>

Bravo, J. (2014). Almendras, con espacio para crecer. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.

Bravo, J. A. (2010). El Mercado de frutos secos. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.

Cadena de la almendra y su relación con la innovación (2007). Chile: Fundación para la Innovación Agraria.

Calvert, C. & Parker, K. (1985). Almond hulls produce unexpected results in hog trials. *California Agriculture* 39(3), 14-15.

Canciani, J. M. (s.f.). Estructuras II: Tecnología del hormigón. Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en <http://www.catedracanciani.com.ar/cancianiweb/E2/evaluacion%202013/Tecnologia.pdf>

Cementitious material. (n.d.) McGraw-Hill Dictionary of Scientific & Technical Terms, 6E. (2003). Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en <http://encyclopediaz.thefreedictionary.com/cementitious+material>

CONAMA (2005). Política de gestión integral de residuos sólidos. Santiago, Chile: Comisión Nacional del Medio Ambiente.

CONAMA (2010). Primer reporte sobre manejo de residuos sólidos en Chile. Santiago, Chile: Comisión Nacional del Medio Ambiente.

CONICYT (2007). Los sectores pesca y acuicultura en Chile: Capacidades de investigación y áreas de desarrollo científico-tecnológico. Santiago, Chile: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnología.

CPL (2012). Guía de Mejores Técnicas Disponibles sobre Aspectos Sanitarios y Ambientales en el Cultivo y Proceso de Mitílicos. Santiago, Chile: Consejo Nacional de Producción Limpia.

Dellacassa, E. (s.f.). Composición de uvas y vinos: Componentes químicos del vino tinto Tannat. Sección Enología y Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales, Facultad de Química, Universidad de la República.

Deras, H. (s.f.). Guía técnica: El cultivo del maíz. El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.

Díaz, E. (2010). Mitílicos en la región de Los Lagos: Condiciones de trabajo en la industria del chorito. Santiago, Chile: Departamento de Estudios de la Dirección del Trabajo.

FAO (2013). Agroindustrias para el desarrollo. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FIA (s.f.). Ficha de Valorización de Resultados 74: Producción de Almendros en el Secano de la Zona Central de Chile. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura.

FIA (2009). Resultados y Lecciones en Producción de Almendros en el Secano de la Zona Central de Chile. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura.

Galindo, H. (2002). Chiloé tierra de todos. Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en http://chiloel826.cl/?1826_nota=los-pilcanes

Garay, R. M., Rallo, M., Carmona, R., Araya, J. (2009). Characterization of anatomical, chemical and biodegradable properties of fibers from corn, wheat and rice residues. *Chilean Journal of Agricultural Research* 69(3), 406-415.

GCC (s.f.). Proceso de producción del concreto. Grupo de Cementos Chihuahua. Consultado en línea el 29/11/2015 en: http://www.gcc.com/opencms/opencms/es/responsabilidad_social/compromiso_ambiental/produccion_del_concreto.html

Godini, A. (1984). Hull, shell and kernel relationships in almond fresh fruits. *Options Mediterraneennes (France)* 2.

Google Trends (2016). Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en <https://www.google.com/trends/explore#-q=diy&geo=CL&cmpt=q&tz=Etc%2FGMT%2B3>

HDV (s.f.). [Descripción del procesamiento industrial de almendras]. Huertos del Valle. Consultado en línea el 29/11/2015 en: http://www.huertosdelvalle.cl/es/read_more.php?page=almonds

INAPI (s.f.). Agroindustria. Instituto Nacional de Propiedad Industrial. Consultado en línea el 29/11/2015 en: <http://www.inapiprojecta.cl/605/w3-propertyvalue-999.html>

INIA (2015). INIA evalúa alternativas a quema de rastrojo de maíz para reducir efecto contaminante en suelos y medioambiente. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Gobierno de Chile. Consultado en línea el 29/11/2015 en: <http://www.inia.cl/blog/2015/06/01/inia-evalua-alternativas-a-quema-de-rastrojo-de-maiz-para-reducir-efecto-contaminante-en-suelos-y-medioambiente/>

La Cantera (s.f.). Balaustres, maceteros y letreros de mobiliario urbano. Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en <http://www.disenoarquitectura.cl/balaustres-maceteros-y-letreros-mobiliario-urbano-la-cantera/>

Los resultados de un año dispar (2015). *Aqua* 184: 32-35. Consultado en línea el 29/11/2015 en: <http://www.aqua.cl/wp-content/uploads/sites/3/2015/05/AQUA-184.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente (2011). Informe del Estado del Medio Ambiente 2011. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente.

Mora, P., Silva, S., Romay, M., Iturralde, L., Villa, V., de Lucas, I. (2013). Guía de Métodos de medición y Factores de emisión del sector cementero en España. Consultado en línea el 29/11/2015 en: <http://www.prtr-es.es/Data/images/GuiaMetodosMedicionyFEdiciembre2013.pdf>

Nielsen (2014). Global consumers are willing to put their money where their heart is when it comes to goods and services from companies committed to social responsibility. Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en <http://www.nielsen.com/us/en/press-room/2014/global-consumers-are-willing-to-put-their-money-where-their-heart-is.html>

ODEPA (2015a). Maíz: producción, precios y comercio exterior; Avance a septiembre de 2015. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Gobierno de Chile.

ODEPA (2015b). Maíz: producción, precios y comercio exterior; Avance a diciembre de 2015. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Gobierno de Chile.

Pasturas de América (s.f.). Residuos del cultivo de maíz. Consultado en línea el 29/11/2015 en: <http://www.pasturasdeamerica.com/utilizacion-forrajes/residuos-agricolas/maiz/>

Paz-Ferreiro, J., Baez-Bernal, D., Castro, J., García, M. I. (2012). Effects of mussel shell addition on the chemical and biological properties of a Cambisol. *Chemosphere* 86, 1117-1121.

Pehlivan, E., Altun, T., Cetin, S., & Bhanger, M. I. (2009). Lead sorption by waste biomass of hazelnut and almond shell. *Journal of Hazardous Materials*, 167(1), 1203-1208.

Polanco, J. A. & Setién, J. (s.f.). Cementos, morteros y hormigones. Departamento de Ciencia e Ingeniería del Terreno y de los Materiales, Universidad de Cantabria.

ProChile (2015). Tendencias de Mercado: Consumo Socialmente Responsable (CSR) en los Estados Unidos. 38 pp. Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en http://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2016/01/Tendencias_EEUU_Consumo_Responsable_2015.pdf

Producción y consumo sostenibles y residuos agrarios (2012). Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Prozil, S. O., Evtuguin, D. V., & Lopes, L. P. C. (2012). Chemical composition of grape stalks of *Vitis vinifera* L. from red grape pomaces. *Industrial Crops and Products*, 35(1), 178-184.

SAG (s.f.). Lobesia botrana o polilla del racimo de la vid. Servicio Agrícola y Ganadero, Gobierno de Chile. Consultado en línea el 29/11/2015 en: <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/lobesia-botrana-o-polilla-del-racimo-de-la-vid>

SEA (2005). Informe Consolidado de la Evaluación de Impacto Ambiental de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto "Planta Procesadora de Ostras y Choritos". Servicio de Evaluación Ambiental, Gobierno de Chile. Consultado en línea el 29/11/2015 en: <http://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=86/5b/8553278592258a325301d6585e20dodafe51>

Shen, L., Gao, T., Zhao, J., Wang, L., Wang, L., Liu, L., ... & Xue, J. (2014). Factory-level measurements on CO₂ emission factors of cement production in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 337-349.

Solé, F. & Flotats, X. (2004). Guía de técnicas de gestión ambiental de residuos agrarios. Cataluña, España: Fundació Catalana de Cooperació.

Sousa, E. C., Uchôa-Thomaz, A. M. A., Carioca, J. O. B., Morais, S. M. D., Lima, A. D., Martins, C. G., Alexandrino, C. D., Ferreira, P. A. T., Rodrigues, A. L. M., Rodrigues, S. P., Silva, J. N. & Rodrigues, L. L. (2014). Chemical composition and bioactive compounds of grape pomace (*Vitis vinifera* L.), Benitaka variety, grown in the semiarid region of Northeast Brazil. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(1), 135-142.

Tirado, C. & Macias, J. C. (s.f.). Cultivo de mejillón: aspectos generales y experiencias en Andalucía. Andalucía, España: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.

UNFCCC. Adoption of the Paris Agreement. Report No. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>

Vivero Tiempo Nuevo (s.f.). Variedades de Almendros. Consultado en línea el 29/11/2015 en: <http://www.vivertiempounuevo.cl/index.php/almendros>

What are bioplastics? (2015). Berlin, Alemania: European Bioplastics

Williams, Z. (2016). 10 Characteristics of the DIY Consumer. Venveo. Consultado en línea el 14 de Julio de 2016 en <https://www.venveo.com/blog/10-characteristics-of-the-diy-consumer>

12. ANEXOS

Entrevista a Andrea Barros, Ingeniera Químico

Laboratorio de Biomateriales y Biopolímeros

Pontificia Universidad Católica de Chile

16/11/2015

10:30 am

¿Cómo se extraen los componentes del residuo de la cáscara de almendra y la concha de chorito?

Generalmente se hacen extracciones alcohólicas. El polvo del residuo se agrega en un recipiente cerrado con alcohol, etanol o metano. Posteriormente dicha extracción se concentra en líquido y se manda a analizar. En este laboratorio disponemos IR y RMN para realizar estos análisis.

¿Qué es IR y RMN?

Son ensayos de caracterización de compuestos químicos para saber los componentes de lo que extraemos.

¿Qué pasos me recomiendas seguir para realizar pruebas de material con los residuos de la cáscara de almendra y la concha del chorito?

En el caso de la cáscara de almendra, lo primero es secarlo y molerlo a un tamaño pertinente para realizar mezclas con un biopolímero de tu elección, ya sea biodegradable o de cualquier otra característica. Se puede empezar trabajando con los elementos disponibles en el laboratorio. En éste lugar se trabaja con diferentes polímeros biodegradables. El que se usa actualmente es Policaprolactona, su tiempo de degradación es un poco largo (un año, o año y medio). Pero hay otros que tienen procesos mucho más cortos (de 6 meses, o incluso 10 semanas). Pero en mi opinión, no es bueno usar un bioplástico con biodegradabilidad tan corta para el tipo de producto que planteas.

Se pueden hacer mezclas de la cáscara en polvo con éstos polímeros con el objetivo de obtener sus propiedades mecánicas, evaluando cuál es el resultado más o menos resistente según la cantidad de polímero que se le agregue a la mezcla. Posteriormente hay que evaluar el tamaño de la partícula, ya que si son más pequeñas habrá más áreas superficiales expuestas, eso ayudaría a las propiedades mecánicas si el objetivo es hacer empaque. En ambos casos lo mejor es limpiar los residuos y estandarizar un proceso de limpieza, secado y triturado. Estando secas serán más fáciles de moler.

¿El polímero biodegradable que usan es lo mismo que un bioplástico? ¿Cuál es la diferencia entre ambos?

La Policaprolactona que usamos, al secarse, se convierte en plástico. De hecho nosotros lo utilizamos para hacer fibra. Pero no llega a ser como el PET que tiene otras cualidades... aunque igual va a formar un plástico, por lo cual hay que ver si las propiedades obtenidas son las deseadas para el producto a realizar, ya que en función de eso se escogerá un polímero u otro. Menciono la Policaprolactona ya que es el que estamos utilizando en este momento, y como tiene un tiempo de degradación más largo se pueden hacer ensayos más prolongados.

¿Qué tipo de pruebas se pueden hacer en éste laboratorio?

Se pueden hacer mezclas y análisis químicos, pero el equipo de propiedades mecánicas no pertenece a éste laboratorio.

Lo primero que tienes que hacer es traer el material listo (seco y triturado), para empezar con las mezclas. Para realizar pruebas y comparaciones hay que ver la proporción a mezclar, empezando con poco, o evaluar unos tres parámetros, ya sea de un porcentaje de 25 a 75 (75 de polímero, y 25 de cáscara de almendra), 50 y 50, y al revés, haciendo un intervalo grande para evaluar con cual funciona mejor.

Debido a que aquí se trabaja con cosas puntuales, se compran los componentes y los sintetizamos aquí, tienes que investigar cuál te sirve y sobre cuál hay estudios y análisis realizados, buscarlos y comprarlos.

Aparte de resina o biopolímeros, ¿me recomiendas algún otro tipo de aglutinante?

Los aglutinantes son una buena opción, pero yo me inclino por la resina, igualmente hay que probarlo. En caso de que no funcionara, se puede hacer una extracción de los componentes aditivos necesarios. En éste caso la primera opción para mí sería la resina.

¿Cual es el beneficio de secar la cáscara de almendra?

Hay que secarla porque así es mas fácil de triturar, para los primeros ensayos se puede secar al sol, y si no funcionara, establecer un procedimiento más factible, como calentarla en estufas bajo un ambiente controlado. Pero para empezar, lo más ornamental está bien, y si funciona, optimizar dicho proceso.

¿Cuánto tiempo hay que dejarlo en el caso del sol?

Un par de días creo que estaría bien para empezar probando, y si no funciona ponerlo con la estufa para ver si se seca bien. Una vez deshidratado molerlo al polvo. Aquí no disponemos de molinos ni ese tipo de maquinaria, pero en mecánica lo más seguro es que si.

¿Con qué sería bueno mezclar el residuo de las conchas de Chorito para generar algún material parecido al que se utiliza en la construcción, como es el caso del hormigón?

Hay que probar como se comporta en polvo, y de ahí ver si es un aditivo lo que necesitas. Es muy importante en cualquier ensayo que hagas respecto a esto medir las propiedades físicas, viendo si es más o menos denso. En el caso de Chile es súper importante que sea menos denso, ya que a la hora de un temblor o movimiento sísmico se puedan evitar daños colaterales. Lo mejor sería hacer pruebas con un tipo de hormigón o cemento que ya este estandarizado y ver como reacciona la adición con la concha de chorito , comparando las propiedades físicas del ya existente con el tuyo.

Es bastante interesante tu planteamiento, sobre todo el hecho de que estamos apuntando a reutilizar una gran cantidad de desechos de empresas industriales a las que se le puede buscar un valor agregado.

Entrevista a Franco Zunino, Ingeniero Civil

Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción
Pontificia Universidad Católica de Chile

23/11/2015

12:30 am

(Luego de mostrarle las muestras) ¿Crees que se pueda generar un material de construcción a partir de las conchas de choritos?

Esto puede funcionar si se mezcla con materiales que sepas que van a producir algún tipo de reacción química, donde el carbonato contenido en la concha se pueda aprovechar. Utilizar las conchas trituradas, equivale a mezclar Carbonato de Calcio puro con agua, lo que genera un mortero de Cal, que es lo que ocupaban los españoles en construcción antes de que llegara el cemento a Latinoamérica. Es menos resistente pero de todas maneras fragua, ósea, esto sirve para pegar ladrillos o cosas por el estilo pero yo diría que se puede ocupar el polvo de conchas de moluscos para producir un material de construcción ya que es Carbonato de Calcio.

¿Habías visto casos en que se utilizaran conchas de choritos para hacer este tipo de materiales?

Había visto el tema de usar Conchas para hacer para hacer Carbonato de Calcio alimentario, nosotros hicimos unas pruebas piloto con moluscos, para ser utilizados en materiales de construcción en conjunto con la universidad de Valparaíso. Utilizamos choritos y otros moluscos también, ahí lo que nos dimos cuenta, es que dependiendo del tipo de molusco que uses la concha tiene más o menos concentración de Carbonato de Calcio.

El contenido de la concha es Carbonato de Calcio puro, es mejor que cualquier piedra caliza que puedas encontrar en cualquier parte y en ese sentido es muy positivo. Ahora el problema es que no existen las cantidades necesarias para poder ocupar este material para hacer cemento a nivel industrial. Aunque entiendo que la aplicación que tu quieres aportar no es tanto de ese nivel sino a una escala un tanto más pequeña.

El único problema que tienes que resolver es si haces el mortero de sólo Cal y agua, ya que tendrás éste problema: La ganancia de resultancia será muy lenta, por lo cual esto va a estar duro pero en 2 meses más (hablando de la muestra de Chorito) y me imagino que no dispo-

Se demora en endurecer ya que es una reacción más lenta, y también va a tener una resistencia más baja, pero si tu le colocas a ésta mezcla un 10% - 20% de cemento del convencional de saco terminas con algo como esto (hablando de la muestra de Chorito con cemento) y por lo tanto resuelves el problema.

He pensado en agregarle fibra a la mezcla de choritos para ver si le otorga mayor resistencia al material, utilizando la fibra contenida en la cáscara de almendra que es el otro residuo con el que estoy trabajando, ¿qué opinas al respecto?

Le va a dar un poco de resistencia a la tracción, pero en los aglomerados la tracción esta provista por los fierros que le colocas al elemento, por lo que no es tan necesario en este caso. Podrías probar, pero creo que no ganas mucho.

El único "pero" en cuanto a la composición de la Concha es el 1 a 5% que corresponden a proteínas, y que la proteína como buen compuesto orgánico se degrada y descompone con el tiempo, y eso no es bueno, no es bueno tener material biodegradable con el hormigón porque si quieres asegurar durabilidad en el tiempo no puede haber algo que se va degradar, ya que todo ese compuesto que se degrade va a dejar un vacío que puede afectar e incluso dañar la estructura. Entonces lo que yo haría, es que este material una vez molido lo sometería a un tratamiento térmico de 300 grados aproximadamente, de manera que esto te asegure que toda la materia orgánica se calcinó, y con esto te quedas con un residuo que es puramente inorgánico pudiéndolo usar con toda tranquilidad en un cemento.

Yo creo que el material que generes puede tener aplicaciones para diversos ámbitos, como lo dices y propones tu. Y de hecho podrías ampliarlo y utilizar otras conchas de moluscos. Yo diría que eminentemente esto funciona muy bien por la pureza que tiene, porque el molusco hace un muy buen trabajo en sintetizar su caparazón, haciéndolo muy puro y muy limpio.

¿Crees que me afecte tanto ese 1 a 5% de proteínas presentes en la solución?

Habría que estudiarlo, con algún estudio de durabilidad a largo plazo. Con esto me refiero a que habría que hacer probetas y monitorear la microestructura de esas probetas, pero estoy hablando de hacer una observación de 6 meses a 1 año por lo tanto esto no se aplica a éste caso. Yo creo que se puede usar directamente así, pero hay que tener en cuenta ese porcentaje de materia orgánica, aunque un 5% tampoco es un porcentaje demasiado relevante, es decir se puede trabajar con ello sin un riesgo demasiado elevado. Ésto es mayoritariamente un material inorgánico y no degradable, por lo tanto no debiera ser demasiado problemático, pero aun así hay que tenerlo en cuenta dentro de todas sus variables.

Dentro de las mezclas utilizadas, el yeso y el cemento son los que mejor me han funcionado, ¿qué opinas al respecto?

Claro ahí utilizaste aglomerantes que son hidráulicos, entonces te están dando esa resistencia tan alta, pero sin duda tienes que seguir estudiándolo. Yo creo que la metodología que estas aplicando es la correcta, es como hay que hacerlo. Hay que hacer las sustituciones por volumen: tantos ml por tantos ml y a partir de eso hacer las comparaciones correspondientes. Ahora, medir volúmenes de manera exacta es difícil, por lo que yo trataría de medir la densidad de tus materiales y si bien el remplazo lo vas a hacer por volumen, deberías realizar todas las mediciones en masa, es decir con una balanza, ya que medir masa es mas fácil que medir volumen, para que tengas mayor precisión. En este caso la densidad del Carbonato de Calcio puro y la del cemento no son muy distintas, uno tiene densidad 2,75(Carbonato de Calcio) y el otro 2,9(Cemento), son parecidas pero no iguales. Entonces, cuando tu remplazas en masa creyendo que es la misma cantidad de volumen, te vas a dar cuenta que uno será un poco mayor que el otro, ya que estás poniendo algo más liviano por los mismos gramos.

Yo creo que si agregas más yeso o cemento va a ser proporcionalmente más resistente. Yo creo que aquí la pregunta interesante es cuánto residuo de chorito puedes poner para que esto tenga una densidad y resistencia que te permita hacer algo útil con ello. Porque mientras mas cemento tu pongas, la resistencia va a aumentar, eso siempre va a ser así y eso no necesitas investigarlo, pero el tema es saber cuánto es el mínimo de cemento o yeso es el que necesitas desde el punto de una perspectiva sustentable, para que aquello que vayas a hacer tenga una densidad y una resistencia aceptable dentro de un período de tiempo que sea prudente, para que te permita hacer algo útil con ello.

En cuanto al proyecto que te comenté con anterioridad (refiriéndose a las pruebas piloto realizadas con moluscos), no lo seguimos explorando al darnos cuenta que el residuo ya lo estaban utilizando para realizar carbonato de calcio de calidad alimentaria en el litoral central, entonces ya estaba ocupado, otra industria ya lo había tomado. Pero en tu caso que es un residuo que se suele destinar a vertederos, si tienes la oportunidad de valorizarlo. Por lo que a mi me parece muy bien.

Aunque no tengo ninguna evidencia científica respecto a lo que te voy a decir, a mi me da la impresión que al botar las conchas de chorito al suelo o a vertederos hace que sea contaminante. El Carbonato de Calcio es soluble pero muy poco, la cantidad de ml de agua que hay que poner para disolverlo es muy grande.

En resumen hay que elaborar un material en una cantidad mas grande que el aditivo o aglomerante que vas a utilizar para tu proyecto, hay que caracterizarlo bien, ver cuanta materia orgánica tiene y diseñar un programa experimental que te permita concluir algo interesante donde tu puedas decir "con este residuo, molido de esta forma, y calcinado a tal temperatura (si es que lo vas a calcinar o no) podemos fabricar un material que adquiere una resistencia de tantos mega pascales en tantos días, y que se puede utilizar para hacer una silla, una mesa o el producto que quieras desarrollar.

Estos materiales van ganando resistencia con el tiempo, es decir, esto va a tener una mayor resistencia mañana que hoy. Entonces, esa es otra pregunta que te tienes que contestar; a cuánto tiempo tu necesitas tu resistencia de material. Normalmente en construcción se ocupan 28 días y conforme va pasando el tiempo la estructura se va haciendo mas resistente. El cemento por ejemplo, fragua entre 3 y 5 horas, y de ahí en adelante la estructura se va endureciendo ganando resistencia, pero tu puedes acelerar o ralentizar ese proceso.

¿Qué crees que funcione mejor en estas mezclas, el uso de yeso o de cemento?

Yo creo que ambos son compatibles ya que sus componentes son muy parecidos, pero de todas maneras el cemento va a resistir a más que el yeso. Porque el yeso es un material que desarrolla menor resistencia que el cemento, tiene una matriz que es menos resistente. Entonces si persigues resistencias altas, el cemento es el material que deberías seleccionar.

Entrevista a Ricardo Serpell, Ingeniero Civil

Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción
Pontificia Universidad Católica de Chile

19/05/2016

11:30 am

(Luego de mostrarle las muestras) ¿Crees que se pueda generar un material de construcción a partir de las conchas de chorritos?

Naturalmente la caliza se forma por la acumulación de fósiles de conchas, que finalmente terminan como cal a través de un proceso de compactación de millones de años. Hace miles de años, para construir ¿espesto?, lo que se ha hecho ha sido calentarlo a más de 700°C. Con esto se libera CO₂ y la cal se transforma en cal viva. La cal viva reacciona rápidamente con el agua y el CO₂ del ambiente, por lo que lo que se hacía era combinarlo con mucha agua, dejándolo remojando por mucho tiempo. Esto es lo que en inglés se conoce como "lime pudding", desde la época de los romanos que se utiliza esto para pegar ladrillos. Con el tiempo, el CO₂ entra al mortero y se combina con el hidróxido de calcio, perdiéndose agua hacia la atmósfera y formando un carbonato, lo que finalmente permite que el material se endurezca. Por esto, cuando la cal se encuentra como hidróxido, se puede confiar en que —con el tiempo y en una estructura porosa— la cal irá capturando el CO₂ y se endurecerá. Pero si solamente se toma el carbonato (CaCO₃) y se combina con agua, el endurecimiento que se logra no es producto de una reacción química. Es más parecido a, por ejemplo, el endurecimiento de la arcilla.

Entiendo. Lo que yo quería era evitar el proceso de quema para evitar las emisiones de CO₂ y todo el costo energético asociado a la quema.

Claro. Si se mezcla el carbonato con agua, lo que se logra es un material poco resistente, sin un cambio químico. Pero al agregarle cemento portland, este sí podría reaccionar con el carbonato.

Este tiene 60% cal y 40% portland (mostrando una prueba de material). Preguntas: (1) si utilizara la concha triturada, qué tanto reacciona con el cemento? Se comporta como agregado o como material cementante?

La forma de averiguarlo es realizando una mezcla con un material que no reaccione. Esta comparación se pue-

de hacer, por ejemplo, con cuarzo. Al mezclar cuarzo con portland (60/40) se obtiene una resistencia que se compara con la mezcla con conchas, en las mismas proporciones.

Yo lo estaba haciendo con arena...

Claro. El problema es que para comparar la reactividad del material, debes trabajar con materiales con la misma granulometría. Si tuvieses conchuela molida del mismo tamaño de la arena, podrías compararlas. También podrías usar algo como esto (muestra el cuarzo molido).

Hay que tener mucho cuidado con cuántas variables quieres trabajar, ya que cada una significa un montón de pega (habla sobre qué es el cuarzo y dónde conseguirlo para hacer un ensayo de reactividad). Lo que podrías hacer sería preparar distintas mezclas (de 10% a 90% de conchas) y evaluar la resistencia. Si la resistencia bajó drásticamente luego del 50% de concha, entonces podrías trabajar con ese valor y comparar su reactividad con la del cuarzo.

Claro, como en el óptimo.

Si, aunque aquí no hay óptimo (el óptimo es cero!). Lo que es interesante es que tienes 2 materiales derivados de las conchas: concha molida (como agregado) y concha polvo (como cementicio suplementario). El primero es un poco caro para ser sustituto a la arena, pero igualmente resulta interesante. Puedes comparar CaCO₃ con SiO₂ como polvo, pero también como agregado (arena también es SiO₂).

Después voy a llevar esto a prototipos funcionales: bancos, mobiliario, lámparas, etc. La mayor parte del mobiliario urbano es de concreto, ¿cierto? ¿Por qué?

Es más barato. En el fondo el cemento lo usamos porque es el pegamento para unir las piedras, porque las piedras son baratas. El tipo de piedra depende del lugar. El cemento es un muy buen pegamento para unir piedras.

En la edad media utilizaban piedras talladas, que eran muy caras. Utilizar piedras chicas con cemento es mucho más barato, porque esas piedras no valen nada. Entonces, en cualquier aplicación, por cuestión de sustentabilidad, se debe utilizar el material más barato. Algo que a los ambientalistas les cuesta entender, es que el material más barato lo es porque es el que menos energía requiere en su producción (y el menos sustentable).

Si, yo había pensado que como las conchas se producen en la X región, la producción debería ser allí.

Por supuesto. Los residuos hay que utilizarlos donde se generan. Con esto se podría construir, por ejemplo, en Chiloé. Con el molido de bolas más grueso se podría utilizar como sustituto de arena.

Quizá no es un material para construir una casa, pero sí para hacer productos de mobiliario urbano: lámparas, etc., y que queden en la región. Por ejemplo, cuando hay marea roja los pescadores podrían utilizar las conchas para otro fin (no comestible).

Tengo una duda. Los niveles de resistencia entre portland y puzolánico son muy distintos. ¿Es porque la ganancia de resistencia del puzolánico es más lenta, o está ocurriendo una reacción que lo perjudica?

La ganancia de resistencia del puzolánico es más lenta, pero finalmente también adquiere una resistencia menor. Por ejemplo, si quisieras ver qué pasa con la resistencia en el tiempo al agregar las conchas, podrías agregar concha al puzolánico y agregar concha al portland, y comparar su resistencia al día 7 entre esas mezclas y los cementos puros.

Ya, así lo había estado haciendo.

Es bien ambicioso lo que quieres hacer en términos de cantidad de ensayos y pruebas que necesitas. A estas alturas debes tener un montón de resultados y debe ser difícil interpretarlos. Te recomiendo pensar muy bien qué es lo que quieres comparar y qué seguir. Tienes

que tener un plan. Yo me concentraría en dos tipos de residuos, las conchas que quieres moler, y el polvo. Desde el punto de vista sustentable, me parece más interesante la aplicación de las conchas como agregado. Yo lo usaría como un material integral. Lo pongo en un mortero: cemento, agua y arena. Reemplazo una parte de las arenas y veo qué pasa al cambiarla por concha, por ejemplo. Si no perdiera más resistencia que la arena, podría utilizarse.

Sobre las armaduras de hierro. ¿El mobiliario siempre tiene que tener?

Depende. El acero es para aumentar la resistencia a la tracción. Cualquier objeto, a menos que sea una bola, sufre tracción al aplicarle un peso. Si haces una banca con un arco, se va a someter a tracción y necesitarías ponerle un hierro.

¿Debería hacer un ensayo XRF para medir cloruros?

Yo creo que no tiene sentido.

Mauricio (profesor del mismo departamento) me dijo que si tenía muchos cloruros podría corroer los fierros.

Sí pero las conchas se lavan. Al lavarlas se van los cloruros. Puede que queden como otros cloruros, pero no como cloruro de sodio (sal). Trata de limitarte en lo que quieres hacer, esta no es tu tesis de magíster...

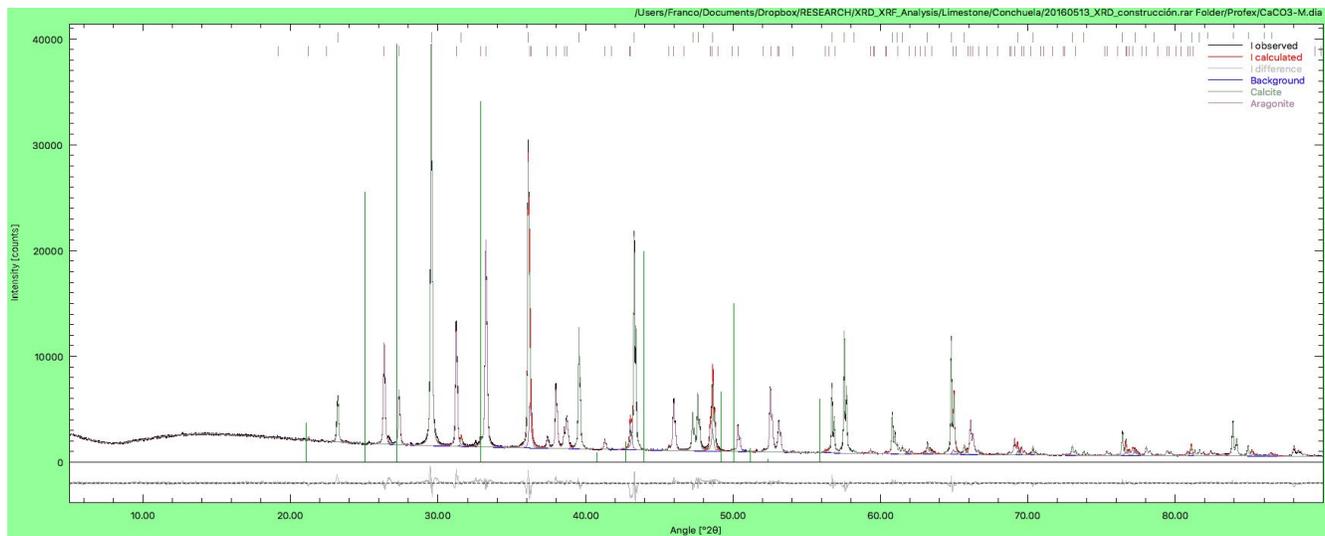
¿Cómo se cuál resistencia tiene que tener mi material para utilizarlo como mobiliario?

Eso se llama diseño estructural. Depende de la forma, hay que estudiar las fuerzas a las que se sometería el mobiliario. Si tienes una carga sobre un material, tienes que determinar los esfuerzos de compresión y tracción para el material. De esta forma puedes anticipar qué necesitas. Eso se llama análisis estructural.

Resultado del análisis XRD

Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción
Pontificia Universidad Católica de Chile

16/05/2016



Pilcán

concreto austral

