



# UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

## **PROYECTO DE RECICLAJE DE RESIDUOS PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Ingeniería en PREVENCIÓN DE RIESGOS  
LABORALES Y AMBIENTALES

Alumna:

Daniela Andrea Monserrat Pardo Díaz

Profesor Guía:

Mg. Ing. Enrique Calderón Carmona

**2020**

*Dedico este trabajo de título en primera instancia a la persona que desde los primeros años de vida fue el pilar más importante dentro de mi formación, “Rubén Mendoza Letelier del Carmen Tata”, quien con mucha dedicación y sabiduría me entregó valores que atesoro hasta el día de hoy.*

*A mi madre Myriam y mi hermano François que siempre han estado presentes en mis logros y fracasos, entregándome un cariño infinito.*

*Y especialmente a Fernando, mi amigo, mi compañero, mi amor, quien me ha apoyado en cada uno de los pasos que doy en esta gran aventura que se llama vida.*

## RESUMEN

**KEYWORDS:** RECICLAJE DE PRFV - MEDIO AMBIENTE - MANEJO DE RESIDUOS - GESTIÓN DE RESIDUOS – RESIDUOS DE PRFV - PLÁSTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO - FIBRAS DE PRFV COMO ADITIVO PARA MORTEROS DE CEMENTO.

El presente trabajo es realizado con el objetivo de optar al Título de Ingeniería en Prevención de Riesgos Laborales y Ambientales en la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera, desarrollado dentro de las instalaciones de Tecnofiber, empresa Chilena dedicada a la fabricación de torres de enfriamiento, estanques y piezas en Plástico Reforzados con Fibra de Vidrio (PRFV), teniendo como propósito principal realizar un análisis de factibilidad económica proponiendo un modelo de negocio para la implementación de un Proyecto de Reciclaje de los Residuos de PRFV, logrando a través de ello otorgar una nueva vida útil a los residuos generados del proceso de laminación por proyección o también denominado Spray-Up Chopper Gun, mediante la integración como aditivo en la confección de morteros de cemento para uso constructivo.

En el primer capítulo se mencionaron los antecedentes generales, comenzando por el estado del arte de los Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio, revisando los procesos de Reciclaje, experiencia en reciclaje a nivel Internacional como Nacional. Continuando con los antecedentes de la empresa Tecnofiber, su estructura organizacional, describiendo los productos que fabricados en PRFV en sus instalaciones, junto con ello se detallan los materiales y materias primas utilizadas, describiendo detalladamente los procesos productivos que corresponden a Laminado Manual, Filament Winding y Spray Up Chopper Gun, presentando los diagramas de flujos de los procesos respectivamente.

En el segundo capítulo se estableció el marco legal en el cual se enmarca el Proyecto de Reciclaje de PRFV, haciendo referencia a todos aquellos cuerpos legales como leyes y decretos que se encuentran directamente asociados a la gestión de residuos peligrosos a nivel nacional, cabe destacar entre los más importantes como la Ley N° 20.920/2016 MMA y el D.S N°148/2003 MINSAL.

En el tercer capítulo se realizó un análisis del mercado del producto reciclado, detallando los requerimientos necesarios a nivel transversal del proyecto. Se explica la metodología de experimentación con el producto de fibras de PRFV como aditivo en morteros de cemento, realizando ensayos en los laboratorios de Ingeniería Civil en Construcción de la Universidad de Valparaíso y explicando los resultados de las muestras expuestas a ensayos de Resistencia a la Flexotracción y Compresión con sus respectivos análisis. Para finalmente realizar un análisis de la

inversión y costos del proyecto según sus requerimientos, elaborando flujos de caja bajo el escenario esperado y otra versión optimista, junto a sus respectivos análisis mediante la obtención del VAN, TIR y Payback, determinando mediante estos indicadores económicos la factibilidad y rentabilidad de su posible implementación.

Este trabajo de título culmina con las conclusiones y recomendaciones asociadas al proyecto de reciclaje de PRFV y la importancia de poder implementarlo considerando el valor no solo a través de del hecho de poder percibir una valorización a través del reciclaje, sino también como una excelente alternativa de convertir un residuo en un nuevo producto, colaborando con un mundo más limpio.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
<b>FUNDAMENTACIÓN</b>	<b>16</b>
<b>ALCANCE</b>	<b>17</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>19</b>
1.1. ESTADO DEL ARTE	20
1.1.1. Los plásticos reforzados con fibra de vidrio (PRFV)	20
1.1.2. La problemática de los residuos de PRFV	21
1.1.3. Proceso general de fabricación de los PRFV	22
1.1.4. Residuos y la economía circular	24
1.1.5. La Jerarquía en el manejo de residuos y el reciclaje	27
1.1.6. Proceso para el Reciclado	29
1.1.7. Métodos de Reciclaje del PRFV	30
1.1.8. Ventajas del reciclaje mecánico frente a otros métodos de reciclaje	34
1.1.9. Experiencias en reciclaje de PRFV a nivel internacional	36
1.1.10. Reciclaje de PRFV en Chile	40
1.2. LA EMPRESA	44
1.2.1. Reseña histórica	44
1.2.2. Misión	45
1.2.3. Visión	45
1.3. ESTRUCTURA DE LA EMPRESA	46
1.3.1. Estructura organizacional	46
1.3.2. Dotación de personal	46
1.4. DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS	47
1.4.1. Torres de enfriamiento	47
1.4.2. Estanques	49
1.4.3. Ventiladores	49
1.5. PROCESOS PRODUCTIVOS	50
1.5.1. Fabricación en PRFV	50
1.5.2. Materias primas y materiales	50
1.5.3. Descripción de los procesos productivos	54

1.5.4.	Diagramas de flujos procesos productivos	61
<b>CAPÍTULO 2: MARCO LEGAL</b>		<b>65</b>
2.1.	MARCO LEGAL	66
2.1.1.	Constitución política de la república de Chile: constitución/ 1980 MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA	66
2.1.2	Código del trabajo: D.F.L. N° 1/2002 MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL	66
2.1.3.	Código sanitario: D.F.L. N° 725/1967 MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA	67
2.1.4.	Ley 19.300/1994 MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA	68
2.1.4.	Ley 20.417/2010 MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA	69
2.1.5.	Ley 20.920/2016 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	70
2.1.6.	Decreto supremo N° 594/1999 MINISTERIO DE SALUD	72
2.1.7.	Decreto supremo N° 148/2003 MINISTERIO DE SALUD	73
2.1.8.	Decreto supremo N° 1/2013 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	77
2.2.	RESUMEN DE NORMATIVA ASOCIADA A LOS RESIDUOS	78
<b>CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO</b>		<b>79</b>
3.1.	FIBRAS DE PRFV RECICLADAS COMO ADITIVO EN MORTEROS DE CEMENTO	80
3.1.1.	Presentación y descripción del producto	81
3.1.2	Beneficios	82
3.1.3	Formato	82
3.1.4.	Descripción del proceso del reciclaje de fibras de PRFV como aditivo para morteros de cemento	82
3.1.5.	Diagrama de flujo del proceso de reciclaje de residuos de PRFV	84
3.2.	ANÁLISIS DE MERCADO	85
3.2.1.	Limitaciones del análisis de mercado	85
3.2.2.	Determinación del mercado potencial	86
3.3.	REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO	89
3.3.1.	Requerimientos normativos	89
3.3.2.	Requerimientos tecnológicos	96
3.3.3.	Infraestructura	98
3.3.4.	Competencias y formación del personal	99
3.3.5.	Gestión documental	100
3.3.6.	Alianzas estratégicas	100
3.3.7.	Requerimientos Técnicos	101

3.4.	EXPERIMENTACION	108
3.4.1.	El mortero y sus aplicaciones	108
3.4.2	Dosificación de morteros	108
3.4.3.	Variable Independiente	111
3.4.4.	Corrección por Humedad	111
3.4.5.	Consistencia	112
3.4.6.	Proceso de moldaje, desmoldaje y curado de probetas	112
3.5.	RESULTADOS	114
3.5.1.	Densidad	115
3.5.2.	Resistencia a la Compresión	117
3.5.3.	Resistencia a la Flexotracción	119
3.6.	ANÁLISIS DE INVERSIÓN Y COSTOS DEL PROYECTO	122
3.6.1.	Valores a considerar en el análisis	122
3.6.2.	Horizonte del proyecto	123
3.6.3.	Tasa de descuento	123
3.6.4.	Depreciación	123
3.6.5.	Financiamiento	124
3.6.6.	Criterios para la elaboración de flujos de caja	124
3.6.7.	Cuotas, interés y amortización	128
3.6.8.	Análisis de indicadores económicos	129
3.6.9.	Escenario optimista del proyecto	130
3.6.10.	Cuotas, interés y amortización en escenario optimista	134
3.6.11.	Análisis de indicadores económicos del proyecto en escenario optimista	135
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>137</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>139</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>143</b>
	ANEXO A: TABLA VOLUMENS DE PRODUCCIÓN DE PRFV EN EUROPA	144
	ANEXO B: GRÁFICO GENERACIÓN DE RESIDUOS A NIVEL NACIONAL, 2015-2016	145
	ANEXO C: TABLA PARTICIPACIÓN DE SECTORES PRODUCTIVOS EN LA GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS POR CIU, 2014	146
	ANEXO D: GRÁFICO ORIGEN Y DESTINO DE LOS RESIDUOS PELIGROS A NIVEL REGIONAL, 2014	147
	ANEXO E: GRÁFICO RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS PER CÁPITA, 2015-2016 148	
	ANEXO F: MODELOS DE TORRES DE ENFRIAMIENTO	149
	ANEXO G: MODELOS DE ESTANQUES	151
	ANEXO H: MODELOS DE VENTILADORES	154

ANEXO I: LAYOUT GALPÓN DE RECICLAJE DE PRFV	155
ANEXO J: LAYOUT GENERAL TECNOFBER	156
ANEXO K: COTIZACIÓN MÁQUINA EMPAQUETADORA Y PESADORA	157
ANEXO L: COTIZACIÓN MÁQUINA SELLADORA Y COSEDORA	158
ANEXO M: COTIZACIÓN CONTAINER DE 20 PIES	159
ANEXO N: COTIZACIÓN DE ESTANTERÍAS	160
ANEXO O: DOSIFICACIÓN DE MORTEROS	161
ANEXO P: RESULTADOS ENSAYOS COMPRESIÓN	162
ANEXO Q: RESULTADOS ENSAYOS FLEXOTRACCIÓN	167
ANEXO R: SIMULACIÓN CRÉDITO BANCO SANTANDER	170
ANEXO S: SIMULACIÓN CRÉDITO BANCO BICE	171
ANEXO T: ANEXO FOTOGRÁFICO	172

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Esquema general de un proceso de fabricación de piezas de plástico reforzado	23
Figura 1-2. Esquema de economía circular	26
Figura 1-3. Jerarquía para el manejo de residuos	27
Figura 1-4. Demanda de energía en métodos de reciclaje de composites	35
Figura 1-5. Volumen de producción de PRFV en Europa desde 1999 (en miles de toneladas) (2018 = estimación)	36
Figura 1-6. Correlación entre la producción de PRFV y la economía en general	37
Figura 1-7. Volúmenes de producción de PRFV en Europa según procesos / componentes - año actual y los tres años anteriores (kt = kilotoneladas, 2018 = estimación)	38
Figura 1-8. Cuota de mercado de la producción europea de GRP por país, 2018	38
Figura 1-9. Generación por año de residuos peligrosos versus cantidad de establecimientos, Serie 2006 - 2014	40
Figura 1-10. Generación de Residuos Peligrosos en 2014* según clasificación de listados D.S. N°148/2003 MINSAL	41
Figura 1-11. Tasa nacional de valorización y reciclaje, toneladas de material valorizado reciclado, 2015-2016	43
Figura 1-12. Fotografía empresa Tecnofiber S.A.I.C.	44
Figura 1-13. Organigrama empresa Tecnofiber S.A.I.C.	46
Figura 1-14. Esquema de funcionamiento torre de enfriamiento por tiro inducido	48
Figura 1-15. Esquema de funcionamiento torre de enfriamiento por tiro forzado	48

Figura 1-16. Aplicación de resinas con rodillo durante el proceso de laminado manual	56
Figura 1-17. Utilización de rodillo metálico para retirar excesos de resina y burbujas de aire durante el proceso de laminado manual	57
Figura 1-18. Estructura cilíndrica de madera para estanques	58
Figura 1-19. Estanques en etapa de curado, fabricados mediante proceso filament winding	59
Figura 1-20. Pistola de aplicación Spray-up Chopper Gun	60
Figura 1-21. Proceso de laminado por proyección	60
Figura 3-1. Fibras de PRFV recicladas	81
Figura 3-2. Fibras de PRFV recicladas	82
Figura 3-3. Códigos que definen a contribuyentes del sector de la Construcción	87
Figura 3-4. Máquina empaquetadora de llenado y pesaje automático	97
Figura 3-5. Máquina cosedora de sacos de papel kraff	98

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Leyes y decretos asociados a la gestión de residuos	78
Tabla 3-1. Tabla de ventas en obras menores en construcción (2005-2015)	87
Tabla 3-2. Tramitaciones autorizaciones sanitarias	96
Tabla 3-3. Consumo de energía área de galpón de reciclado prfv	102
Tabla 3-4. Inversión en personal	102
Tabla 3-5. Inversión en maquinaria	103
Tabla 3-6. Inversión complementaria	104
Tabla 3-7. Costos de venta	104
Tabla 3-8. Costos de materia prima	105
Tabla 3-9. Costos fijos	105
Tabla 3-10. Resumen [kg. /m <sup>3</sup> mortero]	110
Tabla 3-11. Resumen [2 lt.] [kg. /2lt.]	111
Tabla 3-12. Corrección por humedad	111
Tabla 3-13. Consistencia	112
Tabla 3-14. Medición y pesado de probetas	114
Tabla 3-15. densidad	116
Tabla 3-16. Resistencia a la compresión	118
Tabla 3-17. Resistencia a la flexotracción	120
Tabla 3-18. Resumen	121
Tabla 3-19. Flujo de caja proyecto puro	126

Tabla 3-20. Flujo de caja proyecto con un 40% financiamiento	127
Tabla 3-21. Indicadores de flujos de caja en proyecto puro	128
Tabla 3-22. Indicadores de flujos de caja en proyecto con financiamiento del 40%	128
Tabla 3-23. Cálculo amortización crédito	128
Tabla 3-24. Cuotas, interés y amortización para el financiamiento del 40%	129
Tabla 3-25. Resumen indicadores de flujos de caja	129
Tabla 3-26. Flujo de caja proyecto puro en escenario optimista	132
Tabla 3-27. Flujo de caja proyecto con un 40% financiamiento en escenario optimista	133
Tabla 3-28. Indicadores de flujos de caja en proyecto puro en escenario optimista	134
Tabla 3-29. Indicadores de flujos de caja en proyecto con financiamiento del 40% en escenario optimista	134
Tabla 3-30. Cálculo amortización crédito en escenario optimista	135
Tabla 3-31. Cuotas, interés y amortización para el financiamiento del 40% en escenario optimista	135
Tabla 3-32. Resumen indicadores de flujos de caja en escenario optimista	136

### **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 3-1. Consistencia por contenido de fibra	112
Gráfico 3-2. Densidad por Contenido de fibra	117
Gráfico 3-3. Resistencia a la compresión por contenido de fibra	119
Gráfico 3-4. Resistencia a la flexotracción por contenido de fibra	121

### **ÍNDICE DE DIAGRAMAS**

Diagrama 1-1. Flujo del proceso de laminado manual	61
Diagrama 1-2. Flujo del proceso filament winding	62
Diagrama 1-3. Flujo del proceso de laminado por proyección	63
Diagrama 1-4. Flujo de control de calidad	64
Diagrama 3-1. Flujo del proceso de reciclaje de residuos PRFV	84

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 3-1. VAN	106
Fórmula 3-2. TIR	107
Fórmula 3-3. PRI	107
Fórmula 3-4. Suma de volúmenes	109
Fórmula 3-5. Densidad	115
Fórmula 3-6. Volumen prisma	115
Fórmula 3-7. Resistencia a la compresión	117
Fórmula 3-8. Resistencia flexotracción	119

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

### A. SIGLAS

Art.	: Artículo
CIU	: Clasificación Industrial Internacional Uniforme de las Actividades Económicas
CONAMA	: Comisión Nacional de Medio Ambiente
D.S.	: Decreto Supremo
FRP	: Fibre Reinforced Plastic
HDS	: Hoja de Datos de Seguridad
IPC	: Índice de Precios al Consumidor
MEC	: Metil Etil Cetona
N°	: Número
OCDE	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PRFV	: Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio
PRI	: Periodo de Recuperación de la Inversión.
RETC	: Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes
S.A.I.C.	: Sociedad Anónima Industrial y Comercial
SEREMI	: Secretaría Regional Ministerial
SII	: Servicio de Impuestos Internos
SINADER	: Sistema Nacional de Declaración de Residuos
SIDREP	: Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligroso
TIR	: Tasa Interna de Retorno
VAN	: Valor Actual Neto

## B. SIMBOLOGÍAS

°C	: Grados Celsius
D	: Densidad
g/m <sup>2</sup>	: Gramo por metro cuadrado
g/m <sup>3</sup>	: Gramo por metro cúbico
kN	: Kilonewton
kt	: Kilotoneladas
kW	: Kilovatio
kWh	: Kilovatio hora
m	: Metro
mm	: Milímetros
MPa	: Mega Pascal
\$	: Peso chileno
%	: Porcentaje
R <sub>c</sub>	: Resistencia a la compresión
R <sub>f</sub>	: Resistencia a la flexotracción
Ton.	: Toneladas
V	: Volumen

## INTRODUCCIÓN

La presencia de plásticos en los residuos se ha ido incrementando sustancialmente en las últimas décadas, representando a nivel mundial una de las problemáticas ambientales de mayor envergadura que se debe enfrentar hoy en día, considerando que este material no se degrada y tiene una permanencia de cientos, incluso miles de años en nuestro planeta. “La masiva generación de residuos está creando un importante problema a nivel global, por lo que resulta urgente hallar las soluciones adecuadas para solventarlo de la forma más sostenible posible” (Castells, 2012, p.45). Es por ello que uno de los grandes cuestionamientos corresponde al planteamiento de cómo lograr deshacerse del volumen creciente de los residuos que se generan.

Los plásticos termoestables representan una tercera parte de la producción mundial anual de polímeros, dentro de esta clasificación se encuentran los plásticos reforzados con fibra de vidrio que corresponden a materiales de relativamente nueva aparición pero de gran consumo, que ha generado aplicaciones masivas sobre todo en el sector industrial debido a su alta resistencia química y mecánica considerando además de su bajo costo. Esto supone un problema ambiental, ya que las posibles soluciones a los residuos de este tipo han surgido cuando el problema de las grandes cantidades de desechos de este tipo de materiales se ha hecho evidente y, por tanto, ya hay grandes volúmenes vertidos sin ningún reciclado o aprovechamiento previo. (Castells, 2012, p.1001).

Una solución sustentable a esta problemática favorece al Reciclaje que permite restituir su valor económico, evitando así su disposición final. Las técnicas para el reciclado de materiales poliéster reforzados con fibras de vidrio se identifican en dos principales grupos: métodos mecánicos, que involucra técnicas de trituración para reducir el tamaño de los residuos y métodos térmicos que consisten en el uso de calor para descomponer los residuos en las materias primas y finalmente, energía. (Ibarra et al, 2017, p.67)

Los materiales reciclados de PRFV se han investigado como un ingrediente potencial en la gama de nuevos materiales, tales como termoplásticos compuestos y el hormigón. (Palmer, 2009, p.47). Es por estas razones ya fundadas que se pretende generar un proyecto de reciclaje de residuos para el proceso de manufactura de plásticos reforzados con fibra de vidrio, con la finalidad de valorizar este material compuesto como aditivo para morteros o concretos, generados a partir de fibras de PRFV provenientes del proceso de laminación por proyección obtenido mediante el reciclaje de los residuos de la manufactura de PRFV. Y bajo este escenario acceder a la oportunidad de desarrollar un

modelo de gestión y de negocios que permita no sólo obtener ganancias a partir de la valorización de sus propios residuos, sino que también permita un desarrollo sostenible de estos materiales en el medio ambiente, logrando mediante estas premisas el impulso hacia una economía circular, reduciendo el impacto ambiental y pretendiendo además servir como proyecto pionero a nivel nacional en base a esta temática, resultando en una posible implementación

La Asociación Latinoamericana de Materiales Compuestos de Chile (ALMACO Chile A.G.) es una asociación gremial que representa y congrega a la industria nacional de materiales compuestos, entre ellas TECNOFIBER S.A.I.C. una de las empresas pertenecientes a esta asociación, posicionada a nivel nacional como una de las industrias pioneras en cuanto a fabricación de productos a partir de PRFV, ubicada en la comuna de Villa Alemana de la región de Valparaíso, contemplada como un excelente nicho para la realización de los estudios, análisis y posterior propuesta de implementación para el proyecto de reciclaje de residuos para el proceso de manufactura de plásticos reforzados en fibra de vidrio.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un Proyecto de Reciclaje de Residuos para el Proceso de Manufactura de Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Analizar el Marco Legal y Normativo para el reciclaje de residuos relacionado con los Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio.
2. Analizar la Factibilidad Económica para el Proyecto de Reciclaje.
3. Elaborar un Modelo de Negocio para la Implementación del Proyecto de Reciclaje.

## **FUNDAMENTACIÓN**

Este Proyecto nace a raíz de la necesidad detectada en base a la interacción con representantes de Empresa TECNOFIBER S.A.I.C. y ALMACO, en que se manifiesta la difícil situación que se ha ido originando a través del tiempo con los residuos generados en la industria de la manufactura de los Plásticos Reforzados en Fibra Vidrio, llevando a la mayoría de las empresas relacionadas a ese sector industrial a solicitar los servicios de otras para su eliminación, considerando para ello la disposición final del material compuesto de PRFV en la eliminación en rellenos sanitarios autorizados o en vertederos.

En Chile con la entrada en vigencia de la Ley N°20.920 que establece marco para la gestión de residuos y la responsabilidad extendida del productor y el fomento al reciclaje, se está generando un cambio de visión hacia la Jerarquización de los residuos con el objetivo de promover la Prevención, Reutilización, Reciclaje, Valorización y en última instancia la Eliminación. Permitiendo de esta manera utilizar dicho instrumento legal para el desarrollo proyectos de gestión de residuos, sin contemplar la Eliminación de estos como una única alternativa, porque desde punto de vista ambiental la disposición final de los residuos en un relleno sanitario no corresponde en ningún caso a un desarrollo sustentable, y por otro lado se estarían desaprovechando enormemente los beneficios económicos que podría conllevar el reciclaje de estos residuos. Es por ello que se hace necesario redefinir el enfoque de la gestión de los residuos de PRFV y visualizar la problemática actual a nivel país de lo que está sucediendo con estos materiales en el medio ambiente.

Es por ello que se presenta el Proyecto de Reciclaje de Residuos de PRFV el cual permitirá a la organización desarrollar el manejo de sus residuos de manera sostenible, reduciendo considerablemente los desechos eliminados y junto con ello otorgarle un nuevo uso a esos desechos de PRFV. Y bajo este escenario accediendo a la oportunidad de desarrollar un modelo de gestión y de negocios que permita no sólo obtener ganancias a partir de sus propios residuos, sino que también acceder al reciclaje de residuos generados en otras organizaciones con el fin de dar un nuevo uso o nueva vida útil a estos desechos que son tan perdurables en el tiempos y por lo tanto difícil de degradar en el ambiente, permitiendo a través de ello un proceso mucho más sostenible y reducir considerablemente el impacto en el medio ambiente. De esta manera enfocarse en la prevención y la valorización de los residuos, en todos sus aspectos.

## **ALCANCE**

El presente proyecto tendrá un rango de alcance que contemplará las etapas de análisis de marco legal, de la factibilidad técnica económica y la elaboración de un plan de acción para la implementación del proyecto de reciclaje. Desarrollando el proyecto en empresa TECNOFIBER S.A.I.C., dedicada a la fabricación de torres de enfriamiento y estanque de PRFV, cuya organización cuenta con sus instalaciones ubicadas en calle Nueva Hipódromo N°690, comuna de Villa Alemana, no posee sucursales y manteniendo una dotación de personal que fluctúa entre los 15 y 20 trabajadores, dependiendo de los periodos de mayor exigencia productiva.

Es de suma importancia señalar que se cuenta con el pleno apoyo de la empresa para realizar las visitas, reuniones, entrevistas, acceso y recopilación de la información necesaria para el desarrollo del proyecto. Considerando que todos estos puntos estarán orientados al principal residuo que se genera en los procesos de manufactura de plásticos reforzados en fibra de vidrio, como es el caso de los residuos del proceso de laminación por proyección. Se contempla además la disponibilidad para la entrega de estos residuos.

Si bien es cierto se utilizará como base a la empresa TECNOFIBER S.A.I.C., pero se busca que el proyecto sea aplicado de forma transversal en cualquier organización que presente características similares en cuanto a los residuos generados.

Por otra parte es importante señalar que no incluye la implementación del proyecto, ya que se diseñará un plan de acción enfocado en el reciclaje del residuo.

## **METODOLOGÍA**

La metodología empleada considera para su desarrollo una serie de etapas que se siguieron de manera consecutiva para la realización de las actividades y en la búsqueda de la trazabilidad con los objetivos específicos propuestos:

### **Etapas 0**

- Estado del Arte: Se hará una revisión del Estado del Arte actual, mediante la revisión de publicaciones de carácter científico en revistas, tanto Internacionales como Nacionales, además de la utilización de textos, papers, estudios e investigaciones más recientes y presentaciones relacionadas al manejo de residuos de PRFV o en

otras industrias que generen residuos similares. Y con la información recopilada realizar un análisis entre lo existente y lo requerido

- **Revisión y Recopilación de Documentos:** Para la evaluación y realización de este trabajo se hará un levantamiento de la situación actual en relación a la gestión de los residuos productivos de la industria de los PRFV. Para esto se comenzará con una descripción de la empresa, su proceso productivo y todo elemento importante para el desarrollo del estudio. Luego se analizarán cuáles son los residuos generados y cómo se realiza la gestión de estos en la empresa. Para esto se utilizará diagramas de flujo, organigramas y toda información disponible r a la investigación.

### **Etapa 1**

- **Analizar el Marco Legal:** Para realizar el marco legal se realizará un levantamiento de todos los cuerpos legales que se encuentran relacionados con las gestiones de los residuos de PRFV y otros aspectos atinentes. Para ello será necesario realizar una verificación y selección de los aspectos o puntos que son relevantes a considerar para el desarrollo y análisis posterior en este proyecto. Considerándose a partir de la Constitución Política, Código Sanitario, Ley sobre Bases Generales de Medio Ambiente, Ley de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje.

### **Etapa 2**

- **Realizar Ensayos en Laboratorio:** Se refiere a la realización de probetas de mortero con fibras de PRFV provenientes del proceso de laminado por proyección o Spray-up Chopper Gun, como aditivo para los ensayos de resistencia de Flexotracción y de Compresión, en los laboratorios de la Universidad de Valparaíso de la Carrera de Ingeniería Civil en Construcción.
- **Analizar la Factibilidad Económica para el Proyecto de Reciclaje:** Esto contempla el desarrollo de un estudio de prefactibilidad económica para la implementación del proyecto de reciclaje de residuos del proceso de manufactura de PRFV. Para ello es necesario realizar un Análisis de Costos, Análisis de Flujos de Caja y obtener indicadores de Rentabilidad del Proyecto como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Payback.

### **Etapa 3**

- **Elaboración de un Plan de Acción para la Implementación del Proyecto de Reciclaje:** Generación de un plan de acción en base a los resultados obtenidos del Análisis de factibilidad económica del proyecto de reciclaje de residuos de la manufactura de PRFV.

**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

### 1.1. ESTADO DEL ARTE

#### 1.1.1. Los plásticos reforzados con fibra de vidrio (PRFV)

Los materiales compuestos han tenido un auge importante a través del tiempo, pero solamente desde las últimas cinco décadas su uso cotidiano se ha generalizado de forma transversal, sobre todo en el sector industrial. Para profundizar en este tema se comenzará con la definición de material compuesto, que corresponde a todo sistema o combinación de materiales constituido a partir de una unión (no química, insolubles entre sí) de dos o más componentes, que da lugar a uno nuevo con propiedades características específicas, no siendo estas nuevas propiedades ninguna de las anteriores. Podemos identificar dos fases: una continua, constituida por la matriz, y otra fase discontinua, denominada refuerzo. Los componentes de un material compuesto no deben disolverse ni fusionarse completamente unos con otros. La identificación de los materiales y la de su interfase debe ser posible de distinguir por medios físicos. (Besednjak et al, 2005, p.15)

Con respecto a la clasificación de los materiales compuestos, estos se pueden segmentar en tres grandes grupos en base a su matriz, como: materiales compuestos de matriz metálica, de matriz cerámica y de matriz polimérica. Y es en esta última categoría donde se desea ahondar aún más, por lo tanto, los materiales compuestos de matriz polimérica, se pueden definir como materiales con buenas propiedades mecánicas, resistentes a la corrosión y a los agentes químicos, y que dadas sus particulares características, pueden ser moldeados con absoluta libertad de formas. En ellos la matriz está constituida por un polímero y el refuerzo es algún tipo de fibra, ya sea sintética o inorgánica. Pudiendo destacar entre éstos los materiales compuestos termoestables, con sus principales grupos de matrices, las resinas poliéster, viniléster, epoxi, y fenólicas; y, como materiales de refuerzo, las fibras de vidrio, las aramídicas (kevlar) y las de carbono, tomando la forma de numerosos tipos de estructuras textiles simples o combinadas. (Besednjak et al, 2005, p.16) Dentro de estas conjugaciones se precisa destacar uno de los materiales compuestos más ampliamente utilizado a nivel industrial, correspondiendo a los plásticos reforzados en fibra de vidrio, conocidos también como PRFV o FRP; esta última su sigla en inglés, contemplando su uso a nivel mundial en la industria de la aeronáutica y en el sector aeroespacial, en la industria automotriz como elementos de carrocería para autobuses, autocaravanas, motocicletas, etc., en la industria náutica como:

lanchas, barcas, en electrónica, armarios de distribución de electricidad y accesorios de industria eléctrica (interruptores, aislantes, etc.), tuberías para saneamiento, abastecimiento de aguas, residuos industriales, industria química, etc., postes para alumbrado, conducción de energía eléctrica o de telefonía, recipientes para baterías de automoción de tamaños especiales, mobiliario de jardinería, artículos y objetos tales como: sanitarios (piscinas, bañeras), carcasas para pequeña maquinaria agrícola, carcasas para pantallas luminosas y techos translúcidos, depósitos y recipientes en general, entre otros.

Destacando dentro de sus principales virtudes su alta resistencia mecánica, junto con poseer aislamiento térmico, no es conductor de electricidad, es más liviano, posee propiedades que lo hacen resistente a la corrosión y a la temperatura, considerando además la facilidad de para crear formas complejas, siendo fácil de reparar y su bajo costo que permite una alta rentabilidad.

#### 1.1.2. La problemática de los residuos de PRFV

La composición de los plásticos reforzados con fibra de vidrio (PRFV) es a partir de resinas termoestables y fibra de vidrio, que en su fabricación implica una reacción química en la que se forman moléculas y se libera calor, a consecuencia de ello se forma una nueva red de moléculas, garantizando la resistencia al fuego cuando se calienta el material.

Con respecto a las resinas es donde se quiere dar mayor énfasis, aclarando las diferencias en base a su composición polimérica y que por lo tanto presentan un comportamiento totalmente distinto al emplearlo, donde cabe destacar la presencia de los polímeros termoestables y los termoplásticos. Los termoplásticos son aquellos que se deforman con calor, se solidifican al enfriarse y se pueden volver a procesar posteriormente cuantas veces se requiera sin perder sus propiedades, debido a que su estructura química básica no cambia, siendo por lo tanto, plásticos reciclables. Normalmente son moldeados mediante los procesos de inyección, extrucción, soplado u otro. Entre los materiales más conocidos pueden incluirse, Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, PVC, Nylon etc.

Por otro lado los plásticos termoestables presentan un comportamiento totalmente opuesto al anterior, ya que en una primera vez se deforman por calor y presión, pero las moléculas se entrecruzan entre sí, entregando un plástico más rígido y resistente al calor que los termoplásticos, pero también más frágil. No pudiendo ser reprocesados después de haber sido conformados ya que sus enlaces no se rompen al volver a

calentarlos. Algunos ejemplos de materiales termoestables son las resinas de poliéster, epoxi y poliuretano.

En el caso concreto de las resinas de poliéster; se considera ésta de mayor interés debido a que representa una mayor utilización en lo que respecta a la manufactura de materiales de PRFV, se suministran en forma de líquido viscoso, que con la adición de productos químicos adecuados se transforma, pasando de un estado líquido a un estado sólido. Y luego, una vez que esta resina ha obtenido su estado sólido, no podrá ser transformado nuevamente en estado líquido.

Esta principal condición que presentan los materiales compuestos de matriz termoestable, los cuales no pueden ser reprocesados mediante procesos de refundición, sumado al alto contenido y tipos de refuerzos minerales inorgánicos como es el caso de la fibra de vidrio con propiedades muy distintas a la matriz, es donde radica la problemática de los tratamientos de estos composites, impidiendo que se pueda recuperar total o parcialmente para su posterior reutilización. Considerando además que los materiales plásticos poseen una gran dificultad a la degradación, ya que no son biodegradables, es decir, no se degradan con el paso del tiempo, pudiendo permanecer en el medioambiente hasta 1000 años.

### 1.1.3. Proceso general de fabricación de los PRFV

El proceso de fabricación de los PRFV hablando en términos generales se inicia con la confección de un modelo a partir del cual se obtiene un molde. El molde se recubre con una cera y a continuación se aplica una primera capa de gel-coat, que es un barniz realizado a base de macromoléculas orgánicas pigmentadas y estireno, mezclados con un catalizador que favorece la reacción de polimerización. El espesor de la capa de gel-coat oscila entre 0,5 mm y 0,6 mm llegando en algunos procesos a espesores de 0,8 mm. Esta primera capa será finalmente la parte visible de la pieza fabricada. Cuando el gel-coat está completamente seco, se inicia la etapa de laminación.

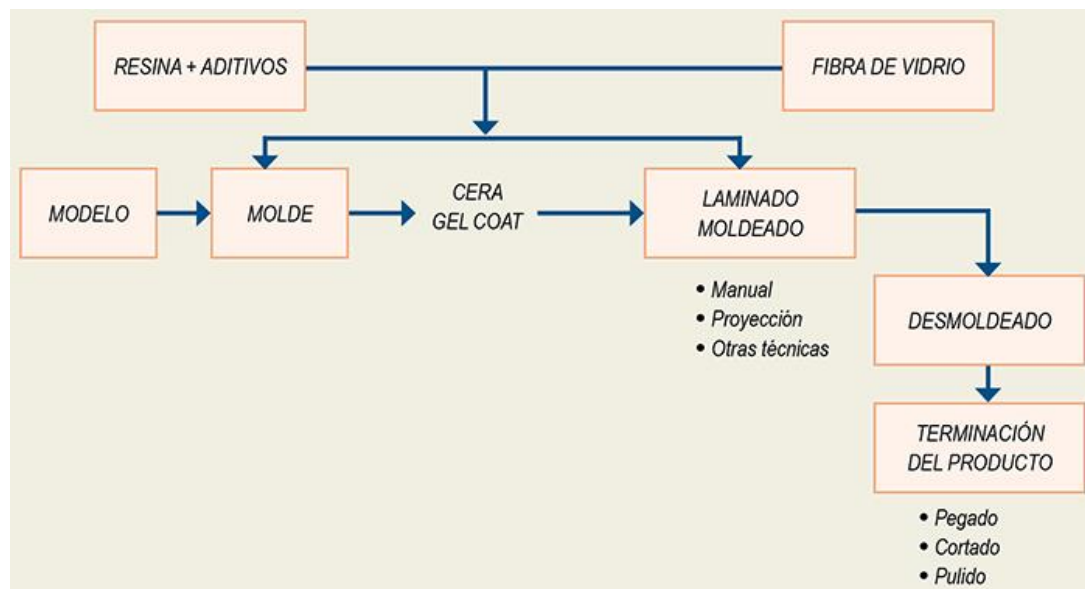
En la etapa de laminado se depositan capas sucesivas de resina y fibra de vidrio sobre la superficie del molde. Esta operación se realiza generalmente de forma manual para la fabricación de piezas grandes. Para piezas de pequeño tamaño, se utiliza el moldeado cerrado, que consiste en la inyección de la mezcla en un molde.

Para el laminado se debe preparar una mezcla o gel a base de resina, estireno y un sistema catalítico compuesto por “catalizador” y “acelerador”. Se define el tiempo de gel como aquél que transcurre desde la adición del catalizador hasta que la resina adquiere una consistencia gelatinosa. Este tiempo varía en función de la temperatura y la

dosificación del catalizador y acelerador. Una vez obtenida la consistencia adecuada, se procede generalmente al laminado.

El proceso de polimerización o “curado”; en el que las moléculas de estireno, a través de sus dobles enlaces, se unen a las instauraciones del polímero formando un compuesto reticulado tridimensional, transformando la resina de líquido en sólido, se genera una fuerte reacción exotérmica, que puede alcanzar temperaturas de hasta 160 °C - 200 °C. Sin embargo en los laminados de superficie la temperatura es mucho más baja debido a la mayor disipación del calor.

La etapa final consiste en el desmoldeo y posterior terminación del producto, utilizándose para ello técnicas como pulido, pegado, cortado y ensamblado, según los casos. De esta manera los procesos de fabricación de productos de plástico reforzado con fibra de vidrio se basan siguiendo el esquema que se indica a continuación



Fuente: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España

Figura 1-1. Esquema general de un proceso de fabricación de piezas de plástico reforzado

#### 1.1.3.1. Técnicas de elaboración de productos de plástico reforzado con fibra de vidrio

Las técnicas de elaboración de productos de PRFV se pueden clasificar en técnicas de molde abierto y de molde cerrado.

Las técnicas de molde abierto (moldeo por contacto), que corresponden a las técnicas más comunes y las que dan lugar a mayores exposiciones a estireno debido a la naturaleza del proceso. La laminación puede ser:

- a) Laminación manual: consiste en depositar la resina, de forma manual o mediante máquinas, sobre una malla de fibra de vidrio donde se distribuye utilizando un cepillo o un rodillo. Estas herramientas, además de distribuir la resina, sirven para compactar y eliminar las burbujas de aire que podrían quedar ocluidas en el material.
- b) Laminación mediante proyección: esta técnica utiliza una máquina que va cortando la fibra en pequeños trozos y, a continuación, mediante el uso de una pistola aplica, de forma simultánea, los trozos de fibra y el gel sobre el molde. La compactación tiene lugar de la misma forma que en el laminado manual. Generalmente, esta técnica genera de 2 a 3 veces más vapor de estireno que el laminado manual.

#### Técnicas de molde cerrado

- a) Inyección o Moldeo por Transferencia de Resina (RTM): En este método se utiliza un molde que posee entradas para inyectar la resina y salidas para la evacuación del aire al exterior. El tejido de fibra de vidrio se coloca en el molde y éste se cierra. Posteriormente, se inyecta la resina mediante una bomba de forma que se impregnen el tejido de fibra de vidrio y se rellenen las cavidades del molde. Una vez realizada la impregnación se cierran las entradas y las salidas y se aplica calor para el curado de la resina. Cuando transcurre el tiempo necesario se abre el molde y se retira la pieza. Los moldes constan de dos partes y son rígidos, pero hay variantes en las que una mitad es rígida y la otra es una estructura o lámina flexible.
- b) Infusión o Moldeo por transferencia de resina asistido mediante vacío (VARTM): Es semejante al anterior pero en este caso la inyección tiene lugar mediante vacío. También se pueden usar combinaciones de ambas técnicas.

#### 1.1.4. Residuos y la economía circular

Un residuo se define como una “sustancia o un objeto que su generador desecha o tiene la intención u obligación de desechar de acuerdo a la normativa vigente” (Ley N°20.920, 2016), los cuales pueden ser clasificados de distintas formas, de acuerdo a su origen, o en base a sus características como se muestra a continuación:

Según sus características:

- a) Residuo peligroso: residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto.

- b) Residuo no peligroso: residuo que no presenta riesgo para la salud pública ni efectos adversos al medio ambiente.
- c) Residuo inerte: es un residuo no peligroso que no experimenta variaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble, ni combustible, ni reacciona física o químicamente, ni de ninguna otra manera. No es biodegradable y tampoco afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto.

Según su origen:

- a) Residuos sólidos municipales: incluye residuos sólidos domiciliarios y residuos similares a los anteriores generados en el sector servicios y pequeñas industrias. También se consideran residuos municipales a los derivados del aseo de vías públicas, áreas verdes y playas.
- b) Residuo industrial: residuo resultante de los procesos de fabricación, transformación, utilización, consumo, limpieza y mantenimiento, generados por la actividad industrial. Corresponden a residuos sólidos, líquidos o combinaciones de estos, que por sus características físicas, químicas o microbiológicas, no pueden asimilarse a los residuos domésticos.

La gran dificultad ambiental que se está enfrentando a nivel mundial como en nuestro país a raíz del aumento en la producción y el consumo de los más diversos productos, es el aumento en la generación de residuos, que en su gran mayoría van con destino a basureros, vertederos o en el mejor de los casos a rellenos sanitarios autorizados, que si bien estos últimos representan una solución efectiva para los residuos generados, de ninguna manera corresponden a una medida eficiente desde el punto de vista de la sostenibilidad, ya que no permite solucionar el problema de la generación de residuos sino sólo su forma de manejarlos, considerando además que tarde o temprano los rellenos sanitarios alcanzarán su capacidad máxima para la cual fueron diseñados. Y por otra parte, un punto de suma importancia a destacar es la pérdida de estos materiales que se están eliminando y que poseen un alto potencial de reincorporación a los procesos industriales, ya sea como materia prima o energía, permitiendo dar un nuevo uso de forma parcial o total de los residuos generados.

Esta problemática no tan solo conlleva a conflictos de índole ambiental, sino que también afecta en aspectos sociales y económicos, por ende la posibilidad de recuperar materiales de manera total o parcial a partir de los residuos se hace cada día más importante. Ha sido fundamental la generación de conciencia ante la situación que enfrenta la sociedad, formando un cambio de visión respecto a los residuos, los cuales pasan de ser basura inservible a ser considerados como recursos que pueden ser valorizados, que en variadas ocasiones han provocado la iniciación de nuevos mercados, que en un pasado cercano eran inconcebibles, pero que hoy en día cobran especial sentido,

ya que permiten que los residuos generados perpetúen su vida útil y no terminen en un vertedero y junto con ello entregar un valor comercial. Desde esta perspectiva nace el concepto de Economía Circular, la EC es un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible. Es por eso que este modelo se apoya en el principio de las 3 Rs (Reducir, Reusar, Reciclar), aplicable a todo el ciclo de vida de los productos (Prieto-Sandoval et al, 2017). A diferencia de la economía lineal basada en el modelo de producir - consumir - desechar, la economía circular consiste en un sistema cíclico, donde el uso de recursos y la generación de residuos son minimizados mediante el reingreso de los residuos al ciclo productivo, incluyendo la prevención a través del diseño sostenible de productos que consideren todo el ciclo de vida facilitando su reincorporación en alguna etapa del ciclo o la reutilización, el reciclaje o la valorización energética.

La economía circular tiene potencial para generar enormes oportunidades de empleo tanto en sectores nuevos como tradicionales. Exigirá replantear los procesos de desarrollo para diseñar productos que utilicen materiales reciclados y que, a su vez, puedan reciclarse. Se necesitarán ingenieros y técnicos que trabajen en reciclaje de residuos, energías renovables y eficiencia energética. (Comisión Europea, 2014). Adicionar a esto que cada vez más las personas prefieren productos elaborados con materiales reciclados o que puedan volver a ser utilizados, alargando la vida útil que poseen y reduciendo la generación de nuevos residuos.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente Chile

Figura 1-2. Esquema de economía circular

### 1.1.5. La Jerarquía en el manejo de residuos y el reciclaje

La Jerarquía en el manejo de residuos estipulada en la Ley Marco para la Gestión de Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, puede ser esquematizada mediante una pirámide invertida, permitiendo elegir entre cinco opciones que se enumeran a continuación:

- 1) Prevención
- 2) Reutilización
- 3) Reciclaje
- 4) Valorización energética
- 5) Eliminación

Esta jerarquización entrega un orden de preferencia de manejo, que considera como primera alternativa la prevención en la generación de residuos, luego la reutilización, el reciclaje de los mismos o de uno o más de sus componentes y la valorización energética de los residuos, total o parcial, dejando como última alternativa su eliminación, acorde al desarrollo de instrumentos legales, reglamentarios y económicos pertinentes. (Ley N°20.920, 2016)



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente Chile

Figura 1-3. Jerarquía para el manejo de residuos

Una característica particular de los materiales compuestos de PRFV es la elevada cantidad de desechos generados, que se debe a los procesos de fabricación utilizados, ya que la manufactura de piezas y productos en nuestro país principalmente se realiza

mediante técnicas de molde abierto (moldeo por contacto), por lo tanto al generar una gran cantidad de residuos en estos procesos productivos se hace necesario actuar sobre estos.

A diferencia de los materiales termoplásticos, los composites termoestables tienen una estructura reticulada definitiva y no pueden ser fundidos para la fabricación de nuevos productos, lo que los hace particularmente difíciles de reutilizar, entendiendo el término de reutilización como la “acción mediante la cual productos o componentes de productos desechados se utilizan de nuevo, sin involucrar un proceso productivo”(Ley N°20.920, 2016), debido a que una vez que la resina líquida se encuentre solidificada no podrá ser transformada nuevamente en estado líquido, y de esta manera imposibilitando la opción a la “Reutilización” dentro de la jerarquía de manejo de residuos. A consecuencia de ello se continúa con la siguiente alternativa de valorización que permitiría un mejor aprovechamiento de los residuos generados y que en coherencia con el orden de preferencia de acuerdo a la jerarquización estipulada en la Ley, correspondería al Reciclaje de los residuos de la manufactura de los PRFV.

El término valorización no se refiere a un valor económico, sino a un "valor ambiental" y se refiere al aprovechamiento de los recursos presentes en los residuos, a través de su reutilización (aprovechar el producto), reciclaje (aprovechar una parte o el total del material presente en el residuo) o su valorización energética (aprovechar el valor calorífico del residuo). (MMA, 2016, p. 328).

De acuerdo a la literatura en ámbito ambiental “el reciclaje se entiende como la operación compleja que permite la recuperación, transformación y elaboración de un material a partir de residuos, ya sea total o parcial en la composición definitiva.” (Castells, X. E., 2012, p. 67). En la legislación chilena este término corresponde al “empleo de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo, incluyendo el coprocesamiento y compostaje, pero excluyendo la valorización energética.”(Ley N°20.920, 2016)

El reciclaje de los PRFV se encuentra asociado a una serie de beneficios de índole ambiental significativos, que en una primera instancia al tomar conciencia del impacto ambiental generado por el uso de materiales sintéticos y los altos valores de energía involucrados en su extracción y procesamiento, considerando además la generación de residuos sólidos que da lugar a un material contaminante que acaba en los vertederos o rellenos sanitarios, resulta significativo que el sector industrial aporte soluciones para dar una nueva vida útil a estos residuos, procurando el aprovechamiento integral de los composites, de tal manera que en lo posible no exista resto alguno y que por tanto, todo el material de PRFV haya rendido un beneficio, logrando de esta manera disminuir la cantidad de residuos ya sea que se encuentren acumulados dentro de las

instalaciones industriales o destinados a eliminación en vertederos o rellenos sanitarios y de paso entregar un valor comercial.

#### 1.1.6. Proceso para el Reciclado

El proceso de reciclado implica una cadena de operaciones que dependen una de la otra, por lo tanto no se permiten fallos dentro de estas, lo que significa que el proceso global de reciclado no puede ser completado ante un fallo en cualquiera de las etapas dentro de la cadena de reciclado.

1. **Disponibilidad de residuos:** Para la existencia de una planta de reciclado, el suministro de residuos ha de ser continuo, pues una industria sin funcionar no es una industria rentable. Este requisito obvio, ya que los residuos se generan a diario en varias partes del mundo. Se requiere que esta disponibilidad de residuos se produzca cerca del lugar donde van a reciclarse, para que los gastos de transporte sean soportables para el generador del residuo.
2. **Preprocesado (recolección, transporte y segregación):** Incluye las tareas previas al reciclado en sí, como son la recolección de residuos en los puntos donde se almacenen o se generen, el transporte hasta el centro de reciclado, la separación en función del tipo de residuo o la eliminación del sistema de rechazos y materiales distintos a los que se destina la planta de reciclado. Es uno de los principales problemas de un reciclaje a escala industrial.
3. **Reciclado:** Dependiendo del tipo de material, constituye el “corazón” del proceso de reciclado, por lo cual es de suma importancia un proceso cuyo coste sea asumible y que permita recuperar cuanta mayor cantidad de material sea posible, con el objetivo final de obtener un resto cero. Destacando que han considerado variados procesos industriales y tecnologías de reciclaje, pero se pueden concentrar en tres métodos primordiales que se mencionan a continuación:
  - a) Métodos Mecánicos
  - b) Métodos Químicos
  - c) Métodos Térmicos
4. **Mercado de los productos de reciclado:** Es también fundamental que los productos reciclados tengan una demanda en el mercado. La calidad de los mismos

ha de ser adecuada para cumplir los requerimientos y sus precios han de ser competitivos en comparación con los productos vírgenes.

#### 1.1.7. Métodos de Reciclaje del PRFV

Se han realizado una serie de investigaciones sobre el reciclaje de materiales compuestos termoestables y, especialmente, del PRFV durante las últimas décadas. Una amplia gama de rutas de reciclaje se han considerado, aunque por lo general se pueden agrupar en los tres métodos principales de; térmica, química y reciclado mecánico. En la aplicación de distintas tecnologías y de diversos procesos industriales encontramos los siguientes métodos, adaptando la clasificación usada por Palmer (Palmer, J. A. T. (2009). Mechanical recycling of automotive composites for use as reinforcement in thermoset composites.)

##### 1.1.7.1. Reciclaje mecánico

El principio del reciclado mecánico radica en la reducción de tamaño del residuo de PRFV, permitiendo la recuperación de éste para incorporarlo a un nuevo ciclo de consumo sin modificar su estructura molecular.

Ha habido un gran número de estudios en el reciclaje de materiales compuestos termoestables por medios mecánicos, o en partículas, siendo ésta la única ruta de reciclaje que se ha aplicado comercialmente para procesar los PRFV de desecho. Sin embargo, los métodos de reducción de tamaño y la utilización de los materiales resultantes, conocidos como “reciclado”, han variado considerablemente. Iniciándose normalmente con el proceso de trituración de modo que el compuesto es entonces lo suficientemente pequeño como para ser procesado con otros tipos de maquinarias. A continuación, se tritura adicionalmente para producir partículas lo suficientemente pequeñas para ser incorporados en las nuevas formulaciones de compuestos. Siendo en forma general el mejor método para reducir recortes PRFV triturados a un tamaño procesable, empleando alguna forma de molienda por impacto, considerando varias técnicas de granulación comunes, incluyendo molinos de rodillos, martillos y bolas.

Las características exactas del material reciclado son dependientes tanto de los materiales como materia prima y las técnicas de granulación utilizados, no existiendo una norma oficial para la clasificación de material reciclado, por lo tanto se han implementado métodos propios de molienda y clasificación por lo que sus resultados muy difícil comparar directamente. Sin embargo, los materiales reciclados producidos generalmente se definen como uno de dos grados diferentes:

- a) **Materiales de grado "grueso":** Que consisten en partículas más grandes, típicamente haces de fibras de vidrio unidas por resina, demasiado grandes para ser utilizadas como materiales de relleno pero con el potencial de ser utilizado como refuerzo en nuevos compuestos o ser molido nuevamente.
- b) **Materiales de grado "fino":** Materiales de grado "fino" molidos en partículas muy finas para uso potencial como relleno.

El equipo y los métodos utilizados para clasificar el reciclado en estos dos grupos han variado mucho, siendo el método más común y simple el uso de mallas de tamiz. Las partículas de más de 0.5 mm han sido consideradas como reciclado grueso de "longitud de fibra" y todo lo más pequeño y fino de "tamaño de relleno" o varias etapas de tamices se han utilizado para separar partículas con el uso de diferentes tamaños de malla. Estos grupos contienen una gama de partículas y fibras que de otro modo se clasificarían por las siguientes mallas más finas, y a medida que se acumulan en la superficie de la malla evitan que pasen más materiales. Tamizar tampoco es un método práctico para separar materiales fibrosos como las fibras de vidrio, ya que no hay distinción entre largo y ancho, es posible que una fibra de 10-20 mm de largo caiga a través de mallas más finas debido a su diámetro muy fino. A pesar de estos problemas y las deficiencias del método de tamizado, no se ha investigado ningún otro equipo o método para la separación de estos grados de reciclado.

#### 1.1.7.2. Reciclaje químico

Los procesos de reciclado químico implican la degradación de matriz polimérica del material compuesto en sustancias químicas básicas, pudiendo potencialmente ser reutilizados como combustible o en la fabricación de nuevos polímeros. Este proceso también permite potencialmente la recuperación y reutilización de cualquier carga y/o materiales de refuerzo que también pueden haber estado en el compuesto.

- a) **Solvólisis:** La solvólisis utiliza un disolvente caliente o una mezcla de disolventes para romper la resina en productos químicos de menor peso molecular. El proceso generalmente implica someter a reflujo el material compuesto en un disolvente, durante varios períodos de tiempo, dependiendo de los productos químicos involucrados y la cantidad de degradación deseada. Este proceso ofrece un gran número de posibilidades gracias a una amplia gama de disolventes, temperatura, presión y catalizadores. Entre todos los disolventes probados, el agua aparece como la más utilizada, considerando también disolventes alternativos con temperatura y presión críticas más bajas, principalmente etanol, metanol, propanol y acetona, así como sus mezclas con agua. Además se pueden agregar aditivos o catalizadores al

agua para moderar las condiciones de operación, sin embargo el uso de un catalizador puede ser muy perjudicial para las propiedades mecánicas de la fibra, debido a que las moléculas catalizadoras permanecen en la superficie de la fibra después del tratamiento, lo que aporta una mala adhesión de resina a la fibra en aplicaciones futuras, siendo también muy perjudiciales para el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

Es de suma importancia destacar que la solvólisis aunque presenta un potencial para usos industriales, no está aún lo suficientemente estudiado en el campo de los PRFV. Señalando como desventajas, que aunque las fibras se recuperan inalteradas, la superficie de éstas puede albergar aún resinas plásticas, lo que dificulta enormemente la reutilización, considerando además que los disolventes que se requieren pueden resultar peligrosos para el medio ambiente, produciéndose en el proceso residuos de difícil tratamiento.

#### 1.1.7.3. Reciclaje térmico

El reciclado o degradación térmica es un proceso que permite la recuperación de la fibra de vidrio en cierta medida, causada por el calentamiento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno. El reciclado térmico podría ser considerado como un reciclado químico en condiciones de altas temperaturas.

- a) **Procesos de lecho fluidizado:** El proceso actúa mediante la descomposición térmica de secciones cortadas de material compuesto en un lecho de arena de sílice, que se calienta y fluidifica por aire a aproximadamente 450 - 500°C. De este modo, la resina orgánica se volatiliza y mediante una combinación de desgaste de las partículas de arena y luego mediante el transporte en la corriente de aire, la carga y las partículas de fibra se separan de la resina y se pueden recoger según se desee. Los componentes orgánicos volatilizados pueden potencialmente quemarse para recuperar el calor y la energía, mientras que las partículas de relleno y fibra podrían reutilizarse en nuevos compuestos.

El objetivo principal de este procedimiento ha sido la recuperación de las fibras de refuerzo, ya que estas tienen un valor potencialmente más alto como material reciclado que la carga y los ingredientes de la resina.

- b) **Pirólisis:** El proceso de pirólisis implica la degradación de un material con calor, en moléculas más simples, en ausencia de oxígeno; lo que impide la combustión, operando típicamente entre 450 y 600 ° C dependiendo de la resina y la atmósfera,

siendo las temperaturas más bajas para las resinas de poliéster y las temperaturas más altas para epoxis. Este enfoque se puede aplicar a los polímeros de materiales compuestos, de manera que la matriz de resina se degrade térmicamente, lo que resulta en un aceite, gases y productos sólidos (fibras, rellenos, si están presentes, y carbón). Generalmente se requiere una pequeña cantidad de oxígeno para minimizar la formación de carbón.

Estas técnicas permiten la recuperación de fibras, rellenos para ser potencialmente utilizados en nuevos materiales compuestos. Por su parte la resina se rompe en moléculas de menor peso y produce principalmente gases y una fracción de aceite que técnicamente podría recuperarse como productos químicos, pero en la práctica normalmente se queman, en algunos casos con recuperación de energía.

#### 1.1.6.4. Valorización Energética

La incineración es una técnica de valorización energética en la cual se somete a los residuos de materiales compuestos a elevadas temperaturas, mediante una combustión controlada, generando por lo tanto residuos gaseosos, residuos sólidos y energía. Dicho proceso posee diversos sistemas dentro de los cuales los más importantes corresponden al Horno, Sistema de recuperación de energía y Sistema de limpieza de gases, interactuando cada uno de estos sistemas entre sí, con el propósito global de reducir el volumen de los residuos combustionados, generar energía eléctrica y disminuir la emisión de gases contaminantes. Siendo la combustión el proceso más importante de la incineración, la cual se lleva a cabo en el horno, cuyo objetivo primordial es la eliminación de residuos y la generación de energía calórica para la evaporación de gases. Generando de este proceso diversos gases, donde el vapor de agua, nitrógeno, dióxido de carbono y oxígeno, representan el 90% del peso. De lo cual dependiendo de la composición del material combustionado, se pueden generar trazas de gases contaminantes tales como: CO, HCl, HF, HBr, HI, NOX SO<sub>2</sub>, VOC, PCB y compuestos de metales pesados entre otros. También se producen cenizas que poseen sales y materia inorgánica no combustible. Parte de las cenizas quedan depositadas en el horno y otra parte es expulsada como material particulado fino.

Los materiales compuestos como PRFV son, sin embargo, muy cargado con ingredientes no orgánicos tales como cargas y fibras de vidrio y el único material orgánico que va a quemar es la resina que normalmente sólo constituye un máximo de hasta 35% del peso de la formulación total. Suplementos minerales tales como carbonato de calcio se descomponen a altas temperaturas, absorción de energía, y algunos composites incluso

contienen retardantes de fuego. Por tanto, estos factores limitan la cantidad de energía que se puede obtener por incineración.

#### 1.1.8. Ventajas del reciclaje mecánico frente a otros métodos de reciclaje

En la actualidad el reciclaje de residuos de PRFV está dominado por procesos mecánicos, existiendo una serie de razones que justifican esta premisa, partiendo por la sencillez que requieren los procesos mecánicos; que comparados con los procesos de reciclaje químico, el nivel relativamente bajo de inversión de capital necesario para configurar un proceso de reciclaje mecánico, junto con la ausencia de productos químicos peligrosos durante el proceso, “los disolventes y catalizadores tienen impacto negativo del medio ambiente, con costes de eliminación asociados, así como los riesgos potenciales para la salud”.(Stella Job, G. L. et al, 2016, p.9).

Y que por otro lado, en comparación y mirado desde el punto de vista de los procesos térmicos y de valorización energética, este método de reciclaje no genera emisiones de gases a la atmósfera que puedan perjudicar el medio ambiente y la salud de las personas. Es en base a estas potentes razones y a la literatura consultadas que lo avalan, que se justifica esta alternativa escogida mediante los siguientes fundamentos: “El reciclaje mecánico tiene importantes ventajas sobre los anteriores: no hay contaminación atmosférica por emisiones de gas, se requiere un equipo mucho más simple en comparación con hornos necesarios para los procesos de reciclaje térmico, y no requiere el uso de disolventes químicos con impactos medioambientales posteriores. El reciclaje mecánico es la técnica preferida de recuperada, al menos para materiales de desecho relativamente limpios.”(Ribeiro, M. C. S. et al, 2011). “Una gran ventaja del reciclado mecánico, en comparación con el análisis de solvólisis y la pirólisis, es la tecnología controlable, que no utiliza sustancias químicas perjudiciales para el medio ambiente o emite gases en concentraciones elevadas durante el tratamiento.”(Seiler, E.et al, 2018, p.404)

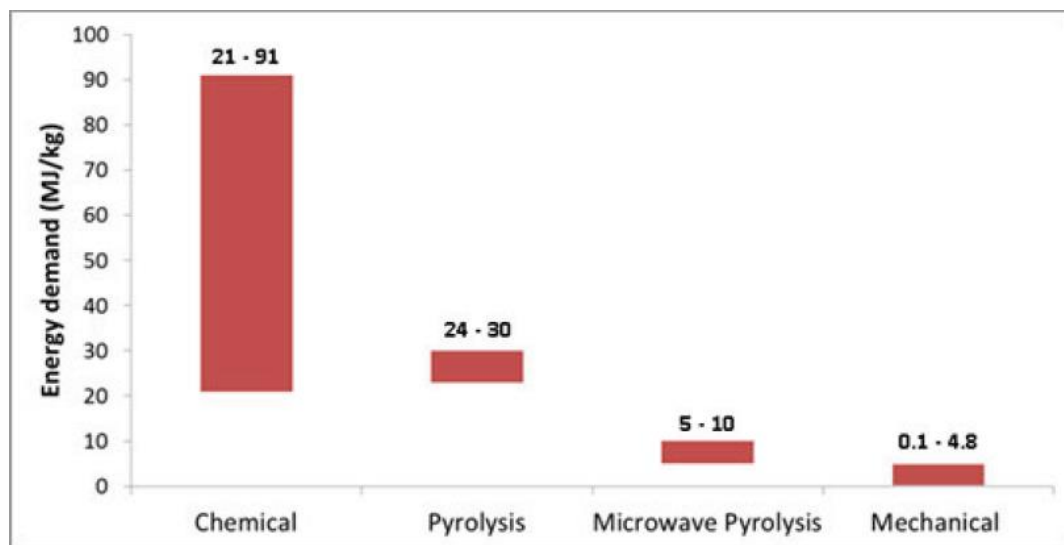
Ahora, con respecto a las propiedades de calidad de los materiales compuestos luego de su reciclaje y posterior utilización, “Cualquier proceso térmico o químico despoja el dimensionamiento de las fibras. En el caso de fibra de vidrio, esto resulta en la pérdida dramática de la fuerza y la manipulación/procesamiento. Por lo tanto tratamientos térmicos y químicos no son adecuados para PRFV a menos que las fibras sean post-tratadas.” (Stella Job, G. L. et al, 2016, p.9)

Desde el punto de vista de requerimientos energéticos, es de suma importancia destacar que la mayoría de los procesos de fabricación y reciclaje, el consumo de energía eléctrica es la principal fuente de energía y domina la huella energética del proceso, por

lo tanto reducir la demanda de energía es importante para mejorar la sostenibilidad o para reducir el daño colateral causado por un aporte energético excesivo. La Figura 1-4 muestra un resumen de la demanda específica de energía para los procesos de reciclaje de compuestos. Está claro que los procesos de reciclaje no son iguales en términos de demanda de energía.

Por ejemplo, en un proceso de reciclaje mecánico, la demanda de energía se utiliza para alimentar el motor de la máquina granuladora o molino de martillos. El valor varía según el tipo de máquina. Los estudios en el proyecto EXHUME informaron que la demanda de energía está alrededor 0.17-0.27MJ / kg para el granulador Wittmann ML2201 a una capacidad máxima de 150 kg / hora y alrededor de 0.35MJ / kg para el granulador Wittmann MAS1 (a 30 kg / hora). La máquina amoladora Eco-Wolf Modelo GM-2411-50 e IIT Ltd M300 tiene una demanda de energía de 0.14MJ / kg (800kg / hora) y 4.75MJ / kg (alrededor de 29kg / hora) respectivamente.

Las etapas previas y posteriores al reciclaje, como la trituración y el tamizado, no requieren tanta energía como los procesos de reciclaje reales. La demanda de energía específica del proceso de reciclaje mecánico depende del rendimiento del proceso y tiene el valor más bajo cuando se opera a la capacidad máxima de la máquina. En esta escala de procesamiento, se puede utilizar el requisito básico de potencia de los motores de accionamiento de la máquina, por lo que se puede reducir la demanda de energía específica. (Stella Job, G. L. et al, 2016, p.14).



Fuente: Composites UK. Composites Recycling - where are we now, 2016.

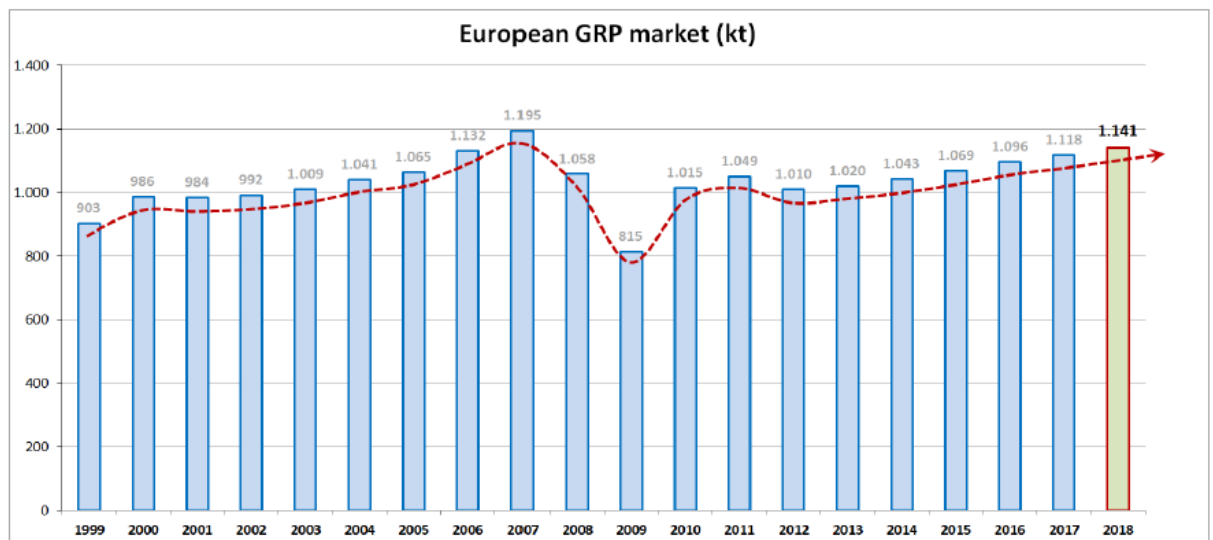
Figura 1-4. Demanda de energía en métodos de reciclaje de composites

Ahora si se considera el reciclaje mecánico para los residuos del proceso de laminado por proyección en que el material resultante corresponde a recortes de fibra de

vidrio impregnados en la mezcla de resina con catalizador dispuestas en fibras, fácilmente de separar mediante manipulación manual o por tamizado directamente, requiriendo solo en caso de aglomeraciones de material emplear el proceso de trituración. Simplificando sustancialmente el proceso, ya que no requiere obligatoriamente pasar por el proceso de reducción de tamaño, sino más bien se realiza para separar las fibras, pudiendo pasar directamente por el tamizado para su separación, reduciendo de manera considerable la demanda energética en el proceso lo cual comprime los gastos y logra mejorar la sostenibilidad, haciendo el proyecto indudablemente muy atractivo.

#### 1.1.9. Experiencias en reciclaje de PRFV a nivel internacional

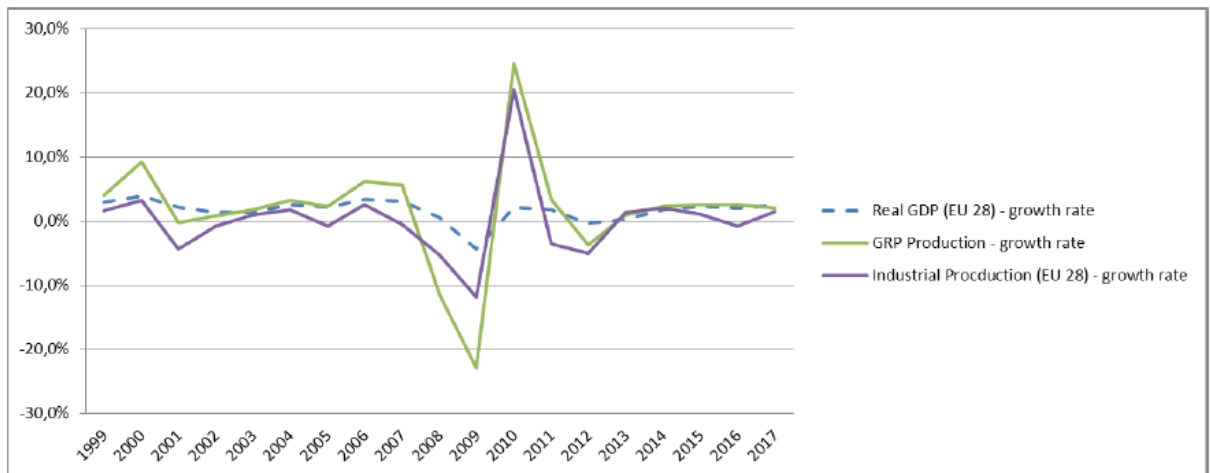
La Asociación Alemana Industrial de Plásticos Reforzados AVK (Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe), que recoge cada año los datos sobre la fabricación de PRFV en toda la Unión Europea a partir de la información que le facilitan las asociaciones de fabricantes de materias primas y las de transformadores de plásticos reforzados, anunció en su informe publicado en 2018, una tendencia al incremento por sexto año consecutivo, que actualmente se traduce en un crecimiento de alrededor de un 2% con respecto al año anterior, hasta un volumen total estimado de 1.141 millones de toneladas. (Ver Figura 1-5.)



Fuente: Asociación Alemana de Plásticos Reforzados (AVK)

Figura 1-5. Volumen de producción de PRFV en Europa desde 1999 (en miles de toneladas) (2018 = estimación)

Las dos principales áreas de aplicaciones para PRFV siguen siendo los sectores de transporte y construcción/infraestructura, manteniendo fluctuaciones en estos dos importantes sectores industriales de la economía y por lo tanto también produciendo fluctuaciones en el sector de PRFV. Siendo esta gran importancia macroeconómica una de las razones por las cuales el volumen de producción de PRFV tiende a seguir las líneas de tendencia para el producto interno bruto y la producción industrial total (ver Figura 1-6.)



Fuentes: OCDE y Banco Mundial.

Figura 1-6. Correlación entre la producción de PRFV y la economía en general

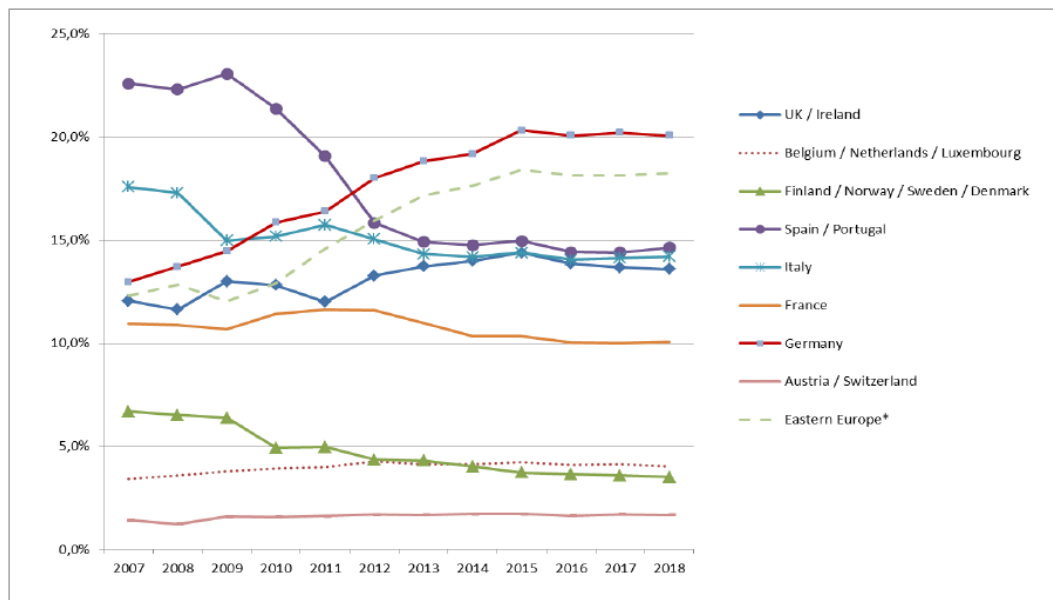
La Figura 1-7. Muestra una tabla sobre la tendencia en el volumen de producción de procesos/partes esenciales para la producción de PRFV, donde se puede observar el crecimiento exponencial en la producción en la Unión Europea, alcanzando en 2018 un volumen de 99 kt en el proceso de Spray-up o proceso por proyección, que se incluye en los procesos de molde abierto, presentando un aumento sobre el volumen del 2015 con un valor de 96 kt a esa fecha. Permitiendo también observar un surgimiento a nivel global, considerando para ello la suma total de producción de PRFV en que el 2015 se plasma con 1.069 kt de producción aumentando su volumen a 1.141 kt al 2018.

	2015 kt	2016 kt	2017 kt	2018 kt
SMC	191	198	202	204
BMC	74	76	78	81
<b>Σ SMC/BMC</b>	<b>265</b>	<b>274</b>	<b>280</b>	<b>285</b>
Hand lay-up	139	140	140	140
Spray-up	96	97	98	99
<b>Σ Open mould</b>	<b>235</b>	<b>237</b>	<b>238</b>	<b>239</b>
<b>RTM</b>	<b>137</b>	<b>141</b>	<b>146</b>	<b>148</b>
Sheets	86	89	93	96
Pultrusion	49	50	53	55
<b>Σ Continuous processing</b>	<b>135</b>	<b>139</b>	<b>146</b>	<b>151</b>
Filament winding	80	80	78	79
Centrifugal casting	68	68	67	69
<b>Σ Pipes and Tanks</b>	<b>148</b>	<b>148</b>	<b>145</b>	<b>148</b>
<b>GMT/LFT</b>	<b>132</b>	<b>140</b>	<b>145</b>	<b>152</b>
<b>Others</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
<b>Sum:</b>	<b>1.069</b>	<b>1.096</b>	<b>1.118</b>	<b>1.141</b>

Fuente: Asociación Alemana de Plásticos Reforzados (AVK).

Figura1-7. Volúmenes de producción de PRFV en Europa según procesos / componentes  
- año actual y los tres años anteriores (kt = kilotoneladas, 2018 = estimación)

Las tendencias del mercado Europeo demuestran que el país con mayor producción de PRFV sigue siendo Alemania con un volumen total de 229.000 toneladas (ver ANEXO A), manteniendo su posición de liderazgo (ver Figura 1-8).



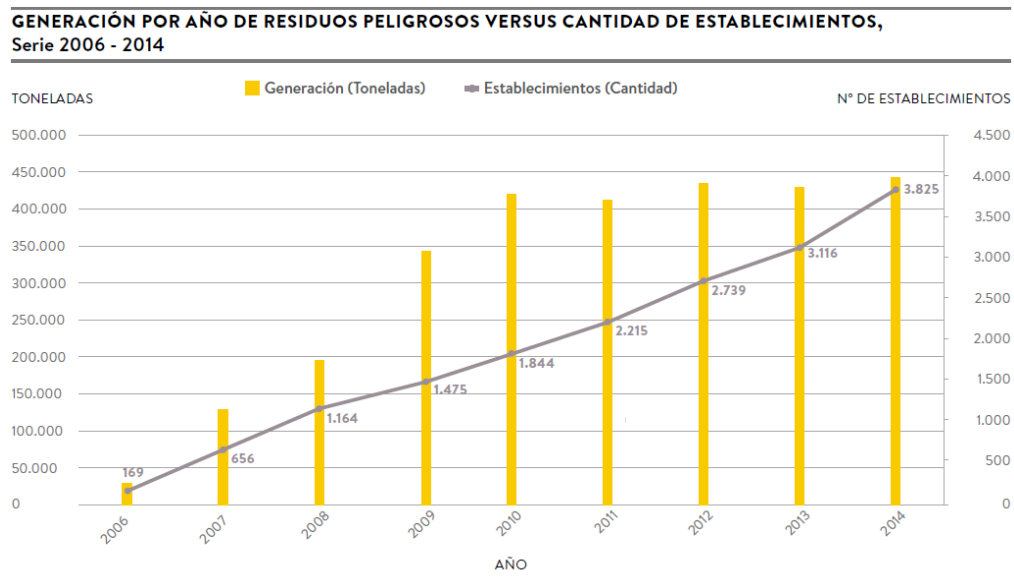
Fuente: Asociación Alemana de Plásticos Reforzados (AVK)

Figura 1-8. Cuota de mercado de la producción europea de GRP por país, 2018

Sabiendo que la industria europea de los PRFV produce cada año entre 1.000 y 1.200 kt de material, de los cuales entre 40- 45 kt /año corresponden a restos o fracciones de rechazo, sin considerar los residuos de PRFV generados al fin de la vida útil de artículos como vehículos, yates, palas del rotor en la industria de la energía eólica, entre otros. Y considerando además que Alemania lidera la producción de PRFV; que a consecuencia de ello implica una mayor generación de estos residuos, es que se enfocará en el sistema que el país posee para enfrentar este gran desafío ambiental, tomando para ello la problemática de los aerogeneradores que tienden a retirarse, ya sea que se venden después de dos décadas o se desmantelan al final de su vida útil. Si bien la torre y la barquilla están hechas de hormigón y acero y se pueden desechar fácilmente, hasta hace poco tiempo era imposible eliminar y reciclar correctamente las palas del rotor, debido a que las alas están hechas en gran parte de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), lo que significa que no se pudre en los vertederos y tampoco puede quemarse porque las fibras finas obstruyen los filtros en los incineradores. Hasta ahora, la eliminación de las palas del rotor no ha sido un gran problema, ya que el auge de la construcción en la industria de la energía eólica comenzó a principios de la década de 2000, lo que significa que para 2020 los primeros parques habrán llegado al final de su vida y la necesidad de eliminación aumentará. A causa de ello y preocupados por el impacto que estos residuos provocarán al medio ambiente, la empresa de gestión de residuos Nehlsen, con sede en Bremen, estableció la única planta de reciclaje de fibra de vidrio de la nación con la empresa neocomp GmbH, beneficiando a la industria de la energía eólica, pero también a otras industrias. Para ello se propusieron hacer un sistema de reciclaje innovador y respetuoso con el medio ambiente, implementando el reciclaje mecánico mediante una trituradora grande, que destruye las piezas de fibra de vidrio gradualmente hasta el tamaño del papel triturado, para luego mezclarlos con los llamados rechazos de papel. Estos son restos de la eliminación de residuos de papel que no se pueden procesar allí, como pegatinas de plástico, tiras de plástico o empaques. La mezcla crea un granulado fino, un aditivo ideal para la producción de cemento. Una planta de cemento en Lägerdorf en Schleswig-Holstein continúa procesando la mezcla de Bremen. En el cemento, la mezcla de PRFV está unida químicamente, sin dejar residuos reconocibles. Convirtiéndose en el único sistema de Alemania para el reciclaje de fibra de vidrio-plástico de las palas del rotor en la industria de la energía eólica. En este ámbito es importante asegurar las ventajas del mercado con el reciclaje de fibra de vidrio, especialmente en la rama "verde" de la energía eólica, en que los fabricantes buscan cada vez más cadenas de suministro respetuosas con el medio ambiente, hasta su eliminación.

### 1.1.10. Reciclaje de PRFV en Chile

Las estadísticas de los residuos peligrosos se inician en 2006. Antes de la entrada en vigencia del reglamento sobre manejo de residuos peligrosos (D.S. N°148 del MINSAL), en 2005, la estimación de la generación de este tipo de residuos era de alrededor de 30.000 toneladas al año. Dicho reglamento estableció una definición de residuo peligroso y creó un sistema de declaración y seguimiento para los grandes generadores de estos residuos (establecimientos o actividades que anualmente generen más de 12 kilogramos de residuos tóxicos agudos o más de 12 toneladas de residuos peligrosos). De esta manera, a partir de 2006 se implementó el Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos (SIDREP). Los datos generados por SIDREP muestran un aumento continuo en la declaración de residuos hasta un total de 440.687 toneladas en el año 2014, como se puede apreciar en la Figura 1-9. (MMA, 2016, p.346)

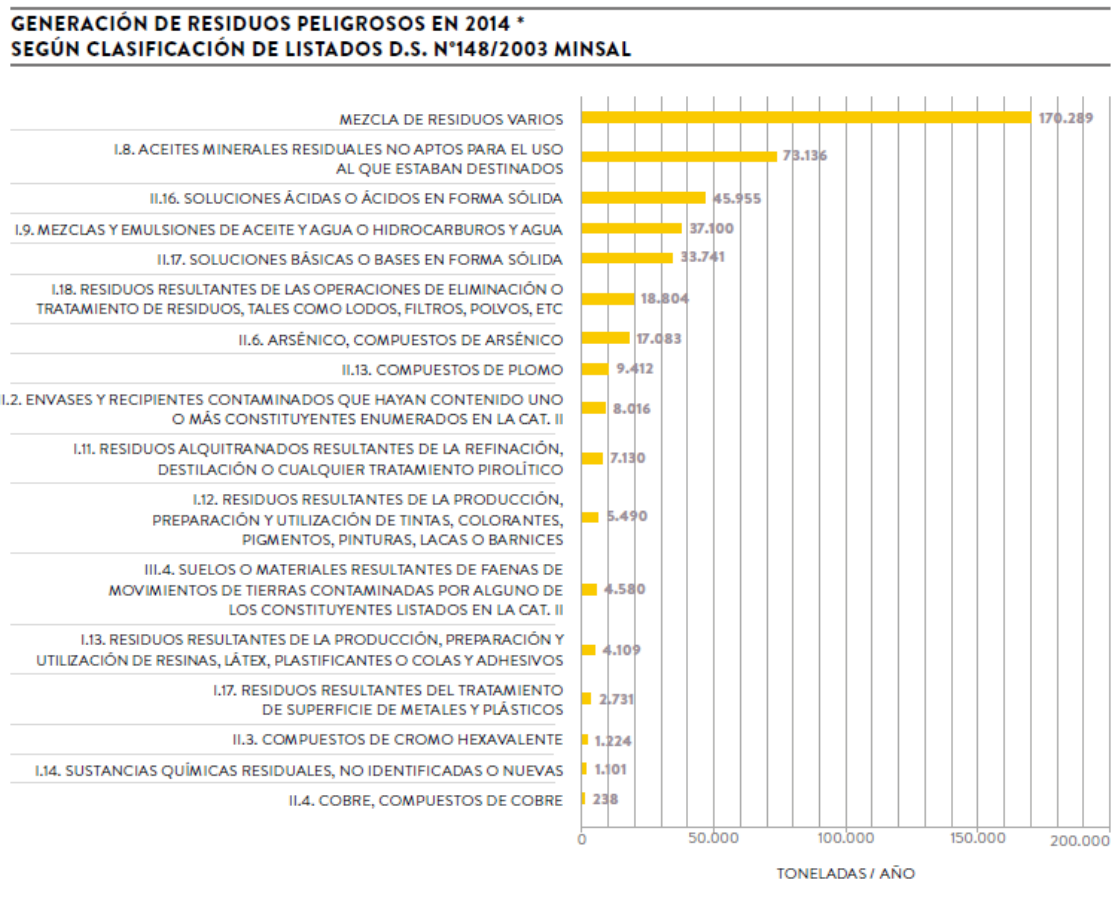


Fuente: SIDREP, RETC 2015.

Figura 1-9. Generación por año de residuos peligrosos versus cantidad de establecimientos, Serie 2006 - 2014

En el año 2016, en Chile se generaron cerca de 21,2 millones de toneladas de residuos, el 97% del total corresponde a residuo no peligroso, equivalente a 20,5 millones de los cuales estos contempla un 61,7% de residuos de origen principalmente industrial, un 36,4% de origen municipal y un 1,9% a lodos provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS). La generación de residuo peligroso dicho año, representa el 3% a nivel nacional equivalente en 641.9 mil toneladas. (MMA, 2018, p. 69)

(ANEXO B). De acuerdo al Informe del Estado del Medio Ambiente 2016, la generación de residuos peligrosos en 2014, sobre la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, el sector Industrias Manufactureras concentra el 36,3% de la generación de los residuos peligrosos, traduciéndose en un total de 159.915 toneladas generadas, como se aprecia en la Tabla del ANEXO C. Según esto, la clasificación de los listados del D.S. N°148/2003 MINSAL (Figura 1-10.), la que mejor representa los residuos generados de manufactura de los PRFV correspondería a la categoría I.13. residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos, que genera 4.109 toneladas en el año, considerando que pudiesen sumar también a ésta la categoría de “mezcla de residuos varios” con un porcentaje del volumen total que alcanza las 170.289 toneladas anuales, la cual corresponde a la suma de las fracciones de residuos específicos, clasificados, y que debido al elevado número de subclasificaciones y a la cantidad relativamente baja de manera individual de estos, se consolidaron en dicha categoría a fin de presentar el grafico de manera comprensible, de acuerdo a lo que se explica en este Informe del Estado del Medio Ambiente.



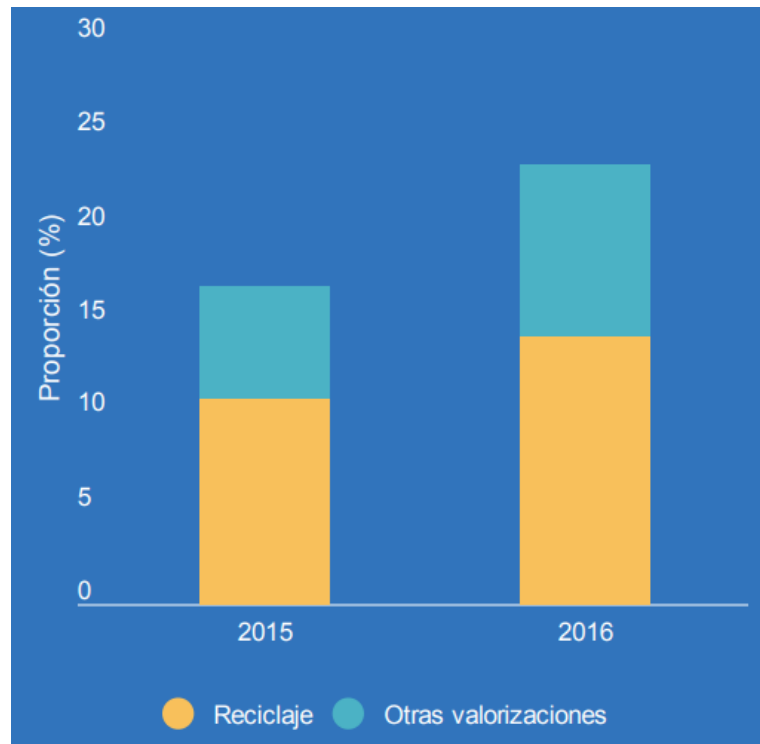
Fuente: SIDREP, RETC 2015.

Figura 1-10. Generación de Residuos Peligrosos en 2014\* según clasificación de listados D.S. N°148/2003 MINSAL

En la mayoría de los países desarrollados, la cantidad de residuos que se envían a sitios de disposición final es limitada, producto de las altas tasas de reciclaje y la incineración con recuperación de energía, situación muy distinta a Chile, donde la principal problemática de los residuos en el país está relacionada con la falta de reciclaje, ya que los residuos, tanto municipales como industriales, son enviados mayoritariamente a disposición final (93,4% y 80%, respectivamente).”(MMA, 2016, p.328). Por su parte, la Región de Valparaíso es la tercera región del país que genera mayor cantidad de residuos peligrosos con más de 71 mil toneladas anuales, concentrando una eliminación o destino final con más de 13 mil toneladas, como se presenta en el ANEXO D.

Con respecto a la gestión de residuos plásticos en Chile y la puesta en marcha de la Ley REP, uno de los productos prioritarios corresponde a Envases y Embalajes, entre los cuales encontramos envases plásticos del tipo PET, PEAD, PVC, PEBD, PP y otros, que presentan características de ser productos masivos, de volumen significativo y factible de valorizar. En base al primer estudio sobre reciclaje de plásticos en Chile, efectuado el 2019, la Asociación Gremial de Industriales del Plástico (ASIPLA), estipula que el reciclaje de plásticos se focaliza principalmente en las resinas PE, PP y PET, en coherencia con lo que ocurre a nivel mundial. De acuerdo a este levantamiento se reciclan 83.679 tons/año, equivalentes a un 8,5% del plástico que se consume; 990.000 tons/año, (Asociación Gremial de Industriales del Plástico, 2019). Evidenciando con esto, que solo se ocupan de la recopilación de datos y análisis del reciclaje de los termoplásticos, excluyendo por lo tanto en este estudio a los plásticos termoestables como es el caso de los PRFV. Por otro lado la Asociación Latinoamericana de Materiales Compuestos Chile (ALMACO Chile A.G.), que representa y congrega a la industria nacional de materiales compuestos, desde las materias primas hasta el usuario final, no mantiene información con respecto a los volúmenes de residuos generados a nivel nacional en relación a los PRFV, y de esta misma manera la inexistencia de datos estadísticos sobre los niveles de reciclaje de estos composites en Chile o algún otro tipo de valorización.

Según el Cuarto Reporte del Estado de Medio Ambiente 2018, el porcentaje de valorización nacional de residuos no peligrosos respecto al total generado aumentó de un 17,2 a 23,6% entre 2015 y 2016. En ese último año un 14,3% corresponde a reciclaje y un 9,2% a otros tipos de valorización (lombricultura, aplicación a suelo, recuperación de energía, entre otros) (ver Figura 1-11). Por otra parte la generación de residuos peligrosos per cápita aumentó de 0,029 a 0,035 toneladas anuales por habitante entre 2015 y 2016, ver ANEXO E. La totalidad de los residuos peligrosos generados, declarados a través del Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos (SIDREP), posee un destinatario registrado que se encarga de su eliminación, donde la mayor parte va a depósitos de seguridad.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente, en base a SINADER, 2018

Figura 1-11. Tasa nacional de valorización y reciclaje, toneladas de material valorizado reciclado, 2015-2016

A nivel país, desde el punto de vista regulatorio el énfasis de la gestión de residuos ha sido puesto solo en la disposición final y ha quedado en evidencia que concentrar los esfuerzos en resolver sanitaria y ambientalmente la disposición final no es suficiente, y es necesario redefinir el enfoque de la gestión de los residuos, de tal modo que se incluya la valorización de estos en todos sus aspectos. (MMA, 2016, p. 354). Desde el punto de vista de las personas que participan activamente del reciclaje estiman que aún el reciclaje es una actividad de nichos, enfocada principalmente en ciertos segmentos industriales, considerando para ello que el reciclaje en Chile aún está en la categoría de nicho, especialmente si se toma en cuenta que sólo una reducida parte de los desechos se recicla.

## 1.2. LA EMPRESA

TECNOFIBER es una empresa de servicios Industriales ubicada en Nueva Hipódromo N°690, Comuna de Villa Alemana, Quinta Región de Valparaíso, la cual se desempeña en el ámbito de diseño, fabricación e instalación de equipos y productos en fibra de vidrio para el sector de minería e industrial.



Fuente: Elaboración Propia, Tecnofiber S.A.I.C., 2019

Figura 1-12. Fotografía empresa Tecnofiber S.A.I.C.

### 1.2.1. Reseña histórica

TECNOFIBER S.A.I.C. es una Empresa Nacional de tipo familiar que nace en la ciudad de Sao Paulo Brasil en el año 1988, dedicada al servicio de mantenimiento de Torres de enfriamiento de agua y la confección de cuadros eléctricos para control de equipos.

El año 1989 se instala en Chile, avanzando un paso importante en los equipos y productos de materiales compuestos, al diseñar y fabricar torres de enfriamiento de agua y ventiladores axiales de baja presión.

Con el transcurso del tiempo Tecnofiber diversifica su línea de productos, diseñando una línea de Estanques para el almacenamiento de diferentes tipos de productos líquidos, como sustancias ácidas, alcalinas o inertes. Siendo construidos mediante el proceso de Filament Winding y conforme la Norma ASTM-D-3299.

En aprovechamiento de las materias primas utilizadas es que se opta por lanzar una línea de casetas de guardia en Fiberglass. Además de piezas técnicas realizadas con la misma tecnología.

A partir del año 2003 TECNOFIBER, lanza al mercado los Enfriadores de Riles. Y en el año 2006 se dedica a la fabricación de Ventiladores Centrífugos, fabricados completamente en Fiberglass.

TECNOFIBER está formada por un equipo de profesionales técnicos y especializados con vasta experiencia en el área de Fibra de Vidrio, los cuales son capacitados de forma permanente con el compromiso de garantizar los servicios que se proporcionan.

En Octubre del 2012 la Gerencia General en conjunto con la Gerencia Técnica Comercial tomaron la decisión de establecer un Sistema de Gestión de Calidad basado en la Norma Internacional ISO 9001:2008, induciéndolos a cumplir los más altos estándares y mejoramiento continuo de sus procesos para la realización de sus servicios en el área de Diseño, Fabricación e Instalación de Equipos y Productos en Fibra de Vidrio para el Sector de Minería e Industrial.

“La vasta experiencia cultivada por más de 20 años de trayectoria, nos ha posicionado como la primera y única empresa Chilena en fabricar torres de enfriamiento, con esta gran experiencia hemos podido gestionar todo a través de know how.” (Claudio Castro, Gerente General).

### 1.2.2. Misión

Elaborar torres de enfriamiento que cumplan minuciosamente con las necesidades de nuestros clientes, ofreciéndoles un producto de excelente calidad. Así también, entregar un servicio de evaluación, seguimiento y reparación de las torres de manera rápida y a precios accesible para el mercado.

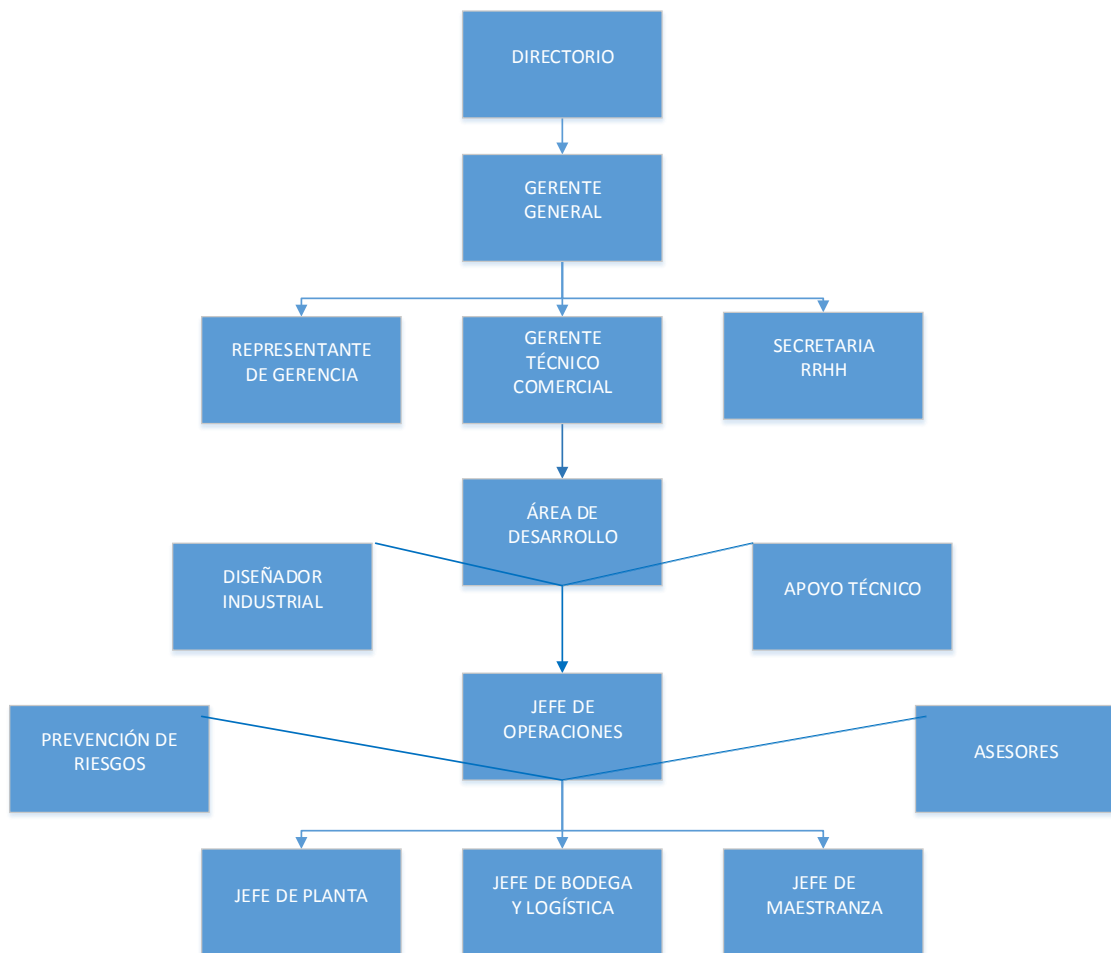
### 1.2.3. Visión

Ser la empresa líder en la producción y mantención de torres de enfriamiento de agua en Chile.

### 1.3. ESTRUCTURA DE LA EMPRESA

#### 1.3.1. Estructura organizacional

La estructura organizacional interna de Tecnofiber queda demostrada en el organigrama que se presenta a continuación:



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

Figura 1-13. Organigrama empresa Tecnofiber S.A.I.C.

#### 1.3.2. Dotación de personal

La organización de Tecnofiber S.A.I.C. cuenta con una dotación de personal que fluctúa entre 13 y alcanzando a un máximo de 23 trabajadores; debido a variaciones principalmente en el área de Producción, presentando en la actualidad un total de 18

personas, las cuales se distribuyen en las diversas áreas de la empresa que se detallan a continuación:

- A. Área Administrativa: Compuesta por 3 trabajadores, que corresponde a Gerencia y Secretaria.
- B. Área Diseño: Cuenta con 1 trabajador, que corresponde al Diseñador industrial.
- C. Área Producción: Compuesta actualmente por un total de 9 trabajadores, que varía de acuerdo a las necesidades de la empresa, entre los cuales se encuentra el Jefe de Operaciones, Supervisor y los operarios de laminación manual y filament winding.
- D. Área Maestranza: Cuenta con 2 trabajadores, que corresponde al Soldador y ayudante de soldador.
- E. Área Bodegas de materias primas y herramientas: Compuesta por 2 trabajadores, entre los cuales se encuentra el encargado de abastecimiento de materias primas y pañol.
- F. Área Bodega de fibra de vidrio: Cuenta con 1 trabajador.

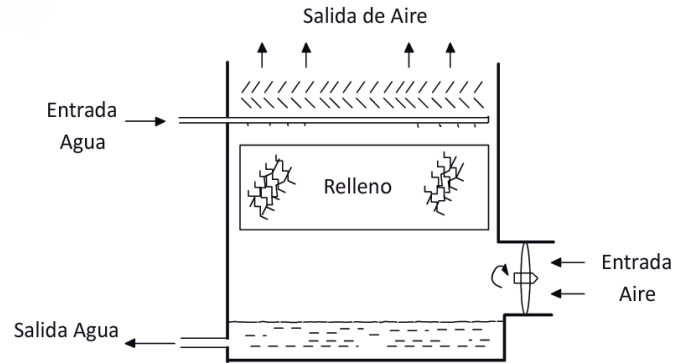
#### 1.4. **DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS**

##### 1.4.1. Torres de enfriamiento

Las torres de enfriamiento son un tipo de intercambiadores de calor que tienen como finalidad quitar el calor de una corriente de agua caliente, mediante aire seco y frío, que circula por la torre. Estos equipos enfrían el aire mediante dos tipos de funcionamiento:

##### A. Tiro inducido

El aire es inducido por un ventilador situado en la parte inferior de la torre y se descarga por la parte superior. A continuación se muestra el funcionamiento de las torres de tiro inducido:

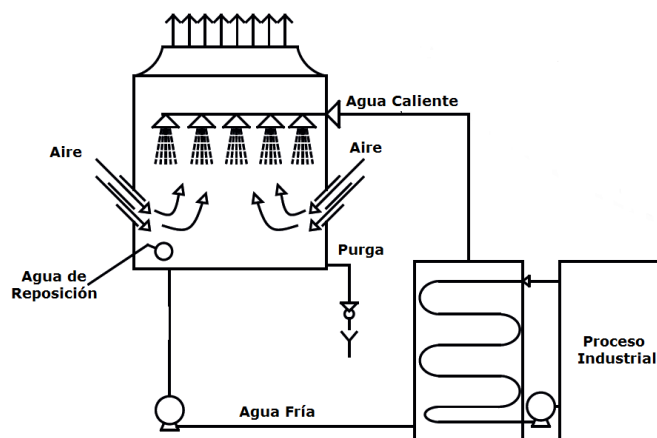


Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

Figura 1-14. Esquema de funcionamiento torre de enfriamiento por tiro inducido

## B. Tiro forzado

El aire se succiona a través de la torre mediante un ventilador situado en la parte superior de la esta y son las más utilizadas. A continuación se muestra el funcionamiento de las torres de tiro forzado:



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

Figura 1-15. Esquema de funcionamiento torre de enfriamiento por tiro forzado

### 1.4.1.1. Modelos de torres de enfriamiento

Las torres de enfriamiento son diseñadas para asistir a los sistemas de enfriamiento de aguas en procesos industriales y fabricados con materiales compuestos,

lo cual le permiten tener excelentes propiedades mecánicas. Contando con diversos modelos de acuerdo a los requerimientos de los procesos, a continuación se enumeran los modelos, para especificaciones más detalladas de estos equipos ver ANEXO F.

- a) Modelo ECOFLEX
- b) Modelo EMC
- c) Modelo TEMAC

#### 1.4.2. Estanques

Los estanques diseñados y fabricados por Tecnofiber están dirigidos a contener y soportar productos ácidos, alcalinos o alimenticios, fabricados mediante el proceso de filament winding (embobinado continuo). La forma constructiva de los estanques, verticales, horizontales o tipo aljibe y enterrados están orientados para atender a la industria minera, química, agricultura, vitivinícola, de saneamiento, etc.

##### 1.4.2.1. Modelos de estanques

Los estanques cuentan con diversos modelos de acuerdo a las sustancias que se requiere contener, a continuación se enumera la gama de modelos, para especificaciones más detalladas de estos equipos ver ANEXO G.

- a) Estanques para agua
- b) Estanques para vino
- c) Estanques para productos químicos
- d) Estanques verticales cilíndricos estacionarios
- e) Estanques horizontales cilíndricos estacionarios

#### 1.4.3. Ventiladores

Los ventiladores son diseñados y fabricados por Tecnofiber, contando con ventiladores axiales y centrífugos. A continuación se enumeran los modelos, para especificaciones más detalladas de estos equipos ver ANEXO H.

- a) Ventiladores axiales
- b) Ventiladores centrífugos

## 1.5. PROCESOS PRODUCTIVOS

### 1.5.1. Fabricación en PRFV

Para la fabricación de productos y piezas técnicas en Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio, la empresa cuenta con diferentes procesos productivos, que varían de acuerdo al producto que se desea obtener según las necesidades y requerimientos de cada proyecto, englobándose en tres procesos:

- Laminado Manual (Hand Lay –Up)
- Filament Winding o de embobinado continuo
- Laminado por Proyección (Spray-up Chopper Gun)

Pero antes de describir estos procesos, es de suma importancia detallar las materias primas y materiales que se utilizan durante la fabricación de PRFV, con el fin de comprender de mejor forma el proceso integrado con el material utilizado.

### 1.5.2. Materias primas y materiales

Para la fabricación de las distintas estructuras en plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) se utilizan una diversa y variada gama de materiales; destacando además que su principal proveedor de estas materias primas es la empresa BASF, las cuales se detallan a continuación:

#### 1.5.2.1. Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es el material de refuerzo más utilizado para mejorar la resistencia mecánica en el uso de las resinas, aportando una gran resistencia a la tracción y gran flexibilidad. Ya que por sí solas las resinas de poliéster tienen gran resistencia a la compresión y a las temperaturas elevadas, pero son rígidas y con poca resistencia a la tracción y menos a la flexión.

La resistencia mecánica de los productos PRFV depende de la cantidad de fibra de vidrio que contenga, el tipo de resina y del perfil que tengan. A mayor cantidad de fibra de vidrio, se tiene mayor resistencia mecánica.

La fibra de vidrio se presenta en una amplia variedad de formas de acuerdo a su uso y proceso:

A. Mantas de fibras de vidrio o MAT

Las mantas son usadas para reforzar resinas poliéster, viniléster o epóxicas en el proceso de laminación manual, siendo el material más usual para laminados de PRFV por ser fácil de moldear. Estos fieltros (MAT) están compuestos por fibras cortadas y distribuidas de manera uniforme y aleatoria que se mantienen unidos por un aglutinante en polvo. Las mantas son fabricadas con gramajes de 225 g/m<sup>2</sup>, 450 g/m<sup>2</sup> o 600 g/m<sup>2</sup>.

B. Tejidos de fibra de vidrio WOVEN ROVING

Son un refuerzo de alto rendimiento ampliamente utilizado para reforzar las capas de fibra de vidrio, produciendo laminados con mayor resistencia mecánica y con mayor dureza, generalmente se usan intercalándola entre las mantas de fibras de vidrio MAT. Está compuesta por tejidos bidireccionales hecho entretejiendo mechas directas.

C. Velos

Los velos superficiales sirven para asegurar uniformidad de espesor al laminado interno de los equipos que mantienen contacto permanente con un ambiente agresivo. Se utiliza como capa de refuerzo del gelcoat aportando consistencia a esta capa, especialmente utilizado en zonas de ángulos cerrados.

D. Roving continuo para enrollamiento (Filament Winding)

Es un roving directo especialmente proyectado para el proceso de enrollamiento filament winding, siendo compatibles con resinas poliéster, viniléster y epoxi. Las fibras son tratadas superficialmente para rápida impregnación y fácil procesamiento.

1.5.2.2. Resinas

Las resinas que se utilizan en este proceso son líquidos que se curan a temperatura ambiente transformándose en materiales sólidos. Por esto se obtienen estructuras con elevadas resistencia y buen comportamiento mecánico. En Tecnofiber se utilizan diferentes tipos de resinas de poliéster y viniléster, que pueden ser ortoftálicas e isoftálicas.

#### A. Ortoftálicas

Las resinas ortoftálicas son para uso general, presentan buena resistencia a la intemperie y ambientes moderadamente agresivos.

##### a. Palatal P 4

Resina de poliéster insaturado ortoftálica de mediana reactividad, usada ampliamente en la construcción de botes, piscinas, carrocerías, revestimientos, etc., en los cuales no se requiere una gran resistencia química.

##### b. Palatal E 200

Resina de poliéster insaturado ortoftálica de baja reactividad que en su estado endurecido es flexible, la cual es usada como mezcla con Palatal A-410 tanto para mejorar la tenacidad del compuesto, adherencia entre PVC rígido y los plásticos reforzados con fibra de vidrio.

#### B. Isoftálicas

Resinas rígidas que tienen menor brillo superficial y menor resistencia a la intemperie que las flexibles.

##### a. Palatal A 400

Resina de poliéster insaturado isoftálica y glicoles estándar de mediana viscosidad y alta reactividad que por sus sobresalientes propiedades de resistencia a la hidrólisis y baja absorción de agua es particularmente apropiada para la construcción de embarcaciones, moldes, gelcoat, estanques, etc.

#### 1.5.2.3. Gelcoat

Son resinas no reforzadas que constituyen la superficie de los laminados de poliéster con fibra de vidrio. Generalmente es aplicado sobre la superficie del molde, siendo el laminado estructural aplicado sobre esta capa. El gelcoat reproduce las características superficiales del molde (previamente cubierto por un desmoldante). Moldes lisos y brillantes permiten piezas también lisas y brillantes.

A. Gelcoat blanco

Gelcoat blanco isoftálico preacelerado de alta reactividad y estabilizado a los rayos UV. Apropriado para aplicar en forma manual (brocha o rodillo) o con equipos de proyección.

1.5.2.4. Desmoldante

El desmoldante es un producto en forma de cera que deja una película sobre la matriz o molde, que impide la adherencia del PRFV durante el proceso de laminado manual, permitiendo un desmoldaje limpio de la pieza.

A. Cera desmoldante

Cera para el desmoldeado de las piezas de PRFV, sella eficazmente las zonas porosas de la superficie del molde, es conveniente asegurarse de estar bien esparcida para no tener problemas de pegado.

1.5.2.5. Catalizador

Para poder producir un objeto moldeado o laminado en un polímero, la resina poliéster necesita fraguar, esto quiere decir que lleva un proceso de gelificación o coagulación y endurecimiento, el cual se logra adicionando un catalizador, el cual necesita de condiciones atmosféricas como baja humedad y una temperatura entre los 15 °C y 25°C.

A. Metil Etil Cetona Peróxido (PMEC)

Es un peróxido orgánico utilizado como catalizador en las resinas de poliéster. No tiene una fórmula química bien definida, ya que esta es elaborada con mezclas distintas de hidroperóxidos.

1.5.2.6. Acelerador

Un acelerador es un componente químico que tiene la propiedad de llevar a la resina a fraguar sin la necesidad del calor. Los más utilizados son los basados en una sal de cobalto.

A. Octoato de cobalto

El octoato de cobalto actúa como un acelerador en las resinas, desarrollando un adecuado secado superficial, haciendo posible que la resina pueda fraguar sin calor.

1.5.2.7. Disolventes

Los disolventes orgánicos generalmente de uso corriente en las industrias son compuestos orgánicos volátiles que se utilizan solos o en combinación con otros agentes para disolver materias primas, productos o materiales residuales, utilizándose para la limpieza, para modificar la viscosidad, como agente tensoactivo, como plastificante, como conservante o como portador de otras sustancias que, una vez depositadas, quedan fijadas evaporándose el disolvente.

A. Acetona

La acetona es un disolvente fuerte de plásticos, epoxis, fibra de vidrio y resinas, se usa principalmente para la limpieza de herramientas y utensilios utilizados para la aplicación de resinas.

B. Monómero de Estireno

Es un disolvente reactivo que permite modificar las propiedades de viscosidad de la resinas poliéster y viniléster. El estireno es el monómero más utilizado para copolimerizar (interligar) las cadenas lineales de los poliésteres. Las aplicaciones sugeridas a cualquier tipo de piezas fabricadas con resina poliéster insaturada.

1.5.3. Descripción de los procesos productivos

En general, los procesos productivos que se ejecutan en Tecnofiber comienzan por la orden de compra que deriva al diseño de planos de acuerdo los requerimientos y necesidades de cada cliente y al tipo de equipo, ya sea torre de enfriamiento, estanque, pieza u otro. Luego se procede a verificar la existencia de matriz para continuar con su preparación, de lo contrario se debe diseñar y confeccionar una nueva matriz, solicitando materiales e insumos. Una vez que se cuenta con los insumos requeridos, se procede de diferentes formas de acuerdo a las especificaciones de la estructura a construir, correspondiendo al proceso de laminado manual para la fabricación de torres de

enfriamiento, filament winding para la fabricación de estanques cilíndricos, laminado por proyección para la confección de torres de enfriamiento y piezas en general. Describiendo detalladamente cada uno de los procesos más adelante.

Cada proceso termina con la inspección visual del equipo o pieza confeccionada, correspondiendo al procedimiento de control de calidad de estos, que se inicia con la verificación de la pieza, si es aprobada pasa a la etapa de desbaste de rebabas, en caso contrario se decide si es posible la reparación de ésta, pudiendo ser reparada e ingresando nuevamente a la etapa de desbaste de rebabas o determinando definitivamente hacer una nueva pieza por rechazo. Luego del desbaste de rebabas se procede al premontaje a través de ensamble de piezas, el cual consiste en unir y ensamblar las piezas ya listas, encajando además otras piezas y accesorios requeridos para el funcionamiento de acuerdo al diseño, determinando en caso que todas las piezas coincidan perfectamente continuar al pegado de ensamble de piezas, de lo contrario se devuelve la pieza a la etapa de desbaste. Continuando con la etapa de terminación y acabado, el cual consiste en entregar los ajustes o retoques finales de las piezas, como retoques de pinturas u otro retoque requerido, para consecutivamente decidir solo en caso que sea equipo o estanque pasar a las pruebas de estanqueidad, pruebas motrices, pruebas de hélice y pruebas de balanceo, las cuales una vez aprobadas se prosigue con la etapa de embalaje, si es una pieza pasa directo al embalaje y despacho del producto.

#### 1.5.3.1. Proceso de laminado manual (Hand lay-up)

Se prepara la matriz considerando la existencia de alguna previamente construida que se encuentre en bodega de acuerdo con las dimensiones y especificaciones de la orden de compra o se confecciona una nueva. Sobre la matriz totalmente limpia de impurezas se aplica cera desmoldante, luego se aplica uniformemente en toda la pieza Gelcoat; que puede ser de forma manual con rodillo o de forma mecánica con equipo de proyección, logrando un espesor ideal entre 0,35 y 0,60 mm de espesor dependiendo de las necesidades, luego se debe esperar entre 2 a 3 horas para el curado del Gelcoat, verificando a través de la prueba de tacto que no se deje rastro en la superficie.

Luego se verifican las especificaciones en planos para la aplicación de capas para la obtención del grosor requerido y se calculan las medidas adecuadas de la mezcla de resina, pesando cada componente, respetando las proporciones recomendadas de resinas, catalizador, acelerante u otro componente requerido, para iniciar la etapa de laminado que consiste en ir aplicando mantas de fibras de vidrio MAT de distintos gramajes según la resistencia mecánica que se desee entregar a la pieza, considerando en una primera instancia la colocación de manto tipo velo en esquinas y ángulos cerrados, a continuación

se posiciona la siguiente manta correspondiente sobre la matriz, y sobre ella se aplica la mezcla de resina de forma manual con rodillo uniformemente por toda la superficie, luego se utiliza un rodillo metálico para eliminar las burbujas de aire que puedan quedar entre las capas. Este proceso de ir colocando las mantas cubriéndolas con la mezcla de resina junto con la aplicación de rodillo metálico, se va repitiendo sucesivamente con los diferentes mantos, considerando además; en caso de ser requerido, la utilización de Tejido de Roving, procurando que éste quede entre medio de los demás mantos de menor gramaje para dar mejor resistencia mecánica a la pieza.

Se continúa con la etapa de curado que consiste en dejar que la pieza se solidifique con la matriz entre 12 a 72 horas aproximadamente, según las condiciones climáticas. Luego se sigue con el desmoldaje de la pieza de la matriz con instrumentos que no rayen ni dañen, realizando una inspección visual de la pieza, verificando que no presente en el Gelcoat arrugas ni delgadez o pigmentación irregular las cuales podrían ser causas de rechazos.



Fuente: Elaboración propia, Tecnofiber S.A.I.C., 2019

Figura 1-16. Aplicación de resinas con rodillo durante el proceso de laminado manual



Fuente: Elaboración propia, Tecnofiber S.A.I.C., 2019

Figura 1-17. Utilización de rodillo metálico para retirar excesos de resina y burbujas de aire durante el proceso de laminado manual

#### 1.5.3.2. Proceso filament winding o de embobinado continuo

Se prepara la barrera química que consta de colocar planchas de melamina, la cual mediante el proceso de proyección se fabrica una plancha de PRFV la que se dispone en forma cilíndrica. Para luego colocar la tapa y fondo del cilindro, ambos fabricados mediante el proceso de proyección con pistola Chopper, utilizando resinas de acuerdo a requerimientos del cliente.

El cilindro es colocado en la base de la máquina filament winding, para luego preparar los eslabones del sistema de cadena de la polea de acuerdo a la altura y diámetro del estanque a fabricar, considerando para un diámetro máximo de 5 m. Seguidamente se calcula la cantidad de Roving continuo para enrollamiento de fibra de vidrio a utilizar y se calculan las medidas adecuadas de la mezcla de resina, pesando cada sustancia, respetando las proporciones recomendadas de resina, catalizador, acelerante u otra sustancia requerida. Se prepara el recipiente de la filament winding que contiene la resina y distribuye los Rovings continuos para enrollamiento, verificando que éste se encuentre limpio de residuos, depositando la mezcla de resina en el contenedor y enhebrando en los peines contiguos al recipiente los Rovings continuos hasta dejarlos en la superficie del cilindro. A continuación se enciende la máquina filament winding y la base donde está

situado el cilindro comienza a girar y los Rovings continuos avanzan por el recipiente impregnándose de la mezcla de resina, el recipiente a su vez sube y baja por la acción del sistema de poleas, envolviendo la superficie del cilindro produciendo el tejido de este cilindro. Mientras el proceso se produce lentamente, se utilizan rodillos metálicos y sintéticos para esparcir uniformemente la mezcla de resina sobre la superficie del estanque y procurando que no se produzcan escurrimientos.

De acuerdo a los cálculos de espesor del estanque que se han realizado previamente en el proceso de diseño se establece la cantidad de “cover” o cubrimientos completos de la superficie cilíndrica del estanque; sin dejar espacios desprovistos de Rovings continuos, lo cual significa que el recipiente sube y baja numerosas veces para generar un cover en el cilindro. Una vez que se cumple con el espesor requerido, se detiene la máquina filament winding y se continúa con la etapa de curado que consiste en dejar que el estanque se solidifique por un periodo superior a 72 horas, según las condiciones climáticas. Luego se continúa con el procedimiento de control de calidad del estanque.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

Figura 1-18. Estructura cilíndrica de madera para estanques



Fuente: Elaboración propia, Tecnofiber S.A.I.C., 2019

Figura 1-19. Estanques en etapa de curado, fabricados mediante proceso filament winding

#### 1.5.3.3. Proceso laminado por proyección (Spray-up Chopper Gun)

Se confecciona y prepara la matriz de acuerdo con las dimensiones y especificaciones de la orden de compra. Sobre la matriz totalmente limpia de impurezas se aplica cera desmoldante, luego se aplica uniformemente en todo el molde el Gelcoat; que puede ser de forma manual con rodillo o de forma mecánica con equipo de proyección, logrando un espesor ideal entre 0,35 y 0,60 mm de espesor dependiendo de las necesidades, luego se debe esperar entre 2 a 3 horas para el curado del Gelcoat, verificando a través de la prueba de tacto que no se deje rastro en la superficie.

Se verifican las especificaciones en planos para la aplicación de capas para la obtención del grosor requerido y se calculan las medidas y proporciones adecuadas de la mezcla de resina preacelerada; es decir, previamente mezclada con acelerante, y de catalizador, pesando cada sustancia, procurando respetar las proporciones recomendadas. Seguidamente se procede a la utilización de maquinaria que posee un sistema que va cortando hilado de fibra de vidrio en pequeños trozos, a continuación, mediante el uso de una pistola rociadora aplica, de forma simultánea, los trozos de fibra de vidrio cortados en el flujo de resina catalizada. La mezcla de resina y catalizador se lleva a cabo justo a la salida de la pistola, siendo el catalizador rociado a través de dos boquillas laterales a la

resina. La mezcla de resina y fibra de vidrio se pulveriza directamente sobre la superficie de gelcoat en el molde.

Una vez que el material se rocía en el molde, se utilizan brochas o rodillos para eliminar el aire atrapado, así como para asegurar la buena humectación de la fibra. Nuevas capas de tejido de fibra de vidrio se agregan en el laminado, en función de los requisitos de rendimiento. Con la pieza en el molde, antes del curado, se pueden recortar sobrantes, de ser necesario, con una herramienta cortante. El curado de la resina se hace a temperatura ambiente y puede tomar entre 4 a 12 horas según el tamaño de la pieza para poder efectuar el desmoldado. Luego la pieza se ubica sobre una superficie plana al sol y se deja post curar por 72 horas. Una vez transcurrido este tiempo se procede a la inspección visual de la pieza para pasar al procedimiento de control de calidad.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

Figura 1-20. Pistola de aplicación Spray-up Chopper Gun



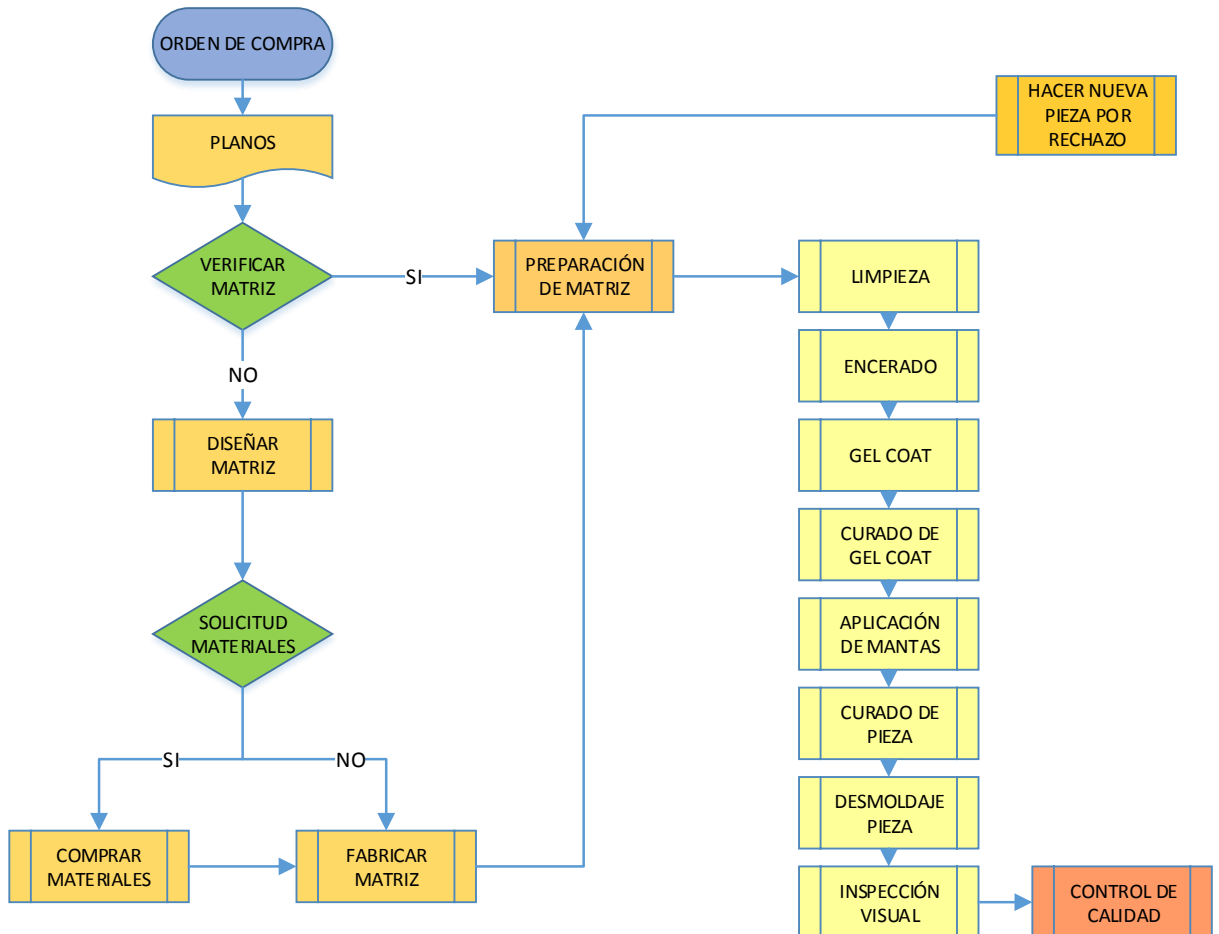
Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

Figura 1-21. Proceso de laminado por proyección

#### 1.5.4. Diagramas de flujos procesos productivos

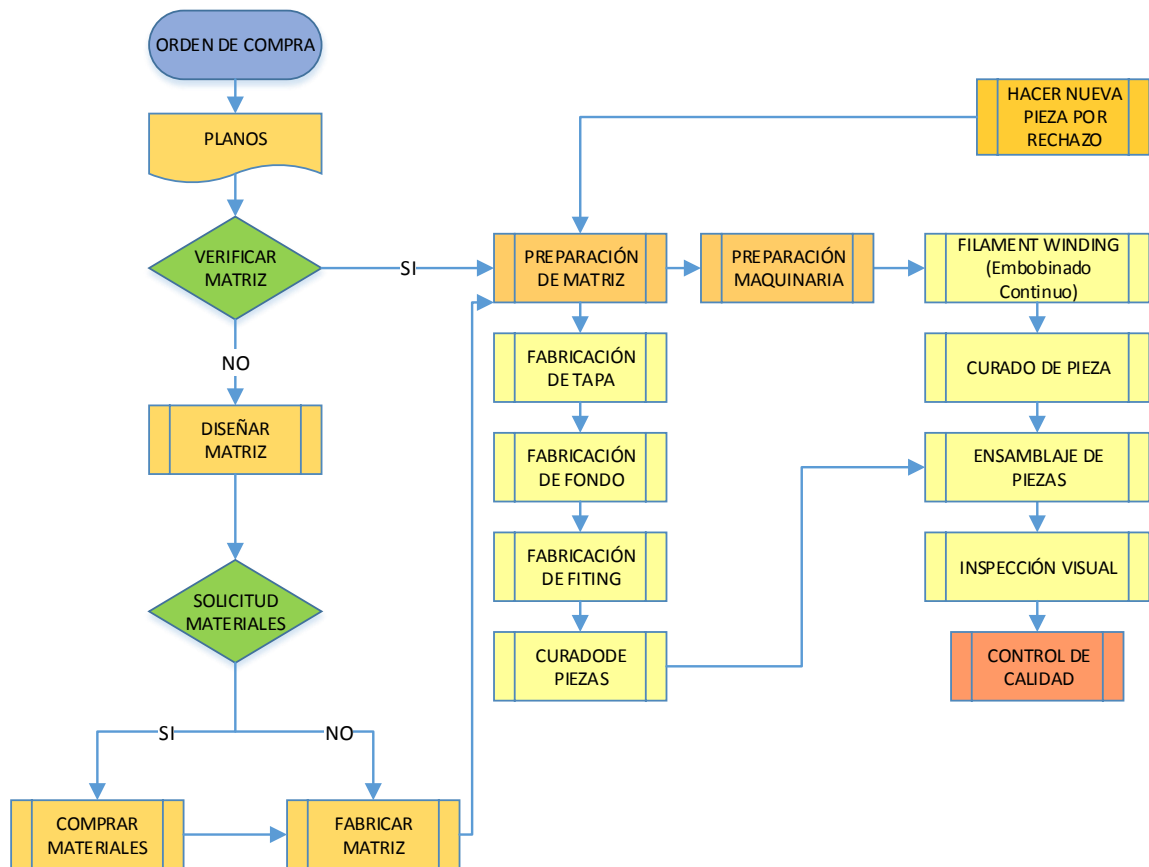
A continuación se presentan mediante esquemas los diagramas de flujo que cada proceso productivo descrito anteriormente.

##### 1.5.4.1. Diagrama de flujo proceso laminado manual



Fuente: Elaboración propia a partir de información aportada por Tecnofiber S.A.I.C.

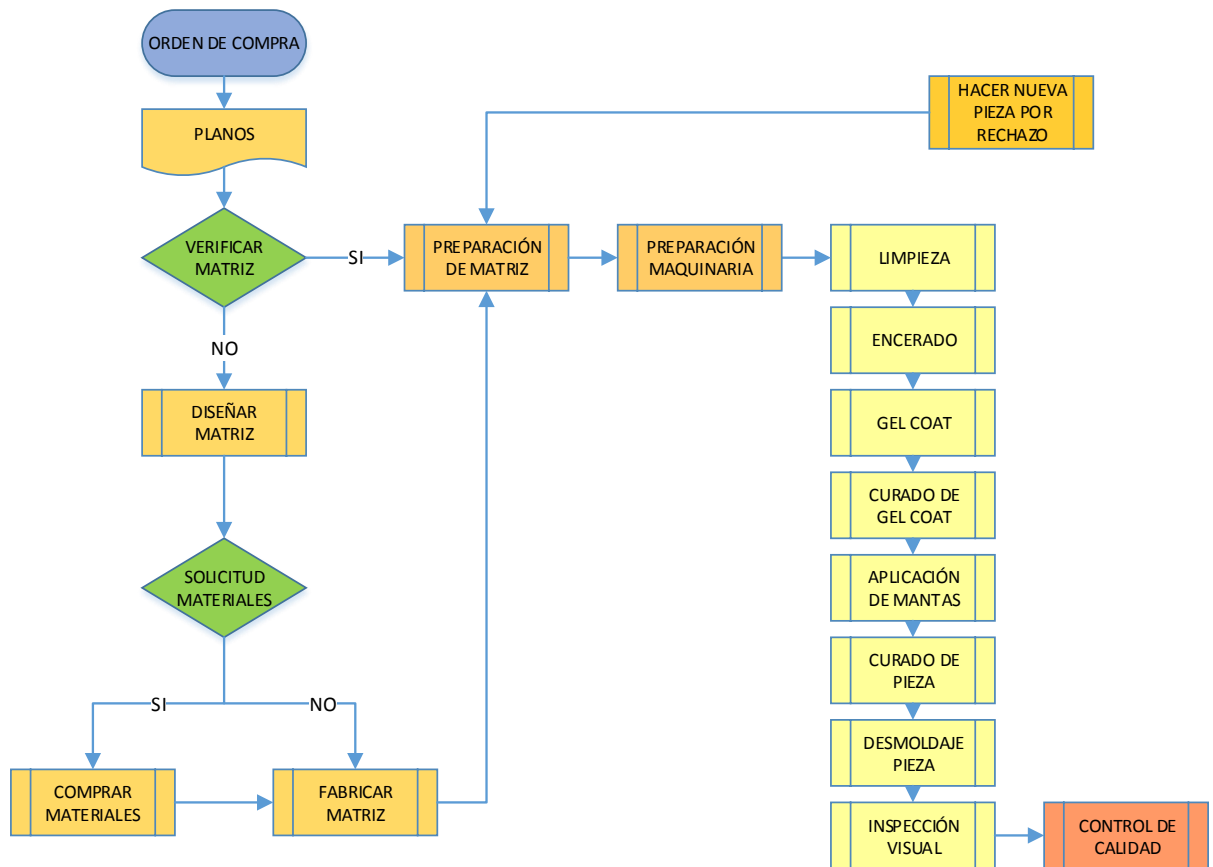
Diagrama 1-1. Flujo del proceso de laminado manual

1.5.4.2. Diagrama de flujo proceso filament winding

Fuente: Elaboración propia a partir de información aportada por Tecnofiber S.A.I.C.

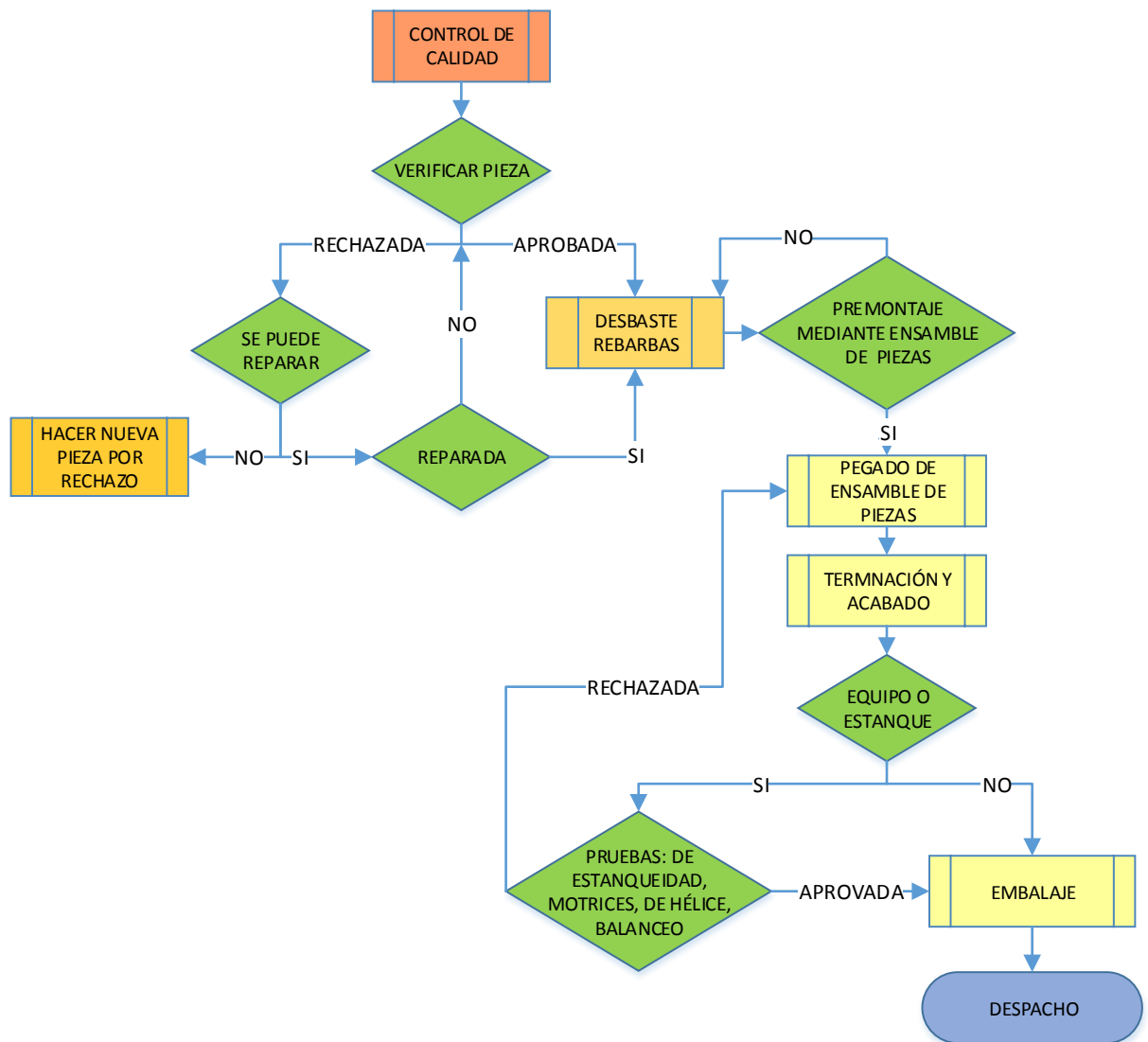
Diagrama 1-2. Flujo del proceso filament winding

### 1.5.4.3. Diagrama de flujo proceso laminado por proyección



Fuente: Elaboración propia a partir de información aportada por Tecnofiber S.A.I.C.

Diagrama 1-3. Flujo del proceso de laminado por proyección

1.5.4.4. Diagrama de flujo control de calidad

Fuente: Elaboración propia a partir de información aportada por Tecnofiber S.A.I.C.

Diagrama 1-4. Flujo de control de calidad

**CAPÍTULO 2: MARCO LEGAL**

## 2 MARCO LEGAL

El presente capítulo busca identificar y analizar la normativa vigente asociada al proyecto de reciclaje y más específicamente las gestiones relacionadas al manejo de residuos, planteando para ello la normativa vigente de acuerdo a un orden jerárquico.

### 2.1. MARCO LEGAL

#### 2.1.1. Constitución política de la república de Chile: constitución/ 1980 MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA

La Constitución Política de la República de Chile menciona en su artículo 19 N°8 sobre el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, siendo deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza.

La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente.

#### 2.1.2. Código del trabajo: D.F.L. N° 1/2002 MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

Decreto con Fuerza de Ley N°1 Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de las normas que constituyen el Código del Trabajo, promulgado el 31 de Julio de 2002, emanado por Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

En el Art. 184 se señala que “El empleador estará obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, informando de los posibles riesgos y manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, como también los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales.

Deberá asimismo prestar o garantizar los elementos necesarios para que los trabajadores en caso de accidente o emergencia puedan acceder a una oportuna y adecuada atención médica, hospitalaria y farmacéutica.”

Un aspecto importante es la incorporación del artículo 184 bis, que señala lo siguiente: “Sin perjuicio de lo establecido en el artículo precedente, cuando en el lugar de

trabajo sobrevenga un riesgo grave e inminente para la vida o salud de los trabajadores, el empleador deberá:

- a) Informar inmediatamente a todos los trabajadores afectados sobre la existencia del mencionado riesgo, así como las medidas adoptadas para eliminarlo o atenuarlo.
- b) Adoptar medidas para la suspensión inmediata de las faenas afectadas y la evacuación de los trabajadores, en caso que el riesgo no se pueda eliminar o atenuar.”

De esta manera el trabajador tendrá la facultad a interrumpir sus labores y abandonar el lugar de trabajo, en caso que por causas razonables, continuar con sus labores signifiquen un riesgo grave e inminente.

Del Título III, del seguro social contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales que contienen los artículos del 209 al 211 se deja en manifiesto que el empleador es responsable de las obligaciones de afiliación y cotización del seguro social obligatorio contra accidentes y enfermedades profesionales. De la misma forma el dueño de la empresa o faena es subsidiariamente responsable de las obligaciones de afiliación y cotización con respecto a los contratistas en relación a las de sus subcontratistas.

La Ley N° 16.744 es la encargada de regular a las empresas y entidades con respecto a las medidas de higiene y seguridad. Siendo el seguro de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales financiado mediante una cotización básica general y una cotización adicional diferenciada en función de la actividad y riesgo de la empresa o entidad, pudiendo también ser a través del producto de multas que apliquen los organismos administradores.

### 2.1.3. Código sanitario: D.F.L. N° 725/1967 MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA

El código sanitario (decreto con fuerza de ley n° 725), promulgado el 11 de Diciembre de 1967 por el Ministerio de Salud Pública, rige todas las materias relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes de la República.

En el Libro III de la higiene y seguridad del ambiente y de los Lugares de trabajo, en su Título I se señala que corresponderá al Servicio Nacional de Salud el control de factores, elementos o agentes del medio ambiente que afecten la salud, la seguridad y bienestar de los habitantes.

Luego en su Título III de la higiene y seguridad de los lugares de trabajo, se menciona las normas que contendrá el reglamento sobre las condiciones de higiene y seguridad de los lugares de trabajos, como de las instalaciones, materiales u otro, con la finalidad de proteger eficazmente la vida, la salud y el bienestar de los trabajadores. De

las medidas de protección sanitaria y de seguridad que deben adoptarse manipulación de sustancias producidas o utilizadas en los lugares de trabajo. Y de las condiciones de higiene y seguridad que deben reunir los equipos de protección personal y la obligación de su uso.

Con respecto a las sustancias peligrosas para la salud; en su Título IV, se estipula que el Reglamento fijará las condiciones en que se realizará la producción, importación, expendio, tenencia, transporte, distribución, utilización y eliminación de las sustancias tóxicas y productos peligrosos de carácter corrosivo o irritante, inflamable o comburente; explosivos de uso pirotécnico y demás sustancias que signifiquen un riesgo para la salud, la seguridad o el bienestar de los seres humanos y animales. Los cuales no podrán ser importados o fabricados sin autorización de la Dirección General de Salud.

#### 2.1.4. Ley 19.300/1994 MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA

Es la Ley que establece las bases generales en materia de medio ambiente en Chile, promulgada el 01 de Marzo de 1994, por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Se encarga de regular la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales y del patrimonio ambiental de nuestro país. Además constituye el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Asimismo, regula los instrumentos de gestión ambiental como la Evaluación Ambiental Estratégica, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y el acceso a la Información Ambiental, la Responsabilidad por Daño Ambiental, la Fiscalización y el Fondo de Protección Ambiental y la institucionalidad ambiental de Chile.

Por lo tanto esta Ley permitió la Creación de Instrumentos de Gestión Ambiental que se mencionan a continuación:

1. El SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental)
2. Participación ciudadana.
3. Normas de Calidad Ambiental.
4. Normas de Emisión.
5. La elaboración de los planes de manejo, prevención o descontaminación.

Dentro de los aspectos importantes de esta Ley se señala:

- a) Dar un contenido concreto y un desarrollo jurídico adecuado a la garantía constitucional que asegura a todas las personas el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación
- b) Crear una institucionalidad que permita a nivel nacional solucionar los problemas ambientales existentes y evitar la creación de otros nuevos

- c) Crear instrumentos para la eficiente gestión del problema ambiental, y que pueda dar una adecuada protección a los recursos naturales
- d) Disponer de un cuerpo legal general, a la cual se pueda referir toda la legislación ambiental sectorial.

Este cuerpo legal define la siguiente clasificación de normas:

- a) Normas Primarias de Calidad Ambiental: “Aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población”.
- b) Norma Secundaria de Calidad Ambiental: “Aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza”.
- c) Normas de Emisión: “las que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora”.

#### 2.1.4. Ley 20.417/2010 MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA

Esta Ley crea el ministerio, el servicio de evaluación ambiental y la superintendencia del medio ambiente, es promulgada el 12 de Enero de 2010 por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Principales modificaciones de esta Ley:

- a) Crea un conjunto de instituciones que asumen la dirección y coordinación de las políticas ambientales del país planes y programas.
- b) Se reforma el SEIA celeridad al procedimiento administrativo, reduciendo algunos plazos y ampliando el catálogo de actividades sometidas a este sistema.
- c) La integración de instituciones y principios de derecho ambiental, acceso a la información ambiental.

La Ley N° 20.417, estableció una profunda transformación en Institucionalidad Ambiental vigente en Chile. Como primera gran reforma, se creó el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental, y la Superintendencia de Medio Ambiente, quedando suprimida la antigua Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

El Ministerio del Medio Ambiente, es una secretaría de Estado encargada de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los Recursos Naturales Renovables, promoviendo la integridad de la política ambiental y su regulación normativa.

Cabe destacar que esta Ley también estableció importantes modificaciones a la Participación Ciudadana, en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, entre las cuales podemos destacar, el que hoy en día cualquier persona, natural o jurídica, formular observaciones tanto respecto de los Estudios de Impacto Ambiental, como de las Declaraciones de Impacto Ambiental.

#### 2.1.5. Ley 20.920/2016 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

Corresponde a la Ley marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje, promulgada el 17 de Mayo de 2016 por el Ministerio del Medio Ambiente. Siendo el principal objetivo de esta ley la disminución de la generación de residuos, fomentando la reutilización, el reciclaje y la valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

Los principios que inspiran la Ley:

- a) El que contamina paga.
- b) Gradualismo en la implementación de las obligaciones.
- c) Inclusión de los recicladores base.
- d) Jerarquía en el manejo de residuos considerando prevención, reutilización, reciclaje y eliminación.
- e) Libre competencia en los sistemas de gestión y operación de residuos.
- f) Participativo
- g) Precautorio, para evitar daños en el medio ambiente, aunque no se tenga certeza científica para evitar daños en el medio ambiente.
- h) Preventivo, evitando, a través de mejoras en los insumos o materias primas, en los procesos productivos o en el diseño, la generación de residuos.
- i) Responsabilidad del generador de un residuo, desde inicio a fin.
- j) Transparencia y publicidad de la información relevante.
- k) Trazabilidad de los residuos en la cadena de manejo.

La Gestión de los Residuos será desarrollada con la premisa de promover la prevención de la generación de residuos y fomentar su valorización, implementando distintos instrumentos que serán establecidos mediante decreto supremo, sometido a pronunciamiento del consejo de ministros, implementados y siguiendo según el principio de gradualismo. Estos son:

- a) Ecodiseño.
- b) Certificación, rotulación y etiquetado de uno o más productos.
- c) Sistemas de depósito y reembolso.
- d) Mecanismos de separación en origen y recolección selectiva de residuos.
- e) Mecanismos para asegurar un manejo ambientalmente racional de residuos.
- f) Mecanismos para prevenir la generación de residuos, incluyendo medidas para evitar que productos aptos para el uso o consumo, según lo determine el decreto supremo respectivo, se conviertan en residuos.

Obligaciones de los generadores de residuos:

- a) Entregar los residuos a un gestor autorizado.
- b) Si el manejo es por cuenta propia, este deberá cumplir con la normativa vigente sobre almacenamiento.
- c) Los residuos sólidos domiciliarios y asimilables deberán ser entregados a la municipalidad correspondiente o a un gestor autorizado.

Obligaciones de los gestores de residuos:

- a) Manejar los residuos de manera ambientalmente racional.
- b) Aplicar las mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales.
- c) Declarar, a través del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, al menos, el tipo, cantidad, costos, tarifa del servicio, origen, tratamiento y destino de los residuos,
- d) Contar con seguro por daños a terceros y al medio ambiente aquellos gestores de residuos peligrosos según lo dispuesto por el reglamento sanitario.

Responsabilidad extendida del productor:

- a) Inscripción en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes registro establecido en el artículo 37.
- b) Organizar y financiar la recolección de los residuos de los productos prioritarios en todo el territorio nacional, así como su almacenamiento, transporte y tratamiento en conformidad a la ley, a través de alguno de los sistemas de gestión.

- c) Cumplir con las metas y otras obligaciones asociadas, en los plazos, proporción y condiciones
- d) Asegurar que la gestión de los residuos de los productos prioritarios se realice por gestores autorizados y registrados.

Los Productos Prioritarios:

- a) Aceites lubricantes.
- b) Aparatos eléctricos y electrónicos.
- c) Baterías.
- d) Envases y embalajes.
- e) Neumáticos.
- f) Pilas.

Mecanismos de apoyo a la Responsabilidad extendida del productor:

- a) Educación ambiental.
- b) Facultades a las Municipalidades a fin de colaborar con el adecuado cumplimiento del objeto de esta ley.
- c) Fondo para el reciclaje para financiar proyectos, programas y acciones.

#### 2.1.6. Decreto supremo N° 594/1999 MINISTERIO DE SALUD

Este Decreto Supremo aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, promulgado el 15 de Septiembre de 1999 por el Ministerio de Salud. Estableciendo los límites permisibles de exposición ambiental a agentes químicos y agentes físicos, y aquellos límites de tolerancia biológica para trabajadores expuestos a riesgo ocupacional.

En este decreto se define residuo industrial como “todo aquel residuo sólido o líquido, o combinaciones de éstos, provenientes de los procesos industriales y que por sus características físicas, químicas o microbiológicas no puedan asimilarse a los residuos domésticos.”

Declarando en su artículo 18 que “La acumulación, tratamiento y disposición final de residuos industriales dentro del predio industrial, local o lugar de trabajo, deberá contar con la autorización sanitaria.”

### 2.1.7. Decreto supremo N° 148/2003 MINISTERIO DE SALUD

Este decreto Supremo aprueba reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos promulgado el 12 de Junio de 2003 por el ministerio de salud.

Este Reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la:

- a) Generación
- b) Tenencia
- c) Almacenamiento
- d) Transporte
- e) Tratamiento,
- f) Reuso
- g) Reciclaje
- h) Disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

Definiciones:

Residuo o desecho: sustancia, elemento u objeto que el generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar.

Residuo peligroso: residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar algunas de las características señaladas en el artículo 11.

Reciclaje: recuperación de residuos peligrosos o de materiales presentes en ellos, por medio de las operaciones señaladas en el artículo 86 letra B, para ser utilizados en su forma original o previa transformación, en la fabricación de otros productos en procesos productivos distintos al que los generó.

Reuso: recuperación de residuos peligrosos o de materiales presentes en ellos por medio de las operaciones señaladas en el artículo 86 letra B para ser utilizados en su forma original o previa transformación como materia prima sustitutiva en el proceso productivo que les dio origen.

Disposición final: procedimiento de eliminación mediante el depósito definitivo en el suelo de los residuos peligrosos, con o sin tratamiento previo.

Eliminación: cualquiera de las operaciones señaladas en el artículo 86.

Las características de peligrosidad son las siguientes:

- a) Toxicidad aguda,
- b) Toxicidad crónica,

- c) Toxicidad extrínseca,
- d) Inflamabilidad,
- e) Reactividad y
- f) Corrosividad.

#### Categoría de Residuo Peligroso

Un residuo se considerará peligroso si se encuentra incluido en alguna de las categorías I, II o III, a menos que no presente ninguna característica de peligrosidad.

Para facilitar la aplicación de los listados de la Categoría de Peligrosidad se definen:

Lista A: Residuos Peligrosos

Lista B: Residuos No Peligrosos

No obstante el generador podrá demostrar ante la Autoridad Sanitaria, conforme a lo establecido en los artículos 12 al 17 del presente reglamento, que tales residuos no son peligrosos.

#### La Generación

Toda instalación que anualmente genere más de 12 kilogramos de residuos tóxicos agudos o a más de 12 toneladas de residuos peligrosos deberán contar con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos.

El Plan deberá ser diseñado por un profesional e incluirá todos los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para lograr que el manejo y la eliminación se hagan con el menor riesgo posible.

El Plan de Manejo de Residuos Peligrosos deberá privilegiar opciones de sustitución en la fuente, minimización y reciclaje cuyo objetivo sea reducir la peligrosidad, cantidad y/o volumen de residuos que van a disposición final y deberá contemplar al menos los siguientes aspectos:

- a) Descripción de los procesos que generan RESPEL.
- b) Identificación de las características de peligrosidad de los residuos generados y estimación de la cantidad.
- c) Análisis de alternativas de minimización de la generación de RESPEL.
- d) Procedimientos para recoger, transportar, embalar, etiquetar y almacenar los RESPEL.
- e) Perfil del encargo de manejo del RESPEL, y del personal encargado de operarlo.
- f) Transporte interno de los RESPEL.
- g) Hojas de Seguridad para el Transporte de RESPEL.
- h) Plan de Capacitación donde se manejan RESPEL.
- i) Plan de Contingencias.

- j) Identificación del tratamiento o disposición final de los RESPEL.
- k) Sistema de registro de los RESPEL generados por la instalación o actividad.

El Generador afecto a un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, que encomiende a terceros el transporte y/o la eliminación de sus residuos peligrosos será responsable de:

- a) Retirar y transportar a través de transportistas autorizados.
- b) Realizar la eliminación en Instalaciones autorizadas.
- c) Proporcionar oportunamente la información correspondiente al Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos.
- d) Establecer un manejo diferenciado entre los residuos peligrosos.

#### Del almacenamiento de RESPEL

- a) Todo sitio destinado al almacenamiento de RESPEL deberá contar con la correspondiente autorización sanitaria
- b) El período de almacenamiento de los RESPEL no podrá exceder de 6 meses.
- c) Tener una base continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los residuos.
- d) Contar con un cierre perimetral de a lo menos 1,80 metros de altura que impida el libre acceso de personas y animales.
- e) Estar techados y protegidos de condiciones ambientales tales como humedad, temperatura y radiación solar.
- f) Garantizar que se minimizará la volatilización, el arrastre o la lixiviación y en general cualquier otro mecanismo de contaminación del medio ambiente que pueda afectar a la población.
- g) Tener una capacidad de retención de escurrimientos o derrames no inferior al volumen del contenedor de mayor capacidad ni al 20% del volumen total de los contenedores almacenados.
- h) Contar con señalización de acuerdo a la Norma Chilena NCh 2.190 Of 93
- i) Deberá tener acceso restringido, en términos que sólo podrá ingresar personal debidamente autorizado por el responsable de la instalación.

#### Del Transporte de RESPEL

- a) Toda instalación necesaria para la operación del sistema de transporte requerirá de autorización sanitaria.
- b) La solicitud de autorización deberá contener las características e identificación de los vehículos a utilizar, la ubicación y las características de las instalaciones del

sistema de transporte y de los equipos de limpieza y descontaminación. Además, deberá incluir un Plan de Contingencias para abordar posibles accidentes que ocurran durante el proceso de transporte.

- c) El transportista deberá conducir la totalidad de los RESPEL transportados a una instalación de manejo de RESPEL autorizada.
- d) El transportista deberá proveer un vehículo adecuado al tipo, características de peligrosidad y estado físico del RESPEL.
- e) El personal deberá estar debidamente capacitado para la operación adecuada del vehículo y de sus equipos y para enfrentar posibles emergencias.
- f) Se deberá cumplir con el reglamento de transporte de sustancias peligrosas.
- g) No será aplicable en cantidades que no excedan de 6 kilogramos de residuos tóxicos agudos o de 2 toneladas de cualquier otra clase de residuos peligrosos, cuando éste sea efectuado por el propio generador que, además, se encuentre exceptuado de presentar planes de manejo.

De las actividades industriales que realizan operaciones de reuso y/o reciclaje

- a) El reciclaje de RESPEL será autorizado por la Autoridad Sanitaria
- b) El Ministerio de Salud emitirá guías técnicas de orientación e información para el manejo de aquellos residuos cuyo reuso y/o reciclaje sea una práctica común o que se revelen como prioritarios desde el punto de vista sanitario.
- c) Los establecimientos que reusen sus residuos peligrosos y los que reciclen tales residuos en cantidades no superiores a 12 kg. anuales cuando se trate de tóxicos agudos o a 12 toneladas cuando se trate de otros RESPEL, deberán mantener la documentación necesaria que permita verificar a la Autoridad Sanitaria el tipo y cantidad de los residuos eliminados.
- d) Los establecimientos que realicen actividades de reciclaje, sin que ello sea su actividad principal y aquellos que para reusar sus propios residuos deban transportarlos por calles o caminos públicos, serán considerados como Instalaciones de Eliminación y deberán por consiguiente cumplir las exigencias propias de éstas.
- e) Cuando tales actividades se circunscriban a procesos específicos que no comprometen el resto de las actividades del establecimiento, dichas exigencias, se aplicarán a la parte correspondiente.
- f) No se aplicarán las exigencias de este artículo a las instalaciones que reciclen RESPEL dentro de los márgenes señalados en el artículo 53.

#### 2.1.8. Decreto supremo N° 1/2013 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

Este decreto Supremo establece el reglamento del registro de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC), promulgado el 02 de Enero de 2013, emanado por el Ministerio del Medio Ambiente. Es una base de datos accesible al público, destinada a capturar, recopilar, sistematizar, conservar, analizar y difundir la información sobre emisiones, residuos y transferencias de contaminantes potencialmente dañinos para la salud y el medio ambiente que son emitidos al entorno, generados en actividades industriales o no industriales o transferidos para su valorización o eliminación.

El registro contemplará la declaración o estimación de emisiones, residuos y transferencias de aquellos contaminantes que no se encuentran regulados en una norma de emisión, plan de descontaminación, u otra regulación vigente, cuando se trate de emisiones que corresponden a fuentes difusas, o que se estiman debido a que se encuentran en convenios internacionales suscritos por Chile. Las estimaciones las realizará el Ministerio del Medio Ambiente mediante la información que entreguen los diferentes órganos de la Administración del Estado.

Asimismo, el registro contemplará la cantidad, naturaleza, características, origen, destino y la gestión de los residuos generados por los establecimientos, de conformidad a lo dispuesto en el presente reglamento y, en particular, de los residuos de productos prioritarios.

Los objetivos del RETC son los siguientes:

- a) Facilitar el acceso a la información sobre emisiones, residuos y transferencias de contaminantes;
- b) Promover el conocimiento de la información, por parte de la ciudadanía;
- c) Constituir una herramienta de apoyo para la adopción de políticas públicas y de regulación;
- d) Constituir una herramienta que favorezca la toma de decisiones en el diseño de la política de gestión ambiental encaminada a reducir la contaminación, prevenir la generación de residuos y promover su valorización, y avanzar hacia un desarrollo sustentable;
- e) Facilitar a los sujetos regulados la entrega de la información sobre las emisiones, residuos, transferencias de contaminantes y productos prioritarios;
- f) Propender a generar una gestión ambiental más adecuada de las emisiones, residuos y transferencias de contaminantes por parte de la industria y municipalidades;
- g) Generar el Sistema de Ventanilla Única como formulario único de acceso y reporte con el fin de concentrar la información objeto de reporte en una base de datos que

permita la homologación y facilite su entrega por parte de los sujetos obligados a reportar.

## 2.2. RESUMEN DE NORMATIVA ASOCIADA A LOS RESIDUOS

En Chile el marco normativo asociado a residuos data del año 1967, con la publicación en el Diario Oficial del Código Sanitario, que regula aspectos específicos asociados a higiene y seguridad del ambiente y de los lugares de trabajo. En la siguiente Tabla se listan las leyes y decretos vigentes hasta la fecha.

Tabla 2-1. Leyes y Decretos Asociados a la Gestión de Residuos

<b>Leyes y Decretos Asociados a la Gestión de Residuos</b>	
1967	D.F.L. N°725, del Ministerio de Salud, que establece el Código Sanitario.
1994	Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que incorpora el tema de los residuos en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental artículo 10 letras i) y o).
1999	D.S. N°594 del MINSAL sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo (proviene del D.S. 745 del año 1993).
2003	D.S. N°148 del MINSAL, que establece el Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos.
2010	Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, modificada por la Ley 20.417, establece como función del Ministerio del Medio Ambiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proponer políticas y formular normas, planes y programas en materias de residuos (artículo 70 letra g).</li> <li>• Administrar un Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes en el que se registrará y sistematizará, por fuente o agrupación de fuentes de un mismo establecimiento, la naturaleza, caudal y concentración de emisiones de contaminantes que sean objeto de una norma de emisión y la naturaleza, volumen y destino de los residuos sólidos generados que señale el reglamento. (artículo 70, letra p).</li> </ul>
2013	D.S. N°1 del MMA, que establece el reglamento del registro de emisiones y transferencias de contaminantes
2016	Ley 20.920 Marco para la Gestión de Residuos , la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje

Fuente: Elaboración propia a partir de la recopilación en [www.leychile.cl](http://www.leychile.cl)

**CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **3 DESARROLLO DEL PROYECTO**

En el siguiente análisis, se describen las operaciones y procesos relacionados, así como el equipamiento, insumos, personal necesario y las distintas inversiones necesarias para la ejecución del proyecto de reciclaje y lo preciso para que este sea eficiente y eficaz. Para ello se analizaron los diversos factores que influyen en la toma de decisiones para la planificación eficiente de un proyecto de reciclaje que se desarrolla dentro de las instalaciones de la empresa Tecnofiber S.A.I.C., empresa antes descrita a detalle en el capítulo 1 de este trabajo de título, la cual genera residuos de plástico reforzado de fibra de vidrio en diversas versiones pero siendo la que se genera en mayores proporciones la proveniente del proceso de laminado por proyección o Spray-up Chopper Gun, resultando un residuo en forma de haces o hebras recortadas en formato de fibras, todas ellas recubiertas por la mezcla de resina catalizada ya solidificadas.

Se presenta por lo tanto una evaluación de mercado junto con las especificaciones del producto reciclado, los requerimientos del proyecto en cuanto a los aspectos normativos, tecnológicos, infraestructura, competencias y formación del personal, gestión documental, alianzas estratégicas y aspectos técnicos a considerar. Pasando a la etapa de experimentación relacionado con los ensayos de resistencia de Flexotracción y Compresión de las fibras de PRFV como aditivo en morteros de cemento. Para finalmente realizar un análisis de la inversión y de los costos asociado al proyecto de reciclaje.

#### **3.1. FIBRAS DE PRFV RECICLADAS COMO ADITIVO EN MORTEROS DE CEMENTO**

La actividad del sector de la construcción ha tendido gradualmente al alza durante estos últimos años anticipando un mejor desempeño del sector en el corto plazo. Este resultado es coherente con el aumento en la contratación de mano de obra y el crecimiento de las ventas al por mayor de materiales de construcción, y el dinamismo de la superficie aprobada para la edificación no habitacional. (CChC, 2019, p.5). En base al crecimiento de las ventas de materiales de construcción y que dentro de estos materiales se encuentra el mortero de cemento, que corresponde a un material que puede ser empleado en distintas aplicaciones en construcción, debido a sus diferentes propiedades como: adaptabilidad debido a su facilidad para adaptarse a cualquier forma, facilidad de aplicación, ya que no requieren equipos muy sofisticados para su puesta en obra pudiendo ser aplicados

manualmente, por bombeo o proyección. Diseñables ya que el mortero ofrece la posibilidad de adaptar sus características a los requerimientos solicitados modificando su composición y/o la dosificación. Debido a esas cualidades del mortero y a que además es un material que permite las adiciones de otras sustancias como fibras, es que permiten modificar y mejorar sus características, propiciando la posibilidad de utilizar las fibras de PRFV recicladas como refuerzo para mejorar las características físico-mecánicas de los morteros de cemento, así como su durabilidad, permitiendo su adaptación a las necesidades requeridas. Siendo que el empleo de fibras dispersas aleatoriamente consigue mejorar las resistencia, capacidad de absorción de energía y disminuir a retracción, siendo de mucha utilidad en diferentes trabajos de obra gruesa, debido a que impide que las microfisuras aumenten. De esta manera, se consigue un refuerzo no estructural que reduce el agrietamiento durante los procesos de fraguado.

### 3.1.1. Presentación y descripción del producto

Se presenta en pequeñas fibras de PRFV recicladas que vienen en un saco de papel kraft. Este material aditivo se puede incorporar al mortero de manera manual, procurando que se mezcle muy bien antes de agregar el agua. En mezcladora, se añade y se dejar trabajar por 5 minutos antes de usar.

Estas fibras de PRFV al ser incorporadas en morteros de cemento se obtienen un refuerzo secundario (no estructural) que permite reducir drásticamente el agrietamiento por retracción plástica durante el período de fraguado y una mayor resistencia al impacto.



Fuente: Elaboración Propia, Tecnofiber S.A.I.C., 2019

Figura 3-1. Fibras de PRFV recicladas



Fuente: Elaboración Propia, Tecnofiber S.A.I.C., 2019

Figura 3-2. Fibras de PRFV recicladas

### 3.1.2 Beneficios

Reduce fisuras por retracción plástica en el mortero de cemento durante el período de fraguado, aumentando su impermeabilidad y resistencia al impacto. Incrementa la adherencia del mortero de concreto a inserciones metálicas y plásticas.

Ofrece un ahorro de costos y tiempo en relación al uso de mallas, otorgando un refuerzo tridimensional no bidimensional como las mallas.

### 3.1.3 Formato

Se presentan en formato de producción de las fibras de PRFV:

- Saco de 1 Kg.

### 3.1.4. Descripción del proceso del reciclaje de fibras de PRFV como aditivo para morteros de cemento

A continuación se describe el proceso de reciclaje de fibras de PRFV como aditivo para morteros de cemento, detallando todas las etapas para obtener el producto.

#### 3.1.4.1. Recolección

El principal objetivo del proceso de recolección, es trasladar los residuos del proceso de laminado por proyección o Spray-up Chopper Gun, ya sea desde los mismos procesos dentro de las instalaciones de Tecnofiber o desde otra industria manufacturera que entregue sus residuos de forma gratuita, hasta el sector de acopio en las instalaciones de Tecnofiber donde se encuentra el Galpón de Reciclaje de PRFV para asegurar la continuidad operativa. De esta manera existen tres mecanismos de recolección dentro de los cuales destacan:

- Recolección desde las mismas instalaciones de Tecnofiber, donde todo el residuo que es generado durante el proceso de laminación por proyección es recolectado y llevado hacia el sector de acopio del Galpón de Reciclaje.
- Industrias manufactureras de PRFV que generen residuos del proceso de laminación por proyección que llegan directamente a las instalaciones de Tecnofiber donde se encuentra el Galpón de reciclaje y dentro de éste el sector de acopio.
- Contacto directo con industrias manufactureras de PRFV que generen residuos del proceso de laminación por proyección, que desean disponer sus residuos para el proceso de reciclado.

#### 3.1.4.2. Acopio de materia prima

Dicha etapa consiste en la acumulación de los residuos del proceso de laminado por proyección o Spray-up Chopper Gun, el cual es considerado como materia prima para el proceso, en el sector de acopio, con el objetivo de facilitar el proceso de recolección y disponer de materia prima suficiente para asegurar la continuidad operativa. Dicho acopio se realiza en el sector ubicado y establecido como “sector de acopio de residuos de PRFV” dentro del Galpón de reciclaje, ubicado dentro de las instalaciones de Tecnofiber.

#### 3.1.4.3. Selección

Esta etapa consiste en la selección mediante la inspección visual de la materia prima que viene en formato de fibras de PRFV, separando todos los elementos más voluminosos y alguna suciedad que pueda ir entre medio de las fibras, logrando dejar todo el material limpio y las fibras de PRFV sueltas, realizando todo ese proceso de manera manual.

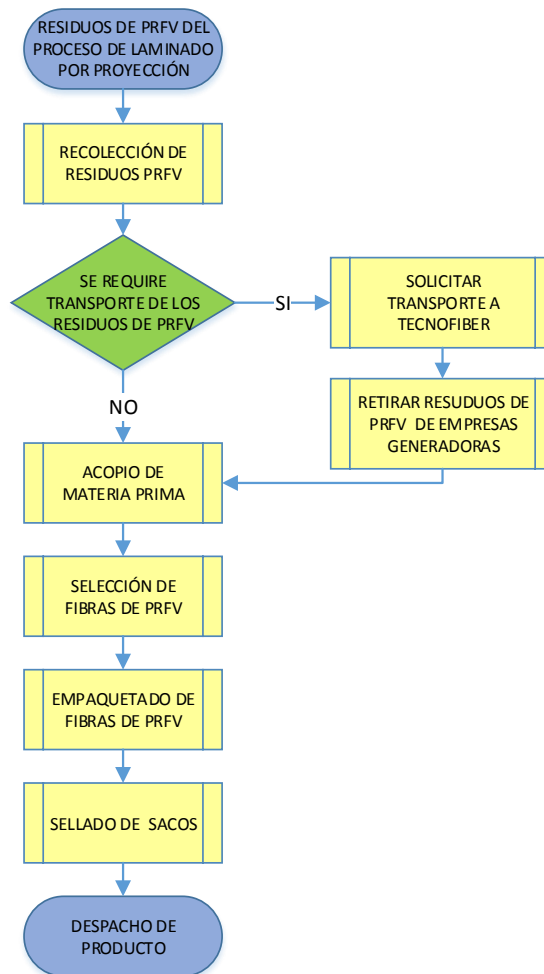
#### 3.1.4.4. Empaquetado

En esta etapa se procede al empaquetado de las fibras de PRFV, realizando esta parte del proceso mediante el uso de la máquina empaquetadora, la cual en primera instancia va realizando el llenado de los sacos con las fibras de PRFV y de forma automática va realizando el pesaje de éstas.

#### 3.1.4.5. Sellado

Por ultimo viene la etapa de sellado de los sacos que contienen la fibra de PRFV, donde se utiliza una máquina cosedora de sacos con puntadas tipo cadeneta realizando una costura firme y reforzada. De esta manera el producto de fibra de PRFV como aditivo para mortero de cemento se encuentra listo para su distribución y transporte.

#### 3.1.5. Diagrama de flujo del proceso de reciclaje de residuos de PRFV



Fuente: Elaboración propia

Diagrama 3-1. Flujo del proceso de reciclaje de residuos PRFV

### 3.2. ANÁLISIS DE MERCADO

Se realiza un análisis de mercado que corresponde a un proceso de suma importancia y totalmente imprescindible para el proyecto, con la principal intención de estimar el potencial que posee el residuo generado del proceso de laminado por proyección en forma de fibras de PRFV como aditivo para mortero de cemento, el cual es convertido en producto a través de un proceso de reciclaje, visualizando para ello las capacidades y el potencial que tiene este producto reciclado, considerando además las maneras de adquirirlo y utilizarlo junto con la determinación del precio.

#### 3.2.1. Limitaciones del análisis de mercado

Desde el punto de vista de los plásticos reforzados con fibra de vidrio y más aún sobre los residuos del proceso de laminado por proyección Spray-up Chopper Gun, se presenta una escasa información sobre la producción de estos a nivel nacional, considerando la inexistencia de datos o información referida sobre la generación de residuos provenientes de los procesos de fabricación o manufactura y menos aún sobre el manejo de estos residuos plásticos, generando una incapacidad de establecer un diagnóstico certero sobre la cantidad de PRFV producido o cantidad de residuos PRFV generados y su porcentaje de recuperación, reciclaje u valorización energética, tanto a nivel nacional como local. Pese a esto para realizar estas estimaciones se asumen ciertos parámetros, teniendo en cuenta que no existe información específica del mercado del PRFV reciclado. Dentro de la información que no se encuentra disponible está:

- Inexistencia de información sobre la capacidad de producción de PRFV a nivel nacional
- Inexistencia de información específica y sobre la generación de residuos de PRFV en Chile.
- Inexistencia de información sobre el consumo de PRFV reciclado a nivel nacional.
- Inexistencia de información sobre la evolución del reciclaje de PRFV, considerando que no existe un directorio oficial el cual contabilice el número de empresas dedicadas al reciclaje y la tasa de reciclaje del PRFV.

Considerando esta falta de conocimiento sobre los PRFV, se puede evidenciar que no existe información histórica sobre el consumo, ni tampoco un estudio sobre la generación de estos residuos y su problemática medioambiental. Entidad gubernamental

tal como el Ministerio del Medio Ambiente, no presenta ningún tipo de reportes o informes, donde se incluyan estadísticas sobre el PRFV. Además no se posee información sobre la cantidad de recursos que destinan las industrias manufactureras de PRFV para disponer sus desechos. Por lo tanto dichos aspectos no poseen un análisis dentro de esta evaluación.

### 3.2.2. Determinación del mercado potencial

Con respecto a productos de fibras como aditivos para morteros u hormigones es necesario estipular que es un mercado relativamente incipiente, de los cuales se puede encontrar empresas que fabrican estos productos a base de Nylon o de Polipropileno, considerando sus materias primas en estado virgen, es decir, la fabricación de estas fibras se realiza con el objetivo principal de comercializarlas como fibras aditivas, totalmente distinto a la creación de las fibras de PRFV que además a que corresponde a un material muy distinto al Nylon y al Polipropileno; ya que es un material compuesto por la fibra de vidrio y la mezcla de resinas termoestables que posee una resistencia mucho mayor y por otro lado, es el resultado de la generación de residuos de la manufactura de los PRFV, obteniéndose como desechos de un proceso productivo que genera grandes cantidades de este material que luego de ser reciclado se convierte en un producto totalmente nuevo dentro del mercado de las fibras aditivas para morteros de cemento, pero que dentro de este mercado los productos como aditivos de Nylon corresponden al producto equivalente más similar para su comparación.

Por otra parte es de suma importancia determinar el mercado hacia el cual va dirigido este producto, limitando entonces el mercado potencial, para ello se debe acotar cuales son las empresas que potencialmente que podrían comprar este producto. Por lo tanto como este corresponde a fibras de PRFV recicladas como aditivo en morteros de cemento, el mercado apunta hacia el sector de la Construcción, que de acuerdo a la información del Servicio de Impuestos Internos (SII) corresponde a una actividad comercial productiva, constituida tanto por personas naturales como jurídicas, incluyendo las comunidades y las sociedades de hecho, orientadas a la elaboración bienes inmuebles, estando presentes la prestación de servicios de construcción y concesiones viales. Entre los códigos que definen a este tipo de contribuyentes están:

451010	PREPARACIÓN DEL TERRENO, EXCAVACIONES Y MOVIMIENTOS DE TIERRAS
451020	SERVICIOS DE DEMOLICIÓN Y EL DERRIBO DE EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS
452010	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS COMPLETOS O DE PARTES DE EDIFICIOS
452020	OBRAS DE INGENIERÍA
453000	ACONDICIONAMIENTO DE EDIFICIOS
454000	OBRAS MENORES EN CONSTRUCCIÓN (CONTRATISTAS, ALBAÑILES, CARPINTEROS)
455000	ALQUILER DE EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN O DEMOLICIÓN DOTADO DE OPERARIOS

Fuente: SII

Figura 3-3. Códigos que definen a contribuyentes del sector de la Construcción

Dentro de este sector se selecciona la categoría que más se ajusta al objetivo al cual se pretende dirigir el mercado como potencial comprador de los productos, seleccionado la actividad de “Obras menores en construcción (contratistas, albañiles, carpinteros)”. Por lo tanto si se consideran las estadísticas que se encuentran disponibles en la página web del SII en base a las Estadísticas de empresas por rubro, subrubro, actividad económica y región (2005 al 2015), abarcando la región de Valparaíso. Se pueden obtener las ventas de tuvo el rubro de la construcción con la actividad económica Obras menores en construcción (contratistas, albañiles, carpinteros) solo en Valparaíso durante los años comprendidos entre el 2005 al 2015, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 3-1. Tabla de ventas en obras menores en construcción (2005-2015)

Año	Ventas (UF)	Ventas (pesos)
2005	5.337.991	153.056.000.000
2006	5.865.804	168.190.000.000
2007	6.474.754	185.651.000.000
2008	6.998.546	200.669.000.000
2009	7.131.885	204.493.000.000
2010	8.059.200	231.081.000.000
2011	9.366.863	268.576.000.000
2012	11.275.055	323.290.000.000
2013	11.179.898	320.561.000.000
2014	11.454.849	328.445.000.000
2015	12.272.375	351.886.000.000

Fuente: Elaboración propia a partir de información de SII.

Si se observan los datos de la tabla 3-1 se puede ver una marcada tendencia al aumento de las ventas relacionado a obras menores en construcción, demostrando de esta manera la existencia de posibles compradores del producto y es hacia estos posibles compradores donde se enfocará el proyecto, considerando además que la demanda y las ventas del material reciclado van estar limitadas hoy por la producción de este. Esa limitación de producción se debe principalmente por la baja capacidad de inversión que existe en este momento por parte de Tecnofiber, esto en base a una entrevista realizada al jefe de Gestión Financiera de la empresa; efectuada a raíz del desarrollo del proyecto de reciclaje, quien manifiesta la imposibilidad que Tecnofiber S.A.I.C. pueda invertir más del monto de 10.000.000 de pesos, destinados a este proyecto de reciclaje, de los cuales se enfocarán en la inversión de maquinaria para el proceso, reacondicionar el Galpón destinado al proceso de reciclaje y a la inversión de herramientas.

Como la demanda va a quedar limitada por la producción, es de suma importancia presentar las cantidades representativas de producción del proceso de reciclaje de fibras de PRFV que se detallan a continuación:

De acuerdo los cálculos realizados, en Tecnofiber se generan mensualmente 315 Kg. de residuos del proceso de laminado por proyección o Spray-up Chopper Gun, de esta cantidad el 70% es seleccionado como materia prima para utilizar en su totalidad en la producción de fibras de PRFV recicladas, el 30% restante corresponde a material de rechazo debido a aglomeraciones en el residuo que impide poder desmenuzar y quedar como fibra suelta, obteniendo entonces:

Total residuos de PRFV generados = 315 Kg.

70% → 220Kg.

30% → 95 Kg.

Por lo tanto, de los 220 Kg. de materia prima lista para su empaque se pueden producir 220 sacos de 1 Kg. cada uno, entonces queda:

*220 Kg. → 220 sacos de 1 Kg.*

Entonces la producción mensual equivale a 220 sacos de 1 Kg. Si se considera que se trabajará de lunes a viernes, haciendo un total de 22 días laborales al mes. Por lo tanto la producción se traduce a 10 sacos diarios:

*220 sacos ÷ 22 días = 10 sacos/día.*

Si se considera que este producto no existe en el mercado y que el producto sustituto que corresponde a fibras de Nylon tiene un precio mercado de 6.990 pesos por una bolsa de 600 gr., se estipulará este precio como referencia, pero para hacer más competitiva la propuesta y debido a que se genera a partir de residuos reciclados dentro de la misma empresa que antes eran desechos, por lo tanto no tiene costos asociados para su adquisición como materia prima, se fijó su formato en sacos de 1 Kg. de material con un precio unitario de 6.990 pesos.

$$\text{Precio Unitario } x \text{ 1 Kg.} = 6.990$$

### **3.3. REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO**

Se describen los requerimientos necesarios para el desarrollo del proyecto, como requerimientos normativos, requerimientos tecnológicos, infraestructura, competencias y formación del personal, gestión documental, alianzas estratégicas y requerimientos técnicos.

#### **3.3.1. Requerimientos normativos**

Los requerimientos normativos se asocian al cumplimiento de las obligaciones legales de diversas índoles, las cuales se encuentran directamente relacionadas con los procesos del proyecto de reciclaje para su desarrollo, entre las cuales podemos encontrar los siguientes requerimientos normativos que se detallan a continuación.

##### **3.3.1.1. Requerimientos de seguridad**

Los requerimientos de seguridad están asociados al cumplimiento de la normativa vigente, este caso directamente relacionada al cumplimiento del D.S.N°148/2003 que aprueba reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos del Ministerio de Salud, dentro de las medidas y requerimientos de seguridad relacionadas a la obtención de autorizaciones para las operaciones y procesos de gestión relacionado al almacenamiento, tratamiento, valorización, transporte y disposición final Autorizada de RESPEL podemos encontrar lo siguiente:

Toda Instalación de Eliminación de Residuos Peligrosos deberá contar con un proyecto previamente aprobado por la Autoridad Sanitaria. Este proyecto de ingeniería deberá ser elaborado por un profesional idóneo. (D.S. N°148/2003, Art. 44)

El proyecto deberá incluir el diseño de las unidades y equipos necesarios para el manejo de los residuos peligrosos, indicar expresamente el tipo, características y cantidades de éstos que la Instalación estará habilitada para recibir y manejar y determinar los perfiles profesionales y técnicos y las funciones y responsabilidades específicas del personal directamente involucrado en el manejo de los residuos peligrosos. Deberá así mismo describir todas las operaciones necesarias para el adecuado manejo de tales residuos.

El proyecto deberá contar, además, con un Plan de Operación y Mantenimiento, un Plan de Verificación, un Plan de Contingencias, un Manual de Procedimientos y un Plan de Cierre.

El proyecto deberá contemplar todas aquellas medidas necesarias para evitar que la descarga accidental de residuos peligrosos o sus subproductos provoquen una contaminación de las aguas superficiales o subterráneas, del aire o del suelo, capaz de poner en riesgo la salud de la población o del personal que trabaja en la instalación, debiendo cumplir con los requerimientos generales establecidos en el presente Párrafo I, además de aquellos requerimientos específicos que para el caso señale este Reglamento. (D.S.N°148/2003, Art. 45)

El Plan de Verificación tiene por objeto controlar que todos los elementos, equipos y estructuras que conforman la instalación de eliminación funcionan adecuadamente y detectar cualquier derrame, escurrimiento, fuga o descarga que pueda poner en riesgo la salud de la población o del personal que trabaja en la instalación. (D.S. N°148/2003, Art. 46)

El Plan deberá contemplar:

- a) La priorización de las verificaciones necesarias.
- b) El registro de las verificaciones realizadas.
- c) Los procedimientos de limpieza y descontaminación del suelo, instalaciones y equipos cuando se constate cualquier derrame, escurrimiento, fuga o descarga de residuos peligrosos.

El titular de la Instalación deberá realizar inmediatamente las reparaciones que surjan de la aplicación del Plan de Verificación.

El Plan de Contingencias deberá contemplar al menos las siguientes medidas (D.S.N°148/2003, Art. 47)

- a) Mitigación de todos los posibles eventos que puedan poner en peligro, directa o indirectamente, la seguridad y/o la salud de las personas que trabajan en la instalación o de la población residente en el área de influencia de ésta.
- b) Identificación, ubicación y disponibilidad del personal y de los equipos necesarios para atender dichas emergencias.
- c) Listado actualizado de los organismos públicos y personas a los que se debe dar aviso en caso de emergencia. Dicho aviso deberá darse en forma inmediata, a lo menos, la Autoridad Sanitaria respectiva, Bomberos, Carabineros y la Oficina Regional de Emergencia.
- d) Información actualizada diariamente referente a la cantidad, características y ubicación de los residuos y sustancias peligrosas existentes en la Instalación.

### 3.3.1.2. Requerimientos Legales Ambientales

Antes de enmarcar los requerimientos legales ambientales asociados a las actividades de almacenamiento, transporte, manejo y reciclaje de residuos peligrosos o RESPEL, es necesario establecer que debido a que el proceso de reciclaje de residuos de PRFV se llevará a cabo en las instalaciones Tecnofiber S.A.I.C. y que se cuenta con el total compromiso y participación por parte de la empresa en lo que respecta a la tramitación para la obtención de permisos para las autorizaciones legales, significando por lo tanto que toda certificación, permiso o autorización será realizada a través del giro de la empresa. Gracias a este beneficio que entrega la organización el proceso de obtención de permisos se simplifica bastante, ya que no es necesario comenzar desde cero, debido a que se cuenta con los permisos y autorizaciones básicas para el manejo de RESPEL por lo que ahora solo respecta la obtención de autorizaciones para las operaciones y procesos de gestión relacionado al almacenamiento, transporte, valorización y disposición final de estos residuos peligrosos.

#### A. Autorización sanitaria de sitios de almacenamiento de residuos peligrosos

- a) Permite solicitar a la Secretaría Regional Ministerial (Seremi) de Salud la autorización sanitaria de un sitio de almacenamiento de residuos peligrosos, según lo establecido en el reglamento sanitario sobre el manejo de residuos peligrosos (D.S. N° 148/2003).

b) Requerimientos:

- Antecedentes de la actividad generadora de residuos peligrosos y, cuando corresponda, del encargado del manejo de éstos.
- Descripción de los residuos peligrosos generados, indicando cantidad, características de peligrosidad, estado físico (sólido, semisólido o líquido), hojas de datos de seguridad (si corresponde), entre otros.
- Descripción del sitio de almacenamiento de residuos, detallando sus características constructivas, superficie de almacenamiento, capacidad máxima, entre otros. En este contexto, es importante que cumpla con los siguientes requisitos:
  - Tener una base continua, impermeable, y resistente estructural y químicamente a los residuos.
  - Contar con un cierre perimetral de 1.80 metros de altura (como mínimo) que impida el libre acceso de personas y animales.
  - Estar techado y protegido de las condiciones ambientales (humedad, temperatura y radiación solar).
  - Garantizar que se minimizará la volatilización, el arrastre o la lixiviación y en general cualquier otro mecanismo de contaminación del medio ambiente que pueda afectar a la población.
  - Tener una capacidad de retención de escurrimientos o derrames no inferior al volumen del contenedor de mayor capacidad y al 20% del volumen total de los contenedores almacenados.
- Plano de planta del sitio de almacenamiento y de la actividad principal (si corresponde), incluyendo cuadros de superficie, distanciamiento del sitio de almacenamiento respecto a los muros medianeros u otras construcciones (a escala con el propósito de permitir una clara visualización).

B. Autorización sanitaria para el transporte de residuos peligrosos

- a) Permite solicitar a la Secretaría Regional Ministerial (Seremi) de Salud la autorización para transportar residuos peligrosos, es decir, aquellos que presentan una o más características de peligrosidad: toxicidad, reactividad, inflamabilidad y corrosividad (según lo indicado en el D.S. N° 148/2003).

Para ello, las empresas deben contar con los vehículos adecuados y las instalaciones necesarias para el desarrollo de la actividad.

## b) Requerimientos:

- Identificación del solicitante y encargado de la gestión de transporte de los residuos peligrosos.
- Memoria explicativa del sistema de transporte de residuos. Debe incorporar la siguiente información:
  - Documentación de los vehículos, copia del permiso de circulación y padrón, certificado de estanqueidad (para estanques y cisternas), licencia de conducir de los conductores, etc.
  - Características de los vehículos, incluyendo remolques o semiremolques, especificando marca, modelo, año del vehículo (motor y chasis), patente, tipo de carrocería (cerrada, abierta, aljibe, entre otros), capacidad de carga, etc.
  - Descripción de los sitios donde se estacionarán los vehículos y se descontaminarán, y de cómo será el manejo de residuos líquidos y sólidos generados en estas actividades.
  - Descripción de las instalaciones anexas para los trabajadores (si corresponde).
  - Plan de capacitación de los trabajadores.
  - Plan de contingencia, según lo establecido en artículo 37 del D.S. N° 148/2003.
  - Se debe identificar (para cada vehículo) el tipo de residuos a transportar, además de sus características de peligrosidad, estado físico y cantidades mensuales.
  - Descripción de los procedimientos y forma en que se realizará la carga, transporte y descarga de los residuos, incluida la descripción de los equipos a utilizar en estas faenas.
  - Antecedentes que acrediten que la provisión de agua potable y de los servicios higiénicos y de evacuación de aguas servidas cumplen respectivamente con los artículos 12 al 15 y 21 al 26 del reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los lugares de trabajo (D.S. N° 594/1999).

C. Impacto Ambiental del actual manejo de residuos del proceso de reciclaje

Dentro de la industria del reciclaje como toda actividad productiva genera desechos, para este caso particular del reciclaje de los residuos provenientes del proceso de laminado por proyección de PRFV en la etapa de selección de las fibras de PRFV se genera el rechazo de algunas fibras debido a aglomeraciones producidas en el material, las cuales son descartadas para continuar en la siguiente etapa del reciclaje. Este residuo rechazado provocaría en el medio ambiente impactos ambientales considerables, ya que estos materiales compuestos por resinas y fibras de vidrio, de acuerdo sus características físico-químicas son muy difíciles de degradar en el ambiente y destinarlos a su eliminación

en rellenos sanitarios no cambiaría mucho el escenario con respecto a la contaminación. Es por ello que se plantea un control efectivo para ese posible impacto ambiental, considerando de esta manera una futura inversión de una máquina trituradora para material de PRFV, con la pretensión de convertir el proceso aún más limpio e ir en la búsqueda de generación de cero residuos, proponiendo de esta manera una nueva etapa dentro del proceso de reciclaje donde se incorpore la tecnología para la trituración del material aglomerado que es muy difícil de segregarse y que debido a su resistencia se hace requerimiento de un proceso con la intervención de una maquinaria que logre el triturado de los montones de fibras, obteniendo así un nuevo producto y abriéndose paso a un nuevo mercado.

De esta misma manera la empresa se compromete que durante se lleve a cabo el proyecto aplicará lo establecido en la normativa nacional vigente, de forma de no alterar el medio ambiente con las actividades aplicables al desarrollo del proyecto, tanto en el galpón de reciclaje como en sus alrededores, dando fiel cumplimiento a lo descrito en las siguientes normas:

- Ley 19.300/1994 Ministerio Secretaría General de la Presidencia, sobre bases generales del medio ambiente.
- D.S. N°594/1999 del MINSAL sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo
- D.S. N°148/2003 del MINSAL, que establece el reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos.
- D.S. N°1/2013 del MMA, que establece el reglamento del registro de emisiones y transferencias de contaminantes

### 3.3.1.3. Requerimientos de procesos

Estos requerimientos corresponden los procesos que se realizarán para la tramitación de los permisos, autorizaciones y cualquier otro tipo requisito que se necesite para la puesta en marcha de la actividad de reciclaje dentro de las instalaciones de Tecnofiber S.A.I.C.

#### A. Ampliación del giro de actividades de acuerdo al SII

Permite ampliar el giro de actividades ante el Servicio de Impuestos Internos (SII). Dirigido a personas naturales y jurídicas que ya cuentan con un giro comercial y necesiten ampliarlo. Para el caso de este proyecto se requiere ampliación de giro de acuerdo al código 383009 de SII que corresponde a las actividades de Recuperación y

Reciclamiento de Otros Desperdicios y Desechos N.C.P. Para realizar este trámite se debe realizar lo siguiente:

Por internet:

- Ingresar a [www.sii.cl](http://www.sii.cl)
- Seleccionar la opción “ampliación o cambio de giro” que se encuentra en el registro de contribuyentes.
- Identificarse con clave secreta.
- Seleccionar los datos comerciales que se quieran agregar o eliminar y apretar “aceptar”.
- Finalmente, la página emitirá un certificado solemne que indica la realización exitosa del cambio.

Para trámite en oficina:

- Formulario 3239, de modificaciones, si el trámite es realizado en la unidad del SII.
- B. Autorización municipal a contribuyentes que cuenten con patente municipal y que deseen incorporar nuevos giros

Corresponde a la autorización municipal a contribuyentes que cuenten con patente municipal y que deseen incorporar nuevos giros a los ya autorizados y que sean compatibles en el mismo local.

Etapas:

- 1) Se ingresa solicitud en Dpto. de Rentas.
- 2) Entrega de documentación solicitada en caso que solicitud anterior sea favorable.
- 3) Revisión de documentación y tramitación de la patente.

Requisitos:

- 1) Contar con patente municipal vigente y al día.
- 2) Informe favorable de la Dirección de Obras Municipales.
- 3) Si la actividad que desarrollará es de alimentos, bodegaje o taller, debe contar con la Autorización (Resolución Sanitaria) emitida por la Seremi de Salud. Esto en caso que en autorización de patente original no se haya exigido o el nuevo giro lo requiera.
- 4) Otros que pudiere establecer el Informe de Factibilidad de la Dirección de Obras.
- 5) Ampliación de giro registrada en el S.I.I.

Tabla 3-2. Tramitaciones autorizaciones sanitarias

Nombre del trámite	En qué consiste	Requisitos	Documentos requeridos	A quién está dirigido	Trámites a realizar y/o etapas
Autorización Sanitaria para almacenamiento transitorio de residuos peligrosos	autoriza el sitio de acopio temporal (bodega) de residuos peligrosos, el que debe cumplir con las condiciones de seguridad mínimas establecidas en el Reglamento	establecidos en el Título IV del D.S. 148/2003 MINSAL	Antecedentes del titular ; declaración de residuos peligrosos generados ; características estructurales de la bodega ; descripción de contenedores ; plano de planta del establecimiento ; plano o croquis de la bodega ; planes de emergencia y hojas de seguridad de los residuos	A generadores de residuos peligrosos	Presentar solicitud con antecedentes y cancelar arancel correspondientes
Autorización Sanitaria para transporte de residuos peligrosos	Autoriza vehículos para transporte de residuos peligrosos	Establecidos en el Título V del D.S. 148/2003 MINSAL	Los indicados en el Título V del D.S. 148/2003 MINSAL	A los propietarios (empresas o personas) de vehículos de transporte de residuos peligrosos.	Presentar solicitud con antecedentes y cancelar arancel correspondientes
Autorización Sanitaria para disposición final de residuos peligrosos	Autoriza a los sitios de eliminación o disposición final de residuos peligrosos (eliminación, reuso o reciclaje, rellenos de seguridad, incineración, eliminación en minas subterráneas)	Establecidos en el Título VI del D.S. 148/2003 MINSAL	Los indicados en el Título VI del D.S. 148/2003 MINSAL	Instalaciones de eliminación, reuso o reciclaje, rellenos de seguridad, incineración, eliminación en minas subterráneas de residuos peligrosos	Presentar solicitud con antecedentes y cancelar arancel correspondientes

Fuente: Elaboración propia a partir de información de SEREMI Salud.

### 3.3.2. Requerimientos tecnológicos

Los requerimientos tecnológicos corresponden a todos los equipos y maquinarias que se necesiten para realizar el proceso de reciclado de fibras de PRFV provenientes del proceso de laminado por protección o Spray-up Chopper Gun.

### 3.3.2.1. Empaquetadora

Máquina empaquetadora de llenado y pesaje automático a escala de 5.000 gr., empaquetadora de gránulos, polvo, alimentos, medicina, semillas, especias, granos, etc. Velocidad máxima 3 segundos, dependiendo de los artículos puede pesar 20 -5.000 gr. Se pueden configurar algunos gramos según las necesidades del cliente, hay tres velocidades, rápido, medio y lento.



Fuente: [www.zeuya.com](http://www.zeuya.com)

Figura 3-4. Máquina empaquetadora de llenado y pesaje automático

### 3.3.2.2. Selladora y Cosedora

Máquina cosedora de sacos, para cerrar sacos en general, bolsas de papel krafft, sacos polipropileno etc. Puntada tipo cadeneta para costura firme y reforzada. Ideal para cerrar sacos o bolsas contenedoras de productos agrícolas, alimentos para animales, fertilizantes, harinas, productos químicos, sacos de carbón, sacos de polipropileno, sacos de Sal, bolsas Maxi.



Fuente: [www.mercadolibre.com](http://www.mercadolibre.com)

Figura 3-5. Máquina cosedora de sacos de papel kraft

### 3.3.3. Infraestructura

Para la selección del lugar e infraestructura adecuada para la disposición del sector físico donde se realizará el proceso de reciclaje, tanto del almacenamiento de los residuos provenientes del proceso productivo de laminado por proyección o Spray-up Chopper Gun, así como el sector donde se va almacenar los desechos obtenidos luego del procesos de separación y el producto final reciclado listo para su comercialización, se contará con la total disponibilidad de los espacios físicos de la empresa Tecnofiber S.A.I.C., por lo tanto ya que se dispondrá dentro sus instalaciones de un Galpón de reciclaje de fibras de PRFV, también se podrá tener acceso a los demás servicios necesarios que complementan las actividades habituales en lo que respecta a los servicios básicos de una empresa productiva, como por ejemplo se dispondrá de servicios higiénicos, camarines, duchas, lockers, todos separados tanto para mujeres como para hombres, además de toda la implementación en aspectos de seguridad y salud laboral, salidas de emergencia, entre otras.

Para la selección del lugar adecuado donde se va a colocar el Galpón de reciclaje de fibras de PRFV se debe tener en cuenta varios aspectos, estos son los siguientes:

- El área debe estar separada de los demás procesos de la empresa para no entorpecer los procesos productivos habituales.

- Debe tener una infraestructura adecuada, que consta de cubierta, pisos acordes a la necesidad y recipientes adecuados para el almacenamiento.
- El lugar debe disponer de una instalación eléctrica adecuada y aislada de acuerdo a normativa eléctrica vigente.
- El lugar va a contar con toda la normativa en caso de emergencia, siendo parte del Plan de emergencia actual de Tecnofiber S.A.I.C., considerando entre los aspectos más importantes la salida de emergencia, extintores, etc.

Tomando en cuenta estos requisitos se escogió un lugar que se encuentra alejado en cierta forma del proceso productivo y donde se puede realizar toda la adecuación necesaria para así convertirlo en el punto de reciclaje, el cual cuenta con Galpón que consta de 12 m. de ancho por 17 m. de largo (ANEXO I), dispuestos en la ubicación que se presenta en el siguiente Layout general de Tecnofiber. (ANEXO J)

#### 3.3.4. Competencias y formación del personal

Con respecto a los requerimientos sobre competencias y formación de personal es de suma importancia determinar que el personal encargado de las actividades relacionadas al proceso de reciclaje de los residuos de PRFV debe tener una preparación sobre el manejo del Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio, asociada sobre todo a las medidas seguridad e higiene en el lugar de trabajo para su manipulación. En vista y consideración que el lugar físico donde se encontrará el Galpón de Reciclaje de PRFV y donde se realizarán las actividades de reciclaje es dentro de las instalaciones de Tecnofiber, por lo tanto la empresa cuenta con el personal capacitado y con vasta experiencia en manejo y manipulación de residuos de PRFV, por ende el personal que estará a cargo de las actividades de reciclaje deberá recibir capacitaciones sobre los procedimientos específicos de dichas actividades y además sobre el uso del equipamiento tecnológico que estará a su disposición.

Dentro de los tópicos más relevantes que tienen que estar presentes en el programa de capacitación que recibirá el personal que realizará las actividades de reciclaje serán las siguientes:

- Capacitación sobre uso de la maquinaria asociada a las actividades de reciclaje de residuos de PRFV, como son el caso de la máquina empaquetadora y selladora de sacos.
- Capacitación sobre conocimientos de Seguridad en el uso de las maquinarias empleadas en el proceso de reciclaje de residuos de PRFV.

- Capacitación sobre aspectos de Gestión Ambiental relacionado al proceso productivo de reciclaje de residuos de PRFV.
- Capacitación sobre aspectos de Calidad del proceso productivo asociado al reciclaje de residuos de PRFV.

### 3.3.5. Gestión documental

La sección que respecta a la gestión documental del proyecto deberá contar con la siguiente elaboración de documentación para su funcionamiento:

- a) Plan de Operación y Mantenimiento
- b) Plan de Verificación
- c) Plan de Contingencias
- d) Manual de Procedimientos
- e) Plan de Cierre
- f) Registros de cantidad de residuos de PRFV que ingresa al proceso de reciclaje y cantidad de producto de fibra PRFV que se produce.

### 3.3.6. Alianzas estratégicas

Para establecer una gestión adecuada sobre el material reciclado compuesto por las fibras de PRFV como aditivo en el uso de mortero de cemento, es de suma importancia integrar y formar una red con todos los aliados estratégicos para fomentar e impulsar un reciclaje integral de este nuevo producto.

Uno de los actores en esta alianza estratégica corresponde ALMACO (Asociación Latinoamericana de Materiales Compuestos Chile), debido a que los fabricantes de productos poliméricos (plásticos) en Chile se encuentran agremiados en una entidad con el objetivo de fomentar y desarrollar las actividades de las empresas dedicadas a la industrialización e intermediación comercial y manufactura de productos en materiales compuestos con fibra de vidrio, por lo que se hace necesario generar las redes y contactos necesarios con las empresas que la componen debido a que en ello se encuentran los futuros proveedores de la materia prima para el proyecto de reciclaje, basándose en una estructura de negocio que se inicia con un servicio de recolección de los residuos generados a partir del proceso de laminado por proyección o Spray-up Chopper Gun, desde el punto generación; resultando este procedimiento totalmente gratuito para el proveedor, siendo esta vía una de las formas de recolectar la materia prima para su posterior reciclaje.

Por otra parte también se hace necesario formar alianzas con empresas dedicadas a la fabricación de panderetas, ladrillos o bloques de concreto u otros usos en los cuales se pueda incluir las fibras de PRFV como aditivo en el uso de morteros de concreto, considerando para ello fabricantes de esta índole dentro de la región y futuras expansiones dentro de otras regiones del país.

Cabe destacar la importancia de la generación de alianzas estratégicas con empresas comercializadoras de materiales de construcción, donde se pueda exhibir el producto de hebras de PRFV como aditivo para morteros de cemento dentro de sus instalaciones, por ejemplo en sus góndolas de la sala de venta, como también en formato de ventas online en su página web.

### 3.3.7. Requerimientos Técnicos

Se describen los requerimientos necesarios para la puesta en marcha del proyecto, describiendo el consumo de energía, programas, turnos y gastos del personal, inversiones en maquinaria e inversiones complementarias necesarias para poder producir. Además se describirán los indicadores que se utilizarán, como el valor actual neto o VAN, la tasa interna de retorno conocida como TIR y el periodo de recuperación de la inversión PRI

#### 3.3.7.1. Consumo de energía

La energía requerida mensualmente para el funcionamiento del Galpón de reciclaje PRFV se estima de: \$ 10851.8 CLP

Para hacer el cálculo, se utilizan los siguientes supuestos:

- Costo de 1 kWh \$ 128.
- No se consideran otros cargos como el adicional u otros que vengan en la cuenta mensual, ya que esta se suma al consumo actual de la empresa. A continuación, se muestra la tabla de consumo de energía de la empresa:

Tabla 3-3. Consumo de energía área de galpón de reciclado PRFV

	Potencia en (W)	N° de equipos	Uso por día	Consumo (kW/día)	Costo mes (\$)	Costo mes (U.F.)
Máquina empaquetadora	200	1	8	1,6	4.501,00	0,16
Máquina selladora	90	1	8	0,72	2.026,00	0,07
Led de iluminación	100	6	8	0,8	2.251,00	0,08
SUBTOTAL					8.778,00	0,31
Imprevistos energía (10%)					877,80	0,03
Cargo fijo mensual					1.196,00	0,04
TO TAL					10.851,80	0,38

Fuente: Elaboración propia, en base a datos tienda ZEUYA China.

### 3.3.7.2. Programas de trabajo, turnos y gastos en personal

Se estima que en un comienzo el proceso de reciclaje dentro de Tecnofiber inicie sus actividades contando para ello con personal capacitado por la misma empresa, contando con un Supervisor para el área de reciclado y con dos operarios.

Adecuándose a los horarios que presenta Tecnofiber, la jornada de trabajo será de 45 horas semanales, distribuidas de acuerdo a la normativa existente de 8:00 a 13:00 horas y de 13:30: a 17:30 horas.

Cabe señalar que el monto del ingreso mínimo mensual para los trabajadores mayores de 18 años de edad se estipula a contar del 1 de marzo de 2020 de \$319.000 (bruto).

A continuación se muestra una tabla con los gastos del personal, detallando el total que le cuesta a la empresa los trabajadores mensual y anualmente.

Tabla 3-4. Inversión en personal

	Mensual (\$)	Cantidad	Total Mensual (\$)	Total Mensual (U.F.)	Total Anual (\$)	Total Anual (U.F.)
Supervisor área de reciclado	550.000	1	550.000	19,18	6.600.000	230,18
Operarios	319.000	2	638.000	22,25	7.656.000	267,01
TOTAL			1.188.000	41,43	14.256.000	497,18

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.7.3. Inversiones en maquinaria y remodelación

Las inversiones del proyecto, consideran los siguientes puntos:

- Inversiones en maquinaria.
- Inversiones complementarias.

#### A. Inversiones en maquinaria

Se incluyen todas las maquinarias necesarias para el desarrollo del proyecto, detallándose en la Tabla 3-5. Inversión en maquinaria. Cabe destacar que para la elaboración de esta tabla los costos de las maquinarias se realizaron en base a cotizaciones en diferentes medios con el objetivo de conseguir precios actualizados (ver ANEXOS K y L).

Tabla 3-5. Inversión en maquinaria

Maquinaria	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio unitario (U.F.)	Total (\$)	Total (U.F.)
Máquina de Empaquetado y Pesado	1	539.000	18,80	539.000	18,80
Máquina Selladora Cosedora	1	109.990	3,84	109.990	3,84
TOTAL				648.990	22,63

Fuente: Elaboración propia, tienda ZEUYA China.

#### B. Inversiones complementarias

Las inversiones complementarias, se determinan todas aquellas que no tienen que ver directamente con el negocio, pero que son necesarias para iniciar el proyecto.

Para la elaboración Tabla 3-6. Inversión complementaria, los costos complementarios se realizaron en base a cotizaciones en diferentes medios con el objetivo de conseguir precios actualizados (ver ANEXOS M y N).

Tabla 3-6. Inversión complementaria

Inversión	Precio (\$)	Precio (U.F.)	Cantidad	Total (\$)	Total (U.F.)
Remodelación Galpón	3.500.000	122,06	1	3.500.000	122,06
Estantería	109.990	3,84	6	659.940	23,02
Container 20 pies	1.100.000	38,36	1	1.100.000	38,36
kit de bolsas de papel	3.490	0,12	108	376.920	13,15
Kit de hilo sellador	14.990	0,52	12	179.880	6,27
Marketing y publicidad	1.000.000	34,88	1	1.000.000	34,88
TOTAL				6.816.740	237,74

Fuente: Elaboración propia

3.3.7.4. Costos de venta

Los costos de venta corresponden a la Mano de Obra directa y materia prima directa, expresándose en la siguiente tabla:

Tabla 3-7. Costos de venta

Costos de venta					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de Obra Directa (\$)	14.256.000	14.256.000	14.256.000	14.256.000	14.256.000
Mano de Obra Directa (U.F.)	497,18	497,18	497,18	497,18	497,18
Materia Prima Directa (\$)	556.800	574.618	593.005	611.982	631.565
Materia Prima Directa (U.F.)	19,42	20,04	20,68	21,34	22,03
TOTAL (\$)	14.812.800	14.830.618	14.849.005	14.867.982	14.887.565
TOTAL (U.F.)	516,60	517,22	517,86	518,53	519,21

Fuente: Elaboración propia

A. Materia prima directa

Corresponde a los insumos que se requerirán para el desarrollo del proyecto.

Tabla 3-8. Costos de materia prima

Materia Prima					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
kit de bolsas de papel (\$)	376.920	376.920	376.920	376.920	376.920
kit de bolsas de papel (U.F.)	13,15	13,15	13,15	13,15	13,15
Kit de hilo sellador (\$)	179.880	179.880	179.880	179.880	179.880
Kit de hilo sellador (U.F.)	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
TOTAL (\$)	556.800	556.800	556.800	556.800	556.800
TOTAL (U.F.)	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42

Fuente: Elaboración propia

3.3.7.5. Costos fijos

Corresponden a los servicios básicos como de telefonía, internet, agua, energía, etc., pero que debido a que la empresa compra el agua, este ítem no se considera dentro de estos costos.

Tabla 3-9. Costos fijos

Costos Fijos					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Energía Eléctrica	10.851	10.851	10.851	10.851	10.851
TOTAL (\$)	10.851	10.851	10.851	10.851	10.851
TOTAL (U.F.)	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38

Fuente: Elaboración propia

#### 3.3.7.4. VAN, TIR y PRI

Estos tres indicadores se tomaran como criterios de evaluación financiera para poder determinar la rentabilidad del proyecto, debido a que son considerados como los más utilizados universalmente para realizar las evaluaciones de proyectos ya que consideran el valor del dinero en el tiempo plazo.

Los resultados reflejaran el comportamiento de acuerdo al financiamiento, ya sea proyecto puro y financiado, y su variación de acuerdo a las variables presentes en el proyecto.

##### A. Valor actual neto (VAN)

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

Con tan solo hallar el VAN se puede determinar si un proyecto es viable o no, además nos permite saber cuan rentable puede ser un proyecto dentro de un abanico de opciones.

El Van se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Fórmula 3-1. VAN

Donde:

$V_t$ : Es el flujo de caja en cada periodo de tiempo.

$I_0$ : Es el desembolso o gasto inicial de dicha inversión.

$n$ : Representa el número de periodos considerado.

$k$ : Representa el tipo de interés o TIR.

De la ecuación se pueden obtener tres posibles resultados que indican una acción a seguir:

$VAN > 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable.

$VAN = 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la tasa de descuento.

$VAN < 0 \rightarrow$  el proyecto no es rentable.

### B. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto es la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una determinada inversión sea igual a cero.

El TIR se representa de acuerdo a la siguiente expresión.

$$VAN = 0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t}$$

Fórmula 3-2. TIR

Donde:

$V_t$ : Es el flujo de caja en cada periodo de tiempo.

$I_0$ : Es el desembolso o gasto inicial de dicha inversión.

$n$ : Representa el número de periodos considerado.

$k$ : Representa el tipo de interés o TIR.

### C. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Corresponde al cálculo del periodo de recuperación de la inversión o “pay-back”. Este indicador mide el tiempo en que se demorará en recuperar el total de la inversión inicial. Esta herramienta se utiliza con mayor frecuencia para terminar la liquidez de un proyecto en un corto plazo.

Se puede expresar de manera sencilla en la siguiente expresión:

$$PRI = A + \frac{(I_0 - B)}{C}$$

Fórmula 3-3. PRI

$A$ : Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

$I_0$ : Es el desembolso o gasto inicial de dicha inversión.

B: Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

C: Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

### 3.4. **EXPERIMENTACION**

Para la experimentación con los residuos de PRFV provenientes del proceso de laminado por proyección o Spray-up Chopper Gun, se solicitó apoyo a la Universidad de Valparaíso a la Escuela de Construcción Civil, contando con la colaboración del Profesor Sr. Andrés Jamet Aguilar de la Carrera Ingeniería Civil en Construcción y con el apoyo del Sr. Aldo Ramirez Guerra encargado de los laboratorios de hormigón. Para la realización de estas pruebas se ejecutaron ensayos a morteros de cemento bajo los estándares de la Normativa NCh158 Of.67 Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento, estableciendo los procedimientos para determinar la resistencia a flexión y a la compresión de los morteros de cemento.

#### 3.4.1. El mortero y sus aplicaciones

El mortero es un material que viene empleándose en las construcciones desde tiempos muy remotos y para diferentes usos. En su forma más general está constituido por un árido fino y un aglomerante.

Para la fabricación de los morteros se utilizan básicamente áridos, pasta de cemento (agua + cemento) y eventualmente aditivos y adiciones. Es entonces en los aditivos que viene a jugar un rol importante los residuos de PRFV que se obtuvieron del proceso de laminado por proyección (Spray-up Chopper Gun), los cuales fueron incorporados al mortero en forma de fibras de PRFV.

#### 3.4.2 Dosificación de morteros

El sistema mediante el cual se especifica la dosificación de morteros se relaciona con su empleo y control de calidad en obra. Principalmente existen dos sistemas: Dosificación por proporciones y por requisitos. Para evaluar la influencia de la relación agua cemento en la resistencia de los morteros, se emplea la dosificación por requisitos.

Para determinar la dosificación de un mortero se debe comenzar por la relación básica que establece que la suma de los volúmenes absolutos de sus componentes que conforman el volumen total del mortero, lo que se expresa en la siguiente ecuación:

$$\left( \frac{C}{pc} + \frac{F}{pf} + \frac{k}{pk} + A + H \right) = 1000 \text{ lt.}$$

Fórmula 3-4. Suma de volúmenes

Donde:

C: dosis de cemento por m<sup>3</sup> de mortero

pc: peso específico real del cemento (aproximadamente 3 kg/lt)

F: dosis de arena por m<sup>3</sup> de mortero

pf: peso específico real de la arena (aproximadamente 2.65 kg/lt)

A: dosis de agua libre por m<sup>3</sup> de mortero

H: contenido de aire por m<sup>3</sup> de mortero

El hecho que los morteros estén habitualmente compuestos por un solo árido fino (arena), trae como consecuencia que algunas de sus principales condiciones queden definidas en una alta proporción por las propiedades de dicho árido. En general en ambos sistemas de dosificación la cantidad de agua queda definida por la trabajabilidad que debe tener para ser colocado en obra de acuerdo con el uso al que está destinado. El agua a agregar puede estimarse a partir de la fluidez necesaria para el mortero, del módulo de finura de la arena utilizada y del contenido de vacíos deseado de acuerdo a lo establecido en la siguiente Tabla que se presenta en el ANEXO O.

Entonces para el diseño de los morteros se procede a la dosificación, partiendo por la siguiente relación Cemento / Arena:

$$\text{Relación en Peso: } \frac{\text{Cemento}}{\text{Arena}} = \frac{1}{3}$$

Donde los Volúmenes reales:

$$\sum V_{Reales} = 1000 \text{ [lt.]}$$

$$V_{Cemento} + V_{Arena} + V_{Agua} + V_{Huecos} = 1000 \text{ [lt.]}$$

Como:  $V = \frac{m}{d}$

Entonces:

$$\frac{m_{Cemento}}{d_{Cemento}} + \frac{m_{Arena}}{d_{Arena}} + \frac{m_{Agua}}{d_{Agua}} + Huecos = 1000 [lt.]$$

Donde:

$$d_{Cemento} = 2,9 \left[ \frac{Kg.}{lt.} \right]$$

$$d_{Arena} = 2,65 \left[ \frac{Kg.}{lt.} \right]$$

$$d_{Agua} = 1,0 \left[ \frac{Kg.}{lt.} \right]$$

$$Huecos = 30 \left[ \frac{lt.}{m^3} \right]$$

$$m_{Agua} = 290 \left[ \frac{lt. Agua}{m^3 mortero} \right]$$

Además se sabe que:

$$m_{Arena} = 3 m_{Cemento}$$

Entonces reemplazando:

$$\frac{m_{Cemento}}{2,9} + \frac{m_{Arena}}{2,65} + \frac{290}{1} + 30 = 1000 [lt.]$$

$$m_{Cemento} \left[ \frac{1}{2,9} + \frac{3}{2,65} \right] = 1000 - 30 - 290$$

$$m_{Cemento} = 460 \left[ \frac{kg.}{m^3 mortero} \right]$$

$$m_{Arena} = 1381 \left[ \frac{kg.}{m^3 mortero} \right]$$

$$m_{Agua} = 290 [lt.]$$

Tabla 3-10. Resumen [kg. /m<sup>3</sup> mortero]

	Patrón	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
<b>Cemento</b>	460	460	460	460
<b>Arena</b>	1381	1381	1381	1381
<b>Agua</b>	290	290	290	290
<b>Fibra</b>	0	2,3	4,6	6,9

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Variable Independiente

**Contenido Fibra:** Variable numérica continua.

Se define como % en peso C/V del peso del cemento.

**Rango:** 0% → 1,5% peso cemento

**Niveles:** 0,5%

1,0%

1,5%

Mediante la relación: 460 → 1000 [lt.]

$$x = 2 \text{ [lt.]}$$

Tabla 3-11. Resumen [2 lt.] [Kg. /2lt.]

	<b>Patrón</b>	$M_1$	$M_2$	$M_3$
<b>Cemento</b>	0,92	0,92	0,92	0,92
<b>Arena</b>	2,762	2,762	2,762	2,762
<b>Agua</b>	0,58	0,58	0,58	0,58
<b>Fibra</b>	0	0,0046	0,0092	0,0138

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Corrección por Humedad

**Abs.** = 1%

**Hum.** = 3%

$$\mathbf{Hum. - Abs. = 2\%}$$

Tabla 3-12. Corrección por Humedad

	<b>Patrón 0</b>	$M_1$	$M_2$	$M_3$
<b>Cemento</b>	0,92	0,92	0,92	0,92
<b>Arena</b>	2,762	2,762	2,762	2,762
<b>Agua</b>	0,50	0,50	0,50	0,50
<b>Fibra</b>	0	0,0046	0,0092	0,0138

Fuente: Elaboración propia

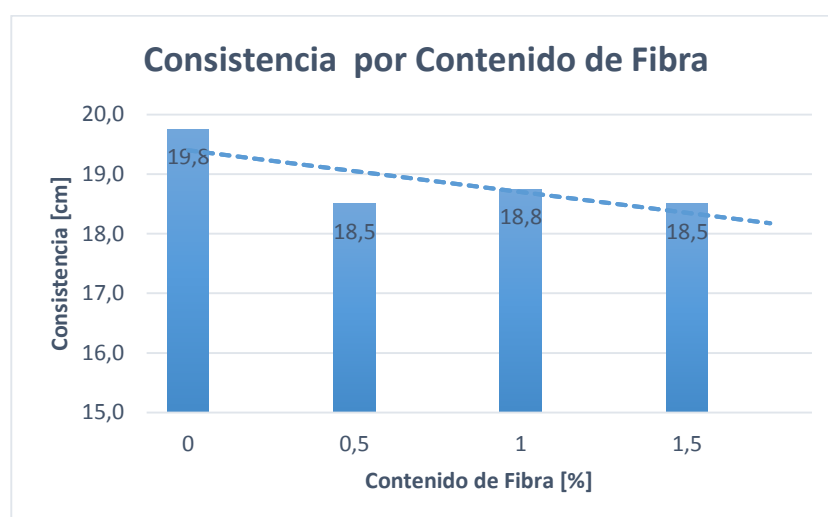
### 3.4.5. Consistencia

La consistencia mide el diámetro de la circunferencia del mortero una vez que se saca del molde y se somete a la prueba de la mesa de sacudida. Esta prueba corresponde a la acción 25 Golpes en 15 segundos aproximadamente en la mesa de sacudida, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3-13. Consistencia

	<b>Patrón 0</b>		<b><math>M_1</math></b>		<b><math>M_2</math></b>		<b><math>M_3</math></b>	
<b>Consistencia (cm)</b>	19,5	20	18	19	18,5	19	18,5	18,5
<b>Promedio (cm)</b>	19,8		18,5		18,8		18,5	
<b>Contenido de fibra (%)</b>	0		0,5		1		1,5	

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3-1. Consistencia por contenido de fibra

Es de suma importancia considerar que para que un mortero se encuentre en condiciones de ser sometido a ensayos de resistencia a la Compresión y Flexotracción, la consistencia de las muestras deben estar dentro de los parámetros entre 18 y 20 cm, por lo que todas muestras cumplen con esta condición para poder ser ensayadas.

### 3.4.6. Proceso de moldaje, desmoldaje y curado de probetas

Los moldes utilizados corresponden a material de acero, de forma de prisma de dimensiones normalizadas. Antes de llenar los moldes las superficies de estos deben estar limpios y con una delgada capa de aceite para facilitar el desmolde, considerando además que el lugar del moldeo será donde se dejarán las probetas para su curado inicial. La base de los moldes será un lugar nivelado y protegido de golpes y vibraciones.

Por cada muestra se confecciona una cantidad de tres probetas gemelas para ensayo de resistencias a 28 días.

El tipo de compactación de los morteros en los moldes debe ser mediante vibrado que consiste en fijar firmemente el molde al equipo vibrador manualmente o con un dispositivo mecánico para que vibren solidariamente. Por lo tanto se coloca el mortero en una sola capa, manteniendo un exceso de hormigón sobre el borde del molde y se procede a vibrar el tiempo necesario para que una delgada capa de lechada aparezca en la superficie.

Luego cada una de las probetas elaboradas se deja debidamente identificadas y no deben moverse hasta después de 20 horas de la fabricación para su curado inicial, procurando siempre que permanezcan en sus moldes y protegerse de cualquier golpe o movimiento brusco.

Transcurrido el tiempo de curado inicial se procede a desmoldar las probetas prismáticas, marcándolas mediante cualquier procedimiento que no altere las características estructurales de la probeta. Para efectos de identificación se codifica claramente cada una de las probetas, denominando muestra 0 a la muestra Patrón la cual contiene 0% de fibra; de las cuales se desprenden las probetas gemelas  $O_1$ ,  $O_2$  y  $O_3$ , la muestra 1 ( $M_1$ ) que contiene 0,5% de fibra; con sus respectivas probetas gemelas  $M_{11}$ ,  $M_{12}$  y  $M_{13}$ , la muestra 2 ( $M_2$ ) con un contenido de 1,0% de fibra; con sus probetas gemelas  $M_{21}$ ,  $M_{22}$  y  $M_{23}$  y finalmente la muestra 3 ( $M_3$ ) con un contenido de 1,5% de fibra; con sus respectivas probetas gemelas  $M_{31}$ ,  $M_{32}$  y  $M_{33}$ .

De acuerdo a normativa de los morteros, se deben colocar las probetas elaboradas bajo condiciones preestablecidas, en proceso de curado en los laboratorios sumergidas en agua, para ser ensayada a los 28 días a contar de la fecha de fabricación de las probetas, considerando que su realización fue el día 24 de Julio de 2019, corresponde como fecha de retiro de este proceso el día 21 de Agosto de 2019. Para posteriormente ser sometidas a ensayos de Compresión y de Flexotracción para evaluar la resistencia mecánica, de acuerdo a las normas respectivas.

Una vez cumplido el tiempo de curado se procede al retiro de las probetas del lugar donde estaban sumergidas con agua, cuidadosamente se secan y se preparan para los ensayos mencionados anteriormente.

### 3.5. RESULTADOS

Es de suma importancia mencionar que para efecto de obtención de los resultados de cada muestra se realizaron mediante el promedio de la resistencia de las tres probetas gemelas ensayadas a los 28 días de fabricación, recomendada de acuerdo la Normativa NCh158 Of.67 Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento. Cada una de las probetas debidamente identificadas son sometidas a medición y pesado, obteniendo de esta manera los siguientes resultados:

Tabla 3-14. Medición y pesado de probetas

<b>Muestra 0</b>			
	<b>0<sub>1</sub></b>	<b>0<sub>2</sub></b>	<b>0<sub>3</sub></b>
<b>Ancho (cm)</b>	4,0	4,0	4,0
<b>Alto (cm)</b>	4,0	4,0	4,0
<b>Largo (cm)</b>	16,0	16,0	16,0
<b>Peso (g)</b>	586,0	588,9	594,1
<b>Muestra M<sub>1</sub></b>			
	<b>M<sub>11</sub></b>	<b>M<sub>12</sub></b>	<b>M<sub>13</sub></b>
<b>Ancho (cm)</b>	4,0	4,0	4,0
<b>Alto (cm)</b>	4,0	4,0	4,0
<b>Largo (cm)</b>	16,0	16,0	16,0
<b>Peso (g)</b>	590,3	586,0	580,6
<b>Muestra M<sub>2</sub></b>			
	<b>M<sub>21</sub></b>	<b>M<sub>22</sub></b>	<b>M<sub>23</sub></b>
<b>Ancho (cm)</b>	4,0	4,0	4,0
<b>Alto (cm)</b>	4,0	4,0	4,0
<b>Largo (cm)</b>	16,0	16,0	16,0
<b>Peso (g)</b>	596,0	592,3	593,3
<b>Muestra M<sub>3</sub></b>			
	<b>M<sub>31</sub></b>	<b>M<sub>32</sub></b>	<b>M<sub>33</sub></b>
<b>Ancho (cm)</b>	4,0	4,0	4,0
<b>Alto (cm)</b>	4,0	4,0	4,0
<b>Largo (cm)</b>	16,0	16,0	16,0
<b>Peso (g)</b>	593,3	581,9	591,4

Fuente: Elaboración propia

3.5.1. Densidad

$$\mathbf{Densidad = \frac{masa}{volumen} = \frac{m}{V}}$$

Fórmula 3-5. Densidad

Para calcular el volumen del mortero se debe obtener mediante la fórmula del volumen de un prisma recto:

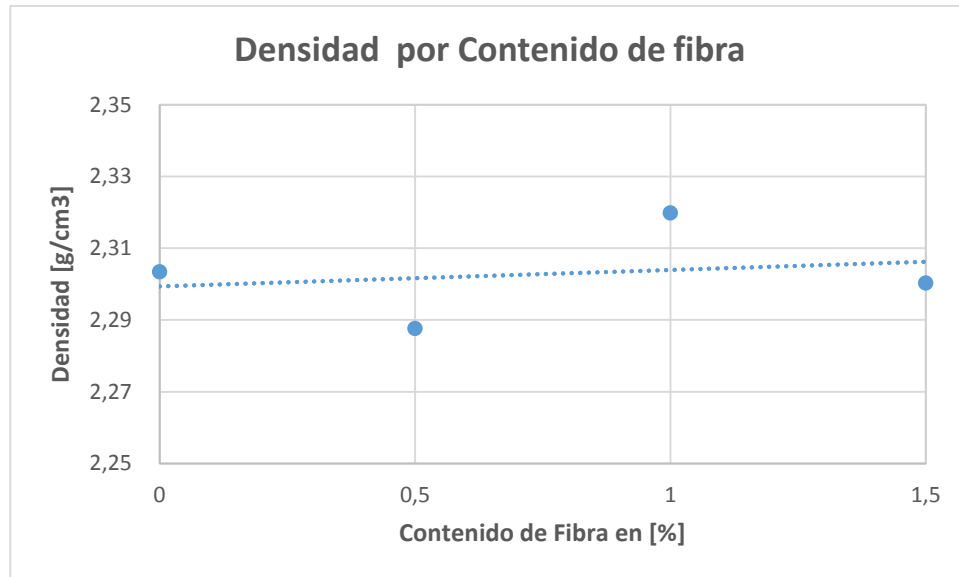
$$\mathbf{V = a \times b \times h}$$

Fórmula 3-6. Volumen prisma

Tabla 3-15.Densidad

<b>Muestra 0</b>			
	<b>0<sub>1</sub></b>	<b>0<sub>2</sub></b>	<b>0<sub>3</sub></b>
<b>Peso (g)</b>	586,0	588,9	594,1
<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>	256,0	256,0	256,0
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,29	2,30	2,32
<b>Promedio</b>	2,30		
<b>Muestra M<sub>1</sub></b>			
	<b>M<sub>11</sub></b>	<b>M<sub>12</sub></b>	<b>M<sub>13</sub></b>
<b>Peso (g)</b>	590,3	586,0	580,6
<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>	256,0	256,0	256,0
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,31	2,29	2,27
<b>Promedio</b>	2,29		
<b>Muestra M<sub>2</sub></b>			
	<b>M<sub>21</sub></b>	<b>M<sub>22</sub></b>	<b>M<sub>23</sub></b>
<b>Peso (g)</b>	596,0	592,3	593,3
<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>	256,0	256,0	256,0
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,33	2,31	2,32
<b>Promedio</b>	2,32		
<b>Muestra M<sub>3</sub></b>			
	<b>M<sub>31</sub></b>	<b>M<sub>32</sub></b>	<b>M<sub>33</sub></b>
<b>Peso (g)</b>	593,3	581,9	591,4
<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>	256,0	256,0	256,0
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,32	2,27	2,31
<b>Promedio</b>	2,30		

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3-2. Densidad por Contenido de fibra

### 3.5.2. Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión, mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Area}} = \frac{P}{A}$$

Fórmula 3-7. Resistencia a la compresión

El valor de la carga máxima se entrega en los informes que arroja las máquinas que realizan los ensayos de Compresión. Esos valores arrojados se encuentran en unidad de Kilonewton (kN), los cuales se deben convertir a Kilogramo fuerza (kgf).

Se sabe que:

$$1[kN] \rightarrow 101,97 [kgf]$$

Además el área corresponde a un valor de  $16\text{cm}^2$ , debido a que el cabezal que se utiliza en la máquina que realiza los ensayos de compresión posea una base que mide  $4\text{cm} \times 4\text{cm}$ .

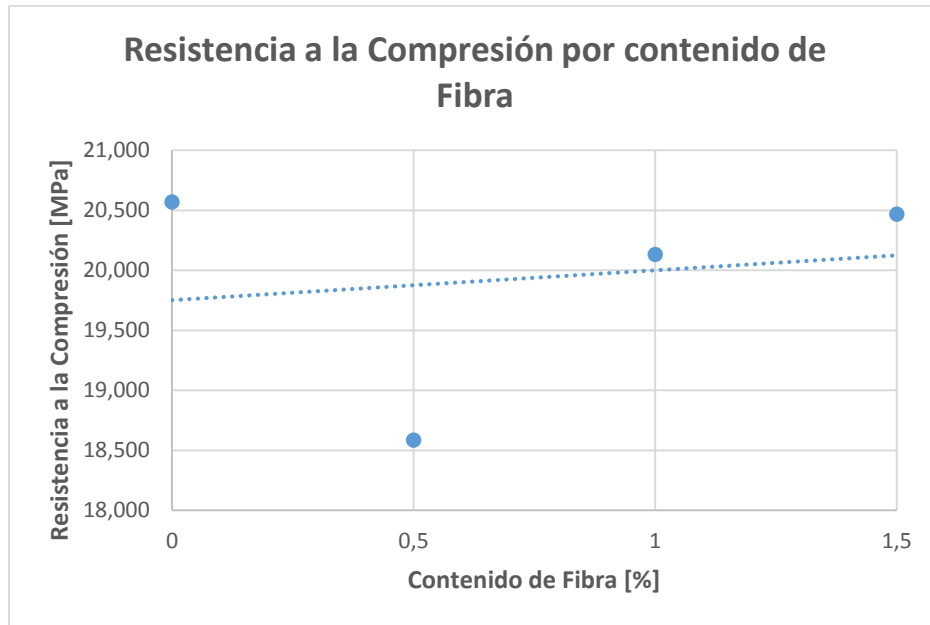
$$1 \left[ \frac{kgf}{\text{cm}^2} \right] \rightarrow 0,0980665 [MPa]$$

Por lo tanto los resultados de los ensayos de resistencia a la Compresión son los siguientes (ver también ANEXO P):

Tabla 3-16. Resistencia a la compresión

<b>Muestra 0</b>						
	<b>0<sub>1</sub></b>		<b>0<sub>2</sub></b>		<b>0<sub>3</sub></b>	
<b>Carga máxima (kN)</b>	33,716	32,353	35,509	35,222	32,209	33,357
<b>Carga máxima (kgf)</b>	3438,021	3299,035	3620,853	3591,587	3284,352	3401,413
<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	16	16	16	16	16	16
<b>Rc (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	214,876	206,190	226,303	224,474	205,272	212,588
<b>Rc (MPa)</b>	21,072	20,220	22,193	22,013	20,130	20,848
<b>Promedio Rc</b>						20,568
<b>Muestra 1</b>						
	<b>M<sub>11</sub></b>		<b>M<sub>12</sub></b>		<b>M<sub>13</sub></b>	
<b>Carga máxima (kN)</b>	29,34	29,914	27,260	28,694	31,205	31,994
<b>Carga máxima (kgf)</b>	2991,800	3050,331	2779,702	2925,927	3181,974	3262,428
<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	16	16	16	16	16	16
<b>Rc (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	186,987	190,646	173,731	182,870	198,873	203,902
<b>Rc (MPa)</b>	18,337	18,696	17,037	17,933	19,503	19,996
<b>Carga máxima (kN)</b>	29,34	29,914	27,260	28,694	31,205	31,994
<b>Promedio Rc</b>						18,584
<b>Muestra M<sub>2</sub></b>						
	<b>M<sub>21</sub></b>		<b>M<sub>22</sub></b>		<b>M<sub>23</sub></b>	
<b>Carga máxima (kN)</b>	32,855	29,340	32,138	31,564	32,927	34,433
<b>Carga máxima (kgf)</b>	3350,224	2991,800	3277,112	3218,581	3357,566	3511,133
<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	16	16	16	16	16	16
<b>Rc (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	209,389	186,987	204,819	201,161	209,848	219,446
<b>Rc (MPa)</b>	20,534	18,337	20,086	19,727	20,579	21,520
<b>Promedio Rc</b>						20,131
<b>Muestra M<sub>3</sub></b>						
	<b>M<sub>31</sub></b>		<b>M<sub>32</sub></b>		<b>M<sub>33</sub></b>	
<b>Carga máxima (kN)</b>	34,648	35,581	32,783	33,357	30,344	29,770
<b>Carga máxima (kgf)</b>	3533,057	3628,195	3342,883	3401,413	3094,178	3035,647
<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	16	16	16	16	16	16
<b>Rc (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	220,816	226,762	208,930	212,588	193,386	189,728
<b>Rc (MPa)</b>	21,655	22,238	20,489	20,848	18,965	18,606
<b>Promedio Rc</b>						20,467

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3-3. Resistencia a la compresión por contenido de fibra

### 3.5.3. Resistencia a la Flexotracción

Para una luz que corresponde a la distancia entre los apoyos de la máquina que realiza los ensayos de resistencia a la Flexotracción, cuya longitud es de 10 mm, corresponde por norma para los morteros un factor de 0,234 veces la carga máxima. Entonces la resistencia a la Flexotracción queda:

$$R_f = 0,234 \times P'$$

Fórmula 3-8. Resistencia flexotracción

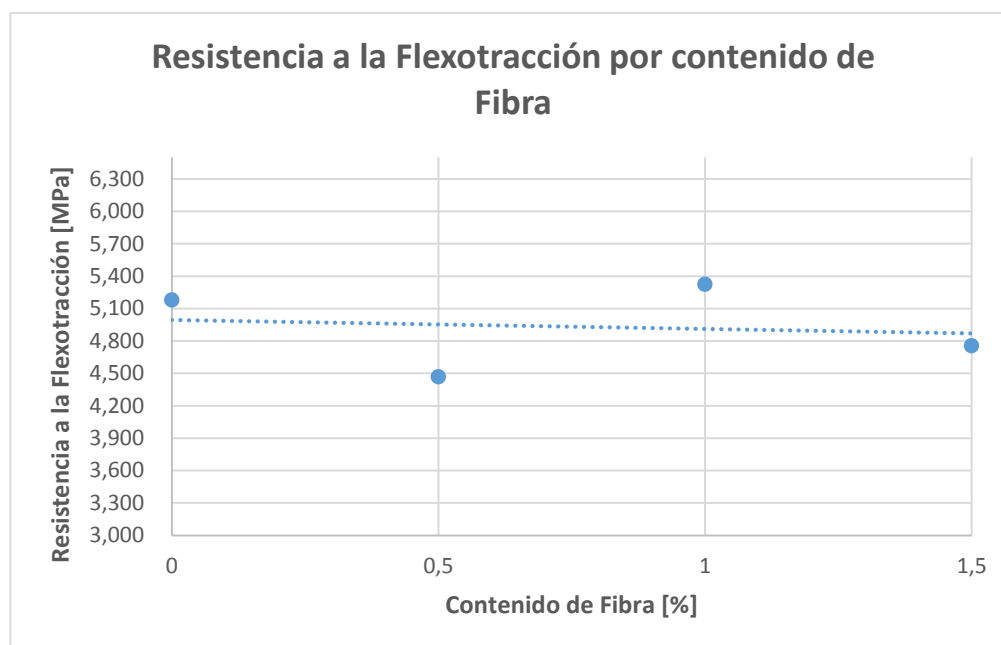
Quedando la carga máxima como  $P'$ , para efectos de diferenciar con la carga máxima que se obtuvo en los ensayos de Resistencia a la Compresión.

Por lo tanto, los ensayos de resistencia a la Flexotracción arrojaron los siguientes resultados (ver también ANEXO Q).

Tabla 3-17. Resistencia a la flexotracción

<b>Muestra 0</b>			
	<b>0<sub>1</sub></b>	<b>0<sub>2</sub></b>	<b>0<sub>3</sub></b>
<b>Carga máxima (kN)</b>	2,180	2,679	2,246
<b>Carga máxima (kgf)</b>	222,295	273,178	229,025
<b>Rf (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	52,017	63,924	53,592
<b>Rf (MPa)</b>	5,101	6,269	5,256
<b>Promedio Rf</b>	5,178		
<b>Muestra M<sub>1</sub></b>			
	<b>M<sub>11</sub></b>	<b>M<sub>12</sub></b>	<b>M<sub>13</sub></b>
<b>Carga máxima (kN)</b>	2,170	1,864	1,696
<b>Carga máxima (kgf)</b>	221,275	190,072	172,941
<b>Rf (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	51,778	44,477	40,468
<b>Rf (MPa)</b>	5,078	4,362	3,969
<b>Carga máxima (kN)</b>	2,170	1,864	1,696
<b>Promedio Rf</b>	4,469		
<b>Muestra M<sub>2</sub></b>			
	<b>M<sub>21</sub></b>	<b>M<sub>22</sub></b>	<b>M<sub>23</sub></b>
<b>Carga máxima (kN)</b>	2,348	1,976	2,501
<b>Carga máxima (kgf)</b>	239,426	201,493	255,027
<b>Rf (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	56,026	47,149	59,676
<b>Rf (MPa)</b>	5,494	4,624	5,852
<b>Carga máxima (kN)</b>	2,348	1,976	2,501
<b>Promedio Rf</b>	5,323		
<b>Muestra M<sub>3</sub></b>			
	<b>M<sub>31</sub></b>	<b>M<sub>32</sub></b>	<b>M<sub>33</sub></b>
<b>Carga máxima (kN)</b>	2,048	2,063	1,986
<b>Carga máxima (kgf)</b>	208,835	210,364	202,512
<b>Rf (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	48,867	49,225	47,388
<b>Rf (MPa)</b>	4,792	4,827	4,647
<b>Carga máxima (kN)</b>	2,048	2,063	1,986
<b>Promedio Rf</b>	4,756		

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3-4. Resistencia a la flexotracción por contenido de fibra

Tabla 3-18. Resumen

Promedio	$\bar{X}_0$	$\bar{X}_{M1}$	$\bar{X}_{M2}$	$\bar{X}_{M3}$
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	2,30	2,29	2,32	2,30
Rc (MPa)	20,568	18,584	20,131	20,467
Rf (MPa)	5,178	4,469	5,323	4,756
	2,30	2,29	2,32	2,30

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los ensayos de resistencia a la Compresión y Flexotracción que se realizaron a las probetas de cada muestra de mortero elaboradas en los laboratorios de la Universidad de Valparaíso y de acuerdo a la normativa que rige a los morteros NCh158 Of.67 Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento, se puede observar tanto en las tablas de resultados como en los gráficos que aunque no se aprecia una tendencia demasiado marcada que indique que estas fibras aumentan de manera considerable la resistencia ya sea a la compresión y a la flexión de los morteros de cemento, este aditivo sigue siendo de todas maneras recomendable de utilizar, debido a que su resistencia estructural se mantiene en todos los ensayos sin presentar caídas abruptas y que por lo tanto como proviene de los residuos de PRFV del proceso de laminado por proyección

(Spray-up Chopper Gun) y se desea dar una nueva vida útil a estos residuos, se encuentran aptos para ser utilizados y no presenta inconvenientes asociados a los aspectos estructurales del mortero de cemento.

Por otro lado se sabe que las fibras más similares como Nylon y Polipropileno se utilizan principalmente como aditivo para mejorar características no estructurales, ayudando a disminuir la fisuración de los morteros, resultando ser un producto anti agrietante, de esta manera aumentar la durabilidad de las estructuras. Por lo tanto las fibras de PRFV al estar compuesta de materiales reforzados como la fibra de vidrio y al estar cubiertas de resinas termoestables podrían presentar excelentes propiedades para mejorar las características de los morteros de cemento, así como su durabilidad, ya que las fibras dispersas aleatoriamente consigue mejorar la capacidad de absorción de energía y disminuir la retracción, siendo de mucha utilidad en diferentes trabajos de obra gruesa, debido a que impide que las microfisuras aumenten, de esta manera, se consigue un refuerzo no estructural que reduce el agrietamiento durante los procesos de fraguado. Pero para determinar estas características y comportamiento en los mortero de cemento se demandan de otro tipo de ensayos que requieren de un tiempo más prolongado con respecto a sus pruebas, por lo que se presenta esa limitante con respecto del tiempo para realizarlos, pero de todas formas queda la inquietud sobre su comportamiento frente a nuevos ensayos y experimentaciones que posiblemente puedan ser desarrollados en un futuro cercano para ampliar el conocimiento y sus posibles usos, propiciando de este mismo modo la posibilidad de utilizar las fibras de PRFV recicladas como refuerzos en otros materiales constructivos.

### **3.6. ANÁLISIS DE INVERSIÓN Y COSTOS DEL PROYECTO**

En esta última etapa se desarrolla un análisis de inversión y costos del proyecto según sus requerimientos antes descritos. Elaborando un flujo de caja y su respectivo análisis mediante la obtención del TIR, VAN y Payback, determinando mediante estos índices la factibilidad y rentabilidad de su implementación.

#### **3.6.1. Valores a considerar en el análisis**

En esta sección se muestran los ingresos esperados que se utilizarán en la evaluación económica posteriormente, que de acuerdo a los datos establecidos en el análisis de mercado, se logra determinar el ingreso por ventas, donde la producción se fijó

en 220 sacos al mes, con un precio determinado en 6.990 pesos, obteniendo un ingreso por ventas mensual de 1.537.800 pesos, que al año se traduce a 18.453.600 pesos (643,58 U.F.). Este ingreso en base a la demanda va variando de acuerdo al Índice de Precios al Consumidor (IPC), el cual en 2019 experimentó una variación de 3,2%. anual, es decir los ingresos por año van variando en un 3,2%.

Cabe señalar que para los cálculos que serán ingresados en el flujo de caja se considerarán los valores en Unidades de Fomento (U.F.) llevadas al día 24 de Abril del año 2020 con un valor de igual a \$28.673,54 por cada Unidad de Fomento. Siendo el primordial objetivo de trabajar en U.F. llevar el valor del dinero a un valor que se reajusta diariamente.

### 3.6.2. Horizonte del proyecto

Se estima un horizonte del proyecto de 5 años, tiempo adecuado para ver cómo se desenvuelve el proyecto en el mercado.

### 3.6.3. Tasa de descuento

La tasa de descuento se utiliza para llevar los flujos de dinero que se obtendrán en un futuro a un “hoy” para poder ser evaluados, en resumidas palabras es la evolución del dinero en el tiempo. Este indicador es igual a la tasa de retorno del proyecto, el cual es la rentabilidad mínima que se puede exigir a un proyecto. De acuerdo a lo expresado por el encargado del área de Finanzas de Tecnofiber el Sr. Gabriel Ordoñez, señala que esta tasa se tiene calculada en la empresa la cual corresponde a 19,29%.

### 3.6.4. Depreciación

Durante un proyecto, algunos activos pierden su valor con el tiempo, tales como maquinaria, equipos, entre otras. Para realizar el cálculo de un flujo de caja es necesario obtener esta información, que para este caso particular se obtendrá utilizando el método de depreciación acelerada, utilizada por la ley tributaria la cual favorece a un proyecto durante sus primeros años de puesta en marcha. Por lo tanto la depreciación global en maquinaria utilizada, las remodelaciones al Galpón, los mobiliarios y equipos que se requiere contemplar en el proyecto es de \$2.000.000 de pesos anual (69,75 U.F.), porque se tiene una inversión de \$2.000.000 de pesos a 5 años.

### 3.6.5. Financiamiento

Se buscara financiar el proyecto con una mezcla de capital propio y otra parte aportada por las instituciones bancarias, considerando que el monto total de inversión corresponde a \$10.000.000 (348,75 U.F.), estas aportaran con un 40% del proyecto financiado externamente, que desde el punto de vista del área financiera de Tecnofiber de acuerdo a lo expresado por el encargado del área de finanzas Sr. Gabriel Ordoñez lo más recomendable es realizar un financiamiento del 40%, teniendo en cuenta que esta decisión se debe principalmente a las políticas de la empresa considerando ese nivel de endeudamiento con instituciones bancarias, lo cual se traduce en el grado de riesgo que puede asumir en este momento. Por lo tanto debido a la estructura capital que presenta Tecnofiber está dispuesta a asumir un riesgo de endeudamiento de \$4.000.0000 (139,50 U.F.), en base a la realidad que se presenta en la empresa en estos momentos.

Considerando la alternativa de financiamiento a través del Banco Santander, con un interés anual de 22,32 %, la cual es una tasa preferencial otorgada solo como crédito de consumo para empresas, una inversión inicial de 139,50 U.F. y alternativas de inversión, 40 % con financiamiento de la banca (ver ANEXO R).

### 3.6.6. Criterios para la elaboración de flujos de caja

Es de suma importancia estipular los criterios que se utilizaron para la elaboración de los flujos de caja, considerando para ello en primera instancia el flujo de caja para un proyecto puro, vale decir sin crédito externo, el cual es financiado totalmente por la empresa con un monto total de la inversión de \$10.000.000 (348,75 U.F.) y por otro lado se encuentra el proyecto financiado por la banca, para este flujo en que se considera el monto total de inversión que corresponde a \$10.000.000, siendo el capital de inversión de \$6.000.000 (209,25 U.F.) y se va a solicitar un crédito de \$4.000.000(139,50 U.F.) como financiamiento bancario, esta decisión se debe principalmente a las políticas y la postura que presenta la empresa Tecnofiber en estos momentos en los cuales al no presentar una estructura de capital ordenada, es difícil tomar una drástica decisión de endeudarse sin saber cómo se va a comportar su balance del estado general al final de año 2021. Por lo tanto debido a la estructura capital que presenta Tecnofiber está dispuesta a asumir un riesgo de endeudamiento de 139,50 U.F., en base a la realidad que se presenta en la empresa en estos momentos.

#### 3.6.6.1. Flujo de Caja Proyecto Reciclaje PRFV

A continuación se presentan los Flujos de Caja del Proyecto Reciclaje PRFV analizando para ello el proyecto puro (sin crédito) y del proyecto con un financiamiento del 40% en instituciones bancarias, ambos expresados en valor de Unidades de Fomento (U.F.).

Tabla 3-19. Flujo de caja proyecto puro

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
<b>Ingresos</b>		<b>643,58</b>	<b>664,17</b>	<b>685,43</b>	<b>707,36</b>	<b>730,00</b>	
Otros ingresos							
Gastos de Ventas		-57,92	-59,78	-61,69	-63,66	-65,70	9% sobre los ingresos por venta
<b>Margen Bruto</b>		<b>585,65</b>	<b>604,40</b>	<b>623,74</b>	<b>643,70</b>	<b>664,30</b>	
Costo de venta		-516,60	-517,22	-517,86	-518,53	-519,21	
Costos Fijos		-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	
<b>Margen Operacional</b>		<b>68,68</b>	<b>86,80</b>	<b>105,50</b>	<b>124,79</b>	<b>144,71</b>	
Depreciación		-69,75	-69,75	-69,75	-69,75	-69,75	
Intereses crédito		0	0	0	0	0	
<b>Utilidad antes de Impuestos</b>		<b>-1,07</b>	<b>17,05</b>	<b>35,75</b>	<b>55,04</b>	<b>74,96</b>	
Impuesto		0,00	-4,60	-9,65	-14,86	-20,24	
<b>Utilidad después de Impuestos</b>		<b>-1,07</b>	<b>12,45</b>	<b>26,10</b>	<b>40,18</b>	<b>54,72</b>	
Amortización crédito		0	0	0	0	0	
Costo oportunidad FM		0	0	0	0	0	
Depreciación		69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	
Valor residual equipo							
pago impuesto por diferencia(VM-VL)							
Inversión requerida	-348,75						
Crédito	0						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-348,75</b>	<b>68,68</b>	<b>82,20</b>	<b>95,85</b>	<b>109,93</b>	<b>124,47</b>	<b>0</b>
<b>FNC Actualizado</b>	<b>-348,75</b>	<b>57,48</b>	<b>57,58</b>	<b>56,19</b>	<b>53,94</b>	<b>61,07</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia en base al proyecto

Tabla 3-20. Flujo de caja proyecto con un 40% financiamiento

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
<b>Ingresos</b>		<b>643,58</b>	<b>664,17</b>	<b>685,43</b>	<b>707,36</b>	<b>730,00</b>	
<b>Otros ingresos</b>							
<b>Gastos de Ventas</b>		-57,92	-59,78	-61,69	-63,66	-65,70	9% sobre los ingresos por venta
<b>Margen Bruto</b>		<b>585,66</b>	<b>604,40</b>	<b>623,74</b>	<b>643,70</b>	<b>664,30</b>	
<b>Costo de venta</b>		-516,60	-517,22	-517,86	-518,53	-519,21	
<b>Costos Fijos</b>		-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	
<b>Margen Operacional</b>		<b>68,68</b>	<b>86,80</b>	<b>105,50</b>	<b>124,79</b>	<b>144,71</b>	
<b>Depreciación</b>		-69,75	-69,75	-69,75	-69,75	-69,75	
<b>Intereses crédito</b>		-31,14	-27,14	-22,25	-16,27	-8,95	
<b>Utilidad antes de Impuestos</b>		<b>-32,21</b>	<b>-10,09</b>	<b>13,50</b>	<b>38,77</b>	<b>66,01</b>	
<b>Impuesto</b>		0,00	0,00	-3,65	-10,47	-17,82	
<b>Utilidad después de Impuestos</b>		<b>-32,21</b>	<b>-10,09</b>	<b>9,86</b>	<b>28,30</b>	<b>48,19</b>	
<b>Amortización crédito</b>		-17,91	-21,91	-26,80	-32,78	-40,10	
<b>Costo oportunidad FM</b>		0	0	0	0	0	
<b>Depreciación</b>		69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	
<b>Valor residual equipo</b>							
<b>pago impuesto por diferencia(VM-VL)</b>							
<b>Inversión requerida</b>	-348,75						
<b>Crédito</b>	139,50						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-209,25</b>	<b>19,63</b>	<b>37,75</b>	<b>52,81</b>	<b>65,27</b>	<b>77,84</b>	<b>0</b>
<b>FNC Actualizado</b>	<b>-209,25</b>	<b>16,44</b>	<b>26,49</b>	<b>31,04</b>	<b>32,14</b>	<b>38,33</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia en base al proyecto

### 3.6.6.2. Resultados VAN, TIR y Payback de los flujos de caja

A continuación se presentan los resultados de los indicadores económicos obtenidos mediante los análisis de flujos de caja del proyecto puro (sin crédito) y del proyecto con un financiamiento del 40% en instituciones bancarias.

Tabla 3-21. Indicadores de flujos de caja en proyecto puro

	Valor (\$)	Valor (U.F.)
<b>Valor Actual Neto (VAN)</b>	<b>-1.791.810</b>	<b>-62,49</b>
<b>RENTABILIDAD</b>	<b>-17,92%</b>	<b>-17,92%</b>
<b>TIR</b>	<b>10,60%</b>	<b>10,60%</b>
<b>Payback</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>FNC Actualizados</b>	<b>6.456.994</b>	<b>225,19</b>

Fuente. Elaboración propia en base índices del proyecto

Tabla 3-22. Indicadores de flujos de caja en proyecto con financiamiento del 40%

	Valor (\$)	Valor (U.F.)
<b>Valor Actual Neto (VAN)</b>	<b>-1.858.332</b>	<b>-64,81</b>
<b>RENTABILIDAD</b>	<b>-30,97%</b>	<b>-30,97%</b>
<b>TIR</b>	<b>5,6%</b>	<b>5,6%</b>
<b>Payback</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<b>FNC Actualizados</b>	<b>3.042.836</b>	<b>106,12</b>

Fuente. Elaboración propia en base índices del proyecto

### 3.6.7. Cuotas, interés y amortización

Luego de ser confeccionados los flujos de cajas con un 40% de financiamiento bancario, de acuerdo con la tasa de interés de 22,32% proporcionada por el banco para un periodo de 5 años, como se muestra a continuación.

Tabla 3-23. Cálculo amortización crédito

<b>Cálculo Amortización Crédito</b>	
Monto (U.F.)	139,50
i	22,32%
Plazo (años)	5
Valor cuota (U.F.)	49,05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-24. Cuotas, interés y amortización para el financiamiento del 40%

n	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				139,50
1	49,05	31,14	17,91	121,59
2	49,05	27,14	21,91	99,68
3	49,05	22,25	26,80	72,88
4	49,05	16,27	32,78	40,10
5	49,05	8,95	40,10	0

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.8. Análisis de indicadores económicos

Considerando la información expresada de los indicadores económicos basados en los resultados de los flujos de caja ya sea como proyecto puro es decir de flujo de caja sin crédito y proyecto financiado en un 40% el cual posee un crédito con banca externa. Se destaca en primera instancia un VAN negativo para un proyecto puro lo cual de acuerdo a ese indicador el proyecto se hace inviable logrando determinar inmediatamente que no es rentable. De la misma manera si se analiza los datos arrojados con el flujo de caja con financiamiento del 40%, se puede apreciar un VAN negativo de -64,81 U.F. lo cual indica definitivamente que el proyecto no es viable, presentado además una rentabilidad de -30,97%, una Tasa Interna de Retorno de 5,6% y un Payback que indica un tiempo de recuperación de toda la inversión en 5 meses.

La siguiente tabla, se presenta a modo de resumen con los datos obtenidos como resultado de los flujos de caja.

Tabla 3-25. Resumen indicadores de flujos de caja

	Proyecto Puro	Financiamiento del 40%
<b>VAN (U.F.)</b>	<b>-62,49</b>	<b>-64,81</b>
<b>RENTABILIDAD</b>	<b>-17,92%</b>	<b>-30,97%</b>
<b>TIR</b>	<b>10,6%</b>	<b>5,6%</b>
<b>Payback</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>
<b>FNC Actualizados (U.F.)</b>	<b>225,19</b>	<b>106,12</b>

Fuente. Elaboración propia en base índices del proyecto

Para concluir se desprende de los flujos de caja anteriormente presentados, tanto en el proyecto puro como el financiado en un 40%, que bajo estas condiciones esperadas el proyecto no es rentable. Esta situación se debe principalmente al escenario actual que se presenta a nivel país, el cual se ha visto afectado en primera instancia desde el mes Octubre de 2019 con el estallido por el descontento social debido a la crisis ocurrida en Chile provocando una serie de protestas y manifestaciones repercutiendo de manera laboral, y que consecutivamente a raíz de la pandemia por el coronavirus COVID-19; declarada en nuestro país desde el mes de Marzo a la actualidad, afectando por lo tanto de manera negativa en la economía nacional, viéndose muy dañado el sector industrial de manufacturas debido a la detención de la mayoría de los proyectos lo cual arrastra una caída en las ventas. Esto se ha visto reflejado en los datos de los ingresos esperados por ventas del proyecto, que se determinaron justamente en este periodo en que las ventas están por debajo del nivel normal y que por tanto al tener menor nivel de producción también se traduce en una disminución en el volumen de residuos recolectados de fibras de PRFV generados a partir de la fabricación los equipos y piezas de PRFV en Tecnofiber. Es por estas razones que se pretende presentar un escenario más bien centrado en una postura optimista, desde el cual se puedan aprovechar aún más los recursos, manejando ciertos parámetros para obtener una ventaja competitiva y hacer más atractivo el proyecto, que si bien es cierto es muy potente desde el punto de vista ambiental por las razones que se plantean anteriormente en este trabajo de título, pero que sin duda mirado desde el punto de vista económico también debe mostrar una estructura que permita un proyecto rentable.

### 3.6.9. Escenario optimista del proyecto

Se presenta un escenario optimista en que se plantea a nivel país, en un futuro cercano salir del periodo de pandemia, planteando además que se suavice la crisis social, permitiendo de esta manera que la economía logre una reactivación, entonces se tendrían otros volúmenes de comercialización de la fibra de PRFV, junto con la oportunidad que se presenta en este último momento de conseguir una tasa de interés con el Banco Bice más baja que la tasa de descuento que presenta la empresa. Por lo tanto la inversión será igual que en el escenario esperado pero se realizarán algunas variaciones.

En primera instancia se considerará una variación en la tasa de interés cuando el proyecto sea financiado por la entidad bancaria, para ello se puso en contacto con el Banco Bice el cual tiene para el crédito una tasa de interés del 13, 22% anual para un periodo de 60 cuotas o 5 años que corresponde a horizonte del proyecto. (ANEXO S)

Otra variable a considerar en este escenario optimista es el aumento de la eficiencia de parte del área de producción, ya que anteriormente se dijo que se generan

mensualmente 315 Kg. de residuos de fibras de PRFV, cifra que considerando la reactivación económica podría aumentar sus volúmenes, de los cuales el 70% es seleccionado como materia prima para utilizar en la producción, debido a posibles pérdidas por material de rechazo a causa de aglomeraciones en las fibras. Por lo que se propone aumentar la eficiencia en la recolección, proponiendo al área de Producción de Tecnofiber que deberá ser un 3,82% más eficiente que en el caso anterior que es el caso esperado, en el cual con el 70% se obtenían 220 Kg. de materia prima, empacando 220 sacos de 1 Kg. Ahora en este nuevo caso del escenario optimista se requiere producir más sacos, por lo tanto si se aumenta la eficiencia de un 70% a un 73,82%, cuantos sacos más se deberán producir. Entonces se tiene:

$$70\% \rightarrow 220\text{Kg.}$$

$$73,82\% \rightarrow X$$

$$X = 232 \text{ Kg.}$$

Por lo tanto al aumentar a una eficiencia de 73,82% se debe aumentar la producción en 232 Kg. de materia prima para empacar 232 sacos de 1Kg., lo que significa obtener mayores cantidades de materia prima en el proceso de selección del material, disminuyendo con esto el material rechazado.

Con estas variaciones la estructura pasa de un 70% a un 73.82% de eficiencia, lo que provoca que ahora se vendan 232 Kg. que se traduce en 232 sacos mensuales, lo que hace que la demanda anual del proyecto sea 19.460.160 pesos (678,68 U.F.), que por el IPC esperado va variando en 3,2% cada año. La inversión total del proyecto será de 10.000.000 (348,75 U.F), con una mezcla de capital propio y otra parte aportada por las instituciones bancarias, considerando solicitar un crédito de 4.000.000 (139,50 U.F.) a la tasa de 13,22%, que es la tasa más eficiente que se encuentra en el mercado en estos momentos.

#### 3.6.9.1. Flujo de Caja Proyecto Reciclaje PRFV en escenario optimista

A continuación se presentan los flujos de caja del proyecto reciclaje de PRFV planteado en un escenario optimista, con las variables mejoradas que mencionan anteriormente, analizando para ello el proyecto puro (sin crédito) y del proyecto con un financiamiento del 40% en instituciones bancarias, ambos expresados en valor de Unidades de Fomento (U.F.).

Tabla 3-26. Flujo de caja proyecto puro en escenario optimista

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
<b>Ingresos</b>		<b>678,68</b>	<b>700,40</b>	<b>722,81</b>	<b>745,94</b>	<b>769,81</b>	
<b>Otros ingresos</b>							
Gastos de Ventas		-61,08	-63,04	-65,05	-67,13	-69,28	9% sobre los ingresos por venta
<b>Margen Bruto</b>		<b>617,60</b>	<b>637,36</b>	<b>657,76</b>	<b>678,81</b>	<b>700,53</b>	
Costo de venta		-517,61	-518,27	-518,94	-519,64	-520,35	
Costos Fijos		-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	
<b>Margen Operacional</b>		<b>99,61</b>	<b>118,71</b>	<b>138,44</b>	<b>158,79</b>	<b>179,80</b>	
Depreciación		-69,75	-69,75	-69,75	-69,75	-69,75	
Intereses crédito		0	0	0	0	0	
<b>Utilidad antes de Impuestos</b>		<b>29,86</b>	<b>48,96</b>	<b>68,69</b>	<b>89,04</b>	<b>110,05</b>	
Impuesto		-8,06	-13,22	-18,55	-24,04	-29,71	
<b>Utilidad después de Impuestos</b>		<b>21,80</b>	<b>35,74</b>	<b>50,14</b>	<b>65,00</b>	<b>80,33</b>	
Amortización crédito		0	0	0	0	0	
Costo oportunidad FM		0	0	0	0	0	
Depreciación		69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	
Valor residual equipo							
pago impuesto por diferencia(VM-VL)							
Inversión requerida	-348,75						
Crédito	0						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-348,75</b>	<b>91,55</b>	<b>105,49</b>	<b>119,89</b>	<b>134,75</b>	<b>150,08</b>	<b>0</b>
<b>FNC Actualizado</b>	<b>-348,75</b>	<b>76,62</b>	<b>73,90</b>	<b>70,29</b>	<b>66,12</b>	<b>73,64</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia en base al proyecto

Tabla 3-27. Flujo de caja proyecto con un 40% financiamiento en escenario optimista

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
<b>Ingresos</b>		<b>678,68</b>	<b>700,40</b>	<b>722,81</b>	<b>745,94</b>	<b>769,81</b>	
<b>Otros ingresos</b>							
Gastos de Ventas		-61,08	-63,04	-65,05	-67,13	-69,28	9% sobre los ingresos por venta
<b>Margen Bruto</b>		<b>617,60</b>	<b>637,36</b>	<b>657,76</b>	<b>678,81</b>	<b>700,53</b>	
Costo de venta		-517,61	-518,27	-518,94	-519,64	-520,35	
Costos Fijos		-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	
<b>Margen Operacional</b>		<b>99,61</b>	<b>118,71</b>	<b>138,44</b>	<b>158,79</b>	<b>179,80</b>	
Depreciación		-69,75	-69,75	-69,75	-69,75	-69,75	
Intereses crédito		-18,44	-15,61	-12,40	-8,77	-4,66	
<b>Utilidad antes de Impuestos</b>		<b>11,42</b>	<b>33,35</b>	<b>56,29</b>	<b>80,27</b>	<b>105,39</b>	
Impuesto		-3,08	-9,01	-15,20	-21,67	-28,46	
<b>Utilidad después de Impuestos</b>		<b>8,33</b>	<b>24,35</b>	<b>41,09</b>	<b>58,60</b>	<b>76,94</b>	
Amortización crédito		-21,43	-24,27	-27,47	-31,11	-35,22	
Costo oportunidad FM		0	0	0	0	0	
Depreciación		69,75	69,75	69,75	69,75	69,75	
Valor residual equipo							
pago impuesto por diferencia(VM-VL)							
Inversión requerida	-348,75						
Crédito	139,50						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-209,25</b>	<b>56,65</b>	<b>69,83</b>	<b>83,37</b>	<b>97,24</b>	<b>111,47</b>	<b>0</b>
<b>FNC Actualizado</b>	<b>-209,25</b>	<b>47,46</b>	<b>49,00</b>	<b>49,00</b>	<b>47,88</b>	<b>54,89</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia en base al proyecto

### 3.6.9.2. Resultados VAN, TIR y Payback de los flujos de caja en escenario optimista

A continuación se presentan los resultados de los indicadores económicos obtenidos mediante los análisis de flujos de caja del proyecto puro (sin crédito) y del proyecto con un financiamiento del 40% en instituciones bancarias, con las variables mejoradas para este escenario optimista.

Tabla 3-28. Indicadores de flujos de caja en proyecto puro en escenario optimista

	Valor (\$)	Valor (U.F.)
<b>Valor Actual Neto (VAN)</b>	<b>338.893</b>	<b>11,82</b>
<b>RENTABILIDAD</b>	<b>3,39%</b>	<b>3,39%</b>
<b>TIR</b>	<b>19,5%</b>	<b>19,5%</b>
<b>Payback</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>
<b>FNC Actualizados</b>	<b>8.227.012</b>	<b>286,92</b>

Fuente. Elaboración propia en base índices del proyecto

Tabla 3-29. Indicadores de flujos de caja en proyecto con financiamiento del 40% en escenario optimista

	Valor (\$)	Valor (U.F.)
<b>Valor Actual Neto (VAN)</b>	<b>1.117.756</b>	<b>38,98</b>
<b>RENTABILIDAD</b>	<b>18,63%</b>	<b>18,63%</b>
<b>TIR</b>	<b>25,0%</b>	<b>25,0%</b>
<b>Payback</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>
<b>FNC Actualizados</b>	<b>5.543.742</b>	<b>193,34</b>

Fuente. Elaboración propia en base índices del proyecto

### 3.6.10. Cuotas, interés y amortización en escenario optimista

Luego de ser confeccionados los flujos de cajas con un 40% de financiamiento bancario, de acuerdo con la tasa de interés de 13,22% proporcionada por el Banco Bice que corresponde a la tasa más eficiente del mercado en estos momentos, para un periodo de 5 años, como se muestra a continuación.

Tabla 3-30. Cálculo amortización crédito en escenario optimista

<b>Cálculo Amortización Crédito</b>	
Monto (U.F.)	139,50
i	13,22%
Plazo (años)	5
Valor cuota (U.F.)	39,87

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-31. Cuotas, interés y amortización para el financiamiento del 40% en escenario optimista

<b>n</b>	<b>Cuota</b>	<b>Interés</b>	<b>Amortización</b>	<b>Saldo</b>
0				139,50
1	39,87	18,44	21,43	118,07
2	39,87	15,61	24,27	93,80
3	39,87	12,40	27,47	66,33
4	39,87	8,77	31,11	35,22
5	39,87	4,66	35,22	0,00

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.11. Análisis de indicadores económicos del proyecto en escenario optimista

Considerando la información expresada de los indicadores económicos basados en los resultados de los flujos de caja en este caso de un escenario optimista, ya sea como proyecto puro es decir de flujo de caja sin crédito y proyecto financiado en un 40% el cual posee un crédito con banca externa. Se destaca que con las variables mejoradas como la eficiencia productiva y la tasa de interés del banco menor a la tasa de descuento de la empresa, dan como resultado en ambos casos un VAN positivo lo cual indica que el proyecto se hace viable con estas mejoras.

De ambos flujos de caja presentados bajo esta versión optimizada la mejor opción corresponde al financiamiento del 40% proporcionado por un préstamo de institución financiera como es el Banco Bice, presentado un VAN de 38,98 U.F. una rentabilidad de 18,63 %, una TIR positiva de un 25% y un Payback que indica un tiempo de recuperación de toda la inversión en 9 meses.

La siguiente tabla, se presenta a modo de resumen con los datos obtenidos como resultado de los flujos de caja en el escenario optimista:

Tabla 3-32. Resumen indicadores de flujos de caja en escenario optimista

	<b>Proyecto Puro</b>	<b>Financiamiento del 40%</b>
<b>VAN (U.F.)</b>	<b>11,82</b>	<b>38,98</b>
<b>RENTABILIDAD</b>	<b>3,39%</b>	<b>18,63%</b>
<b>TIR</b>	<b>19,5%</b>	<b>25,0%</b>
<b>Payback</b>	<b>1,3</b>	<b>0,9</b>
<b>FNC Actualizados (U.F.)</b>	<b>286,92</b>	<b>193,34</b>

Fuente. Elaboración propia en base índices del proyecto

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El presente trabajo de título se dedicó a la elaboración de un proyecto de reciclaje de residuos para el proceso de manufactura de plásticos reforzados con fibra de vidrio, específicamente logrando obtener el residuo generado mediante el proceso de laminado por proyección o también denominado Spray - up Chopper Gun, utilizando como un buen nicho para los estudios y análisis requeridos a la empresa Tecnofiber S.A.I.C., y desde esa perspectiva se concluye lo siguiente:

- Tras analizar el marco legal y normativo nacional asociado a las gestiones relacionadas al manejo de residuos respectivos al PRFV se puede evidenciar que en la actualidad no existe ninguna ley o decreto supremo que permita incentivar el reciclaje de plástico reforzado con fibra de vidrio, pese a la entrada en vigencia y puesta en marcha de la Ley 20.920/2016 del MMA; ley marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje, los PRFV no se contemplan dentro de la categoría de envases y embalajes, por lo tanto no se consideran como productos prioritarios
- De acuerdo a los cálculos realizados a través de los flujos de caja; tanto del escenario esperado como del optimista en que se mejoran variables como la eficiencia productiva y la tasa de interés del banco, se logra determinar en los análisis de inversión y de costos del proyecto que la mejor alternativa financiera para la implementación del proyecto de reciclaje de PRFV, corresponde a la alternativa de financiamiento del 40% de la inversión inicial por una entidad bancaria, bajo las condiciones del escenario optimista, obteniendo de esta manera un VAN de 38,98 U.F, una TIR 25%, presentado un una rentabilidad de 18,63 %, y un Payback que indica un periodo de recuperación de toda la inversión en 9 meses, demostrando a través de estos indicadores que el proyecto en sí es factible, y que se logra obtener rentabilidad económica.
- A través del desarrollo de este proyecto de reciclaje de PRFV se logra confeccionar un modelo de negocio con una propuesta de valor bastante interesante considerando que por un lado al encontrarse con una problemática a nivel industrial que no ha sido abordada hasta el día de hoy en nuestro país, con respecto a la eliminación de los residuos de PRFV, entregando por lo tanto un propuesta de valor basada en la economía circular presentando soluciones sustentables a nivel transversal con respecto a la gestión integral de residuos y que por otro lado se enfoca en proponer las herramientas necesarias para entregar un nuevo producto al mercado como es el caso de las fibras de PRFV como aditivos para morteros de

cemento, entregando un valor agregado a este producto que se traduce en el material reciclado y altamente competitivo en el mercado proponiendo una nueva vida útil, un producto único y ajustándose a las necesidades del cliente al cual va dirigido este producto, validando este modelo de negocio mediante los análisis en que se proyecta rentable para su implementación.

- Es de suma importancia destacar las limitancias en base a la escasa información con respecto a datos estadísticos y a la gestión de residuos de PRFV, ya que entidades como el Ministerio del Medio Ambiente, no poseen ningún tipo de reporte sobre la generación, manejo, tratamiento y valorización a nivel nacional, ni tampoco estudios sobre el impacto medio ambiental generado por la mala disposición, por ello es necesario se identifiquen estos parámetros, con el objetivo de implementar diversos proyectos para mejorar la gestión de estos residuos en el futuro.
- Con respecto a los ensayos de resistencia a la Compresión y Flexotracción que se realizaron en los morteros de cemento con las fibras de PRFV como aditivo, se pudo determinar que aunque no se presenta una tendencia al aumento de las estas, sigue siendo recomendable de utilizar como aditivo, ya se mantienen los parámetros de resistencia permitiendo su aplicación, por lo tanto se requieren de otros ensayos que debido a la limitancias del tiempo no se pudieron desarrollar, pero queda la inquietud sobre su comportamiento frente a nuevas pruebas que posiblemente se realicen prontamente.

De acuerdo al producto propuesto es necesario estipular que todos los esfuerzos se enfocaron solamente al mercado de la construcción, pero cabe señalar la inquietud de que más adelante se realicen nuevos análisis de rentabilidad para potenciales clientes de acuerdo al mercado que existe en los demás generadores de residuos que se encuentran congregados en ALMACO, con los que se propuso hacer alianzas estratégicas, entendiendo que este mercado no han sido cuantificados ni explotado, lo cual queda para un futuro análisis, todo en base a la experiencia en cómo se vaya desarrollando este proyecto a través del tiempo.

Se recomienda realizar nuevos y diversos ensayos a favor de adquirir mayor conocimiento con respecto a las propiedades y características nuevas que puedan presentar las fibras de PRFV dentro de morteros de cemento o similar, procurando considerar además utilizar nuevas tecnologías que permitan ampliar su conocimiento en cuanto al comportamiento como refuerzos en otros materiales constructivos.

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias

- Asociación Gremial de Industriales del Plástico. (2019). Estudio sobre reciclaje de plásticos en Chile. Recuperado de <http://www.asipla.cl/wp-content/uploads/2019/04/190328-Estudio-sobre-Reciclaje-de-Pl%C3%A1sticos-en-Chile-Resumen-Ejecutivo.pdf>
- Besednjak, A., & Dietrich, A. B. (2005). Materiales compuestos (Vol. 100). Univ. Politèc. de Catalunya.
- Cámara Chilena de la Construcción. (2019). Informe MACH 50 Macroeconomía y Construcción. Recuperado de [https://www.cchc.cl/centrodeinformacion/archivos\\_detalle/informe-mach-50](https://www.cchc.cl/centrodeinformacion/archivos_detalle/informe-mach-50)
- Castells, X. E. (2012). Clasificación y gestión de residuos: Reciclaje de residuos industriales. Ediciones Díaz de Santos.
- Castells, X. E. (2012). Reciclaje de residuos industriales: residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. Ediciones Díaz de Santos.
- Comisión Europea para el Medio Ambiente. (2014). Semana verde empleo y economía circular. Recuperado de [https://ec.europa.eu/environment/efe/themes/green-week-2014-jobs-and-circular-economy\\_es](https://ec.europa.eu/environment/efe/themes/green-week-2014-jobs-and-circular-economy_es)
- Gobierno de Chile. Chile Atiende. Recuperado de <https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/58686-autorizacion-sanitaria-de-sitios-de-almacenamiento-de-residuos-peligrosos>
- Gobierno de Chile. Chile Atiende. Recuperado de <https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/58605-autorizacion-sanitaria-para-el-transporte-de-residuos-peligrosos>
- Ibarra, R. M., Flores, E. A. D., Montes, S. M. G., Arellano, A. G. M., Granados, J. F. B., & Mujica, D. A. C. (2017). Uso de materiales compuestos reciclados de fibra

de vidrio-poliéster como cargas en concreto polimérico. Ingenierías, 16(61), p.48-53.

- Instituto Nacional de la Normalización (1968). Norma Chilena Oficial NCh158 Of.67. Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (1980). Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Constitución Política de la república de Chile. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=242302>
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2002). DFL N° 1 Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado el código del trabajo. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=207436>
- Ministerio de Salud Pública. (1967). Código sanitario decreto con fuerza de ley N° 725. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5595>
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (1994). Ley N°19.300 Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30667>
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (2010). Ley N° 20.417 Crea el ministerio, el servicio de evaluación ambiental y la superintendencia del medio ambiente. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010459>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Ley N°20.920 Ley Marco para la Gestión de Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1090894>
- Ministerio de Salud. (1999). D.S. N° 594 Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=167766>
- Ministerio de Salud. (2003). D.S. N° 148 Aprueba reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=226458>

- Ministerio del Medio Ambiente. (2013). D.S. N°1 Aprueba reglamento del registro de emisiones y transferencias de contaminantes, RETC. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1050536>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente. Recuperado de <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/01/Cuarto-reporte-del-medio-ambiente-compressed.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Informe del Estado del Medio Ambiente. Recuperado de <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/08/IEMA2016.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE. (2016). Evaluaciones del Desempeño Ambiente. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40308/S1600413\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40308/S1600413_es.pdf)
- Palmer, J. A. T. (2009). Mechanical recycling of automotive composites for use as reinforcement in thermoset composites.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca-García, C., & Ormazabal-Goenaga, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación.
- Ribeiro, M. C. S., Meixedo, J. P., Fiúza, A., Dinis, M. L., Meira Castro, A. C., Silva, F. J.,... & Alvim, M. R. (2011). Mechanical behaviour analysis of polyester polymer mortars modified with recycled GFRP waste materials.
- Seiler, E., Teipel U. (2018). Recycling von polymeren Verbundstrukturen aus Rotorblättern. Recuperado de [https://www.vivis.de/wp-content/uploads/RuR11/2018\\_RuR\\_395-414\\_Seiler](https://www.vivis.de/wp-content/uploads/RuR11/2018_RuR_395-414_Seiler)
- Seremi Salud. Gobierno de Chile. Recuperado de <http://webhosting.redsalud.gov.cl/transparencia/public/seremi7/tramites.html>
- Servicio de Impuestos Internos. Estadísticas de empresas por tamaños según ventas. Recuperado de [http://www.sii.cl/estadisticas/empresas\\_tamano\\_ventas.htm](http://www.sii.cl/estadisticas/empresas_tamano_ventas.htm)

- Servicio de Impuestos Internos. Estadísticas de empresas por rubro económico. Recuperado de [http://www.sii.cl/estadisticas/empresas\\_rubro.htm](http://www.sii.cl/estadisticas/empresas_rubro.htm)
- Stella Job, G. L., Mativenga, P. T., & Oliveux, G. (2016). Composite recycling—where we are now. Berkhamsted, UK: Composites UK Ltd.
- WFB Wirtschaftsförderung Bremen GmbH, Recuperado de <https://www.wfb-bremen.de/de/page/stories/windenergie-bremen/glasfaser-kunststoff-rotorblaetter-entsorgen-mit-nehlsen-gfk>.

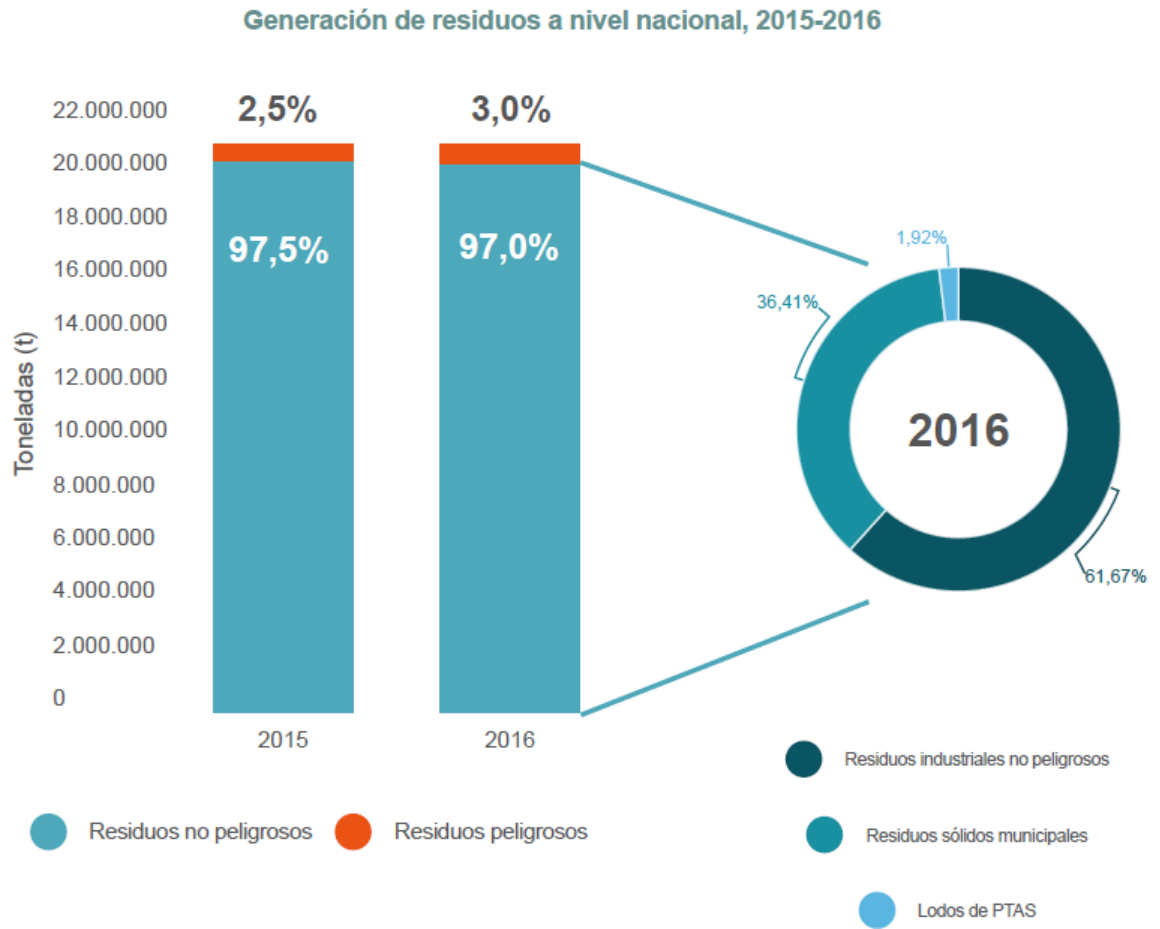
**ANEXOS**

**ANEXO A: TABLA VOLUMENS DE PRODUCCIÓN DE PRFV EN EUROPA**

	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
	<b>kt</b>	<b>kt</b>	<b>kt</b>	<b>kt</b>
UK / Ireland	150	152	153	155
Belgium / Netherlands / Luxembourg	44	45	46	46
Finland / Norway / Sweden / Denmark	39	40	40	40
Spain / Portugal	156	158	161	167
Italy	150	154	158	162
France	108	110	112	115
Germany	212	220	226	229
Austria / Switzerland	18	18	19	19
Eastern Europe*	192	199	203	208
<b>Sum:</b>	<b>1.069</b>	<b>1.096</b>	<b>1.118</b>	<b>1.141</b>
Turkey**	245	265	280	300

Tabla 2: volúmenes de producción de GRP en Europa y Turquía, desglosados por país / grupo de países (kt = kilotoneladas / 2018 = estimado / Europa del Este \* = Polonia, República Checa, Hungría, Rumania, Serbia, Croacia, Macedonia, Letonia, Lituania, Eslovaquia y Eslovenia / Turquía \*\* = Fuente: TCMA)

**ANEXO B: GRÁFICO GENERACIÓN DE RESIDUOS A NIVEL NACIONAL, 2015-2016**



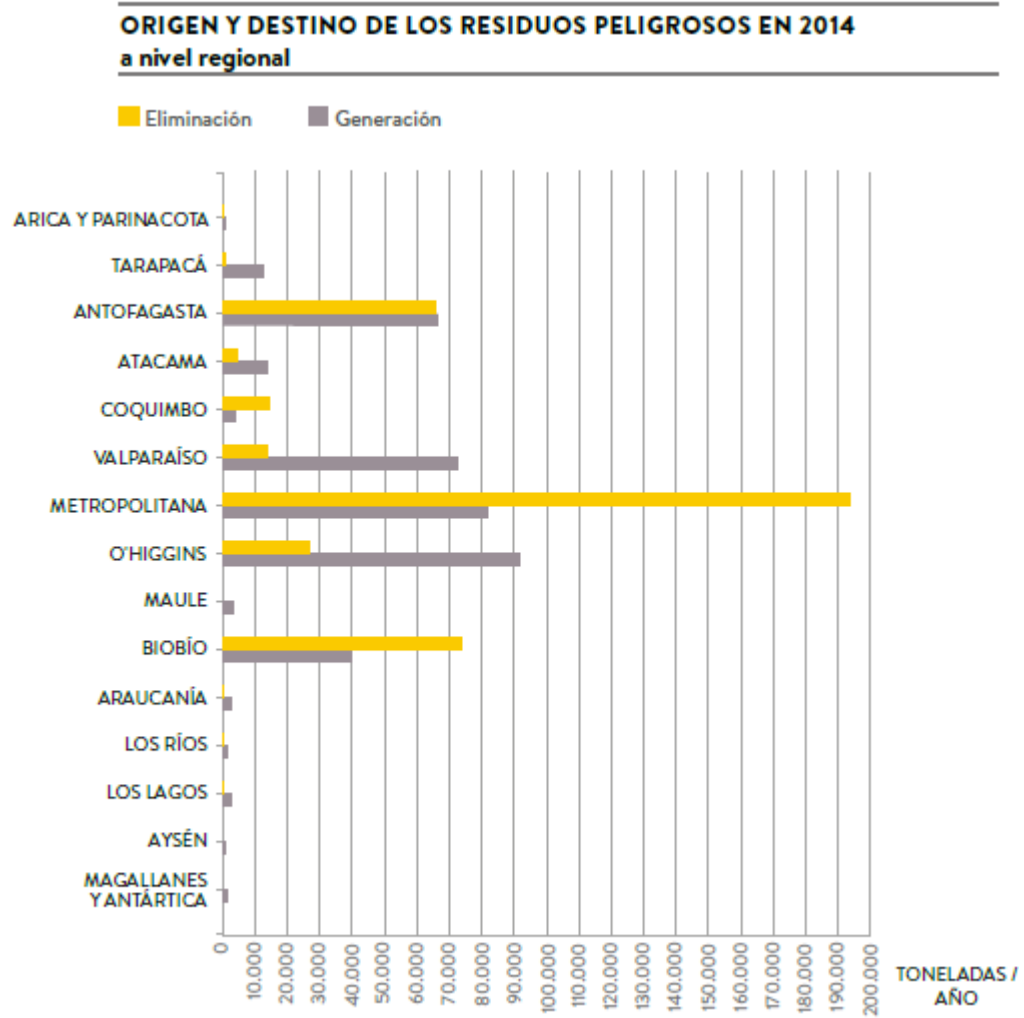
Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente, en base a SINADER y SIDREP, 2018.

**ANEXO C: TABLA PARTICIPACIÓN DE SECTORES PRODUCTIVOS EN LA  
GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS POR CIU, 2014**

<b>PARTICIPACIÓN DE SECTORES PRODUCTIVOS EN LA GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS POR CIU, 2014</b>			
<b>CÓDIGO CIU</b>	<b>CIU NIVEL 1</b>	<b>GENERACIÓN (TONELADAS)</b>	<b>PORCENTAJE</b>
A	Agricultura, caza y silvicultura	830	0,19%
B	Pesca	982	0,22%
C	Explotación de minas y canteras	171.464	38,9%
D	Industrias manufactureras	159.915	36,3%
E	Suministro de electricidad, gas y agua	45.914	10,4%
F	Construcción	1.547	0,35%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos	13.555	3,1%
H	Hoteles y Restaurantes	3	0,001%
I	Transporte, almacenamiento y comunicaciones	17.944	4,1%
J	Intermediación financiera		
k	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	6.921	1,6%
L	Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	666	0,15%
M	Enseñanza	63	0,01%
N	Servicios sociales y de salud	1.831	0,42%
O	Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	19.051	4,3%
	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>440.687</b>	<b>100%</b>

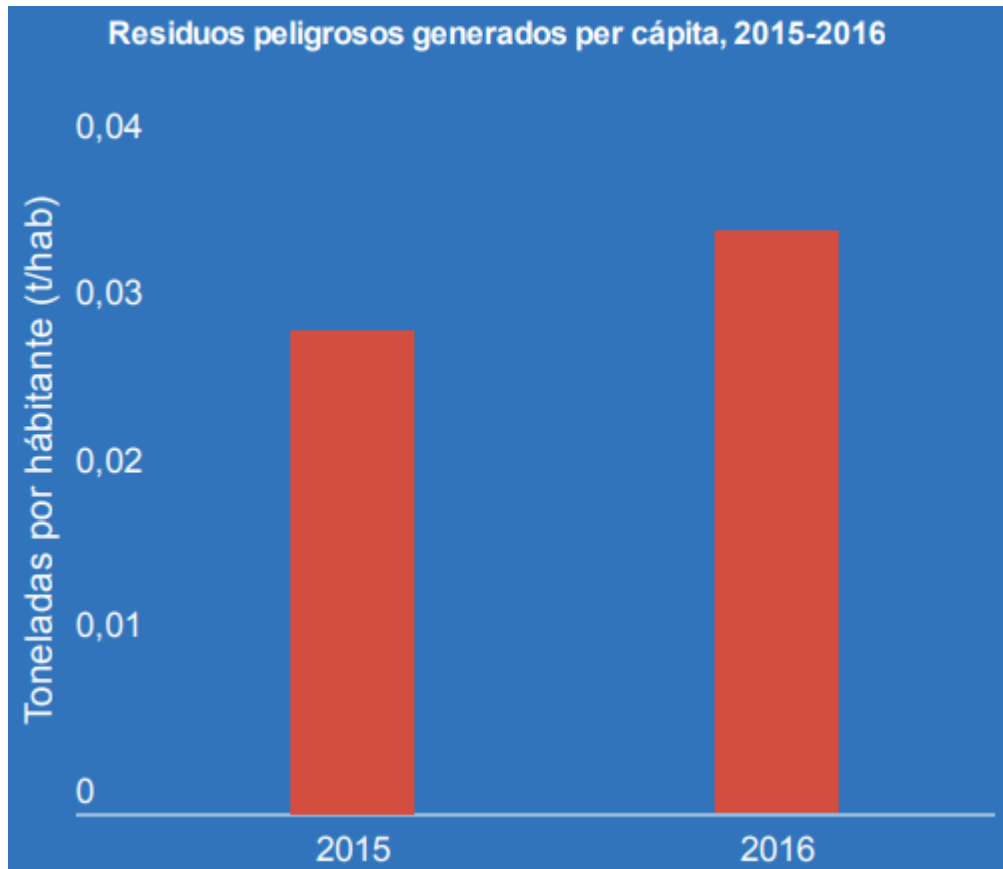
Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, Informe del Estado del Medio Ambiente, 2016, en base a SIDREP, RETC 2015.

**ANEXO D: GRÁFICO ORIGEN Y DESTINO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS  
A NIVEL REGIONAL, 2014**



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, Informe del Estado del Medio Ambiente, 2016, en base a SIDREP, RETC 2015.

**ANEXO E: GRÁFICO RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS PER CÁPITA,**  
**2015-2016**



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente, en base a SINADER, 2018

## **ANEXO F: MODELOS DE TORRES DE ENFRIAMIENTO**

### A. Modelo ECOFLEX

Son torres compactas y auto soportantes fabricadas totalmente en material compuesto (composites y fiberglass), de fácil acceso y mantenimiento, menor área ocupada por mayor desempeño térmico, con insuflamiento lateral por medio de ventilador turbo axial en una lateral de equipo, con piscina colectora del agua fría integrada como parte del equipo, al igual que el soporte del equipo mecánico de ventilación, el cual va separado de la torre. Es importante destacar que el equipo posee una entrada de aire frío.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

### B. Modelo EMC

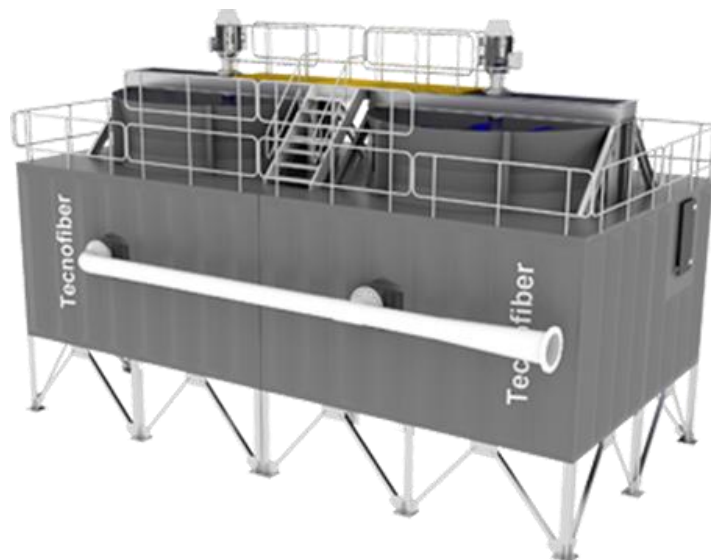
Torres de enfriamiento compactas y auto soportantes fabricadas totalmente en material compuesto (composites y fiberglass). De fácil acceso y mantenimiento, menor área ocupada por mayor desempeño térmico, posee tiro del aire forzado con ventilador localizado en la parte superior del equipo, consta con una piscina colectora del agua fría, siendo parte estructural de la torre. Las torres van provistas de louvers de PVC en sus cuatro entradas de aire frío.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

### C. Modelo TEMAC

Torres fabricadas tipo mecano en estructuras de acero galvanizado en caliente por inmersión, paneles laterales que forman el cierre perimetral y techo en material compuesto (composites y fiberglass). El ducto de ventilador es de FRP (Fibre Reinforced Plastic), el sistema de accionamiento del ventilador es indirecto instalándose un reductor a 90° en donde se acopla el ventilador axial y un eje cardán que transmite la velocidad del motor eléctrico. Los rellenos de contacto pueden ser de tipo Laminar o Splash (Híbridos). La piscina colectora del agua fría debe ser construida en hormigón armado.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

## **ANEXO G: MODELOS DE ESTANQUES**

### A. Estanques para agua

Construidos en fibra de vidrio, con excelente resistencia mecánica, las propiedades únicas de los polímeros hacen que su resistencia a la corrosión sea de un 100% y resistente a los rayos UV. Este producto está dirigido a para contener liquido de cualquier tipo con excepción de líquidos alimenticios, ácidos y alcalinos. Fabricados utilizando la tecnología de materiales compuestos con resinas de poliéster marca BASF.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

### B. Estanques para vino

Construidos en fibra de vidrio, contando con excelente resistencia mecánica, las propiedades únicas de los polímeros que hacen que su resistencia a la corrosión sea de un 100% y resistente a los rayos UV. Este producto está dirigido para contener líquidos alimenticios como el vino o variantes con excepción de líquidos tanto ácidos como alcalinos. Utilizando las tecnología de materiales compuestos con resinas viniléster marca BASF.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

### C. Estanques para productos químicos

Construidos en fibra de vidrio, con excelente resistencia mecánica, debido a las propiedades únicas que poseen los polímeros hacen que su resistencia a la corrosión sea en un 100%, además cuenta con una gran resistencia al ataque abrasivos de los ácidos y alcalinos y resistente a los rayos UV. Este producto está dirigido a para contener sustancias ácidas y alcalinas mediante la tecnología de materiales compuestos con resinas viniléster marca BASF.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

#### D. Estanques verticales cilíndricos estacionarios

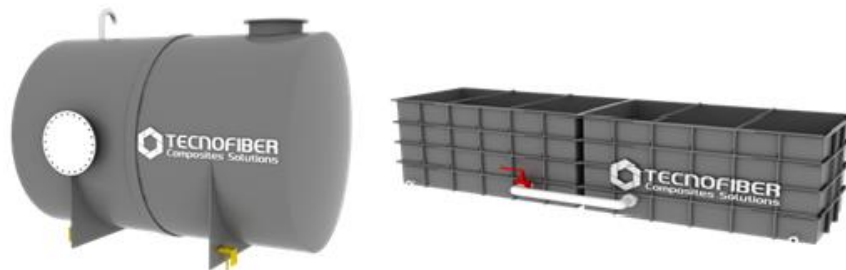
Los estanques verticales cilíndricos estacionarios son fabricados en PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio) y son construidos por medio del proceso filament winding.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

#### E. Estanques horizontales cilíndricos estacionarios

Los estanques horizontales cilíndricos estacionarios son fabricados en PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio) mediante el proceso filament winding, también se puede encontrar en la versión rectangular construidos con nervios perimetrales en perfiles metálicos revestidos con fibra de vidrio, también los tipos aljibe los cuales mediante la fabricación de PRFV y filament winding permite obtener un estanque cilíndrico capaz de ser montado en una plataforma o el chasis de un camión. Los estanques subterráneos se basan en un diseño cilíndrico, ya que físicamente distribuye homogéneamente las fuerzas que se le apliquen.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

## **ANEXO H: MODELOS DE VENTILADORES**

### A. Ventiladores axiales

Los ventiladores pueden trabajar como extractores o insufladores, en ambientes normales o altamente agresivos, principalmente donde existan agentes contaminantes o condiciones atmosféricas desfavorables. Con aspas en GRP y cubo en aluminio inyectado, estos se presentan en diámetros de 450 mm hasta 1500 mm y ductos fabricados en fiberglass.



Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

### B. Ventiladores centrífugos

Los ventiladores centrífugos son fabricados en fiberglass, esta línea fue creada viendo la necesidad de que el mercado requiere torres de enfriamiento de agua que operen en forma silenciosa dentro de las instalaciones, donde el ruido no puede superar los niveles permitidos por la normas del organismo de salud.

Los ventiladores diseñados y fabricados por Tecnofiber son para operar con caudales de aire propios para el trabajo de intercambio de calor y presiones medianas. Tanto el rotor como la carcasa son fabricados en fiberglass.

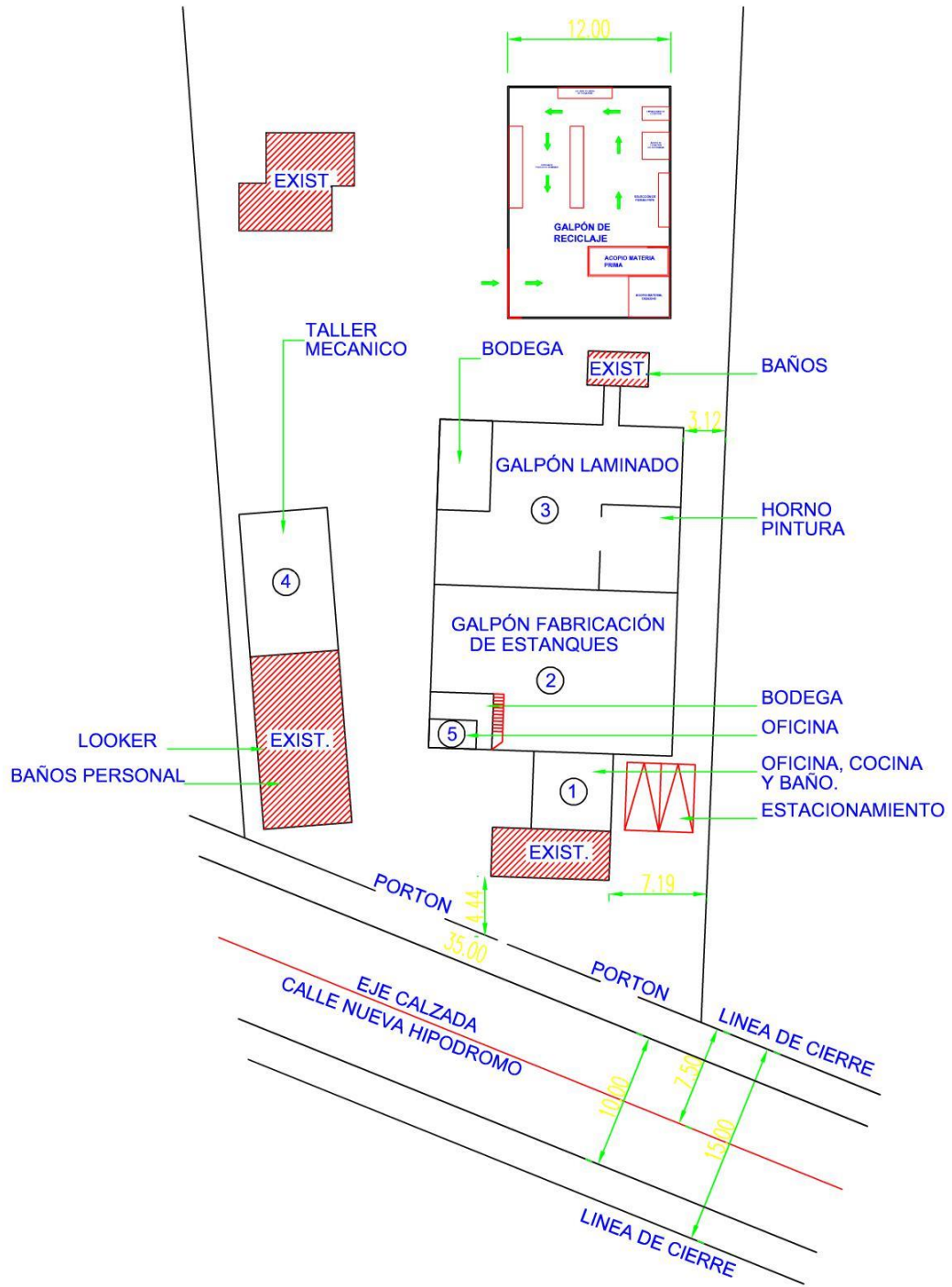


Fuente: Tecnofiber S.A.I.C.

**ANEXO I: LAYOUT GALPÓN DE RECICLAJE DE PRFV**



**ANEXO J: LAYOUT GENERAL TECNOFBER**



**ANEXO K: COTIZACIÓN MÁQUINA EMPAQUETADORA Y PESADORA**


**SHENZHEN ZEUYA INDUSTRY CO.,LTD.**  
**SHENZHEN SONGYA INDUSTRY CO.,LTD. DONGGUAN BRANCH**

Tel: +86-13794916040    Email: info@zeuya.com





**Machine Parameter**

Modelo de máquina	MG-1000-MN	MG-3000-MN	MG-5000-MN	MG-10000-MN
Tensión de	AC220V/AC110V	AC220V/AC110V	AC220V/AC110V	AC220V/AC110V
La potencia de la máquina	200 W	200 W	200 W	200 W
Precisión de llenado	± 2g	± 2g	± 3g	± 5g
La velocidad de embalaje	15-25 unidades/minutos	10-20 unidades/minutos	5-15 unidades/minutos	5-15 unidades/minutos
Volumen de llenado	10g-999g	10g-3000g	20g-5000g	50g-9999g
Tamaño de la tolva	28*28*40 CM	29*32*40 CM	29*32*40 CM	45*45*50 CM
Volumen de la tolva	Arroz 25 KG	Arroz 25 KG	Arroz 25 KG	Arroz 50 KG
Dimensión de la máquina	30*50*85 CM	38*66*93 CM	38*66*105 CM	58*57*116 CM
Peso neto de la máquina	31 kg	52 KG	58 kg	70 kg

Modelo					M-3000-MN
Precio					369,00 US
Cantidad					1
CIF					627,55 US
TOTAL					627,55 US

## ANEXO L: COTIZACIÓN MÁQUINA SELLADORA Y COSEDORA

mercado libre | Buscar productos, marcas y más... | Disfruta tu beneficio de envío gratis

Inicio | Fernando Joaquín Edwards B... | Categorias | Historial | Tiendas oficiales | Ofertas de la semana | Vender | Ayuda

También puede interesarte: Plancha vertical - Licuadora personal - Procesador alimentos - Batidora

Volver al listado | Electrodomésticos > Pequeños Electrodomésticos > Para Hogar > Máquinas de Coser | Compartir | Vender uno igual

**ESPECIFICACIONES**

Grosor: 4.5-7mm  
 Velocidad : 800 rpm  
 Potencia: 90W  
 Corriente: 220V/50Hz  
 Peso: 3kg  
 Dimensión: 360x260x210mm  
 Sistema de lubricación : sistema con bomba lubricadora a líneas directas de todas sus partes movibles  
 Tipo de puntada : Puntada tipo cadeneta para costura firme y reforzada.  
 Diseño : Máquina robusta construcción metálica y diseño ergonómico  
 Levas céntricas : levas de acero ( no levas de plástico )  
 Corte de hilo : Manual  
 Mantenimiento : Limpieza y aseo cada 6 meses (polvo y residuos)  
**Atributos**  
 Ideal para cerrar bolsas , sacos con productos agrícolas , alimentos para animales, fertilizantes , harinas , productos químicos, sacos de carbón, sacos de polipropileno, sacos de Sal, bolsas Maxi.

**Maquina Cosedora Sacos Portatil Cerradora Pro Tecnodeliv**

**\$ 119.990**

Disponibile en 2 días después de tu compra

6 cuotas de \$ 19.998 sin interés

VISA

Más información

Envío gratis

Llega entre el 4 y el 6 de mayo

Beneficio Mercado Puntos

Ver más opciones

Cantidad: 1 Unidad (30 disponibles)

**Comprar**

Compra Protegida, recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.

Sumas 545 Mercado Puntos.

## **ANEXO M: COTIZACIÓN CONTAINER DE 20 PIES**

Descripción  
**Contenedores Marítimos y Refrigerados**

- Contenedores Dry 20' y 40' -40' HC
- Reefer operativos 20' y 40'
- Carcasas Reefer 40'
- Proyectos Modulares

Consulta por disponibilidad y precios de contenedores y transporte

## ANEXO N: COTIZACIÓN DE ESTANTERÍAS

**Descripción**  
**Características Técnicas**  
**Marca** Chisol  
**Tipo Estantería - Rack**  
**Dimensiones** 1500\*500\*2000mm  
**Aplicación** Solar - Industrial - Mercadería  
**Niveles** 4  
**Posiciones** 16  
**Estructura Reforzada** Metálica Pintada  
**Acople** Presión  
**Sistema Fijación y Seguridad** Enganche  
**Permite Montaje en Serie** SI (Multi-uniones)  
**Tipo de Pilar** Ananalado Ranurado  
**Color Pilar** Azul  
**Tipo de Base** Metálica con Refuerzo Inferior  
**Color Base** Naranja  
**Soporta por Nivel** 200 Kilos (Total 800kg)  
**Peso Neto** 33 kilos

Nuevo - 2 vendidos

**Estanteria Rack Profesional Industrial Multi Propósito**

**\$ 109.990**

Stock disponible

6 cuotas de \$ 18.332 sin interés

VISA Mastercard

Más información

Entrega a acordar con el vendedor  
San Joaquín, RM (Metropolitana)  
Ver costos de envío

Cantidad: 1 Unidad (8 disponibles)

**Comprar**

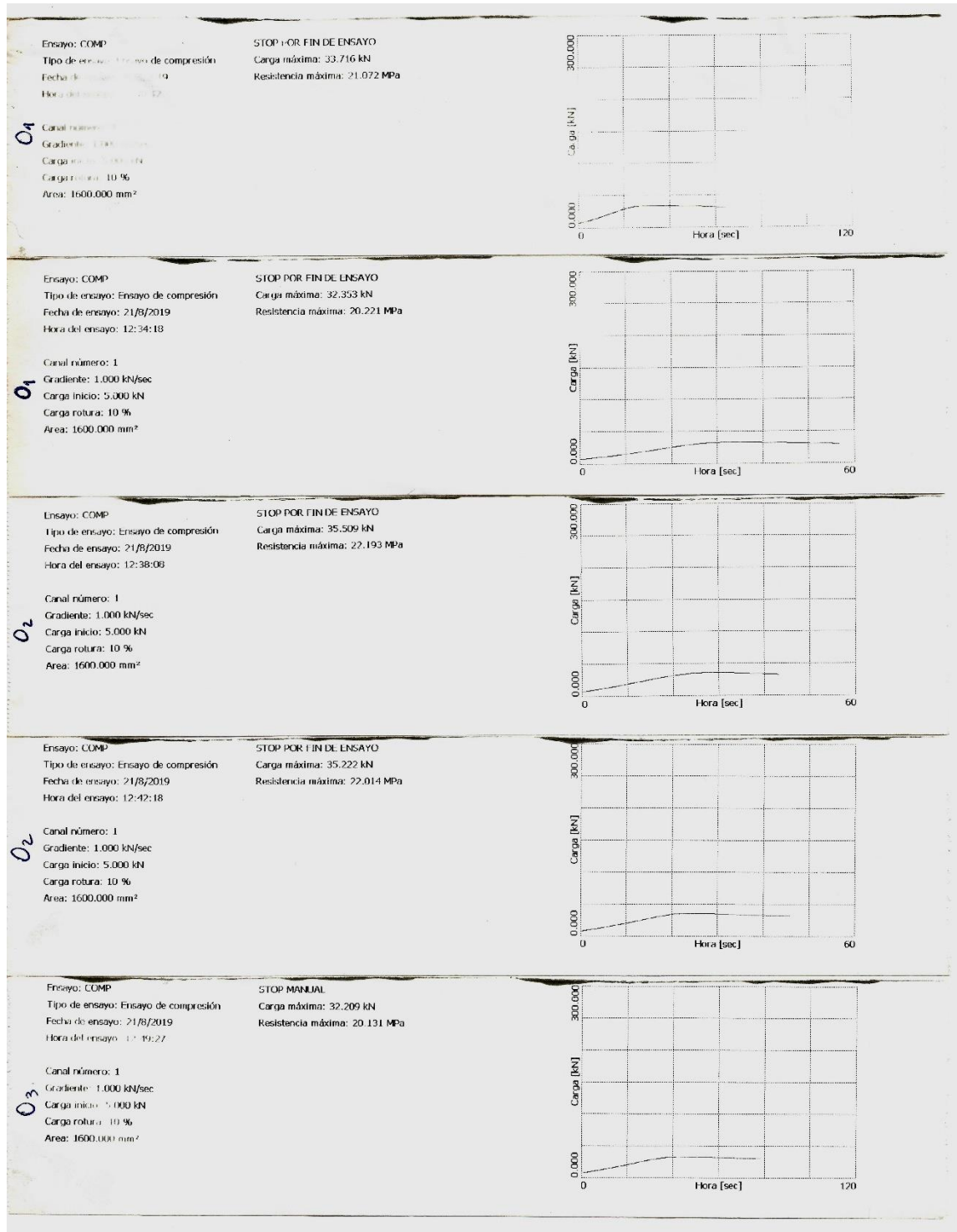
Compra Protegida, recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.

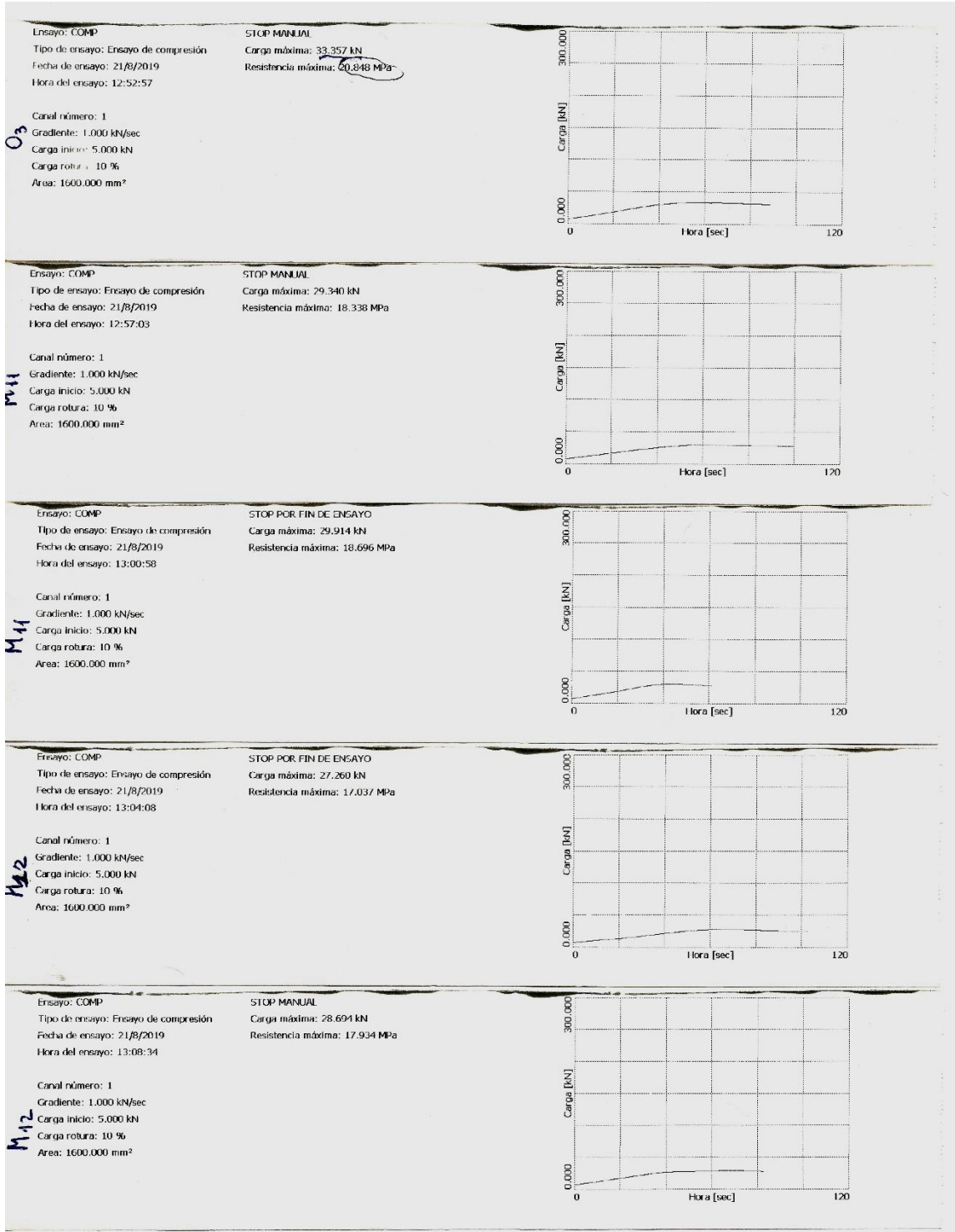
Sumas 499 Mercado Puntos.

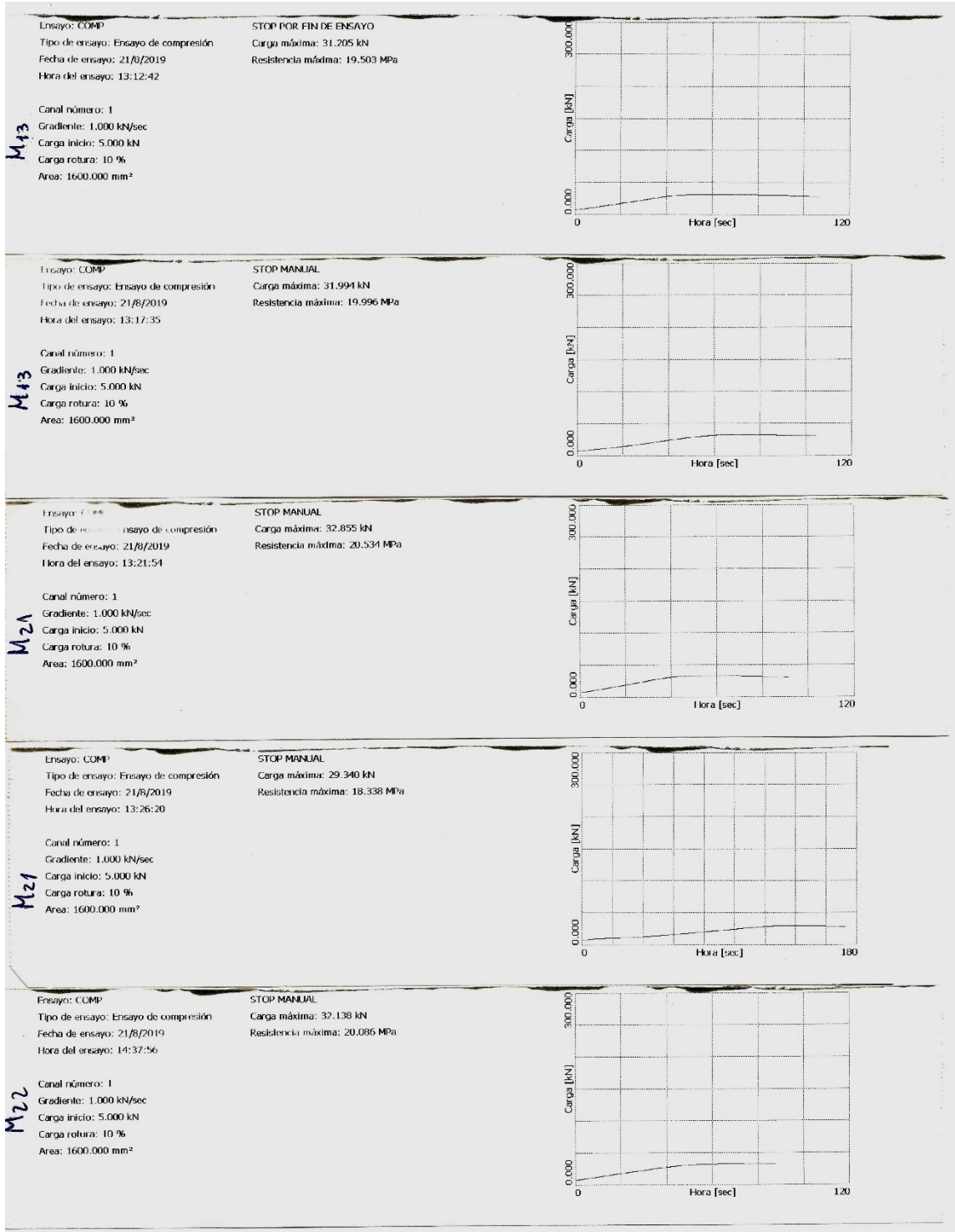
**ANEXO O: DOSIFICACIÓN DE MORTEROS**

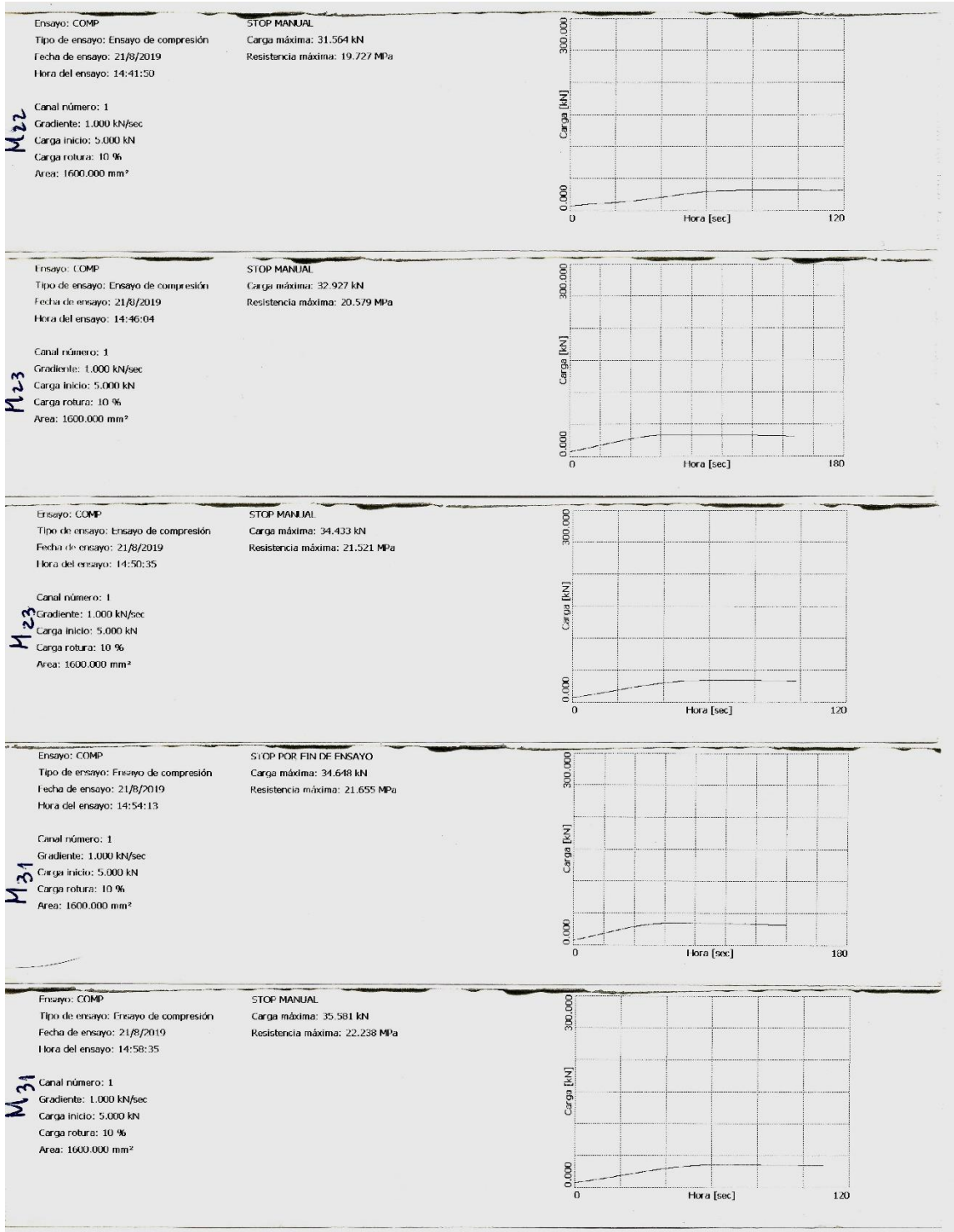
	MF = 3.20			MF = 2.70			MF = 2.20			MF = 1.80			H
% de cal	< 25	25-50	>50	< 25	25-50	>50	< 25	25-50	>50	< 25	25-50	>50	
ARENA TAMAÑO MAXIMO 5 mm													
fluidez	Dosis de agua y aire (l.m <sup>3</sup> )												
baja	260	265	270	280	285	290	310	315	320	350	355	360	30
media	270	275	280	290	295	300	320	325	330	360	365	370	30
alta	290	295	300	310	315	320	340	345	350	380	385	390	40
muy alta	310	315	320	330	335	340	360	365	370	400	405	410	40
ARENA TAMAÑO MAXIMO 2.5 mm													
fluidez	Dosis de agua y aire (l.m <sup>3</sup> )												
baja	295	300	305	315	320	325	345	350	355	385	390	395	40
media	305	310	315	325	330	335	365	370	375	405	410	415	40
alta	325	330	335	345	350	355	375	380	385	415	420	425	50
muy alta	345	350	355	365	370	375	395	400	405	435	440	445	50
ARENA TAMAÑO MAXIMO 1.25 mm													
fluidez	Dosis de agua y aire (l.m <sup>3</sup> )												
baja	335	340	345	355	360	365	385	390	395	425	430	435	50
media	345	350	355	365	370	375	395	400	405	435	440	445	50
alta	365	370	375	385	390	395	415	420	425	455	460	465	60
muy alta	385	390	395	405	410	415	435	440	445	475	480	485	60

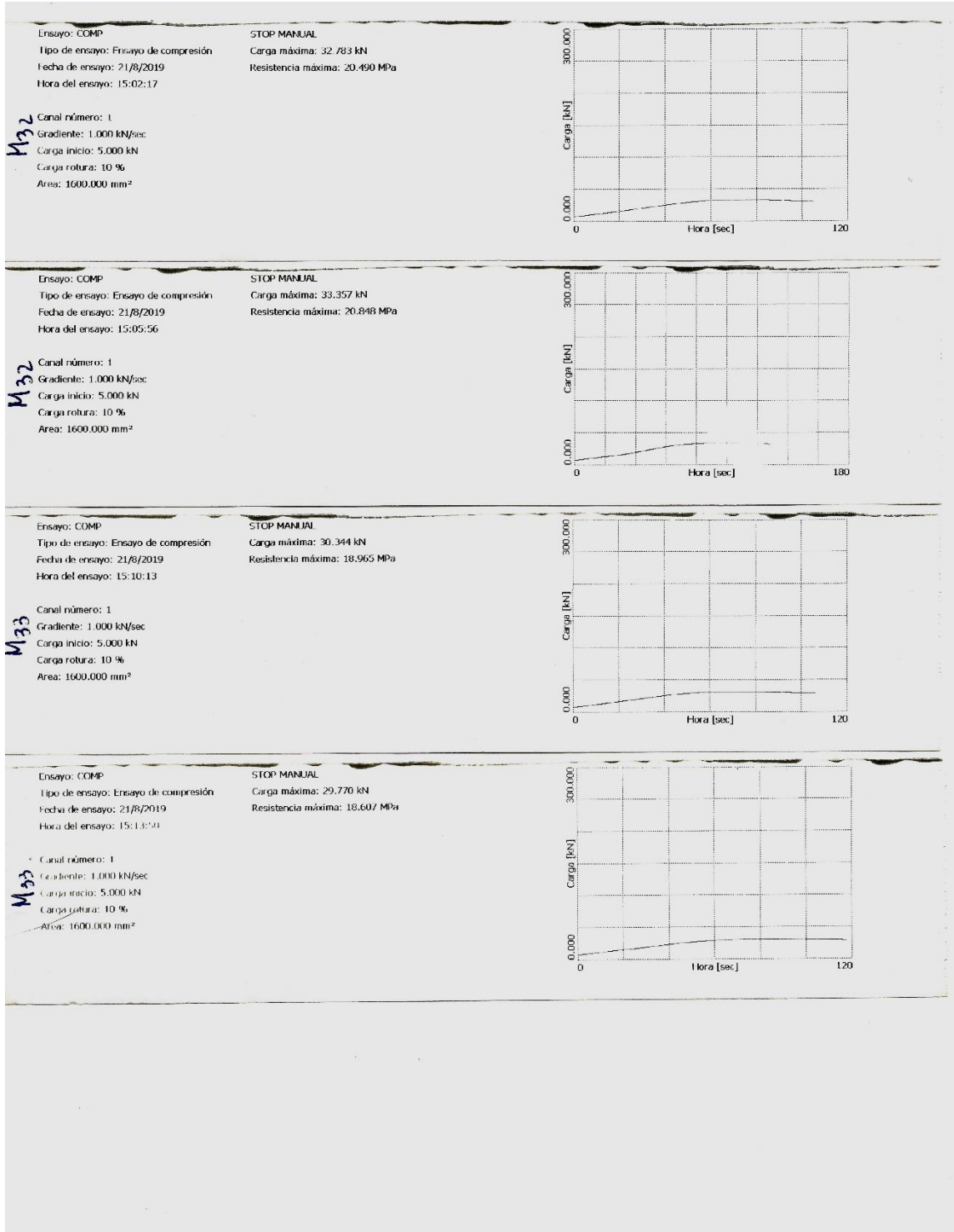
**ANEXO P: RESULTADOS ENSAYOS COMPRESIÓN**

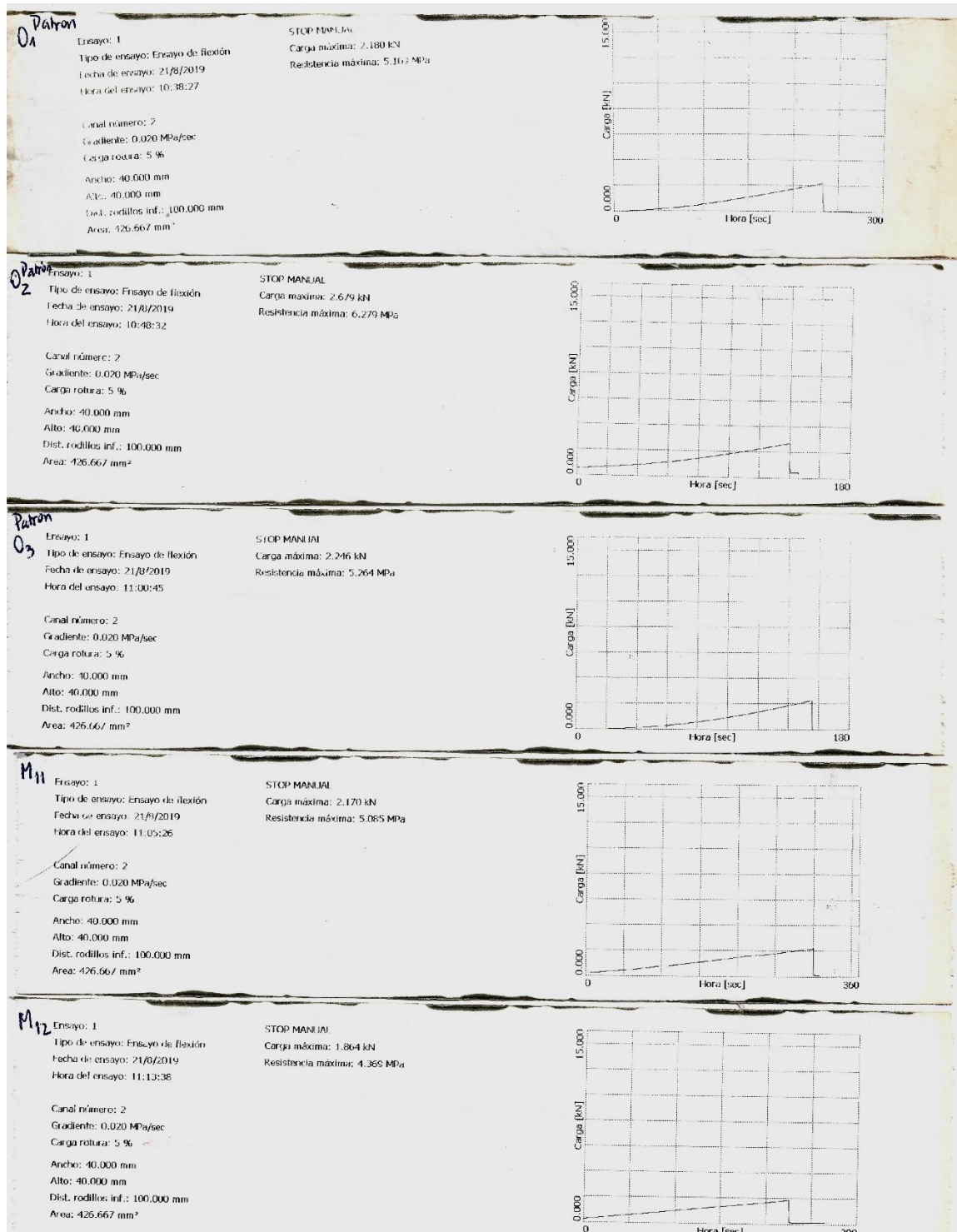




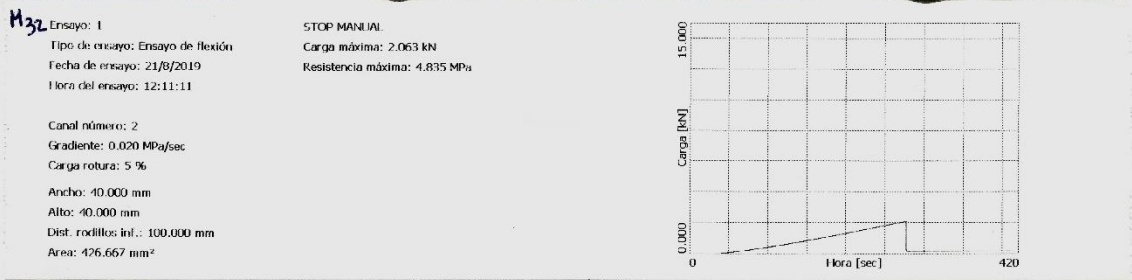






**ANEXO Q: RESULTADOS ENSAYOS FLEXOTRACCIÓN**





**ANEXO R: SIMULACIÓN CRÉDITO BANCO SANTANDER**

Personas | Select | Pymes | Empresas

Hazte Cliente | Nuestro Banco | Nuestros Productos | Crédito de Consumo

## RESULTADO DE LA SIMULACIÓN

Solicitud realizada en base a simulación, no constituye una aprobación formal, por lo tanto es sólo referencial.

### Características del Crédito:

Valor cuota:	\$143.786
Tasa Interés Mensual:	1,86% (22,32% Anual)
Monto Solicitado :	\$4.000.000
Monto Bruto del Crédito <sup>(1)</sup> :	\$4.200.133
Plazo del Crédito:	60 meses
Costo Total del Crédito:	\$8.627.160
Desfase de tu primera cuota:	2 mes(es)
Meses en los cuales no pagas cuota:	Julio - Septiembre

GASTOS	Valor Total	SEGUROS VOLUNTARIOS	Valor Mensual <sup>(2)</sup>	Valor Total
Notario:	\$3.000	Desgravamen Capital Fijo:	\$3.286	\$197.132
Impuestos:	\$0			
Total:	\$3.000	Total:	\$3.286	\$197.132

**CARGA ANUAL EQUIVALENTE: 31,75%**

Carga Anual Equivalente: Indicador que incluye los intereses gastos y seguros asociados al crédito expresados en forma anual.

1) Monto Bruto del Crédito: Monto Solicitado + Impuestos + Gastos de Notario + Gastos de Seguros (cuando estos hayan sido solicitados).

2) Los valores mensuales de los seguros son referenciales y no incluyen intereses.

Para tomar un crédito de consumo no es necesario tomar seguros ni contratar otros servicios. Los resultados de esta simulación son referenciales. Sus valores son aproximados y válidos por el día de la simulación (U.F. y/o tasa de interés). Esta simulación no constituye aprobación. El monto del crédito está sujeto a evaluación individual de riesgo crediticio. Para solicitar una cotización formal con vigencia de 7 días hábiles debe solicitarla en sucursales entregando el set de antecedentes necesarios.

**ANEXO S: SIMULACIÓN CRÉDITO BANCO BICE**

El lun., 6 de jul. de 2020 a la(s) 23:00, Banco BICE ([biceinforma@bancobice.cl](mailto:biceinforma@bancobice.cl)) escribió:



## Simulación de Préstamo Personal

Gracias por simular tu préstamo personal con nosotros, acá te enviamos los resultados:

Tipo de Prestamo:	Normal
Monto líquido del Préstamo:	\$4.000.000
Número de Cuotas:	60
Valor Cuota:	\$107.705
Fecha Primera Cuota:	5/08/2020
Tasa de interés Anual	13,22%
Gastos Operacionales:	\$32.913
CAE:	13,20%
Costo Total del Crédito:	\$6.462.300

BANCO  BICE

**ANEXO T: ANEXO FOTOGRÁFICO**

















