



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Universidad del Bío-Bío
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Profesor Patrocinante : Eric Forcael Durán

Profesores Comisión : Ángela Salinas

Sergio Quijada

**“UTILIZACIÓN DE FIBRA SINTÉTICA PROVENIENTES DE DESECHOS DE LA
CONSTRUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES UTILIZADOS EN
LA FABRICACIÓN DE CIERROS PERIMETRALES”.**

“Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil”.

ANDRÉS ARTURO RÍOS ALARCÓN

Concepción, diciembre de 2018

Contenido

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
DEFINICIONES:	5
ABREVIACIONES:.....	6
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Resumen del proyecto	7
1.2. Objetivos	9
<i>1.2.1. Objetivo General.....</i>	9
<i>1.2.2. Objetivos Específicos</i>	9
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Planteamiento del tema	10
2.2. Características del PVC:	18
a) Residuos plásticos.	18
2.3. Cierres perimetrales de hormigón prefabricado:	18
CAPITULO 3: PLAN DE ENSAYOS.....	20
3.1. Metodología de trabajo.....	20
3.2. Alcances y límites de la investigación.....	21
CAPITULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS	22
4.1. Características mecánicas y físicas de los ensayos aplicados.....	22
4.1.1. <i>Resistencia flexo tracción.....</i>	22
4.1.2. <i>Resistencias a compresión.....</i>	23
4.1.4. <i>Densidad aparente.....</i>	25
4.2. Resumen de los resultados	25
4.3. Conclusiones del experimento	26
CAPITULO 5: PROPUESTAS	28
5.1. Cierres perimetrales ecológicos de hormigón con agregados de plástico reciclado.....	28
CAPITULO 6: CONCLUSIONES FINALES	29
CAPITULO 7: BIBLIOGRAFÍA.....	31
CAPITULO 8: ANEXOS.....	32

UTILIZACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS PROVENIENTES DE DESECHOS DE LA CONSTRUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE CIERROS PERIMETRALES.

Andrés Ríos Alarcón

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

andrios@alumnos.ubiobio.cl

Eric Forcael Durán

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

eforcael@ubiobio.cl

RESUMEN

La investigación tuvo un enfoque experimental con un trasfondo ambiental, que se basó en la reutilización de residuos sólidos plásticos desechados de los procesos de la construcción, específicamente los residuos de polímero del cloruro de vinilo (PVC) que actualmente no es parte de ningún plan de manejo de residuos de construcciones y demoliciones a nivel país. Los residuos plásticos se agregaron a la mezcla de hormigón, dando inicio a la fabricación y utilización de un nuevo material, que tiene características especiales por sobre el hormigón convencional. Para obtener los resultados esperados se realizaron probetas con diferentes dosificaciones del agregado plástico, que fueron sometidas a ensayos de laboratorio para analizar las características del material, con el objetivo final de encontrar la dosificación que mantenga el equilibrio entre agregado plástico, densidad y resistencia. Una vez encontrada la dosificación que cumple con los requisitos estructurales, se realiza una propuesta como un nuevo hormigón que sea utilizado en cierres perimetrales de viviendas, que entregan un valor agregado a la fabricación de cierres perimetrales ecológicos que aporten con una reducción en el impacto ambiental, disminuyendo la extracción de áridos, reutilización de residuos plásticos y fomentando el adecuado manejo de los residuos de la construcción.

Palabras Claves: Residuos de la construcción, Policloruro de Vinilo, Cierres perimetrales ecológicos.

8548 Palabras Texto + 6 Figuras/Tablas*250 + 1 Figuras/Tablas*500 = 10548 Palabras Totales.

**UTILIZACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS PROVENIENTES DE DESECHOS DE LA
CONSTRUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES UTILIZADOS EN
LA FABRICACIÓN DE CIERROS PERIMETRALES.**

Andrés Ríos Alarcón

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

andrios@alumnos.ubiobio.cl

Eric Forcael Durán

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

eforcael@ubiobio.cl

ABSTRACT

The research had an experimental approach with an environmental background, which was based on the reuse of plastic solid waste discarded from the construction processes, specifically polymer residues of vinyl chloride (PVC) that is not currently part of any plan of waste management of buildings and demolitions at the country level. The plastic waste was added to the concrete mix, giving rise to the manufacture and use of a new material, which has special characteristics over conventional concrete. To obtain the expected results, specimens were made with different dosages of the plastic aggregate, which were subjected to laboratory tests to analyze the characteristics of the material, with the final objective of finding the dosage that maintains the balance between plastic aggregate, density and strength. Once the dosage that meets the structural requirements is found, a proposal is made as a new concrete that is used in perimeter closures of homes, which provide an added value to the manufacture of ecological perimeter closures that contribute with a reduction in environmental impact, reducing the extraction of aggregates, reuse of plastic waste and promoting the proper management of construction waste.

DEFINICIONES:

- **ELIMINACIÓN:** cualquier acción asociada al tratamiento final cuyo objetivo es tratar o disponer un residuo sin aprovechar sus materiales y/o valor energético.
- **RESIDUO:** sustancia u objeto que: (i) se elimina o valoriza, (ii) está destinado a ser eliminado o valorizado, o (iii) debe, por las disposiciones de la legislación nacional, ser eliminado o valorizado.
- **RESIDUO INERTE:** residuo o mezcla de residuos que no genera, ni puede generar ninguna reacción física, química o biológica.
- **RESIDUO PELIGROSO:** residuo o mezcla de residuos que presenta un riesgo para la salud humana y/o al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar alguna característica de peligrosidad.
- **RESIDUO NO PELIGROSO:** residuo o mezcla de residuos que no presentan ninguna característica de peligrosidad y genera o puede generar alguna reacción física, química y/o biológica.
- **RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS:** residuos generados en los hogares.
- **RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES:** residuos generados en los hogares y sus asimilables, como los residuos generados en vías públicas, el comercio, oficinas, edificios e instituciones tales como escuelas entre otros. Estos residuos son considerados residuos no peligrosos.
- **VALORIZACIÓN:** conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar un producto, uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos.

ABREVIACIONES:

PVC: Policloruro de vinilo.

PGRS: Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

CONAMA: Corporación Nacional de Medio Ambiente

PIB: Producto Interno Bruto

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Resumen del proyecto

En el mundo la demanda de hormigón aumenta cada día, convirtiéndose el hormigón en el material más demandado en los procesos constructivos, debido a que posee propiedades de altas resistencias a los esfuerzos de compresión, y armado con acero sostiene altos esfuerzos a corte y flexión, entre otras ventajas que lo convierten en un material muy versátil. No obstante una de las desventajas que presenta el hormigón, están asociados a su peso específico que promedia los 2400 kg/m³, respondiendo a esta necesidad se han creado los hormigones livianos. (Weigler, Helmut, 1974).

El hormigón al ser de alta densidad, demanda una gran cantidad de materia prima para su formación. Si el peso específico del hormigón se disminuye, también se reduce el impacto ambiental en la extracción de material.

Por otro lado la cantidad de residuos plásticos desde sus inicios hasta nuestros tiempos presenta un alza constante. Los residuos plásticos en su gran mayoría terminan en rellenos sanitarios y vertederos ilegales, un porcentaje menor son incinerados y reciclado.

Es así como aquella problemática ambiental, nos hace buscar como sociedad nuevos procesos de reciclaje o reutilización de estos residuos, y una alternativa es utilizarlo como agregado en la dosificación para la creación de hormigones con nuevas propiedades y que respondan a los diversos usos en la construcción.

El plástico tiene propiedades únicas, debido a sus características que lo hacen duradero y resistente ante diferentes condiciones climáticas. No obstante, el plástico presenta cambios a su estructura molecular a medida que pasa por los procesos de reciclaje provocando una pérdida de sus propiedades originales, aun así es un material perdurable y se convierte en una opción como agregado a a mezcla de hormigón en un porcentaje como reemplazo de los áridos.

Para la elaboración de hormigones con agregado de plásticos reciclados, no es muy diferente a la elaboración convencional del hormigón, se incorpora a la mezcla como un agregado más, junto con los agregados pétreos.

Por consiguiente se tienen las siguientes hipótesis; disminuirá la cantidad de agua utilizada porque este agregado plástico no tiene absorción de agua, disminuirá de la densidad y la resistencia.

El agregado plástico reciclado que se incorporará a la mezclas de hormigón, es el Policloruro de Vinilo (PVC) provenientes de los procesos constructivos y demoliciones. El objetivo fue estudiar el comportamiento del hormigón con agregado de partículas plásticas de PVC reciclado, respondiendo a los ensayos de resistencias, y en su aplicación del hormigón con agregado de fibras sintéticas recicladas como cierres perimetrales ecológicos.

Figura 1. PVC triturado.



1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Estudiar comportamiento del hormigón incorporando fibras sintéticas de desechos de la construcción para la fabricación de cierros perimetrales.

1.2.2. Objetivos Específicos

Investigar las propiedades mecánicas de las fibras sintéticas de desecho de los procesos constructivos.

Determinar la resistencia del hormigón con diferentes dosificaciones de fibras sintéticas incorporadas.

Diseñar estructuralmente los cierros perimetrales fabricados con hormigón incorporando fibras sintéticas.

Determinar la viabilidad económica de los cierros perimetrales ecológicos.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Planteamiento del tema

A lo largo de la historia, el sector de la construcción necesita un elevado consumo de energía y materiales, generando a su vez altas cantidades de contaminantes al ambiente con residuos sólidos, líquidos y gaseoso (Carvalho, 2001).

Residuo es un término amplio que abarca desde la masa heterogénea de los desechos urbanos, hasta la acumulación homogénea de desechos industriales, agrícolas y de la construcción. Existen criterios para clasificar los residuos que dependerán de su estado, origen y manejo (Tchobanoglous et al., 1994).

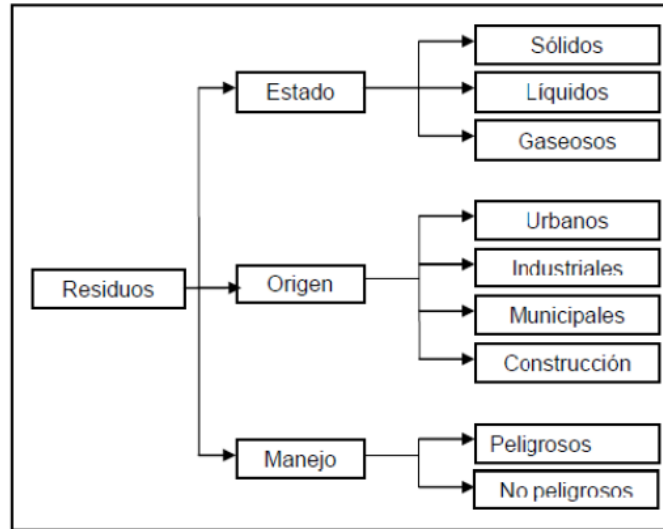
En nuestro país se define residuos sólidos como “sustancias, elementos u objetos cuyo generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar”, conociéndose como basura, desecho o desperdicio (D.S. N° 189, 2005).

A su vez los residuos de la construcción se clasifican según su manejo como residuos no peligroso, dicho termino de residuos no peligroso se atribuye a aquellos que no presentan una amenaza para la salud pública o que no afecte a los organismos vivos, desde su origen hasta su disposición final (Cleveland, 2008).

En el Acuerdo de Producción Limpia (APL) de la construcción (2004), realizado en la Región de la Araucanía, deja estipulado que todos aquellos residuos generados en faenas de demolición, edificación y remodelación de cualquier tipo de obra civil, incluyendo materiales de embalaje y aquellos necesarios para transporte serán clasificados como Residuos Sólidos de Construcción (RSC).

La Cámara Chilena de la Construcción (CChC) incentiva al sector de la construcción hacer parte de Acuerdo de Producción Limpia (APL), obteniendo un control de los Residuos de la Construcción y Demolición (RESCON) (CONAMA,2000).

A nivel internacional para estandarizar los residuos sólidos, se recomienda una clasificación de las fuentes de generación de residuos en nuestro país, la primera clasificación es residuos sólidos industriales y residuos sólidos municipales. Los residuos sólidos industriales tienen su origen en las actividades económicas por sector, diferenciándose el sector agrícola y silvícola, sector minero y cantera, sector manufacturero, sector producción de energía, sector distribución y purificación de agua, y sector construcción. (Clasificación Industrial Internacional Uniforme , OCDE, 2010).

Figura 2: Clasificación de residuos.

Fuente: Alvear, E. M., Jara, A. F., & Ramírez, 2011.

En 1994, se realizó un estudio de los vertederos ilegales de residuos sólidos (VIRS), y de los antecedentes de este estudio se concluyó que para un volumen de 5.000.000 de toneladas anuales de basura, el área total ocupada equivale a 713 hectáreas, del cual un 63% corresponde a residuos de la construcción. (Electrowatt Ingenieros Consultores, 1994).

Chile a partir del año 1998 cuando se incorpora al grupo internacional Green Building Challenge, donde se le da una real importancia a los problemas medioambientales con respecto a la industria de la construcción, con auge en temas de construcción sustentable, dando paso al desarrollo de una mejor calidad de la construcción en el país (Martinez, Revista Ambiente y Desarrollo de CIFMA, 2003).

El año 2010 luego del terremoto del 27 de febrero que afecto a la zona centro-sur del país, la cantidad de desechos de la construcción presento un alza debido al colapso de las estructuras y posterior demolición de estructuras dañadas, que llevo a utilizar vertederos ilegales sin ningún tipo de control, lo que dejo en manifiesto que el Estado Chileno no cuenta con política que sostenga un plan de manejo de gestión integral de residuos sólidos de la construcción. (GARCÍA, 2016).

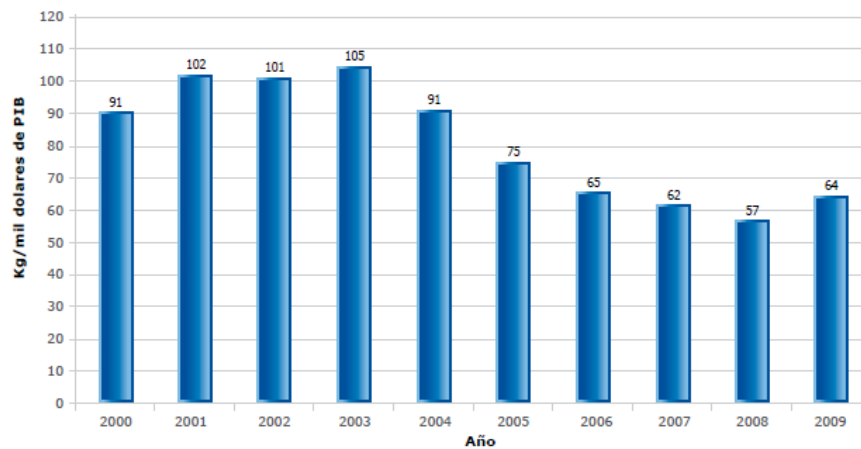
Desde enero de 2005, mediante acuerdo N° 265 del Consejo de Ministros de la CONAMA, el país cuenta con una Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y un Plan de Acción que se extiende hasta el 2010. Entre los objetivos específicos planteados en la PGIRS, se han definido crear sistemas de información para la gestión de los residuos sólidos y minimizar los riesgos sanitarios y ambientales producidos por el mal manejo de residuos sólidos (CONAMA, 2010).

A partir de PGIRS la CONAMA publica el Primer Reporte de Residuos Sólidos en Chile (2010), éste primer reporte es considerado el más completo debido a que posee un historial de toda una década, a diferencia de los futuros reportes de la CONAMA. Por lo tanto se extraerá gran parte de los datos estadísticos del reporte del año 2010 para tener en cuenta el escenario nacional.

El aumento sostenido del Producto Interno Bruto (PIB), se relacionan con la generación de residuos sólidos. Como políticas nacionales a partir del año 2000 se observa un aumento de la infraestructura destinada a la valorización de residuos, para canalizar los esfuerzos en la recuperación de los residuos y aminorar el volumen de carga en los lugares destinados a su disposición final.

Para el caso de los residuos sólidos industriales, la OCDE presenta un indicador de generación de residuos industriales asociado al Producto Interno Bruto, el cual como promedio para los países miembros presenta un valor de 60 kg/1.000 dólares de PIB, año 2005. Como se aprecia en la figura 3, la generación de residuos industriales por PIB para Chile en el citado año corresponde a 75 kg/1.000 dólares, valor superior en un 25% al promedio de los países OCDE. Cabe hacer notar que entre los años 2006 y 2009 el promedio estimado es de 62 kg/1.000 dólares (Evaluación del desempeño ambiental Chile, OCDE, 2005).

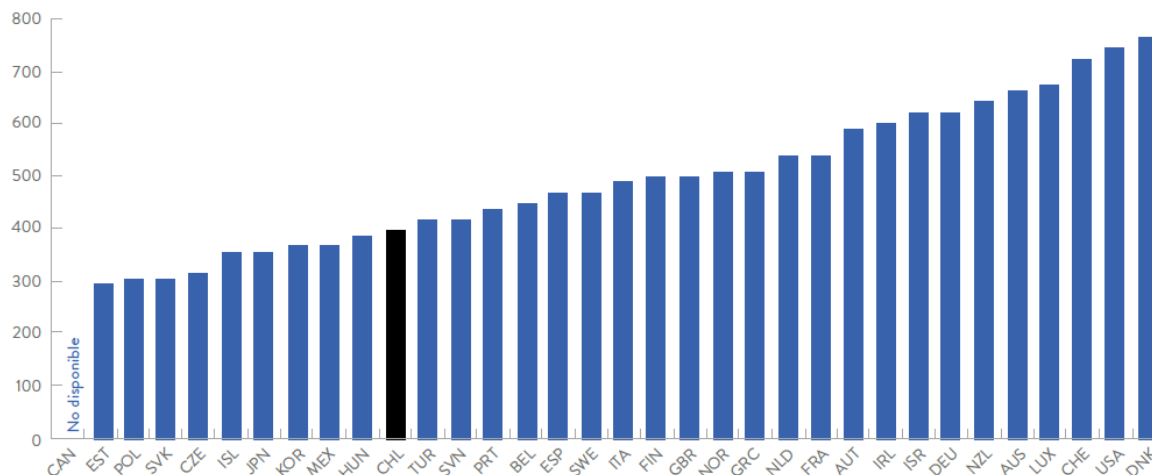
Figura 3: Generación de residuos industriales por PIB.



Fuente: Evaluación del desempeño ambiental Chile, OCDE, 2005

En comparación con la situación de los países pertenecientes a la unión Europea, estos generan en residuos de la construcción alrededor de 180 millones de toneladas al año (ver figura 4), que representa una tasa de generación de 1,3 (kg/habitantes/día). Del total de residuos generados solo se recicla un 28%, siendo el 72% restante enviado a vertederos (Carvalho, 2001).

Figura 4: Generación de residuos sólidos municipales per cápita países OCDE, 2013.



Fuente: OCDE, EDA Chile, 2016.

Los registros estadísticos graficados dan cuenta del escenario actual y las proyecciones del aumento de los residuos en sus diferentes clasificaciones, evidenciando un problema que se debe abordar con soluciones concretas y con programas de manejo de residuos a nivel país que disminuyan el impacto ambiental. El sector de la construcción es el sector que mayor cantidad de residuos aporta toda la década, el 56 % de los residuos industriales corresponden a residuos de la construcción (Evaluación del desempeño ambiental Chile, OCDE, 2005).

Actualmente la Cámara Chilena de la Construcción sigue desarrollando investigaciones para definir el factor de generación de residuos de la construcción y demolición (RCyD) en relación a los m² construidos, factor que puede cambiar dependiendo el uso y tipo de la construcción, las características del terreno, y los profesionales a cargo de la administración de la obra, datos reflejados en la tabla 1 (Alvarado Acuña, L., Varas Parra, M., & Sánchez Troncoso, L, 2012).

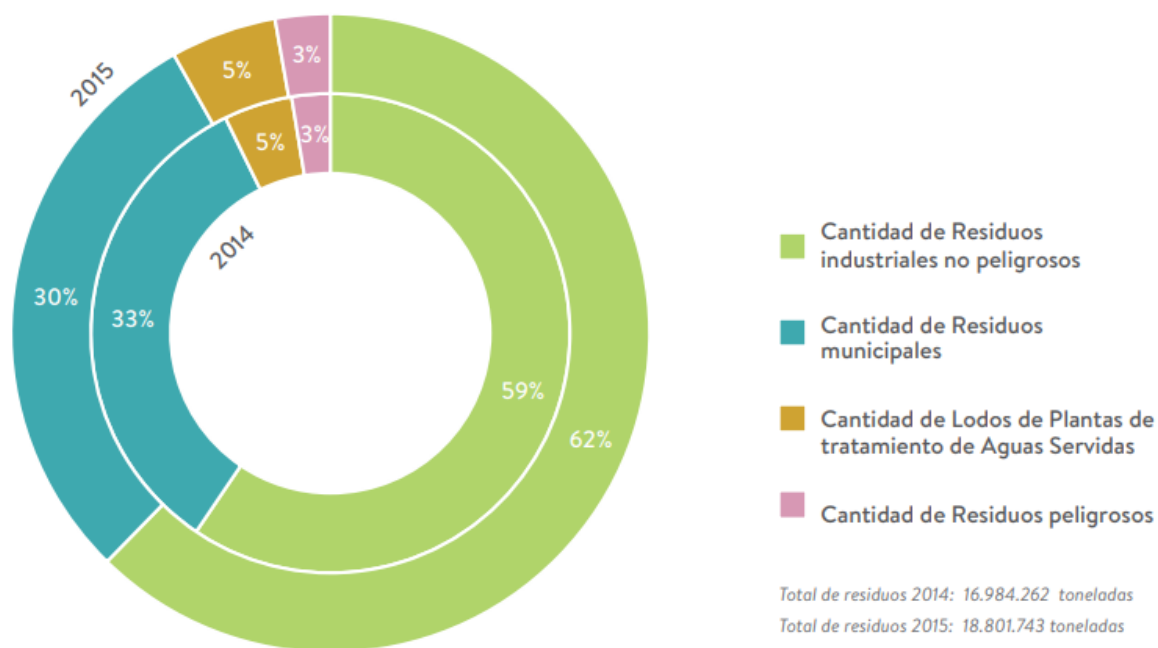
Tabla 1. Factor de Generación de RCyD.

CONCEPTO	m ³ RESIDUOS / m ² CONSTRUIDOS
Promedio general (Incluye todo tipo de edificación)	0.235
Promedio obras de edificación habitacional en altura	0.220
Promedio obras de edificación de casas	0.200
Promedio material de excavación	0.078

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción, 2012.

De acuerdo con los registros entre el año 2014 y 2015 los residuos industriales no peligrosos alcanzan las 10.100.260 y 11.719.179 toneladas respectivamente. Se muestra la figura 5, la proporción en la generación de residuos generados por origen y la sumatoria total de las cuatro categorías; Industrial No Peligroso, Municipal, Lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas y Residuos Peligrosos. En el año 2014, la Región Metropolitana concentró la mayor cantidad de residuos generados, con más de seis millones de toneladas, seguida de las regiones del Biobío con 2.296.711 toneladas y Valparaíso con 1.485.549 toneladas. En cuanto al origen de los residuos por región, destacan las regiones de Antofagasta y Arica y Parinacota, donde el 91% de su generación correspondió a Residuos Industriales No Peligrosos y Residuos Municipales, respectivamente. En tanto, la Región de Aysén siguió con altos porcentajes de valorización respecto al total de residuos generados, llegando a 44% en 2015, (Muñoz Astudillo, C. P, 2017).

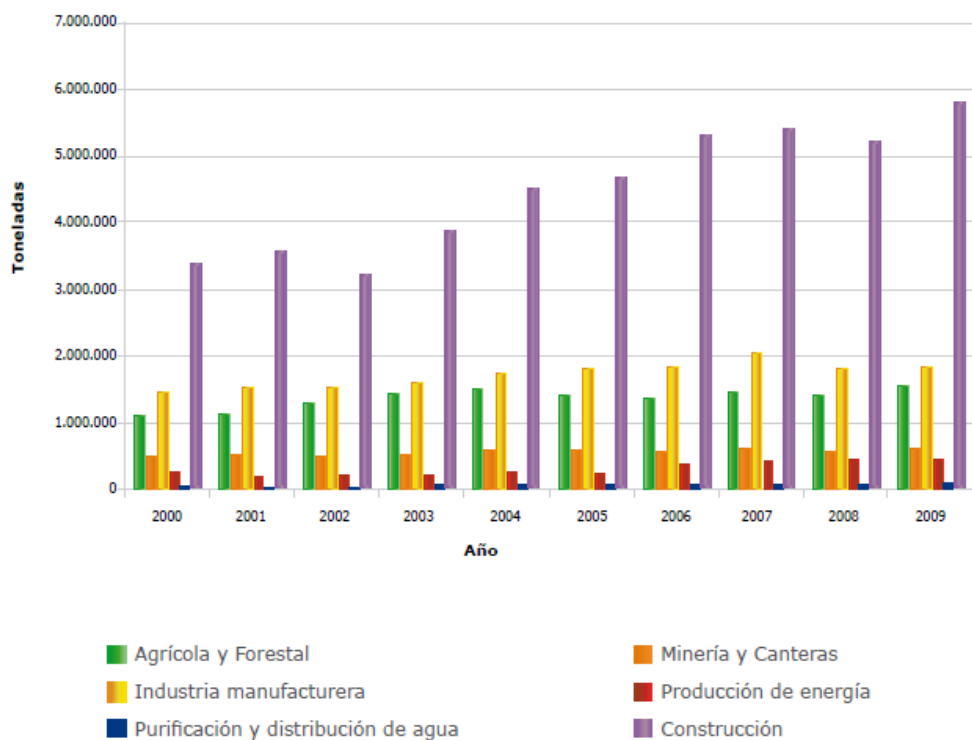
Figura 5: Porcentaje de residuos generados, según origen, a nivel nacional.



Fuente: Elaboración propia, en base a SINADER y SIDREP, 2017.

Porcentaje de aporte por sector a la generación de residuos sólidos industriales se muestra en la siguiente figura 6. Al analizar la variación de las tasas individuales de generación por sector entre los años 2000-2009, la mayor diferencia se presenta en el sector de la construcción, con un incremento del 72% pasando de 3,38 a 5,82 millones de toneladas, lo que representa

Figura 6: Generación de residuos industriales por sector industrial.



Fuente: CONAMA, 2010.

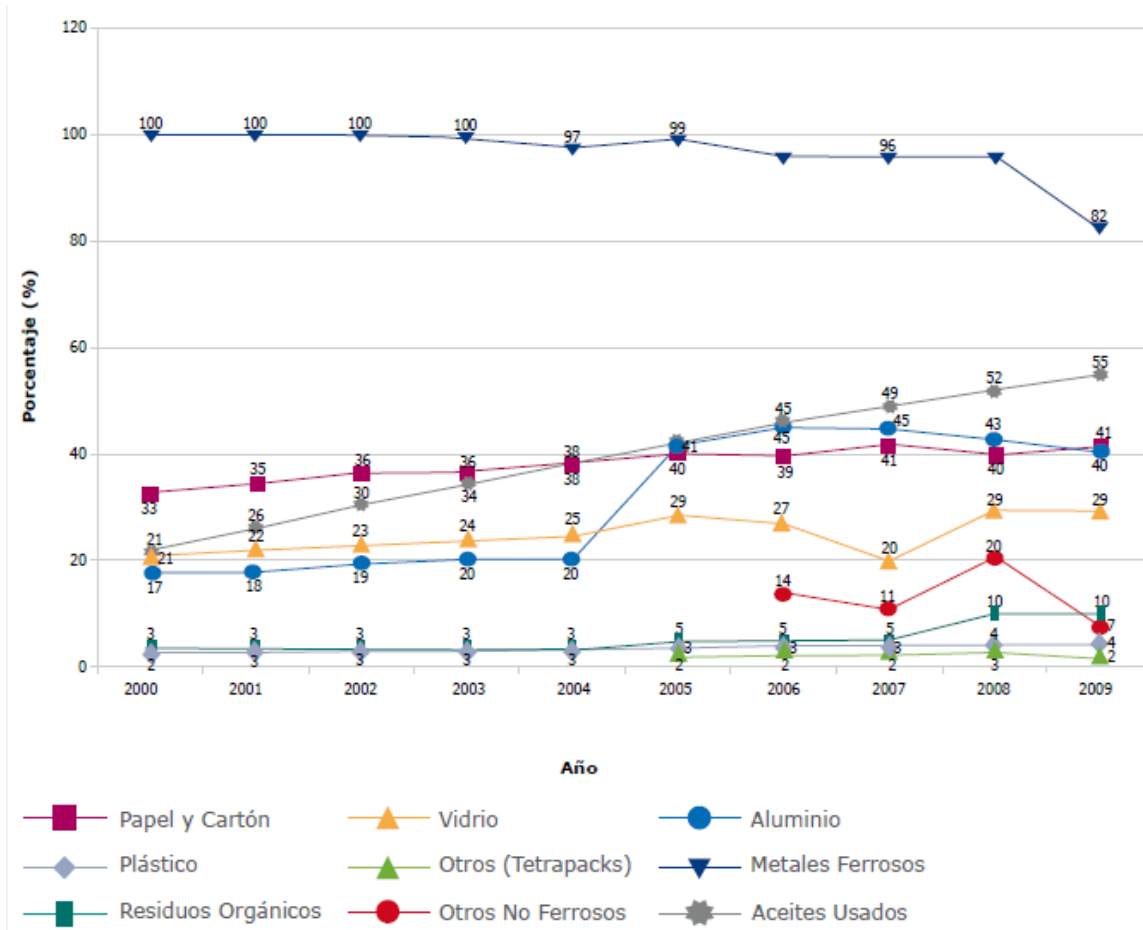
Tabla 2: Generación de Residuos Sólidos Industriales.

Sector	Generación de RSI (millones toneladas)	Porcentaje (%)
Agrícola y forestal	1,56	15
Minería y cantera	0,63	6
Industria manufacturera	1,83	18
Producción de energía	0,47	5
Purificación y distribución de agua	0,08	1
Construcción	5,82	56

Fuente: CONAMA, 2010.

En la figura 8, se puede ver representada la valorización de los residuos, se distinguen entre las fracciones seleccionadas la chatarra o metal ferroso es la primera categoría con la mayor tasa de valorización en Chile, alcanzando el 82%, seguido por aceite usado con el 55%, el cartón y el papel con 41%, aluminio 40% y vidrio 29%. Otros metales no ferrosos, residuos orgánicos, plásticos y tetra packs no superan el 10% de valorización.

Figura 8: Tasa de valorización por tipo de residuos.



Fuente: CONAMA,2010.

2.2. Características del PVC:

a) Residuos plásticos.

El crecimiento considerable del consumo de plástico se debe a las características beneficiosas de este. El plástico una gran versatilidad para hacerse a medida según cada requerimiento específico, es un material muy ligero y muy durable, no se degrada con facilidad. Es resistente a muchos químicos, al agua y al impacto. Además el plástico posee propiedades higiénicas. El plástico además tiene bajos costos de producción. La tercera parte de la producción de plástico proviene y es usada en embalajes, y una cuarta parte es utilizada en la construcción. (WRAP, Market Situation Report, Autumn 2007 – Realising the Value of Recovered Plastics, 2007)

La disposición final de los residuos es destinada en su mayoría vertederos y rellenos sanitarios, un porcentaje menor 8% es incinerado y es reciclado tan solo un 7% (11 Siddique, R. 2008)

b) Propiedades del Policloruro de Vinilo

El PVC posee una combinación química que posee carbono, hidrogeno y cloro. Los componentes provienen de la sal (57%) y del petróleo o gas natural (43%) principalmente, convirtiéndose en uno de los materiales poliméricos con baja dependencia de los combustibles fósiles (Braun, D. 2002. Recycling of PVC. Progress in polymer science, 27(10), 2171-2195).

Las características generales del PVC destacan una alta resistencia y baja densidad (1.4 g/cm^3), es un material versátil con diversas aplicaciones junto con aditivos que le otorgan rigidez y flexibilidad. El PVC es inerte y estable, por eso su uso en Chile en productos sanitarios y tuberías de agua potable, además de propiedades ignífugas lo que le permite ser ampliamente utilizado como aislante eléctrico (Hegberg, B. A., Hallenbeck, W. H., & Brenniman, G. R. 1993. Plastics recycling rates. Resources, conservation and recycling, 9(1-2), 89-107).

El mayor componente en los desechos del plástico es el polietileno de baja densidad (LDPE), con 23% del total, seguido por el polietileno de alta densidad con 17,3%, polipropileno 18,5%, poliestireno 12,3%, clorido de polivinilo 10,7%, polietileno tereftalato 8,5% y otros tipos 9.7% (11 Siddique, R.2008).

2.3. Cierres perimetrales de hormigón prefabricado:

Para el desarrollo práctico de esta investigación, se realizó un levantamiento previo de información del funcionamiento de las fábricas de cierres perimetrales de hormigón prefabricados, y sus procesos de elaboración.

Existen empresas dedicadas a elementos estructurales prefabricados de hormigón, y además pequeñas empresas dedicadas a la fabricación e instalación exclusiva cierres perimetrales.

Actualmente en Chile los cierres perimetrales medianeros de hormigón prefabricado, se fabrican mediante el método de vibración, cuyos procesos constan de las siguientes etapas:

- Mezcla de hormigón con dosificación especial
- Colocación de mezcla en moldajes
- Etapa de vibrado
- Desmoldaje
- Secado y curado
- Almacenamiento

Las principales características de los cierres perimetrales de hormigón, es su versatilidad en la instalación, pudiéndose instalar en diferentes cotas de terreno, y con diferentes medidas de altura.

Los elementos que componen un cierre perimetral de hormigón son:

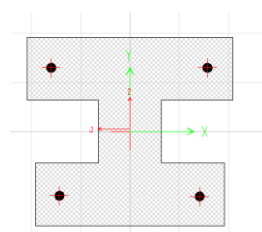
- Placas
- Pilares
- Bardas o viga de coronación

Si bien actualmente no existe una regulación o norma específica para este tipo de muros medianeros, debe responder a criterios estructurales apoyado por memoria de cálculo. Cuyas propiedades se resumen en los siguientes puntos más relevantes de la figura 9.

Debe poseer una armadura de acero de diámetro de 8 mm tipo A630-420H, dispuestos de tal manera que la distancia de recubrimiento no sea menor a 1.5 cm. Se debe colocar en dos etapas el hormigón en la etapa de vibrado lo que permite mejor terminaciones de placas y postes.

Figura 9: Corte transversal de columna de hormigón de cierre perimetral.

Hormigón G20
Acero A630-420H



Fuente: Propia.

En base a los requerimientos estructurales el hormigón debe tener una capacidad mínima de 200 kg/cm², requisito estructural que es el parámetro para las nuevas dosificaciones con agregados de polímeros de PVC, entendiéndose que si no cumplen con las resistencias de compresión solicitadas no puede ser utilizado para la fabricación de cierres perimetrales.

CAPITULO 3: PLAN DE ENSAYOS

3.1. Metodología de trabajo

Estudios previos de investigaciones experimentales fundamentan uso de residuos plásticos en la mezcla de hormigón y describen su comportamiento con los diferentes agregados plásticos, permitiendo realizar ensayos específicos sobre la incorporación de fibras sintéticas de desechos triturados de PVC a la mezcla de hormigón.

En la recopilación bibliográfica se encontró diferentes polímeros reciclados agregados al hormigón que entregan características diferentes que se han incorporado en la dosificación del hormigón como; el caucho, poliestireno expandido, cerámicos, y las últimas incorporaciones de politereftalato obtenido de botellas. Existen registros de experimentaciones donde las resistencias del hormigón se ven disminuidas al agregar fibras sintéticas de plásticos reciclados,

Es así como la investigación se centró en obtener los resultados esperados en la dosificación que permita su utilización en cierres perimetrales para viviendas y cumpliera con los requisitos de la memoria de cálculo ajustado a las normativas chilenas.

Se realizaron ensayos experimentales basados en la construcción de probetas reales con distintas dosificaciones, las cuales tendrán diferentes porcentajes de agregado plástico reciclado de PVC.

Al crear las probetas con las diferentes dosificaciones de agregado plástico reciclado, se podrá analizar el comportamiento a los esfuerzos sometidos en los ensayos de compresión y densidad aparente, además de la creación de probetas de hormigón sin agregado plástico reciclado para comparar sus propiedades mecánicas de resistencias, ventajas y desventajas.

El desarrollo constructivo se llevó a cabo en una fábrica de hormigones prefabricados especialista

en cierres de hormigón por procesos de vibrado, y donde se construyeron las probetas que fueron ensayadas en un laboratorio Cesmec certificado bajo las normativas chilenas.

Además se crearon prototipos de bloques de hormigón que ensayaron y analizaron para ver su factibilidad de ser construidos, de tal manera incorporar esta nueva mezcla en la fabricación de un cierre perimetral a escala real, que fueron fabricados e instalados para ver in situ su comportamiento.

Finalmente se evaluó la factibilidad económica de fabricar cierres perimetrales de viviendas con la utilización de agregados plásticos reciclados de PVC que sea competitiva en el mercado.

El PVC incorporado a la mezcla de hormigón corresponden a porcentajes en reemplazo del agregado pétreos en las siguientes dosificaciones 0%, 10%, 25%, 50% y 75%.

3.2. Alcances y límites de la investigación

El alcance de la investigación consideró encontrar la dosificación más adecuada entre la relación áridos y agregado de PVC reciclado, que mantenga el equilibrio entre la menor cantidad de áridos en la mezcla, y la mayor cantidad de partículas plásticas que se puedan incorporar sin alteraciones perjudiciales en su resistencia y densidad, modificando la mezcla original de los cierres perimetrales.

Los límites de la investigación, se restringe al análisis de las propiedades mecánicas del material, no se estudiaron las propiedades y reacciones químicas, descartando la profundización en estudios con respecto a las reacciones de la nueva dosificación de hormigón con PVC y el entorno, teniendo en cuenta que en países desarrollados existe prohibición del uso de PVC en todas sus formas.

CAPITULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Características mecánicas y físicas de los ensayos aplicados.

Los ensayos experimentales con la incorporación de agregados reciclados de PVC a la mezcla de hormigón (0%, 10%, 25%, 50% y 75%), se crearon 6 probetas de hormigón para cada dosificación dispuestos en probetas normalizadas de ensayo establecido en NCh1307, registrando los siguientes resultados para las variables expuestas:

4.1.1. Resistencia flexo tracción.

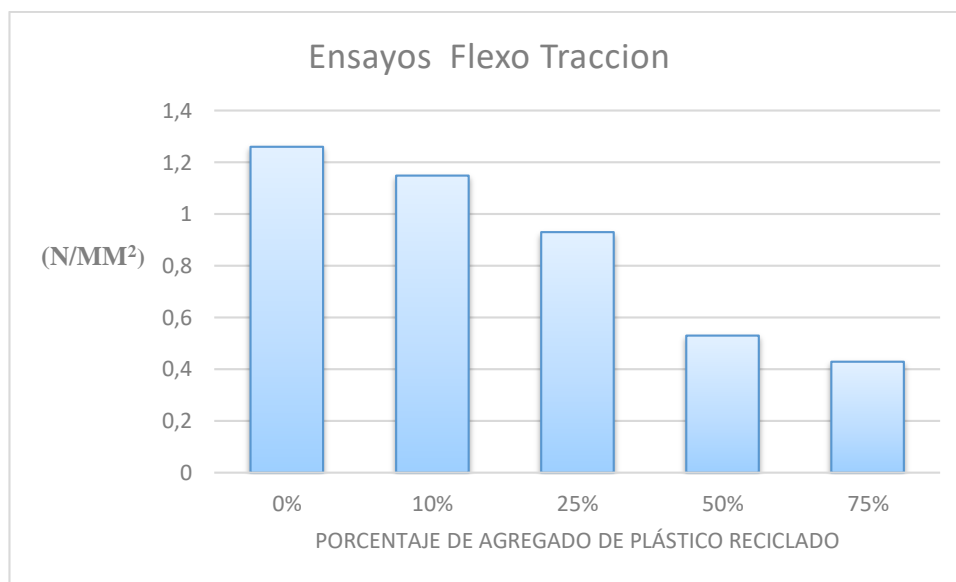
Las resistencias obtenidas en los ensayos de flexo compresión son los representados en la siguiente tabla. Los ensayos realizados en laboratorios, cumplen con la NCh 1038.

Se ensayaron 6 probetas a flexo tracción, para cada dosificación de 0%, 10%, 25%, 50%, 75% de agregado plástico reciclado de PVC, completando un total de 30 probetas ensayadas. Los datos se registran en la siguiente tabla 3, con un resumen por porcentaje de dosificación y promedios de las resistencias, también se representa mediante la figura 10, donde se aprecia que a medida que aumenta el porcentaje de agregado plástico las resistencias a flexo tracción disminuyen,

Tabla 3: Resultados de Ensayos de Flexo Tracción ($1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa} = 10.19 \text{ Kgf/cm}^2$)

ENSAYOS DE FLEXO TRACCIÓN					TENSIÓN DE ROTURA	
PROBETAS	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	SECCIÓN (mm ²)	CARGA (kg)	(N/mm ²)	(Kgf/cm ²)
0%	40	40	1600	206	1.26	12.86
10%	40	40	1600	187.8	1.15	11.72
25%	40	40	1600	152	0.93	9.49
50%	40	40	1600	87.3	0.53	5.45
75%	40	40	1600	69.5	0.43	4.34

Figura 10: Gráfica Representativa de las Tensiones de Rotura para las Resistencias a Flexo Tracción (N/mm²)



4.1.2. Resistencias a compresión

Similar a los ensayos anteriores de flexo tracción se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión, cuyos ensayos se realizaron para cada porcentaje de agregado plástico en la mezcla de hormigón, desarrollando 6 probetas para cada dosificación, de una suma total de 30 probetas ensayadas. Los ensayos están elaborados bajo la normativa NCh 1037. En la tabla 4 se muestran las cargas resistidas promedios y la media del resultado final.

Como era de esperar, existe una reducción en las resistencias a medida que aumenta el agregado plástico.

Tabla 4: Resultados de Ensayos de Resistencia a la Compresión

ENSAYOS DE COMPRESIÓN					TENSIÓN DE ROTURA	
PROBETAS	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	SECCIÓN (mm ²)	CARGA (kg)	(N/mm ²)	(Kg/cm ²)
0%	150	150	22500	58292.166	25.389	258.719
10%	150	150	22500	53898.831	23.476	239.220
25%	150	150	22500	47730.114	20.789	211.841
50%	150	150	22500	36831.111	16.042	163.468
75%	150	150	22500	16160.590	7.039	71.726

Figura 11: Gráfica representativa de las tensiones de rotura para las resistencias a Compresión (N/mm²)

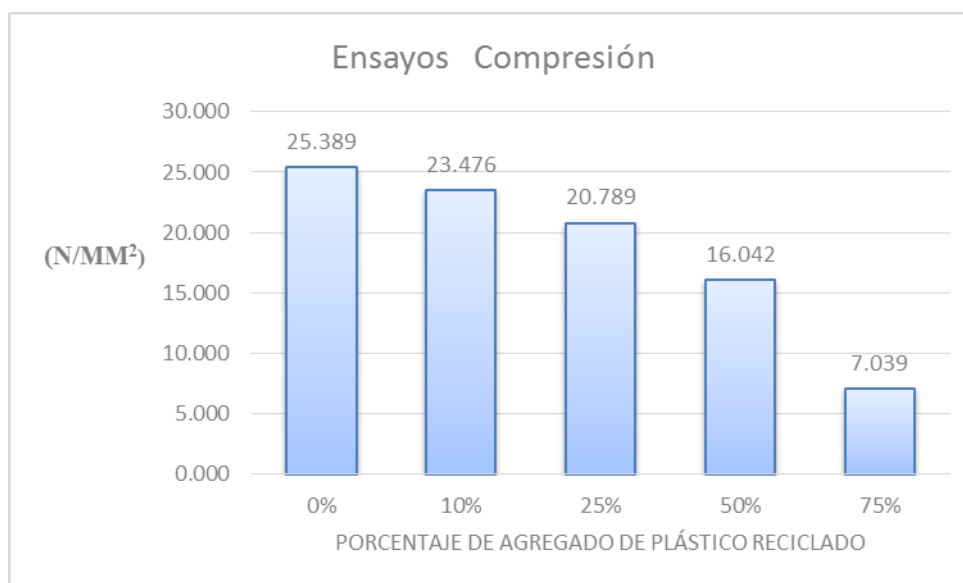


Tabla 5: Resultados de ensayos de resistencia a la compresión por cada probeta ensayada para cada dosificación.

Registro de compresión - carga máxima (Kg)							
DOSIFICACIÓN PVC	a	b	c	d	e	f	
0%	58529.312	58998.443	58852.904	58374.483	58188.689	56809.164	1
10%	53709.934	54140.436	54006.881	54022.823	53618.683	53894.230	2
25%	48009.302	47759.112	47131.732	47882.302	47729.902	47868.332	3
50%	37046.548	36853.488	36369.368	36948.548	36830.948	36937.768	4
75%	16206.030	16446.230	16656.670	16886.240	16922.540	16326.330	5

4.1.4. Densidad aparente.

Las probetas de hormigón ensayadas a compresión adicionalmente se registraron los resultados de las densidades aparentes, cuya relación entre la masa y el volumen que ocupa el material, sin descontar el volumen que ocupan los poros, registran los resultados en la tabla 7.

Tabla 7: Resultados de Ensayos de Densidad Aparente del Hormigón para cada Dosificación a los 28 días.

ENSAYOS DENSIDAD APARENTE				
PROBETAS	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	SECCIÓN (mm ²)	DENSIDAD APARENTE (Kg/m ³)
0%	150	150	22500	2421.000
10%	150	150	22500	2264.833
25%	150	150	22500	2081.167
50%	150	150	22500	1967.167
75%	150	150	22500	1862.000

Tabla 8: Resultados de Ensayos de Densidad Aparente por cada Probeta Ensayada para cada Dosificación.

Densidad Aparente - (Kg/m ³)							
DOSIFICACIÓN PVC	a	b	c	d	e	f	N° DE PROBETA
0%	2421	2421	2422	2420	2419	2423	1
10%	2266	2265	2264	2267	2263	2264	2
25%	2080	2082	2081	2079	2082	2083	3
50%	1965	1968	1967	1969	1968	1966	4
75%	1861	1863	1864	1859	1862	1863	5

4.2. Resumen de los resultados

Comparados los resultados obtenidos en los ensayos de compresión y densidad aparente se encontró la dosificación adecuada que cumpla con los requerimientos estructurales y su uso en la construcción de cierres perimetrales de prefabricados de hormigón. Se distingue una relación entre la pérdida de densidad aparente y las resistencias a la compresión. El resumen comparativo mostrando los resultados de todos los ensayos se muestra a continuación en la Tabla 9.

Tabla 9: Resumen de Resultados de Ensayos del Hormigón para cada Dosificación a los 28

días.

RESUMEN DE ENSAYOS					TENSIÓN DE ROTURA		DENSIDAD APARENTE
PROBETAS	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	SECCIÓN (mm ²)	CARGA (kg)	(N/mm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/m ³)
0%	150	150	22500	58292.166	25.389	258.719	2421.000
10%	150	150	22500	53898.831	23.476	239.220	2264.833
25%	150	150	22500	47730.114	20.789	211.841	2081.167
50%	150	150	22500	36831.111	16.042	163.468	1967.167
75%	150	150	22500	16160.590	7.039	71.726	1862.000

Las resistencias alcanzadas por las probetas de hormigón ensayadas, para las diversas dosificaciones con 0%, 10% y 25% de agregado plástico, tienen resistencias superiores a las mínimas requeridas por las especificaciones técnicas. De tal manera las dosificaciones con 50% y 75% de agregado plástico reciclado de PVC no superan los de 16 N/mm², obteniendo una resistencia a compresión mínima con 75% de agregado que supera una resistencia a la compresión de 7 N/mm².

Las probetas con agregado de PVC son capaces de resistir cargas y en los porcentaje de 50% y 70% pueden resistir una carga menor que no puede ser utilizada como estructural para el caso de los cierres perimetrales.

4.3. Conclusiones del experimento

Tal cual queda registrado en las tablas y gráficas de los resultados, podemos decir que existe una relación inversamente proporcional entre resistencia y porcentaje de agregado plástico, a mayor porcentaje de fibra sintética de PVC menor resistencia a compresión, a su vez disminuye la densidad debido al agregado de fibras sintéticas a la mezcla. La disminución de resistencia se relaciona con las bajas cualidades resistentes y capacidad de soportar cargas del PVC, así mismo la disminución de la densidad se debe a que el plástico es más ligero que los áridos. De esta manera al incorporar el agregado de fibra sintética se obtuvo una mezcla más pobre, el hormigón creado con agregados plástico restringe mucho su aplicación en elementos estructurales ya que al aumentar el porcentaje de agregado plástico no se obtienen las resistencias de diseño para el cierre perimetral, y afecta desfavoreciendo las propiedades de compresión del hormigón.

Dependiendo del porcentaje de agregado plástico a medida que se aumenta, la resistencia fue decreciendo notablemente, obteniendo las menores resistencias en el mortero de 70% de PVC.

De los ensayos se observó que a medida que se ensayaban las probetas con mayor cantidad de plástico, se hacían menos notorias las fallas, manteniendo la probeta más unida y sólida luego de fallar, lo que lo hace un material más dúctil

Se observó en la confección de bloques de hormigón que la fabricación de estos depende del porcentaje de plástico reciclado agregado a la mezcla, los bloques con 70% de PVC son difícil de fabricar y no mantiene su forma prismática, hasta 50% de agregados de plástico es una masa consistente, así como las mezclas con menor cantidad de plástico, esto se debe porque la adhesión entre la pasta de mortero y el plástico es de menor a la incorporación de fibra sintética.

CAPITULO 5: PROPUESTAS

5.1. Cierres perimetrales ecológicos de hormigón con agregados de plástico reciclado

Las propiedades estudiadas de las mezclas de hormigón con agregados de plástico reciclado cumple con las resistencias esperadas para la elaboración de cierres perimetrales. De tal manera es posible realizar placas y postes de hormigón para los muros de cerramientos no estructurales, cumpliendo así con presentar una propuesta viable como solución constructiva.

Las mezclas con dosificaciones mayores a 25% de plástico reciclado tiene una baja resistencias a las cargas de compresión las que no podrían ser utilizadas para cierres perimetrales y tampoco como mortero dada la consistencia. Por lo tanto cualquier aplicación diferente de la nueva mezcla de hormigón con agregado plástico se recomienda no supere el 25% de agregado plástico por conceptos de resistencia y consistencia.

Otras aplicaciones recomendadas bajo la similitud de requerimientos estructurales para elementos prefabricados, pueden ser bloques de hormigón tipo bloquetas, soleras, solerillas y pastelones de hormigón, considerando siempre el mismo proceso de fabricación con compactación por vibración.

CAPITULO 6: CONCLUSIONES FINALES

1

La cantidad de PVC generada como residuos de la construcción, actualmente no tiene un plan de manejo que proporcione una solución definitiva a los desechos. Los residuos plásticos en los procesos de construcción siguen en un aumento constante, y es necesario generar un plan de manejo que disminuya el impacto ambiental, fomentando el reciclaje y la reutilización.

De tal manera el PVC es incorporado a una mezcla de hormigón utilizada para la fabricación de cierres perimetrales, cumpliendo con la hipótesis plateada de obtener resistencias que respondan a la demanda estructural. Como síntesis a los análisis realizados y procesos de experimentación se concluye que los objetivos fueron alcanzados satisfactoriamente, debido a que se encuentra el equilibrio en el porcentaje de agregado plástico a la mezcla de hormigón sin afectar el funcionamiento del producto final de los cierres perimetrales de hormigón con agregado plástico reciclado y entregando una solución constructiva ecológica.

Con respecto a los resultados de los ensayos de compresión para las diferentes dosificaciones, se distingue una disminución de las resistencias a medida que se aumenta el porcentaje de agregado plástico reciclado.

Para ser aplicado este nuevo material, se debe tener en cuenta que el porcentaje intervenido corresponde solo al agregado pétreo y no se han intervenido la razón agua cemento, ni la estructura del hormigón armado con su armadura de acero.

El beneficio principal de esta nueva aplicación es la creación de un nuevo producto ecológico, siendo un aporte a la disminución del impacto ambiental, y dando una solución concreta a la disposición final de los residuos que actualmente terminan en botaderos ilegales. Este nuevo material es un aporte a la sociedad porque utilizando el plástico reciclado agregado a la mezcla de hormigón, se está reutilizando los residuos plásticos que de otra manera serían desechados y enviados a los vertederos.

En cuanto al ámbito económico también el nuevo material presenta beneficios, los cuales están asociados a la disminución de las cantidades de agregados pétreos de materia prima para la fabricación del hormigón, y una reducción en la densidad que disminuye los costos de transporte y aumento en la velocidad de instalación, lo que se ve traducido a una disminución del costo por metros lineales instalado de un 11%.

Existen algunos límites de la investigación, que permitirán profundizar algunos conceptos con el

fin de llevar estos beneficios en la mezcla de hormigón a otros productos de elementos prefabricados o en diferentes aplicaciones en el campo de la construcción, a su vez como es posible realizar placas de hormigón para cierres medianeros, se podría construir bloques macizos y huecos por dentro tipo bloquetas, elaboración de soleras, y utilización del mortero con el mismo o mayor porcentaje de agregado plástico que puedan presentar mejores propiedades de densidad y como describen algunos investigadores como aislación térmico o acústica.

CAPITULO 7: BIBLIOGRAFÍA

CONAMA,2000.

Clasificación Industrial Internacional Uniforme , OCDE, 2010.

Electrowatt Ingenieros Consultores, 1994.

Martinez, Revista Ambiente y Desarrollo de CIFMA, 2003.

GARCÍA, 2016.

Evaluación del desempeño ambiental Chile, OCDE, 2005.

Alvarado Acuña, L., Varas Parra, M., & Sánchez Troncoso, L, 2012.

Muñoz Astudillo, C. P, 2017.

WRAP, Market Situation Report, Autumn 2007 – Realising the Value of Recovered Plastics, 2007.

11 Siddique, R. 2008.

Braun, D. 2002. Recycling of PVC. Progress in polymer science, 27(10), 2171-2195.

Hegberg, B. A., Hallenbeck, W. H., & Brenniman, G. R. 1993. Plastics recycling rates. Resources, conservation and recycling, 9(1-2), 89-107.

Alvarado Acuña, L., Varas Parra, M., & Sánchez Troncoso, L. (2012). Diseño de modelo de gestión estratégica aplicado al sector de la construcción: Impacto de las agrupaciones empresariales. Revista de la Construcción, 11(1), 4-15.

Muñoz Astudillo, C. P. (2017). Análisis crítico de la gestión de residuos peligrosos en Chile.

Weigler, Helmut 1974.

CAPITULO 8: ANEXOS

Tabla A1: Producto Interno Bruto de Chile año 2000-2009

Año	PIB total (mm US\$)	PIB per capita (US\$)	PIB per capita (US\$ PPA)
2009	161.781	9.525	14.461
2008	169.573	10.147	14.510
2007	163.880	9.872	13.890
2006	146.437	8.911	13.156
2005	118.250	7.269	12.296
2004	95.653	5.944	11.342
2003	73.990	4.648	10.509
2002	67.473	4.285	10.038
2001	68.820	4.416	9.760
2000	75.404	4.897	9.322

Fuente: Banco Central de Chile / INE/ FMI. Las cifras de PIB desde 2007 son estimaciones del Banco Central de Chile y FMI.

Tabla A2: Relación del PIB y la tasa de generación de residuos.

Año	2000	2005	2009
Población (hab)	15,45 millones	16,34 millones	16,9 millones
PIB (USD)	4.897	7.269	9.525
PIB per cápita (USD/hab)	12 millones	14,6 millones	19,6 millones
Generación Residuos Sólidos per cápita (ton/hab)	0.78	0,89	1,16
Generación Residuos Industriales por PIB (kg/ mil USD)	91	75*	64
Generación Residuos Municipales por habitante (kg/hab)	326	359**	384
Tasa de valorización de Residuos (%)	5,1	6,8	6,3
Instalaciones de Valorización (unidades)	33	66	137

Fuente: CONAMA, 2010. *Promedio OCDE: 60 Kg/mil USD. **Promedio OCDE: 550 kg/hab/año.

Figura A1: Generación de Residuos sólidos en Chile. Años 2000 al 2009

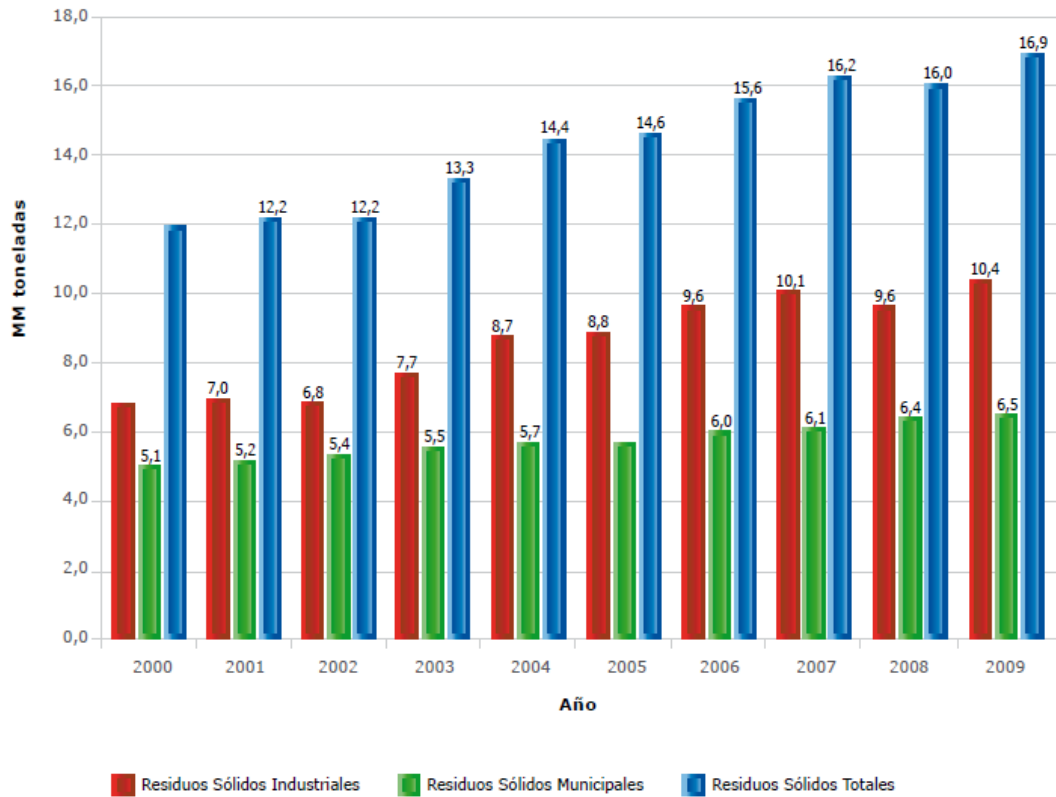
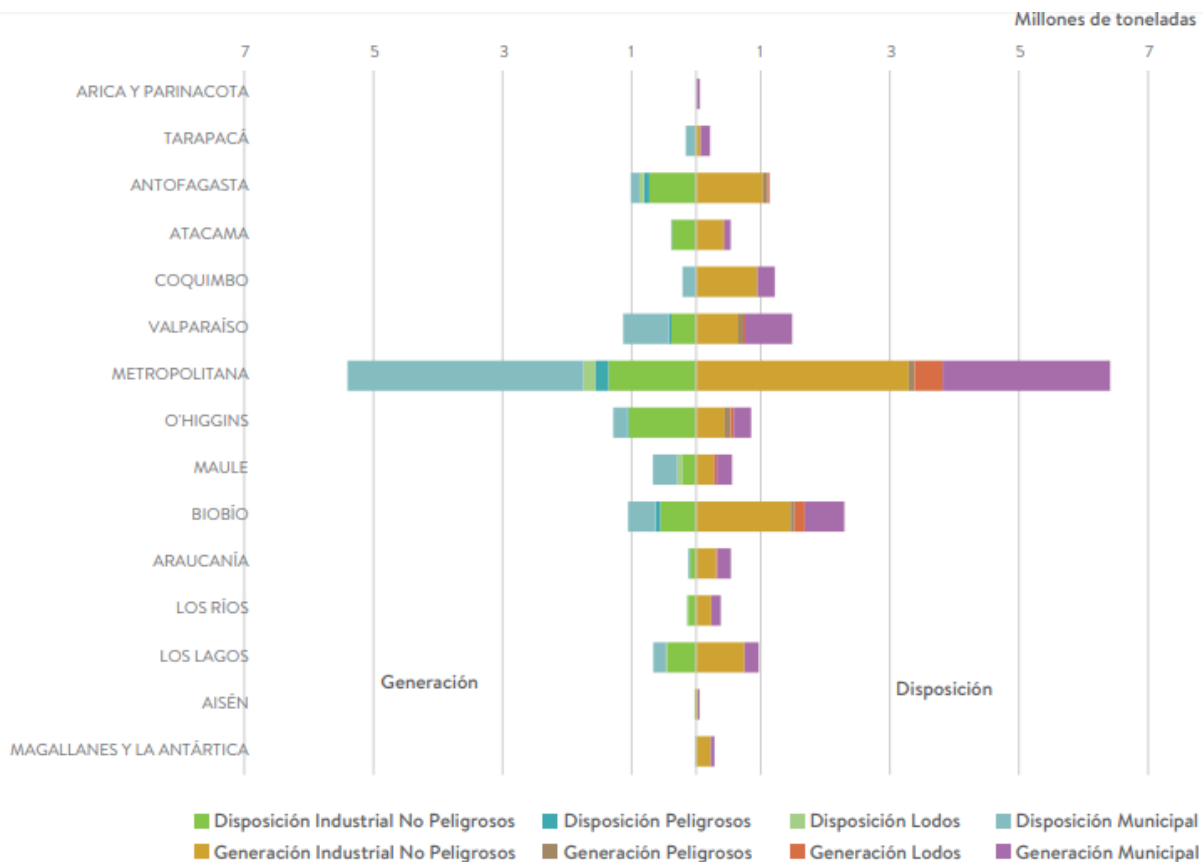


Tabla A3: Generación de residuos sólidos municipales a nivel regional estimado y reportado.

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES A NIVEL REGIONAL ESTIMADO Y REPORTADO			
REGIONES	POBLACIÓN PROYECTADA 2014	CANTIDAD ESTIMADA (toneladas/año)	CANTIDAD REPORTADA SINADER (toneladas/año)
Arica y Parinacota	235.081	97.817	1.560
Tarapacá	328.782	136.806	141.521
Antofagasta	613.328	255.206	1.100
Atacama	308.247	128.262	76.445
Coquimbo	759.228	315.915	354.121
Valparaíso	1.811.973	753.962	424.498
Metropolitana	7.228.581	3.007.813	2.418.081
O'Higgins	910.577	378.891	125.405
Maule	1.035.593	430.910	228.012
Bíobío	2.100.494	874.016	565.344
Araucanía	983.499	409.234	196.291
Los Ríos	401.548	167.084	134.586
Los Lagos	834.714	347.324	158.311
Aysén	107.334	44.662	24.842
Magallanes y la Antártica	163.748	68.136	38.562
TOTAL GENERAL	17.822.727	7.416.037	4.888.680

Fuente: INE, SINADER, RETC 2015.

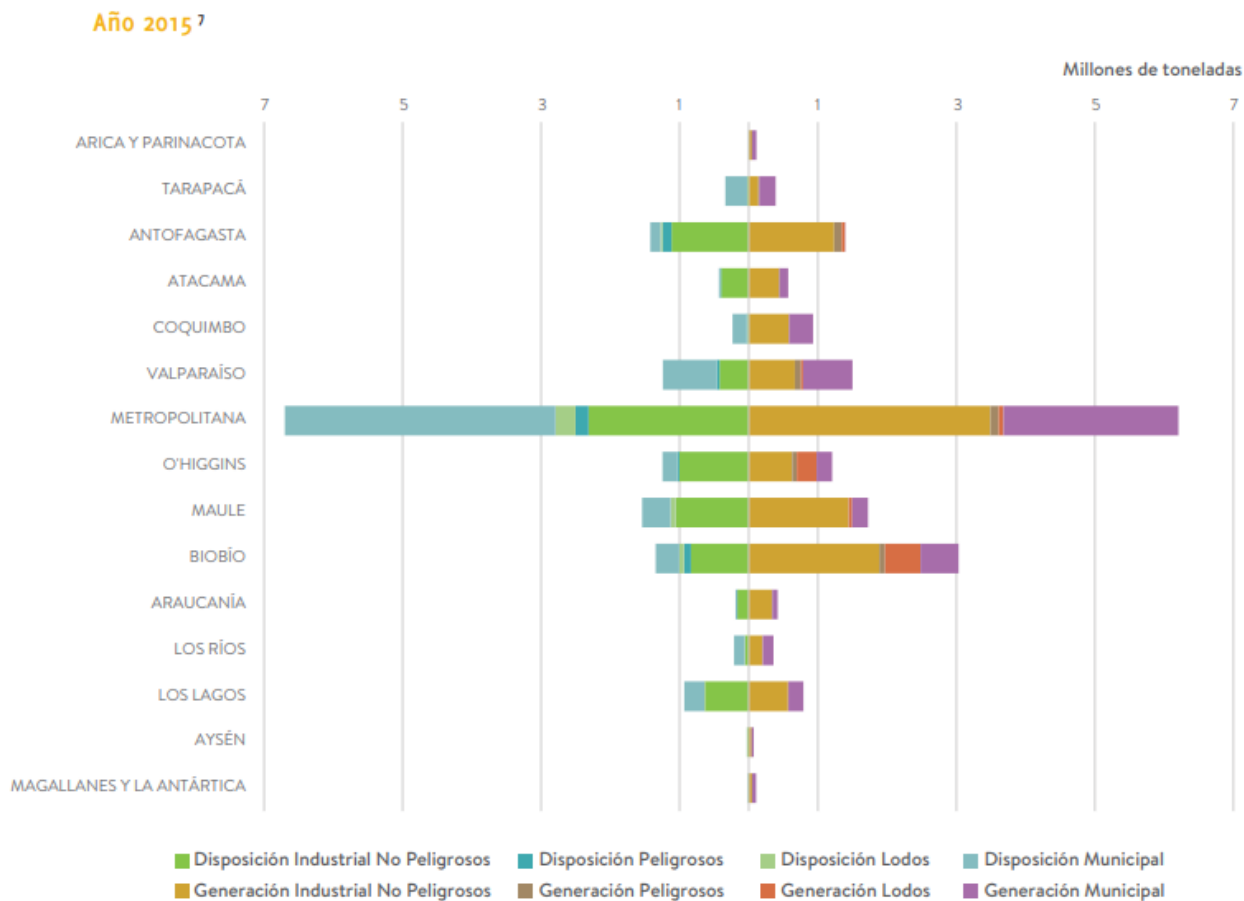
Figura A2: Composición de Residuos según origen y disposición 2014.



Fuente: Elaboración propia, en base a SINADER y SIDREP, 2017.

Fuente: SINADER y SIDREP, 2017.

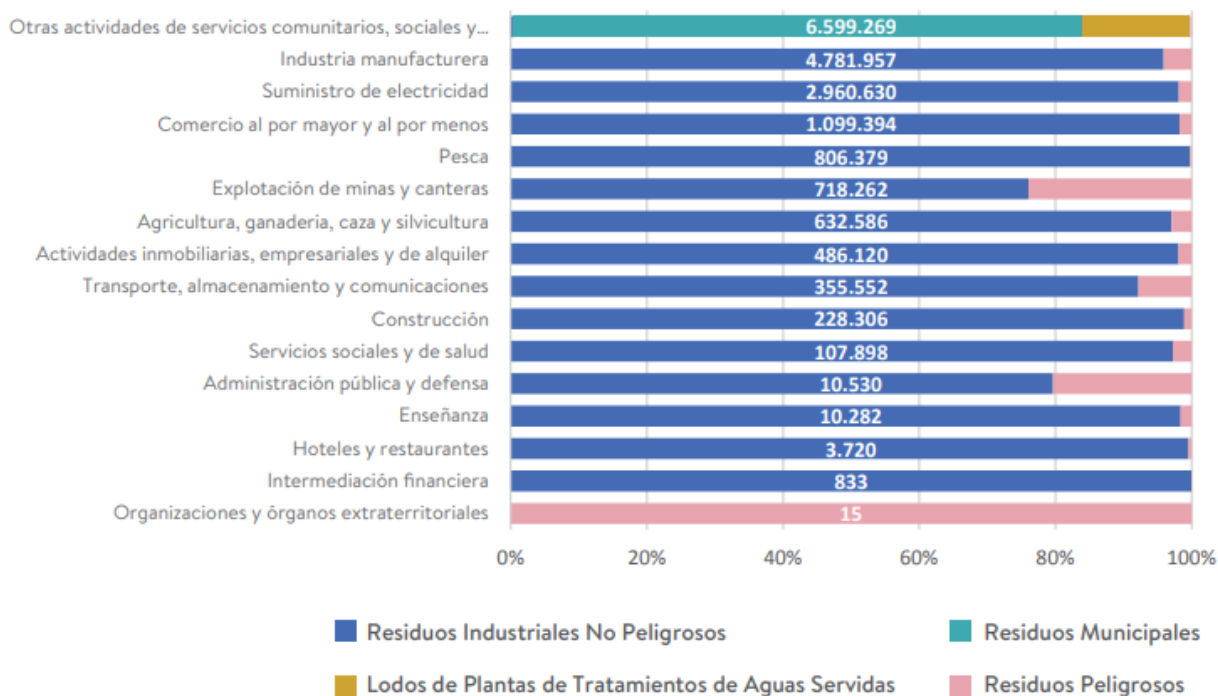
Figura A3: Composición de Residuos según origen y disposición 2015.



Fuente: Elaboración propia, en base a SINADER y SIDREP, 2017.

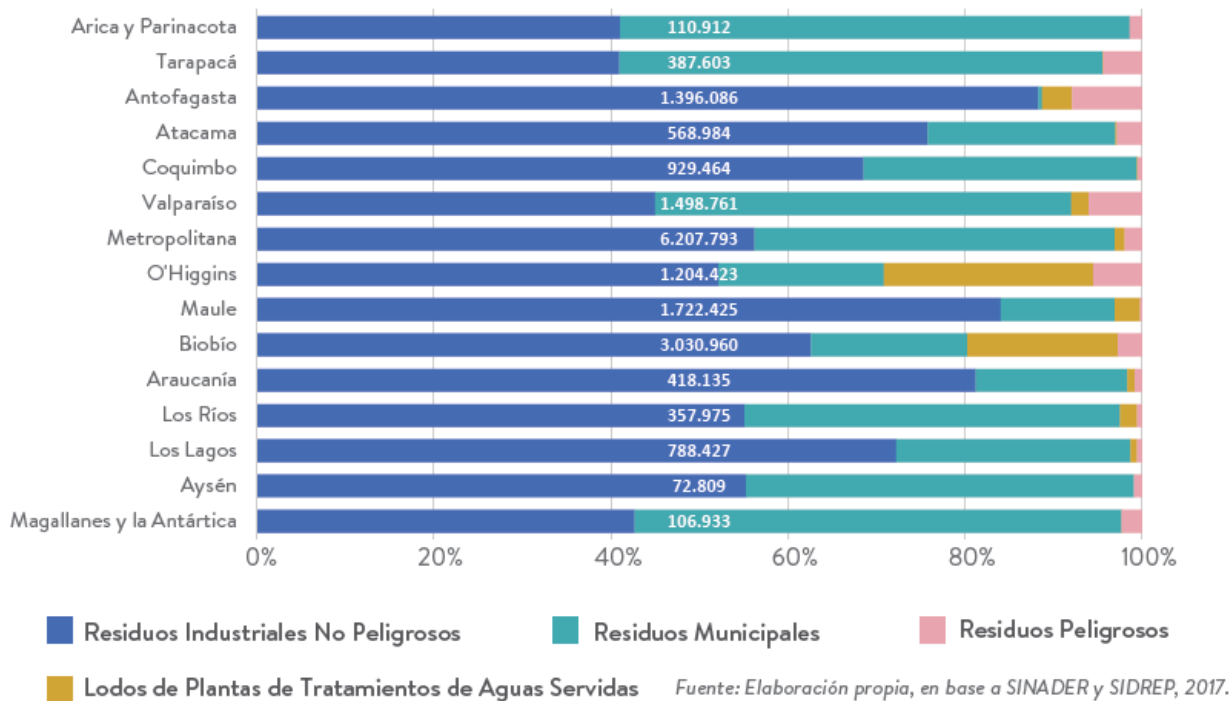
Fuente: SINADER y SIDREP, 2017.

Figura A4: Porcentaje de generación de residuos por origen, según C.I.I.U.



Fuente: SINADER y SIDREP, 2017.

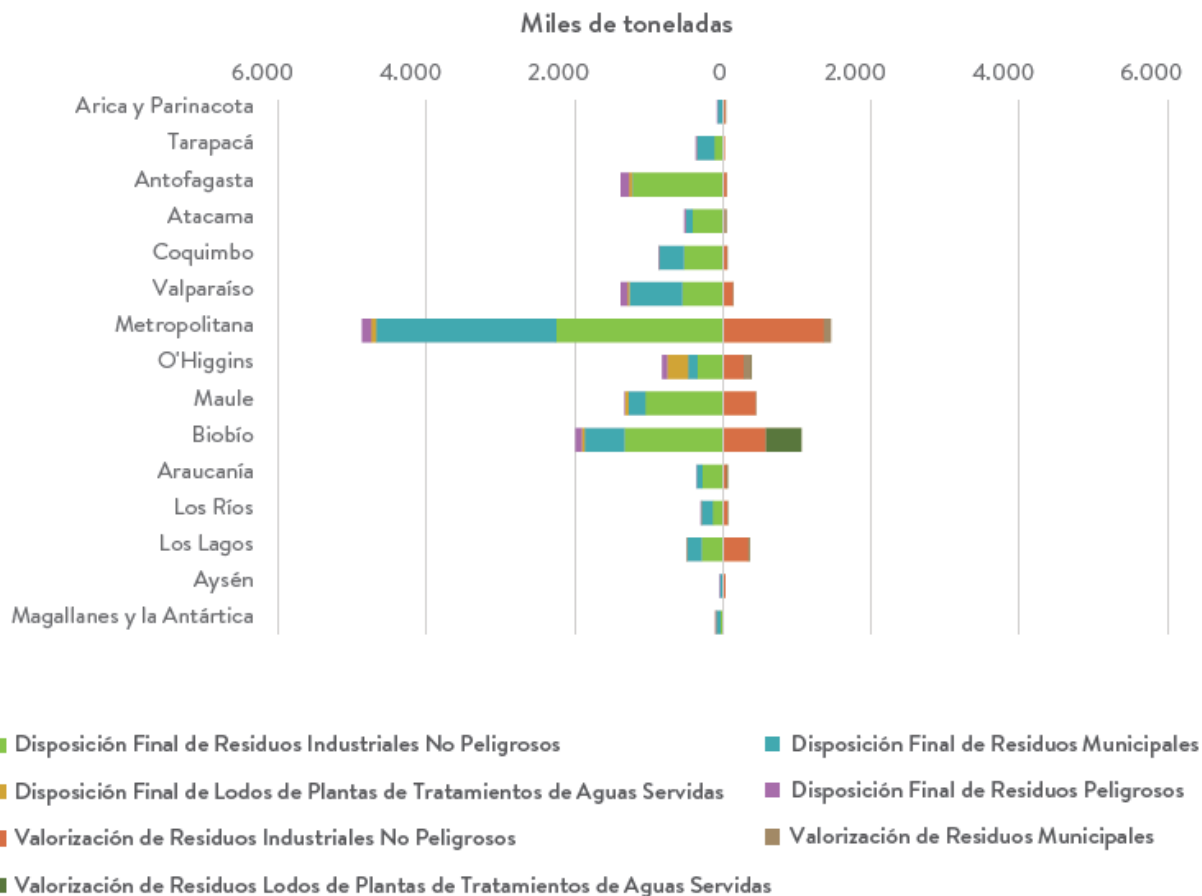
Figura A5: Porcentaje de generación de residuos a nivel regional, según origen.



Fuente: Elaboración propia, en base a SINADER y SIDREP, 2017.

Fuente: SINADER y SIDREP, 2017.

Figura A6: Valorización y disposición final de residuos a nivel regional



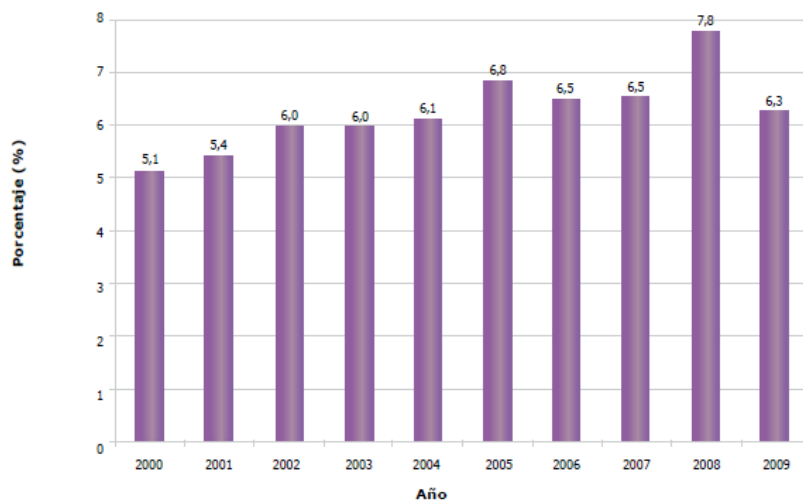
Fuente: SINADER y SIDREP, 2017.

Tabla A7: Generación de RSM en las comunas de la Región del Bío Bío.

Comuna	Generación de residuos (ton/año)	Comuna	Generación de residuos (ton/año)
Alto Bio Bío	4.765	Negrete	2.682
Antuco	1.762	Ninhue	2.505
Arauco	12.357	Ñiquén	1.923
Bulnes	2.439	Pemuco	4.260
Cabrero	8.868	Penco	14.081
Cañete	6.984	Pinto	5.083
Chiguayante	34.643	Portezuelo	2.402
Chillán	52.726	Quilaco	1.738
Chillán Viejo	8.768	Quilleco	2.460
Cobquecura	2.455	Quillón	7.252
Coelemu	4.642	Quirihue	2.429
Coihueco	5.304	Ránquil	1.601
Concepción	87.471	San Carlos	15.415
Contulmo	2.727	San Fabián	1.151
Coronel	32.283	San Ignacio	7.485
Curanilahue	11.956	San Nicolás	4.770
El Carmen	5.615	San Pedro de la Paz	33.741
Florida	4.683	San Rosendo	1.089
Hualpén	25.877	Santa Bárbara	3.664
Hualqui	6.586	Santa Juana	3.449
Laja	4.163	Talcahuano	51.566
Lebu	7.744	Tirúa	5.154
Los Alamos	6.222	Tomé	16.745
Los Angeles	57.142	Trehuaco	1.161
Lota	15.275	Tucapel	5.289
Mulchén	16.414	Yumbel	6.095
Nacimiento	5.339	Yungay	5.475
TOTAL		645.875	

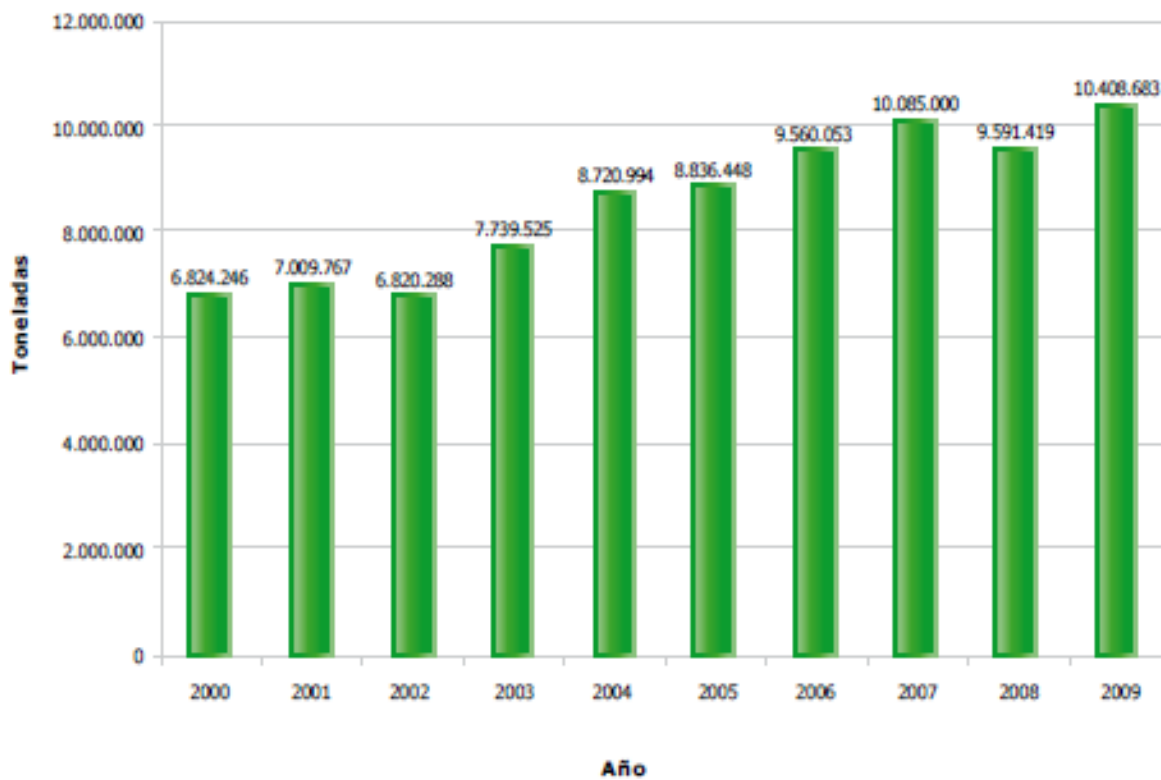
Fuente: CONAMA, 2010.

Figura A8: Tasa de Valoración de Residuos.



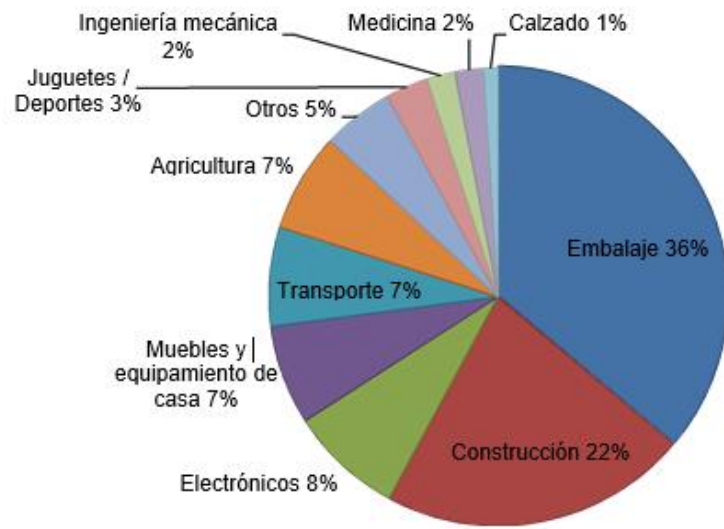
Fuente: CONAMA, 2010.

Figura A9 : Generación de Residuos Industriales Sólidos.



Fuente: CONAMA2, 2010.

Figura A10 : Generación de Residuos Industriales Sólidos.



Anexo 1 : Memoria de Cálculo de Cierres perimetrales de Panderetas de hormigón de 1.80 mts de altura.

- Hormigón:

El hormigón con las siguientes características:

· Hormigón de calidad H-20, con un $f'c \geq 200$ kg/cm² a los 28 días y nivel de confianza de 90%.

- Acero de Refuerzo:

AT 5650H con una tensión de fluencia mínima $f_y=5000$ kg/cm². (con resalte).

- Cargas de diseño:

a) Peso Propio:

La carga de peso propio se produce por el efecto de la gravedad sobre los distintos elementos de la Estructura.

Hormigón: 2.500 kg/m³

Acero: 7.850 kg/m³

b) Cargas Muertas:

Se consideran cargas muertas a aquellas cargas que actuarán de forma permanente en la estructura:

c) Sobrecargas:

d) Viento:

Según los antecedentes del lugar de emplazamiento de la estructura y de acuerdo a NCh 432, se considera una presión básica de 70 kg/m².

e) Sismo:

El análisis de cargas sísmicas se realizó mediante análisis sísmico estático de acuerdo al procedimiento indicado en la norma sísmica NCh433.of96-Mod2009. Para la obtención de las fuerzas sísmicas es necesaria la determinación del coeficiente sísmico (C).

Parámetros utilizados:

Zona sísmica = Zona 3

Tipo de suelo = E

Aceleración efectiva para la zona sísmica (A_0) = 0.4g

Del análisis se obtuvo que el coeficiente sísmico más desfavorable corresponde al C_{max} , señalado en la norma sísmica como $C = 0.4$, que entrega como resultado:

$C = 0.4$

El esfuerzo de corte basal:

$Q = C * I * P$

El peso sísmico se obtuvo mediante cubicación como el peso de la estructura.

Combinaciones de Carga

Para determinar los esfuerzos de diseño, se utilizan las siguientes combinaciones de carga:

Para el análisis de las estructuras de hormigón se utilizaron las siguientes combinaciones de carga:

Hormigón armado

C1 : 1.4 pp

C2 : 0.9 pp + 1.6 v

C3 : 0.9 pp + 1.4 s

Para verificar las deformaciones las combinaciones de carga son las siguientes:

C1 : 1.0 pp

C2 : 1.0 pp \pm 1.0v

C3 : 1.0 pp \pm 1.0s

Donde:

PP: Peso propio y cargas muertas.

S : Sismo en dos direcciones ortogonales.

V : Viento en dos direcciones ortogonales.

MEMORIA DE CÁLCULO

PILAR PANDERETAS

M Emitido para revisión y comentarios - Preliminar E.Q.R. Q.A.P. C. Belmar G. ENERO 2015C-2015-EBCO-1140-01-A

MÉTODO DE CÁLCULO

Se realizó el Análisis estructural, considerando modelaciones planas que toman en cuenta la forma de la estructura, las condiciones de apoyo existentes, la sección y además las fuerzas correspondientes a los diferentes estados de carga considerados. Estas cargas se aplican en los nudos y secciones, según corresponda y se calculan usando áreas tributarias. Se determinan los esfuerzos máximos para cada elemento estructural (axial, corte y momento) para los diferentes estados de carga considerados. Con estos esfuerzos se verifican los elementos al igual que se verifican los desplazamientos en los nudos, procurando que se mantengan dentro de los límites permitidos por la normativa chilena vigente.

Se utilizó el método de Diseño a Rotura para los elementos de hormigón armado basado en las hipótesis de diseño del Código ACI 318-08.

Se verifican las deformaciones según la norma sísmica NCH433.of 2006 - Mod. 2009.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS REALIZADO

Del análisis realizado, se verifica que la estructura SI resiste adecuadamente las distintas cargas solicitantes, esto es:

- Las tensiones de trabajo están sobre las tensiones límites admisibles establecidas en las normas vigentes.

- Las deformación horizontal, supera los límites admisibles señaladas en las normas vigentes.

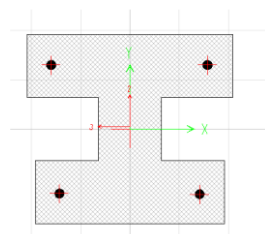
Pilar de Hormigón (Pandereta).

Propiedades:

Hormigón H20

Acero A630-420H

4 barras de diámetro 8 mm



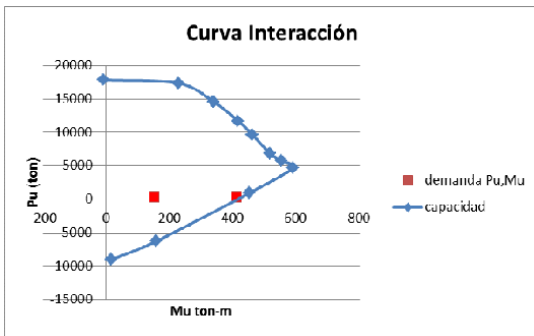
Esfuerzos debido al viento:

Altura portante	1.7 m
Altura pilar	1.8 m
Ancho Tributario	2 m
Presión del viento	70 kg/m ²
Factor de forma	1.2
q=	158.7 kg/ml
M=	257.0 kg-m
Mu=	411.3 kg-m

Demanda total:

	Pu	Mu	
	kg	kg-mt	
pp + s	378	151.2	sismo
pp + v	378	411	viento

Capacidad de columna:



Como se puede apreciar en los resultados expuestos. La capacidad de carga de la columna es capaz de soportar los esfuerzos que actúan en el pilar.

Las barras de 8 mm deben ir unidas con alambre #18.