



Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería en Medioambiente

Ingeniería Ambiental

**Propuesta de manejo del residuo textil domiciliario en el marco de la
Estrategia de economía circular nacional al 2040 para la comuna de
Valparaíso.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: JAVIERA MILLARAI LÓPEZ GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA: HÉCTOR ANDRADE CAROCA

VALPARAÍSO, 2024.

Resumen

Los residuos textiles se configuran en la actualidad como una parte de los residuos sólidos domiciliarios al no contar con un sistema de recolección diferenciada que separe y valore los textiles que pueden seguir circulando. Esto implica una serie de problemas asociados a una pérdida de recursos potencialmente valiosos y al colapso de los sistemas de recolección y disposición final. Es por ello que se plantea una propuesta de valorización para los residuos textiles producidos en la comuna de Valparaíso acorde a la Estrategia de economía circular para textiles al 2040, en donde, se plantea un sistema de manejo de residuos por etapas y diferentes sistemas de valorización considerando las alternativas locales que existen en la actualidad para la recuperación de este material, acorde a la pirámide de jerarquización de residuos, en primera medida considera el reuso de las prendas que están en las condiciones de hacerlo, luego considera estrategias de reciclaje de ciclo cerrado y abierto, tales como el suprarreciclaje y el infrarreciclaje respectivamente, y por último la valorización energética.

En primer lugar, se dimensionó la magnitud del residuo textil producido en la comuna, para estimar el total de toneladas a abordar alcanzando para el año presente que se configura como línea base un valor de 9.909 toneladas de residuo textil como parte de los residuos sólidos domiciliarios, luego se calculó la huella de carbono procedente del residuo textil sin una estrategia de valorización como ha de ser el modelo actual vigente. En el tercer objetivo se planteó una propuesta de manejo para el año 2030, considerando las metas a mediano plazo de la estrategia, y por último se calculó la huella de carbono de la propuesta sugerida para poder comparar el aporte de CO₂ del residuo textil con y sin estrategia de valorización.

Se concluyó que a pesar de que las metas de reducción de residuos textiles y de valorización disminuyen el impacto ambiental asociado, no son suficientes para conseguir un cambio significativo en la disminución total de huella de carbono.

Índice de Contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	La ropa como necesidad y derecho humano	3
1.2	El residuo textil	4
1.2.1	Definiciones	4
1.2.2	Composición del residuo textil	7
1.2.3	Tecnologías de separación del residuo textil	8
1.2.4	Obsolescencia	12
1.2.5	Reciclabilidad	13
1.3	Mercado Textil Global	13
1.3.1	Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	15
1.3.2	Carta de la Industria de la Moda para la Acción Climática	15
1.3.3	Estrategia para productos textiles sostenibles de la Unión Europea (UE)	16
1.4	Situación Nacional	16
1.4.1	Análisis del mercado textil local	16
1.4.2	Chile, principal destino latinoamericano de la ropa usada	17
1.4.3	Hacia la sostenibilidad nacional	18
1.5	Normativa nacional	26
1.5.1	Fibras Textiles	29
1.5.2	Valorización del residuo textil	30
1.6	Impactos ambientales asociados	33
1.7	Huella de carbono	35

1.7.1	Alcance 1 - Emisiones directas.....	35
1.7.2	Alcance 2 - Emisiones indirectas.....	35
1.7.3	Alcance 3 - Otras emisiones indirectas.....	35
1.8	Unidad de estudio: comuna de Valparaíso.....	37
2	PROBLEMA	39
3	OBJETIVOS.....	40
3.1	Objetivo General.....	40
3.2	Objetivos específicos	40
4	METODOLOGÍA	41
4.1	Estimar la cantidad de residuo textil producido en la comuna de Valparaíso	41
4.2	Estimación de la huella de carbono asociadas al residuo textil en la comuna.....	41
4.3	Propuesta de manejo del residuo textil de la comuna	42
4.4	Medir el cambio de la huella de carbono asociada a la propuesta de valorización del residuo textil.....	42
5	RESULTADOS	43
5.1	Estimación del residuo textil domiciliario	43
5.2	Cálculo de huella de carbono del residuo textil	46
5.3	Propuesta de manejo para el residuo textil en la comuna de Valparaíso	49
5.3.1	Diseño de la propuesta.....	50
5.4	Estimar la huella de carbono de la valorización del residuo.....	67
6	DISCUSIÓN.....	72
7	CONCLUSIÓN	74
8	BIBLIOGRAFÍA.....	76

Figura 5.13. Emisiones de CO₂ eq. sin y con propuesta de valorización al 2040.....70

Figura 5.12. Comparación del aporte de CO₂ del RT producido, valorizado y no valorizado..71

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Metas de Chile circular 2040. Fuente: MMA, 2021..... 19

**Tabla 1.2. Categorías de distribución en centro de gestión textil, Viña del Mar 2022 Y 2024.
.....25**

Tabla 1.3. Clasificación de las fibras textiles. Fuente: García, 2021.....30

Tabla 5.1. Producción de RSD, comuna de Valparaíso. Fuente: Subdere, 2022.....43

Tabla 5.2. Proyección de la producción de RSD, comuna de Valparaíso al 2024.43

Tabla 5.3. Proyección de la Meta 1 y 3, comuna de Valparaíso al 2024.....44

**Tabla 5.4. Proyección de la Estrategia de economía circular de RT, comuna de Valparaíso,
2024-2040.....44**

Tabla 5.5. Inventario de las fuentes y Factores de emisión GEI.47

Tabla 5.6. Huella de Carbono asociada al residuo textil en la comuna de Valparaíso.48

Tabla 5.7. Estructura de la propuesta de manejo del residuo textil.50

Tabla 5.8. Características del RT por calidad.52

Tabla 5.9. Metas de la Estrategia de economía circular al 2030.53

Tabla 5.10. Porcentajes propuestos de manejo del residuo textil.53

Tabla 5.11. Residuos totales a valorizar anualmente según estrategia seleccionada.53

Tabla 5.12. Residuos totales a gestionar por contenedor.....55

**Tabla 5.13. Elección de empresas valorizadoras de RT según estrategia. Fuente:
Elaboración propia.59**

Tabla 5.14. Características técnicas Desfibradora Eléctrica.....62

Tabla 5.15. Calor de combustión de los materiales.64

Tabla 5.16. Energía producida a partir de la combustión de los residuos textiles.64

Tabla 5.17. Tabla de costos asociados de la propuesta.	65
Tabla 5.18. Flujo de caja proyectado.	66
Tabla 5.19. Factores de emisión de la valorización textil.	67
Tabla 5.14. Huella de carbono de la propuesta de valorización del residuo textil.	68

1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial ha sido un factor clave para alcanzar los avances tecnológicos y el progreso socioeconómico de las sociedades a nivel global, este crecimiento enmarcado en un modelo de producción lineal y capitalista ha traído consigo múltiples costos en materia de recursos humanos y naturales, consumo de energía, generación de desechos, desequilibrio de los ecosistemas, emisión de gases de efecto invernadero, precarización laboral, entre otros. Dicho modelo se basa en la extracción, transformación y consumo de los bienes de la naturaleza en altas magnitudes y de forma acelerada, lo que ha llevado al deterioro y agotamiento de estos recursos en lo inmediato, mediano y a largo plazo, produciendo escasez y preocupación por su disponibilidad futura en la sociedad desde hace algunas décadas para las próximas generaciones. La promoción a la producción y consumo masivo implica la utilización de una gran cantidad de recursos en poco tiempo, así mismo una alta generación de residuos, entre ellos destacan los “desechables”, llamados así por su corta vida útil, los cuales marcaron una tendencia con un uso masivo y desmesurado por breves periodos de tiempo, lo que en las últimas décadas ha conducido a la acumulación de residuos no degradables (o al menos, no degradables en mucho tiempo, más que una vida humana), y con ello, al aumento de potenciales y múltiples impactos ambientales asociados a estos.

En el sector textil es considerado como uno de los más contaminantes del mundo, donde su actual forma de producción y consumo sigue un modelo lineal caracterizado por el “fast fashion”, el cual involucra el cambio continuo de colecciones, sobreproducción, sobreconsumo, menor calidad y durabilidad de prendas, así como precarias condiciones laborales de sus trabajadoras y trabajadores (Estrategia Economía circular para textiles, 2024). Las grandes empresas de ropa y accesorios recurren a la mano de obra barata de países en desarrollo, donde las condiciones laborales son mínimas o inexistentes, con el fin de reducir costos y maximizar ganancias. Esta práctica lleva a la explotación de los trabajadores, quienes laboran en condiciones peligrosas y con salarios mínimos. (Klein, 2000).

La fabricación de textiles es reconocida mundialmente por su alta demanda de recursos naturales y por los considerables impactos residuales que genera, tanto hídricos como químicos en los países donde se llevan a cabo las etapas productivas. China, Bangladesh e India son algunos de los principales lugares donde los costos socioambientales de esta industria han provocado graves consecuencias, en gran parte debido a la falta de regulaciones efectivas en sus procesos y actividades tales como evacuar los efluentes cargados de tintes químicos a los ríos que se tiñen de colores, o acumular los retazos de las fábricas que producen ropa formando montañas de basura textil en las calles y con ello un riesgo sanitario público, o por la masificación del uso pesticidas tóxicos para hacer más eficiente el cultivo del algodón, por la promoción al trabajo

infantil y explotación laboral para cubrir la cuota de producción a bajo costo -situación que la Organización Internacional del Trabajo (OIT), comenzó a supervisar en Uzbekistán en 2013 en campos de producción (De Vettori, 2022)-, o por catástrofes como la sucedida en Bangladesh, la cual es considerada la peor tragedia vinculada a la fabricación de textiles de la historia (24 de abril de 2013) donde el colapso del edificio Rana Plaza dejó 1.127 muertos y 2.437 heridos, en su mayoría mujeres pobres mientras cosían ropa para grandes marcas reconocidas mundialmente como Benetton, Primark, Inditex, Mango, El Corte Inglés, entre otras (Lim, 2013).

En cuanto a los impactos ambientales asociados, según estimaciones la confección de ropa genera un 6,7% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, que equivalen a 3.290 m³ de CO₂ equivalente (Quantis, 2018), y se estima que aumentarán en más del 60% para 2030 (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Además, entre un 17 y 20% de la contaminación industrial de las aguas residuales procede de los procesos de teñido de tejidos y del tratamiento de acabado de los textiles, y se calcula que del total de la ropa producida en el mundo el 80% termina en vertederos, de ellos un 20% se incinera (Quantis, 2018a) a pesar de que la mayoría se podría reutilizar.

En materia hídrica, se estima que esta industria consume hasta 7.500 litros de agua por jeans (Ellen MacArthur Foundation, 2017), llegando a utilizar en un año alrededor de 93.000.000.000 (noventa y tres mil millones) de metros cúbicos de agua, lo cual equivale a una cantidad suficiente para abastecer el consumo de cinco millones de personas (Ellen MacArthur Foundation, 2017) el mismo periodo de tiempo, considerando en dicho volumen tan solo una parte del ciclo de vida de la ropa: desde la producción hasta la exposición en tienda previo a ser vendida, sin sumarle a esa cantidad el consumo de agua que se requiere durante el tiempo de uso, y descarte.

Dentro del ciclo de vida de la ropa, uno de los impactos más importantes generados por la sobreproducción es la acumulación excesiva de residuos post consumo. La cantidad de ropa producida a nivel mundial, y su destino final es también un foco de alerta ambiental por sí mismo en un momento de crisis climática global, en donde se producen desechos a una velocidad más alta de lo que la tierra, y sus procesos cíclicos puede transformar. De hecho, se estima que por cada segundo el equivalente a un camión de basura lleno de textiles es enterrado o incinerado (UNEP, 2022).

La red global de producción textil tiende a desvincular sus etapas productivas y la responsabilidad como productor en los territorios en donde se posicionan, generando profundas desigualdades y acentuando problemáticas ambientales hacia algunos sectores sociales. Sin embargo, dentro de esta red no se visualiza la etapa del indumento como desecho, lo cual lo aparta de una posible gestión, invisibilizando el residuo textil, y por ende, provocando su

acumulación en micro basurales o vertederos. (Blacker, 2022). Esta situación se visibiliza con mayor frecuencia cada día en distintas partes del planeta.

Dimensionar la cantidad de residuo textil que se está generando a nivel local se vuelve una necesidad para conocer el verdadero impacto ambiental de la industria de la moda, es por esto que el Consejo Directivo de la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC) resolvió en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente integrar entre otros acuerdos de producción limpia (APL) la promoción de la responsabilidad extendida del productor en la industria textil para el periodo 2022-2026, de acuerdo al modelo de desarrollo productivo impulsado por el Gobierno, abordando los desafíos de carbono neutralidad, seguridad hídrica, aumento de la resiliencia, y otros propósitos ambientales.

En Chile la ex ministra de Medio Ambiente anunció en septiembre del 2021 en una visita a la planta de reciclaje de textiles en la región Metropolitana: Ecocitex, la incorporación de los textiles a la ley REP (de Responsabilidad Extendida del Productor, Ley N°20.920) estableciendo obligaciones a las compañías que importan y producen ropa y otros textiles a hacerse cargo de los residuos que generan cuando terminen la vida útil de los productos que ponen en circulación en el mercado a través de la valorización de estos elementos (MMA, 2021).

En este contexto, es crucial establecer un sistema de gestión adecuado para los residuos textiles, que aborde de manera efectiva los desafíos ambientales y sociales generados por la industria de la moda. Actualmente, estos residuos se integran a los sistemas de gestión de residuos sólidos domiciliarios, lo que resulta en un ciclo de vida inadecuado para un material que requiere un tratamiento diferenciado. La falta de una estrategia adecuada no solo perpetúa la acumulación de desechos en vertederos, sino que también contribuye a la contaminación y el deterioro del medio ambiente, subrayando la urgencia de implementar soluciones sostenibles que permitan cerrar el ciclo de vida de los productos textiles de manera responsable y eficiente.

1.1 La ropa como necesidad y derecho humano

La ropa es en la sociedad un indumento que se lleva puesto más allá que un mero sentido de protección, posee un significado profundo en lo personal y colectivo. Se constituye como un elemento esencial en el hecho de ser personas, nos distingue y caracteriza; adaptándose a la cultura de un tiempo y espacio determinados, que cambia y evoluciona con la profunda identidad individual, las tendencias, la sociedad, los conflictos civiles, la economía, la tecnología y la globalización, entre otros factores.

Tal es la importancia del vestir, que se menciona en el artículo 25.1 de la Declaración Universal de los Derechos humanos (Declaración Universal DDHH, 1948):

“Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios...”

Vestir digna y adecuadamente pretende asegurar que las personas puedan dar satisfacción a una de sus necesidades materiales más básicas, relacionada directamente con sus condiciones o nivel de vida (Barroeta, 2021), y en contraposición, su ausencia se considera -o consideró- exhibicionismo por gran parte de la sociedad.

Manfred Max Neef, economista y ambientalista chileno, describe una taxonomía de las necesidades humanas. Su mayor virtud es que se puede aplicar de forma universal, “lo que varía de un país a otro no son las necesidades, sino cómo responden a ellas la sociedad y la cultura” (Fletcher & Grose, 2011).

El economista considera nueve necesidades: subsistencia, protección, afecto, entendimiento, participación, ocio, creación, identidad y libertad. Se podría considerar que la ropa, tradicionalmente, satisface cuatro de ellas: subsistencia, protección, ocio e identidad (Manzano, 2014). Entendiendo el vestir de este modo, se puede relacionar su uso con otros derechos humanos, tales como el derecho a la salud porque protege al cuerpo del entorno, el derecho a la educación y el derecho al trabajo porque su uso permite la participación en espacios públicos, el derecho a la libertad de asociación ya que la ropa suele usarse como un código visual que distingue a un grupo de otro, con el derecho a la privacidad por resguardar la intimidad individual, así como también con el derecho a la identidad y a libertad de expresión y opinión.

1.2 El residuo textil

1.2.1 Definiciones

Residuo, se define en la normativa chilena (Decreto N°148/2004, art. 3) en *sinónimo a desecho, como una sustancia, elemento u objeto que el generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar*. Trece años más tarde, con la toma de conciencia sobre los efectos producidos por los grandes volúmenes de desechos propio de una economía lineal, en la ley marco para la gestión de residuos la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje de 2017 –conocida como ley REP- se define residuo en su artículo 3°, numeral 25, como: *Sustancia u objeto que su generador desecha o tiene la intención u obligación de desechar de acuerdo a la normativa vigente*.

Por otra parte, la normativa se refiere a residuos sólidos domiciliarios (RSD) como *basuras, desechos o desperdicios generados en viviendas y en establecimientos tales como edificios habitacionales, locales comerciales, locales de expendio de alimentos, hoteles, establecimientos*

educacionales y cárceles. Estos se constituyen por diferentes tipos de residuos que se producen dentro de un hogar, entre ellos los textiles.

Los residuos textiles (RT) corresponden a todo material de descarte derivado de esta industria, como excedente, o que ha llegado al fin de su vida útil y no se consideran aptas para su uso original. García (2021) se refiere a residuos textiles bajo el método de análisis de ciclo de vida (ACV), desde la obtención de la materia prima (artificial y natural) hasta el fin de vida, haciendo mención de residuos tales como el agua residual cargada de pesticidas y fertilizantes de los cultivos de algodón, residuo de fabricación de las fibras, aguas residuales de la etapa de coloración, recortes de tela, desechos de producción (ej: hilos), ropa de descarte, prendas en mal estado y otros elementos tejidos producidos en fábricas, ropa del hogar, etc., que una vez utilizado durante un periodo de tiempo indeterminado se convierte en residuo. Bajo esta mirada considera también los residuos generados en la etapa de distribución de las prendas de vestir por medio del transporte intercontinental.

Según la Guía de buenas prácticas para el reciclaje de los residuos textiles y calzado en Catalunya, España (2015), el residuo textil procede principalmente de dos fuentes:

- Sector doméstico: Ropa de vestir, ropa del hogar, calzado, etc.
- Sector industrial: Residuo textil resultante del proceso de fabricación, de transformación, etc., generado por actividades de este sector o de otros sectores que en su producto incorporan tejidos o fibras textiles (por ejemplo, la fabricación de muebles).

La guía indica que el residuo textil del sector doméstico mayoritariamente se constituye de prendas que la población deja de utilizar porque se han estropeado por uso o mala calidad, que han quedado pequeñas o grandes, han pasado de moda, etc., mientras que el residuo del sector industrial textil corresponde a los restos de hilos, confección, acabados, u otras etapas productiva de una prenda, u otros sectores que añaden tejido a su producto y, por lo tanto, también se elimina como residuo mezclado con otros materiales de los que no se puede separar y que tienen que ir a otras vías de valorización o eliminación.

El Acuerdo de Producción Limpia “Economía circular en prendas de vestir de primera mano” en Chile 2023 (en adelante APL), define residuo textil de la siguiente manera:

- Residuos textiles de fabricación: Residuos derivados del proceso de fabricación de prendas de vestir de pre-consumo.
- Textiles de post consumo: Residuos textiles generados con posterioridad al uso por parte del cliente, y que corresponden a prendas que terminaron su vida útil (mal estado) y/o que aún se encuentran en buen estado. Estos textiles podrían ser recuperados por la

entidad productora o comercializadora para su valorización, en el marco de la economía circular.

Considera además dos categorías que no representan un residuo propiamente tal, pero según la disposición final que se le otorgue pueden serlo:

- Textil en buen estado no comercializado: Prendas de vestuario en condiciones óptimas para su comercialización, pero que no fueron comercializadas en fase de pre consumo.
- Textiles en mal estado: Prendas de vestuario de primera mano que no tienen las condiciones óptimas para su comercialización (manchadas, con rasgaduras, etc.) en fase de pre consumo.

En el mismo APL aborda al residuo textil en pre y post consumo, es decir, diferencia entre prendas de ropa que se convierten en residuos y se destruyen o eliminan sin haber llegado al fin de su ciclo de vida ni haber sido utilizadas por los consumidores, del residuo producido por los consumidores una vez que ya fue adquirido y usado por el usuario final a nivel doméstico.

Existe también otro tipo de residuos textiles: las microfibras liberadas al medio ambiente producto del uso, lavado y desgaste de las prendas. Este micro residuo textil proviene en gran parte del agua residual de lavadoras domésticas, en donde según indica Higuera (2022) una sola prenda de vestir sintética puede liberar más de 1.900 microfibras por lavado, una prenda de vellón (lana) podría liberar aproximadamente 110.000 fibras y 5 kg de tejidos de poliéster puede liberar alrededor de 6.000.000 de microfibras por lavado. Las fibras microplásticas (Periyasami, 2023) corresponden principalmente a microplásticos primarios menores a 5 mm. liberados al ambiente, mientras los microplásticos secundarios se forman producto de la fragmentación bajo procesos de degradación física, química o biológica, como, la exposición a la luz solar por períodos prolongados de tiempo causando la oxidación de la matriz del polímero, formándose este tipo de residuo.

La ropa de segunda mano también es un residuo textil en el modelo de economía lineal vigente para esta industria como plantea el informe de Basura Cero (2023), en el que indica que *“el flujo comienza en alguna nación del norte global con las grandes marcas diseñando y produciendo de manera ininterrumpida, la cual fabrica prendas de ropa a bajo costo en alguna nación del sur global, para luego pasar a otro mecanismo perverso de falsa valorización de residuos textiles bajo una promesa de “desarrollo económico”, lo que termina nuevamente por sacrificar y socavar ambientalmente zonas empobrecidas de los países del sur global, un modelo de funcionamiento identificado y reconocido como colonialismo de la basura”*. Así también lo aborda Eva Franch (2023) de Fashion Revolution Chile, en la nota “Ropa de segunda mano o residuos textiles” donde indica que cada año ingresan por Iquique alrededor de 59.000 toneladas de ropa usada, y de ellas según el exalcalde de Alto Hospicio Patricio Ferreira en unas

declaraciones para la BBC, “sólo un 15% de la ropa es apta para revender. El otro 85% llega para irse directamente a los vertederos” (Fashion Revolution, 2023).

1.2.2 Composición del residuo textil

Para abordar la composición de los residuos textiles, es fundamental reconocer que esta varía ampliamente en función del lote analizado y los criterios de clasificación utilizados. Las técnicas modernas para la gestión de residuos textiles se adaptan según el tipo de residuos y el material predominante (fibras naturales o sintéticas). En la práctica, la clasificación se puede realizar en función de métodos mecánicos, como la separación manual, o técnicas avanzadas como el uso de espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) para distinguir diferentes tipos de fibras según sus propiedades de absorción de luz. Este método permite identificar y clasificar residuos textiles en tiempo real, facilitando la segregación para el reciclaje según la composición química y física de los materiales presentes en cada lote, aumentando así la eficiencia del proceso y su impacto ambiental positivo (Manjiri, 2024).

Aproximadamente el 60-70% de estos residuos corresponden a fibras sintéticas, como poliéster y nylon, que son altamente duraderas y derivadas del petróleo, lo que las convierte en un desafío ambiental debido a su lenta descomposición (Greenpeace, 2022). Por otro lado, las fibras naturales, principalmente el algodón, representan entre el 20-30% de los residuos. Aunque son biodegradables, su producción intensiva en agua y pesticidas plantea serias preocupaciones ecológicas.

Para clasificar el residuo textil es necesario identificar en la tela si el tejido posee una composición mono o polimaterial, la cual tiene que ver con el tipo de material escogidos en las fibras, y se definen a continuación:

- Monomaterial: La composición de la fibra del tejido posee solo un componente, sea natural o no. Ejemplo: 100% algodón, 100% poliéster, etc.
- Polimaterial: La tela se fabrica a partir de dos o más fibras de distinta composición, sean naturales, artificiales o mixtas. Ej. 30% algodón, 60% poliéster, 10% elastano.

El residuo textil además posee trazas de diferentes productos químicos añadidos en el proceso de fabricación de las prendas para obtener acabados específicos tales como texturas suaves y brillantes, acabados antiarrugas, por medio del tratamiento de la tela con sustancias como el formaldehído, o fluorocarburos para repeler el agua, agentes antideslizantes, blanqueadores, entre otras sustancias. Algunos de los compuestos más utilizados incluyen los PFAS (sustancias per- y polifluoroalquiladas). Según Mejía (2024) en el año 2009, el Centro para la Salud Ambiental, detectó la presencia de plomo en ropa de vestir, metal pesado que se emplea para

estabilizar los procesos de tintorería, en especial los colores vivos. En el 2022, el mismo centro encontró en el 27% de los accesorios de dos marcas de muy bajo costo tres veces más los niveles permitidos de plomo que los permitidos.

Los residuos suelen incluir componentes no textiles como botones, cierres y adornos metálicos o plásticos, que requieren un tratamiento específico debido a su diferente tiempo de degradación en comparación con los materiales textiles. Estos elementos, al estar incrustados en las prendas, complican el proceso de reciclaje, ya que necesitan ser separados para crear fracciones puras que puedan ser procesadas efectivamente (Stadler, 2023).

La combinación de estos materiales en los vertederos no solo contribuye a la acumulación de residuos, sino que también genera un impacto ambiental significativo, lo que resalta la necesidad de estrategias efectivas de reciclaje y gestión de residuos en la industria de la moda (Greenpeace, 2022).

1.2.3 Tecnologías de separación del residuo textil

La complejidad de los residuos textiles exige diversos métodos de separación que permitan maximizar su reciclabilidad. Para reutilizar eficazmente estos materiales, es fundamental segmentar los distintos componentes, recuperando así recursos valiosos y disminuyendo el volumen de desechos que acaba en vertederos. La separación adecuada facilita la conversión de textiles en nuevos productos y aplicaciones, promoviendo una gestión más sostenible de los materiales. Manjiri (2024) presenta una amplia gama de tecnologías avanzadas de clasificación que permiten optimizar estos procesos, que se revisan a continuación.

1.2.3.1 Separación Mecánica

La clasificación y separación física de tejidos y fibras es una fase clave en la valorización de residuos textiles, ya que determina la calidad y eficiencia del material recuperado. Este proceso suele organizar los desechos por tipo de prenda y color, optimizando así su preparación para el reciclaje y facilitando un procesamiento más efectivo. Corresponde a un proceso manual, que requiere personas y criterios específicos de separación.

a. Separación de tamaño

Para separar los textiles según tamaño y forma, se emplean equipos como pantallas, tambores o tamices. Estos métodos son efectivos para distinguir piezas grandes de más pequeñas, aunque no resultan adecuados para separar fibras de distintos grosores o tipos.

- Separación asistida por aire

Para este tipo de separación se ocupan:

- a) Mesas de aire: Son mesas vibratorias con un flujo de aire que separa materiales ligeros (normalmente fibras sintéticas) de materiales más pesados (como el algodón).
 - b) Clasificadores de aire: Utilizan un flujo de aire controlado para separar partículas de diferentes tamaños y densidades. Pueden utilizarse para separar diferentes tipos de fibras o para eliminar polvo y otros contaminantes procedentes de residuos textiles.
 - c) Ciclones: Utilizan la fuerza centrífuga para separar partículas del aire. Suelen eliminar polvo y otros residuos de procesos industriales.
- b. Separación por densidad

El método utiliza líquidos de diversas densidades para hacer flotar o hundir distintos tipos de fibras según su flotabilidad. Este proceso es efectivo para separar mezclas con diferencias de densidad marcadas; sin embargo, requiere una selección precisa de los líquidos empleados y su implementación puede ser compleja.

- c. Tecnología de infrarrojo cercano (NIR)

La espectroscopía se utiliza para determinar la composición química de los materiales mediante radiación NIR, la cual abarca longitudes de onda de entre 750 y 2500 nm. Las moléculas y materiales específicos absorben la luz NIR en longitudes de onda características, generando una "huella digital" única que permite identificar la composición de las fibras textiles (Figura 1.1.). Esto se logra al analizar la luz reflejada o transmitida a través de las muestras, facilitando una identificación precisa de los distintos componentes.

Este dispositivo puede realizar la identificación eficiente en línea y la clasificación automática de 13 tipos de residuos textiles.

- a) Identificación de tipo de fibra: Distingue tipos de fibras incluso en mezclas, a partir del reconocimiento de los tipos de patrón de absorción.
- b) Detección de tintes y acabados.
- c) Detección de contaminación y elementos no textiles.

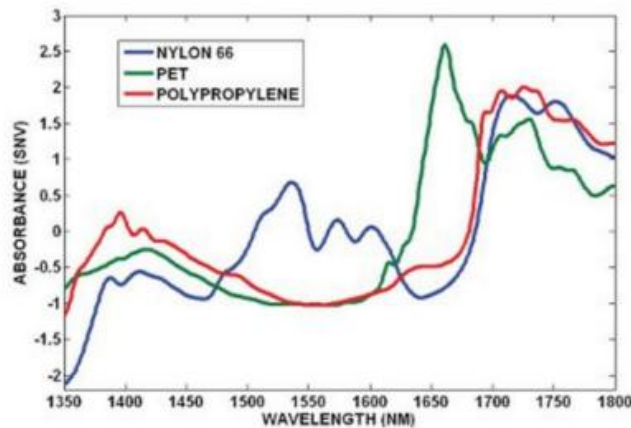


Figura 1.1. Espectros de infrarrojo cercano de diferentes polímeros. Manjiri, 2023.

1.2.3.2 Separación química

Ofrece varias ventajas con respecto a los métodos mecánicos tradicionales, en particular para tejidos mezclados y materiales complejos. Estos métodos aprovechan las propiedades químicas de las diferentes fibras y aditivos para lograr una segregación precisa y eficiente.

- Con disolventes

Utiliza disolventes específicos para fibras específicas. Por ejemplo, el algodón se puede disolver en un disolvente como NMMO (N-óxido de N-metilmorfolina) o hidróxido de cupramonio, separando otros componentes como el poliéster. En el estudio reciente sobre el proceso de separación de elastano de los residuos textiles de poliéster/elastano y poliamida/elastano, se utilizaron seis disolventes orgánicos diferentes (Cyrene, DMAc, DMF, DMSO GVL, NMP). El disolvente dimetilsulfóxido (DMSO) fue el mejor y funcionó de manera circular dentro de una purificación de tres pasos. El análisis de componentes principales (PCA) de mediciones espectroscópicas (ATRFTIR) reveló excelentes resultados para el poliéster y la poliamida recuperados.

- Degradación química

Las reacciones químicas controladas descomponen de forma selectiva determinadas fibras, lo que permite su eliminación selectiva. La lana se descompone en condiciones específicas sin dañar el algodón, lo que abre vías de reciclaje para tejidos mixtos.

- Despolimerización y repolimerización

Esta técnica avanzada descompone las cadenas de polímeros de fibras específicas, como el poliéster o el nailon, en moléculas más pequeñas y las vuelve a ensamblar para formar materiales similares a los nuevos.

- Modificación química

La funcionalización de fibras específicas a través de reacciones químicas dirigidas altera sus propiedades, facilitando una separación más sencilla mediante los métodos mecánicos existentes.

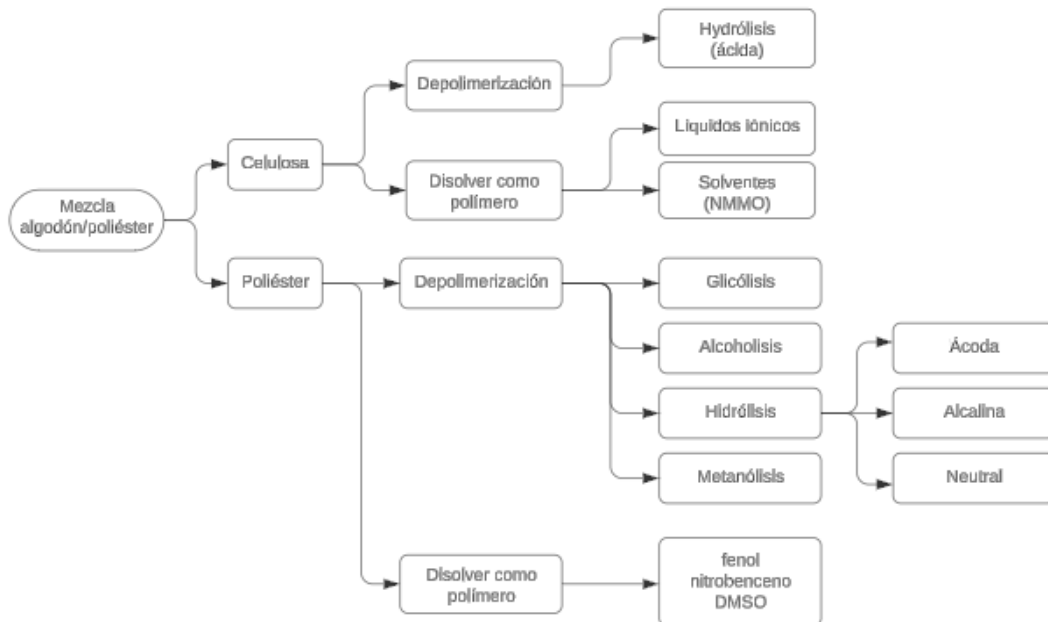


Figura 1.2. Enfoques químicos para la separación de tejidos mixtos. Manjiri, 2023.

1.2.3.3 Separación biológica

La separación biológica utiliza enzimas y hongos con capacidades de degradación específicas. Estos agentes microscópicos descomponen de forma selectiva tipos específicos de fibras dentro de un tejido mezclado, lo que permite separar de forma eficiente el algodón del poliéster, la lana del nailon y otras combinaciones. Este enfoque específico minimiza los daños colaterales a los materiales deseados, lo que da como resultado fibras recicladas más puras en comparación con los métodos tradicionales.

El proceso considera al menos cuatro etapas claves:

- Pretratamiento: Los residuos textiles suelen recibir un tratamiento previo para mejorar la accesibilidad y la eficiencia de las enzimas, las que implican trituración mecánica, lavado químico o modificaciones físicas.

- b) Selección de enzimas: Se eligen enzimas específicas en función de los tipos de fibra de que se trate y los productos de degradación deseados. Por ejemplo, las celulasas digieren la celulosa (presente en el algodón), mientras que las enzimas lacasas descomponen la lignina (presente en las fibras naturales).
- c) Hidrólisis enzimática: Las enzimas seleccionadas se introducen en los residuos textiles pretratados, donde catalizan la deconstrucción de los componentes de la fibra en cuestión; este proceso suele ocurrir en condiciones controladas de temperatura y pH.
- d) Recuperación del producto: Los productos de descomposición resultantes, como la glucosa de la celulosa o los monómeros del poliéster, pueden ser procesado o refinado en diversos materiales valorizados

1.2.4 Obsolescencia

Para comprender la tasa de producción de residuo textil es preciso considerar que el tiempo y motivo por los que una prenda se convierte en residuo, tiene factores múltiples fuera del alcance de este estudio.

En adelante se definirán los conceptos de obsolescencia programada y obsolescencia percibida.

La obsolescencia programada es para Soliz (2017) una “condición inducida por el capital para generar productos alterados en su valor de cambio y de uso, siendo programados para autodestruirse en tiempos cada vez menores, llevando a la aceleración de los patrones de consumo”, en otras palabras, la obsolescencia programada se refiere a aquella obsolescencia que desde la etapa del diseño de un producto se considera un tiempo de vida útil menor a la potencial, tras este tiempo las características que le dan las cualidades comienzan a perecer, por ejemplo para el caso de la ropa: los elásticos ceden, la tela se desgasta, los accesorios se salen, las costuras se desprenden, etc. En consecuencia, el producto se convierte en residuo en un periodo de tiempo breve y menor al que podría tener.

Por otra parte, la obsolescencia percibida es para Soliz (2017) “la inducción que realiza el capital a la necesidad de acelerar los patrones de consumo y descarte, aun cuando las mercancías adquiridas todavía sean perfectamente útiles”, agrega además que la mercancía de moda es la expresión tipo de obsolescencia y “obedece más a una condición psicosocial de construcción de estatus”. Sánchez *et al.* (2022) agrega que una de las más emblemáticas y concretas expresiones de la obsolescencia percibida se operacionaliza a través de la industria textil y de la moda rápida, la cual está generando conflictos ambientales y sociales, sobre todo, en el Sur Global. Por lo tanto, la obsolescencia percibida se entiende para el residuo textil en calidad de prendas de vestir como aquella en que la persona propietaria de cierta “ropa” considera por razones psicosociales

que su vestuario ya no es adecuado y por lo tanto debe cambiarse, lo que significa que aumente el descarte de ropa que aun estando con poco uso no seguirá siendo utilizada y se transformará en residuo en corto plazo a pesar de aún mantener las condiciones para ser usada.

1.2.5 Reciclabilidad

La “reciclabilidad” se refiere a la posible idoneidad de un material o un producto para su reciclaje. Para la industria textil el potencial de reciclabilidad requiere que los materiales y productos estén fabricados en un solo tipo de fibra, porque las tecnologías para reciclar polimateriales, todavía están en desarrollo y aún no están disponibles a una escala económicamente viable. Los materiales comúnmente reciclados incluyen poliéster, elastano, poliamida, nylon, lana y materiales a base de celulosa como algodón, cáñamo, lino, viscosa, lyocell, etc. La reciclabilidad en la moda reduce la necesidad de materiales vírgenes y permite la creación de nuevos productos a partir de recursos que ya están en circulación. Cuando se aplica al diseño y al desarrollo de productos, la innovación para la reciclabilidad garantiza que al final de su vida útil un producto pueda entrar en un nuevo flujo de materiales. Para facilitar la reciclabilidad, todos los materiales e insumos deben estar libres de productos químicos peligrosos, garantizando la seguridad de los trabajadores y usuarios, y deben consistir en monomateriales o estar diseñados para su desmontaje. Sin embargo, incluso las mejores tecnologías de reciclaje dependen de un alto consumo de energía, por lo que extender la vida útil de la ropa acompañada de recortes radicales en la producción y los volúmenes de consumo globales son las formas más efectivas de reducir la huella ecológica de la moda (Procitex, 2022).

1.3 Mercado Textil Global

La industria textil es un mercado global en constante crecimiento. El mercado textil mundial creció de 573.220 millones de dólares en 2022 a 610.910 millones de dólares en 2023 a una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 6,6%. (Textile Global Market Report, 2023). Asia-Pacífico fue la región más grande en el mercado textil, representando el 44,5% del total en 2021, mientras que Europa Occidental fue la segunda región más grande. Se espera que el mercado crezca a 699.720 millones de dólares en 2026 a un ritmo del 5,9%. Luego se espera que el mercado crezca a una tasa compuesta anual del 4,5% a partir de 2026 y alcance los 870.640 millones de dólares en 2031 (Textile Global Market Opportunities And Strategies To 2031, 2021).

El crecimiento se justifica en el aumento en la población mundial, el incremento de la demanda de fibras sintéticas, las iniciativas gubernamentales para la industria textil, el fuerte crecimiento económico en los mercados emergentes, el aumento de la renta disponible, el alza del comercio electrónico, los cambios de tendencia de vestuario y la creciente concienciación sobre las ventajas de los distintos productos textiles, como las fibras naturales y el poliéster.

El sobreconsumo de ropa según Ellen Macarthur Foundation (2018), es una tendencia que se ha acrecentado de forma acelerada en los últimos 15 años debido al aumento de la demanda de una clase media en crecimiento en todo el mundo la cual percibe mayores ingresos, sumado al surgimiento del fenómeno de la “Moda rápida” o “fast fashion” desde hace algunos años que llevó a la duplicación de la producción durante el mismo período, estimándose un valor de entre 10 y 14 kilos de ropa producida al año por persona (ASIRTEX, 2022). En la actualidad existe una evolución del Fast Fashion, denominada “Ultra Fast Fashion” representado por marcas como “Shein” -es el mayor exponente internacional de este modelo- entre otros comercios virtuales y masivos, que incrementó de forma explosiva la producción y comercialización de prendas de baja calidad, en tiempos de entrega menores hasta llegar al concepto de la moda “a tiempo real”.

Al incrementarse el volumen de producción y manufactura surge la necesidad de tecnificar los procesos, optando por crear y utilizar fibras sintéticas de rápida producción como el poliéster, poliamida, nylon, elastano, entre otras, como consecuencia el uso de fibras naturales dejó de ser objeto de transformación prioritaria, incrementando el uso de sustancias químicas como ácidos, sulfatos, fenoles, etc., los cuales son utilizados para tratar y convertir estas fibras sintéticas en telas (Marín y Monroy, 2013).

Al incrementar la producción y comercialización de prendas de menor calidad, existe un aumento directamente proporcional de generación de residuos textiles en un periodo de tiempo menor, produciéndose acumulación de éste, sin embargo, carecen las estrategias y técnicas adecuadas para su adecuada disposición.

La economía circular basada en la reducción, reutilización, reciclaje y recuperación de materiales, ha surgido como un enfoque necesario para abordar los problemas ambientales asociados con el residuo en general, así también al residuo textil. Los principios de la economía circular propuestos por Ellen Mac Arthur Fundación, son:

- Eliminar los residuos y la contaminación.
- Circular los productos y materiales en su valor más alto.
- Regenerar la naturaleza.

La aplicación de estos principios en la industria de la moda se centra en la reducción del impacto de la industria del vestir a lo largo de todo el ciclo de vida de la ropa, desde su diseño inicial hasta su finalización, considerando el uso de materiales recuperables, propuestas de alternativas para la recolección y gestión adecuada de las prendas, con el objetivo de disminuir los impactos ambientales relacionados con su eliminación. Además, se busca evitar, desde la etapa de diseño, la generación de residuos innecesarios.

1.3.1 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) promulgados por la Organización de las Naciones Unidas, y suscritos por Chile en 2015 son un plan de acción para mejorar el bienestar de las personas, proteger el medio ambiente y fomentar la prosperidad a nivel mundial. Estos son 17 en total, y exploran distintas dimensiones:

- | | |
|--|---|
| 1. Fin de la pobreza | 10. Reducción de las desigualdades |
| 2. Hambre cero | 11. Ciudades y comunidades sostenibles |
| 3. Salud y bienestar | 12. Producción y consumo responsables |
| 4. Educación de calidad | 13. Acción por el clima |
| 5. Igualdad de género | 14. Vida submarina |
| 6. Agua limpia y saneamiento | 15. Vida de ecosistemas terrestres |
| 7. Energía Asequible y no contaminante | 16. Paz, justicia e instituciones sólidas |
| 8. Trabajo decente y crecimiento económico | 17. Alianzas para lograr los objetivos |
| 9. Industria, innovación e infraestructura | |

Estos se involucran de manera directa con la industria textil y la economía circular, creando oportunidades de desarrollo a partir de este modelo de producción, fomentando la creación de recursos y herramientas circulares, para la participación de las personas.

1.3.2 Carta de la Industria de la Moda para la Acción Climática

En la Cumbre del Clima de las Naciones Unidas celebrado el año 2018, se firmó esta Carta, la cual es un compromiso de la industria de la moda para reducir su impacto ambiental y apoyar los objetivos del Acuerdo de París sobre el cambio climático. Los más de 40 firmantes, entre ellos empresas líderes en la moda, marcas de lujo, minoristas, fabricantes y proveedores de materiales se comprometen a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 30% para 2030, a establecer una hoja de ruta para la descarbonización de la industria, a priorizar materiales de bajo carbono, a promover la eficiencia energética y las energías renovables, y a apoyar modelos de negocio circulares, los cuales trabajarán juntos para cumplir con sus compromisos.

La carta promueve el trabajo conjunto de distintos sectores de la industria de la moda, coordinada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y es un compromiso voluntario donde los firmantes pueden retirarse de la carta y de sus obligaciones.

1.3.3 Estrategia para productos textiles sostenibles de la Unión Europea (UE)

Promovida desde el 2022, esta estrategia contribuirá a que la Unión Europea avance hacia una economía circular con neutralidad climática, donde su objetivo y visión al 2030 son que *“los productos textiles comercializados en el mercado de la UE serán duraderos y reciclables, en gran medida fabricados con fibras recicladas, libres de sustancias peligrosas y producidos respetando los derechos sociales y el medio ambiente.”*

Algunas de las acciones que propone la estrategia son:

- Prolongar la vida útil de los productos textiles para reducir significativamente su impacto sobre el clima y el medio ambiente.
- Detener la destrucción de textiles no vendidos o devueltos.
- Abordar la contaminación por microplásticos.
- Requisitos de información clara, estructurada y accesible sobre las características de sostenibilidad ambiental de los productos.
- Reivindicaciones verdes para textiles verdaderamente sostenibles.
- Responsabilidad ampliada del productor e impulso a la reutilización y el reciclaje de residuos textiles.
- Revertir la sobreproducción y el consumo excesivo de ropa.
- Unir cadenas de valor de textiles sostenibles a nivel mundial

1.4 Situación Nacional

1.4.1 Análisis del mercado textil local

Chile se ha posicionado en los últimos años como el país que más ropa por persona consume en Sudamérica. Según ICEX (2021) en los últimos 5 años, las personas hemos aumentado un 80 % su consumo de ropa, pasando de 13 a 50 prendas nuevas anuales, en promedio. Además, de los 436,1 kg de residuos sólidos urbanos producidos por cada habitante durante 2018, alrededor del 7% corresponde a textiles, alcanzando las 572.118,9 toneladas anuales de residuos textiles (MMA, 2023).

La mayoría de la producción chilena de prendas textiles va dirigida al segmento económico medio-alto y alto, debido al precio de los productos. En la actualidad, casi el 93 % de lo que se vende es fabricado en países asiáticos, europeos o en países vecinos latinoamericanos (ICEX, 2021).

Sobre el comercio de ropa de segunda mano, y las importaciones de EEUU, el acceso asequible y en abundancia en los años 90' hizo crecer la tendencia a consumir este segmento del mercado ampliamente, llegando a popularizarse entre los usuarios el término “ropa americana”.

El informe del Banco Central de Chile (2023) en su página 70, indica que se importó a Chile en el 2022 un total de 131.574 ton. de ropa usada al país, y en el primer trimestre del 2023 ya han ingresado 27.511 ton de Ropa, la cual corresponde residuo textil no gestionado de otros países. En el mismo informe la industria del textil, cuero y el calzado (clave 32, pág. 68-71) valorizó las importaciones de ropa del 2022 en 6.593,9 millones de US\$ y en 1.234,9 millones de US\$ en los primeros cuatro meses de este año. Lo que equivale -a valor del dólar \$798,52 CLP- a \$5.265.492.906.000 (cinco billones doscientos sesenta y cinco mil cuatrocientos noventa y dos millones novecientos seis mil) y \$986.117.046.000 (novecientos ochenta y seis mil ciento diecisiete millones cuarenta y seis mil) pesos chilenos, respectivamente.

1.4.2 Chile, principal destino latinoamericano de la ropa usada

En el año 2019 la Municipalidad de Alto Hospicio realizó la “caracterización de los microbasurales de Alto Hospicio e identificación de terrenos”, de ellos uno se establece como microbasural textil donde se almacenan aproximadamente 39 mil toneladas anuales de indumentaria y textiles, estableciéndose como el segundo microbasural textil más grande del mundo, después del de África, el cual se conoce como Microbasural Las Mulas (Blacker, 2022).

El residuo textil en la comuna de Alto Hospicio representa uno de los pasivos ambientales más grandes del Norte y de Chile, ocasionado por la deliberada importación de éste y sin contar con la capacidad necesaria para abordar y dar disposición final de los mismos en la Región de Tarapacá. Se estima que existen más de 120.000 m³ de residuo textil abandonados en el desierto, con un mayor porcentaje en el sector sur de la comuna, sitio definido, popular e inadecuadamente, para la disposición final de este tipo de residuos (MMA, 2022).

Es por ello que el Desierto de Atacama reconocido mundialmente por ser el más seco del mundo, por su alto valor científico para la astronomía, por la riqueza cultural y antropológica de la región, su incalculable valor ecológico con el fenómeno de la floración endémica desértica, se ha convertido desde hace algunas décadas en un mega vertedero de ropa de segunda mano en Chile, popularizando este conflicto socioambiental territorial como “Desierto Vestido” (González, 2024).

La compañía satelital SkiFy, quienes facilitan el acceso a los datos de observación de la Tierra (EO) por medio de imágenes de alta resolución (50 cm), difundió imágenes del vertedero localizado en Alto Hospicio, Tarapacá, la cual se presenta en la Figura 1.3.



Figura 1.3. Fotografía satelital 50 cm del vertedero de ropa del Desierto de Atacama. Ski Fy, 2022.

1.4.3 Hacia la sostenibilidad nacional

1.4.3.1 Consejo Nacional de Implementación de la Agenda 2030

En Chile creó el Consejo Nacional de Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo propósito es asesorar al Presidente de la República y coordinar la implementación y el seguimiento de los ODS y la Agenda. Este consejo está integrado por cinco ministerios: Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREL), Secretaría General de la Presidencia (SEGPRES), Ministerio de Medio Ambiente (MMA), Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF) y Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECON).

El Consejo Nacional propuso la elaboración de la Estrategia Nacional de la Implementación de la Agenda 2030, para abordar los retos en materia de cómo el cambio climático, la contaminación del aire, la pobreza, la escasez hídrica, las enfermedades crónicas, la falta de acceso a la educación de calidad, las desigualdades socioeconómicas, entre otras. El objetivo principal de la misma es proporcionar una hoja de ruta que fomente el desarrollo sostenible e inclusivo.

En cuanto a residuos, la gestión de estos es uno de los desafíos más relevantes. Los residuos textiles se mencionan dentro del objetivo 12 “Consumo y producción sostenible”, analizando la posibilidad de aumentar la obligatoriedad del reciclaje y la valorización, lo que se está abordando a través de la elaboración de un proyecto de ley para avanzar hacia una gestión diferenciada incorporando como productos prioritarios en la Ley REP.

1.4.3.2 Hoja de ruta para un Chile Circular al 2040

Publicada en el año 2021 promovida por el Ministerio de Medio Ambiente, en conjunto con el Ministerio de Economía, la Corporación de Fomento de la Producción y la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático.

Es el instrumento de política pública que orienta la transición del país hacia este modelo de desarrollo que pone el énfasis en el uso eficiente y sostenible de los recursos y que es uno de los pilares del desarrollo sustentable

En la Tabla 1.1 se definen las metas y los objetivos de la hoja de ruta, donde la meta intermedia es en el 2030 y con un horizonte al 2040 para cumplirlas.

Tabla 1.1. Metas de Chile circular 2040. Fuente: MMA, 2021.

Indicador	Meta al 2030	Meta al 2040
1ª Meta: Generación de empleos	100.000 nuevos empleos verdes	180.000 nuevos empleos verdes
2ª Meta: Generación de residuos sólidos municipales por habitante	Disminución del 10%	Disminución del 25%
3ª Meta: Generación total de residuos por PIB	Disminución del 15%	Disminución del 30%
4ª Meta: Productividad material	Aumento de 30%	Aumento de 60%
5ª Meta: Tasa general de reciclaje	Aumento al 40%	Aumento al 75%
6ª Meta: Tasa de reciclaje de residuos sólidos municipales	Aumento al 30%	Aumento al 65%
7ª Meta: Recuperación de sitios afectados por la disposición ilegal	Recuperación del 50%	Recuperación del 90%

Para lograr alcanzar estas metas, la hoja de ruta propone una serie de 28 iniciativas, cada una de las cuales contiene distintas acciones. Estas se agrupan en torno a cuatro grandes ejes de acción: innovación circular, cultura circular, regulación circular y territorios circulares. De ellas, se menciona explícitamente a los textiles en tres:

- Iniciativa 3. Investigación y desarrollo para la economía circular.

Acción c. Fomentar el desarrollo de proyectos de I+D+i aplicada que abran el campo al diseño de bienes y servicios de bajo impacto ambiental.

- Iniciativa 9. Difusión de hábitos y prácticas circulares.

Acción c. Desarrollar una campaña comunicacional para sensibilizar sobre los impactos de la moda rápida.

Acción d. Desarrollar una campaña comunicacional para promover la reparación y el reacondicionamiento de los artículos del hogar.

- Iniciativa 15. Ampliar la gama de productos sujetos a la responsabilidad extendida del productor.

Acción a. Realizar estudios comparativos de factibilidad y potencial para evaluar candidatos a nuevos productos prioritarios; esto, por ejemplo, para artes o aparejos de pesca y acuicultura, medicamentos vencidos, muebles, cigarrillos, plaguicidas vencidos o textiles.

A su vez, se involucra secundariamente con cuatro iniciativas más:

- Iniciativa 17. Incentivos e información para la separación de residuos en origen.

Acción a. Elaborar una ordenanza municipal tipo para apoyar a los municipios en el establecimiento de la obligación de separar en origen los residuos bajo su gestión.

Acción c. Prohibir gradualmente el envío a relleno sanitario de algunos flujos específicos de residuos, por ejemplo, aquellos que ya son recolectados de forma selectiva y podrían valorizarse fácilmente.

- Iniciativa 19. Estándar de los productos en la economía circular.

Acción a. Establecer, por vía regulatoria, y en base a la experiencia internacional, una etiqueta y/u otro mecanismo que permita a la ciudadanía evaluar vida útil de los productos antes de adquirirlos, y que lleven a las empresas que los producen o importan a aumentar su calidad y facilitar su reparación.

Acción b. Evaluar el establecimiento de estándares mínimos para la importación de productos de segunda mano y residuos para valorización, de forma que se evite que generen impactos medioambientales negativos.

- Iniciativa 24. Reconocimiento e inclusión de las recicladoras y los recicladores de base.

Acción b. Proveer de oportunidades de capacitación técnica y profesional a recicladoras/es de base.

- Iniciativa 26. Infraestructura y equipamiento local para la economía circular.

Acción a. Poner en marcha un programa de apoyo a municipalidades y gobiernos regionales en la implementación de sistemas de gestión y valorización de residuos orgánicos a distintas escalas

para lograr la meta de valorizar dos tercios de los residuos orgánicos municipales del país que se establece en la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos, aprovechando para ello los recursos y la experiencia del Fondo para el Reciclaje y el Programa Nacional de Residuos Sólidos.

1.4.3.3 Ley REP

En Chile se está implementando la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) mediante una Ley General de Residuos y reglamentos específicos para productos prioritarios (Ley 20.920/2016 MMA), obligando a los productores (que incluyen tanto fabricantes como importadores) a hacerse cargo de los residuos derivados de sus productos al término de su vida útil. Esta ley tiene por objetivo incorporar la valorización de los residuos como un elemento primordial en la gestión de los residuos sólidos e introducir en la regulación existente en la materia, un instrumento económico que busca generar mecanismos que permitan aumentar los niveles de reciclaje de los residuos que actualmente se disponen en rellenos sanitarios o son depositados en vertederos ilegales.

Entre los principios que tiene esta ley, en el artículo 2° destacan los siguientes, con las letras indicadas a continuación:

- a) El que contamina paga, refiriéndose a que el generador de residuos es el responsable de éste, internalizando los costes y externalidades negativas asociados a su manejo.
- b) Gradualismo, que indica que las obligaciones serán exigidas de manera progresiva.
- d) Jerarquía en el manejo de residuos, el cual define un orden preferencial de manejo, considerando en primer lugar la prevención de la generación del residuo, 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.
- g) Principio precautorio: donde la falta de certeza científica no podrá invocarse para dejar de implementar las medidas necesarias para disminuir el riesgo de daños para el medio ambiente y la salud humana derivado del manejo de residuos.
- j) Trazabilidad: Conjunto de procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer las cantidades, ubicación y trayectoria de un residuo o lote de residuos a lo largo de la cadena de manejo.

Los mecanismos que propone la ley destinados a la prevención de la generación del residuo o promover su valorización son los mencionados en el artículo 4° de la ley.

- i. Ecodiseño

- ii. Certificación, rotulación y etiquetado de uno o más productos
- iii. Sistemas de depósito y reembolso
- iv. Mecanismos de separación en origen y recolección selectiva de residuos
- v. Mecanismos para asegurar un manejo ambientalmente racional de residuos y
- vi. 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.

1.4.3.4 Acuerdo de Producción Limpia (APL) Economía Circular en prendas de vestir de primera mano

Patrocinado por el Ministerio del Medio Ambiente, busca impulsar una industria textil más sustentable y circular, a través de la realización de un modelo de gestión y pilotaje de sus residuos, que apoye su incorporación como producto prioritario a Ley REP.

Se enfoca en los textiles nuevos o prendas de primera mano, importadas o fabricadas en Chile, tanto de pre como de post consumo, y se identifican las principales brechas del sector como indica en la Figura 1.4.

Brechas de mercado	Brechas de regulación y política pública	Brechas de gestión para circularidad en el sector	Brechas socioculturales
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de una cadena armada para la circularidad de los residuos textiles. • Falta de apertura de mercado para favorecer la comercialización de productos que hayan resultado de la valorización de los residuos textiles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de apoyo para impulsar mecanismos de valorización de residuos textiles. • Desafíos de salubridad que supone la valorización de los residuos textiles. • Mínimos mecanismos y exigencias de trazabilidad de las prendas textiles que son puestas en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos asociados a la gestión de los residuos textiles. • Dificultad logística y de infraestructura para generar mejores procesos de valorización y recuperación de fibras. • Maquinarias antiguas o poco adecuadas a los avances de la actualidad para la valorización de residuos textiles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconocimiento o la falta de información sobre la disponibilidad de iniciativas de valorización que existen en las empresas comercializadoras de prendas y en el país.

Figura 1.4. Diagnóstico de APL para textiles. Fuente: MMA, 2023.

El objetivo del APL es promover en las empresas productoras, importadoras y/o comercializadoras de textiles la responsabilidad extendida del productor, a través del diseño de un modelo de gestión que permita un manejo adecuado de los residuos textiles pre-consumo y posconsumo de prendas de vestir de primera mano, y se compone de 3 metas principales en torno a las cuales se desarrollan acciones.

- **META N°1:** Mejorar la información base del sector textil de prendas de vestir de primera mano en Chile, como insumo para la futura regulación de textiles en el marco de su futura incorporación como producto prioritario sujeto a la Responsabilidad Extendida del Productor.
- **META N°2:** Definir modelos de gestión y manejo de residuos textiles pre y post-consumo de prendas de vestir de primera mano, considerando desafíos de recolección,

almacenamiento, transporte, pretratamiento y valorización.

- **META N°3:** Desarrollar acciones de comunicación, sensibilización y capacitación para incentivar el reuso, la reparación y remanufactura de prendas, así como la separación, recolección y reciclaje de textiles.

1.4.3.5 Estrategia de Economía circular para el sector Textil

La Estrategia de Economía Circular para Textiles al 2040, liderada por el Ministerio del Medio Ambiente de Chile, tiene como propósito transformar el modelo actual de producción y consumo en el sector textil hacia un enfoque sostenible. Este documento propone una serie de metas, principios y acciones para abordar los impactos negativos del modelo lineal predominante, caracterizado por el consumo excesivo y la generación masiva de residuos asociados al fenómeno del fast fashion.

La estrategia tiene como objetivo prevenir la generación de residuos textiles, alargar la vida útil de los productos, fomentar la reutilización y calidad de los mismos, así como fortalecer el desarrollo local e impulsar la innovación en el sector. Su visión al año 2040 se centra en establecer una cultura de consumo responsable, accesible desde la educación temprana, y garantizar que los productores asuman la responsabilidad total del ciclo de vida de sus productos, desde el diseño hasta el desecho. Además, busca fomentar la producción local, la reutilización y la valorización de los textiles, respetando y revitalizando los oficios tradicionales del sector.

Entre las metas planteadas destacan la reducción del consumo de textiles por habitante en un 30% para 2040, el incremento del empleo formal en la economía circular en un 60%, y la valorización de al menos el 50% de los residuos textiles generados. Asimismo, se prioriza la erradicación total de vertederos ilegales de textiles, en reconocimiento del impacto socioambiental que representan. Estas metas se guían por principios fundamentales como la transparencia, la colaboración entre actores, la co-responsabilidad legal y social, la innovación para encontrar soluciones tecnológicas y creativas, y la inclusión de todos los sectores sociales.

El documento establece cuatro ejes de acción principales. El primero, denominado Cultura Circular, enfatiza la educación ambiental y la sensibilización ciudadana para promover prácticas sostenibles desde la infancia. El segundo eje, Territorios Circulares, fomenta iniciativas locales que incentiven la reutilización y valorización de textiles en distintas regiones del país. El tercer eje, Regulación Circular, aboga por la implementación de normativas que incluyan la incorporación de textiles en la Ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor) y promuevan el reciclaje y reutilización de materiales. Finalmente, el eje de Innovación Circular impulsa el desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en la trazabilidad, la creatividad y el uso de tecnologías avanzadas.

En el contexto nacional, se observa que Chile importa el 93% de sus textiles y genera altos niveles de residuos, lo que convierte al país en el cuarto mayor importador de ropa usada a nivel mundial. Sin embargo, también cuenta con una rica tradición textil y un ecosistema emergente de emprendimientos que promueven la reutilización y el reciclaje. Este panorama, combinado con regulaciones como la Ley REP y proyectos de cooperación internacional, respalda la transición hacia una economía circular textil.

La estrategia incluye diversas iniciativas, como programas educativos, certificación de competencias técnicas en oficios textiles, desarrollo de infraestructura para reciclaje, regulación de la calidad de los productos y campañas contra el lavado verde de imagen. De este modo, se busca garantizar que los textiles sean gestionados como recursos valiosos, promoviendo la sostenibilidad ambiental, social y económica en el sector.

Esta hoja de ruta representa un esfuerzo colaborativo y ambicioso para abordar los desafíos de la industria textil en Chile, buscando transformar las prácticas actuales hacia un modelo más justo y sostenible.

1.4.3.6 Gestión Textil Municipal en Viña del Mar

La Municipalidad de Viña del Mar, a través del Departamento de Reciclaje, coordinó y contribuyó en la gestión de la ropa recolectada después de los incendios que afectaron a miles de personas en la comuna en 2022 y 2024. A través de campañas de donaciones dignas dirigidas a la comunidad se lograron acopiar un total de 31,08 toneladas de ropa en 2022 y 22,775 toneladas en 2024. Las prendas recolectadas eran diversas en tallas, tipos de prendas, composiciones, estado (bueno/malo) y cantidad usos anteriores por tener múltiples destinos de origen, principalmente domiciliario. Estas toneladas de ropa fueron manejadas de manera rápida y eficiente para prevenir focos sanitarios debido a la acumulación de residuos y evitar la proliferación de vectores que podrían contaminar la masa recolectada. El propósito de esta iniciativa fue distribuir la ropa de manera digna a las familias afectadas por el fuego y evitar el colapso de los sistemas de recolección. La coordinación de esta iniciativa por parte de la sociedad civil estuvo a cargo de Catalina Herrera, Patricia Prieto y Rocío Peters, mientras que por parte de la municipalidad fue Juan Pablo Gavilán, encargado de la oficina de residuos y reciclaje de la comuna, y ejecutado por la red de recuperadoras textiles de Valparaíso, con el apoyo de personal municipal, practicantes y voluntarias, principalmente de la comunidad organizada de Viña del Mar y Valparaíso.

La distribución de la ropa acopiada para el año 2022 y 2024 se observa en la Tabla 1.2. Estos casos de estudio se consideran relevantes a nivel nacional, ya que tras su puesta en marcha se valorizó el total de la ropa recolectada en el punto de gestión y se derivó a relleno sanitario gran parte de la ropa que no llegó al centro de acopio por no tener las condiciones de salubridad necesarias para su manejo. Para la categorización de la ropa recibida en el lugar dispuesto, se

consideraron las siguientes clasificaciones: donación, reutilización, supra reciclaje e infra reciclaje, términos definidos a continuación:

- a) Donación: Se consideró como tal toda prenda de primera categoría que posee la calidad original y adecuada para la recirculación de las prendas. Entre ellas ropas nuevas, con poco uso y en perfecto estado.
- b) Reutilización: Se clasificaron como tal todas las prendas mantenían buena calidad, pero que en su mayoría no eran nuevas, y se destinaron a la recirculación como donación a terceros no afectados por la catástrofe en calidad de ropa.
- c) Suprarreciclaje: En esta categoría se incluyen todas aquellas prendas de segunda categoría, que a pesar de que el textil de la ropa se mantenía en buen estado, tenían desperfectos como desgaste y pelusas, ausencia de uno o más botones, cierres y elásticos disfuncionales, etc. y su destino fue la transformación por medio de técnicas de costura upcycler a productos textiles nuevos, hechos con telas usadas.
- d) Infrarreciclaje: Se aquí todas aquellas prendas de tercera y cuarta categoría que no poseían las características para su recirculación o reincorporación en forma de vestuario, y por lo tanto, su destino fue el reciclaje mecánico para transformar lo que era “ropa entera” a “ropa molida” para su uso en productos/objetos que no son vestuario.

Las definiciones variaron en el caso del centro de gestión del 2024, año en que se consideró a las donaciones como una estrategia de reutilización, y, por tanto, no se separó como en el caso 2022.

Tabla 1.2. Categorías de distribución en centro de gestión textil, Viña del Mar 2022 Y 2024.

AÑO	2022		2024	
	Masa [ton]	Porcentaje (%)	Masa [ton]	Porcentaje (%)
Donación	12,90	41,52%	14,28	62,70%
Reutilización	1,66	5,34%		
Suprarreciclaje	5,21	16,75%	3,46	15,20%
Infrarreciclaje	11,31	36,38%	5,03	22,10%
TOTAL	31,08	100,00%	22,78	100,00%

En el informe de Nodo Valparaíso de donde se extraen los datos para el 2024 indica lo siguiente “*un caso de éxito tanto por el servicio proporcionado a la comunidad en momentos de urgencia social como por la calidad en su gestión y organización, proporcionando un ejemplo de sistema*”

circular con un enorme potencial de perdurar como un servicio continuo, dado que la gestión circular del textil es una necesidad constante que va más allá de la urgencia puntual.”

1.5 Normativa nacional

La normativa nacional respecto a la Industria textil evidencia la relevancia que esta tuvo en algún momento a nivel nacional por sus aportes al crecimiento económico del país llegando a existir una Superintendencia específica para la industria por medio del Decreto Ley N°397, el cual buscaba regular la actividad económica nacional, garantizando la función social y resguardando el derecho de los consumidores y trabajadores, por medio de la vigilancia y control sobre las materias primas e insumos que requiera el proceso de producción textil. Promoviendo el crecimiento productivo de esta industria para satisfacer la demanda y la creación de un organismo de alto nivel técnico que coordine con el Estado toda acción respecto a la Industria Textil. Sin embargo, tras los cambios en la matriz económica no prosperó y se suprimió dicha Institución por medio del Decreto Ley N°1967, pues se consideró que se habían superado las dificultades que afectaron al normal desarrollo de esa rama de la actividad económica del país, en cuanto a tener un organismo técnico especializado sólo en un aspecto de la industria nacional.

En materia de ropa usada, las regulaciones sobre importación y comercialización no es sistemática y esencialmente es de tipo administrativa (Calvo & Williams, 2022).

El Decreto N° 2.389 de 1995 del Ministerio de Salud, dicta la Norma Sanitaria que indica respecto a la ropa usada importada. En el cual se indica en el artículo 1° que todo producto de importación consistente en ropa usada, para su comercialización en el país, independientemente del material de que esté constituida (lana, algodón, nylon, poliéster u otros) deberá contar con un certificado de sanitización otorgado en su país de origen. En el artículo 2° indica que se entiende por sanitización cualquier proceso que garantice la higienización del producto, el cual puede ser una fumigación con formaldehído, bromuro de metilo u otro fumigante de similares efectos o lavado previo con calor seco o húmedo realizado con distintos agentes físicos o químicos. También indica que cualquier partida de ropa usada que no dé cumplimiento a esta disposición sanitaria no será autorizada para su ingreso al país.

También por medio de la Resolución exenta N° 971 de 2018 del Ministerio de Agricultura, establece los requisitos fitosanitarios para el ingreso de productos usados, entre ellos ropa, que puedan transportar la plaga *Halyomorpha halys* o “chincheapestoso” de origen asiático que causa daño agrícola, el que para su ingreso requiere un certificado de fumigación, y que autoriza para ello el uso de Bromuro de Metilo, Fosfina o Fluoruro de Sulfurilo.

El Decreto N°148/2004 del Ministerio de Salud, aprueba el reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos, donde clasifica a los residuos textiles y ropa usada como no peligrosos, siempre que no estén mezclados con otros residuos (artículo 90, listado B3030). Sin embargo,

la Autoridad Sanitaria tendrá siempre la facultad de comprobar que un residuo cualquiera es peligroso por presentar alguna característica de peligrosidad conforme a lo establecido en los artículos 12 al 17 del decreto. La toxicidad aguda de un residuo podrá estimarse en base a la información técnica disponible respecto de la toxicidad aguda de sus sustancias componentes.

En cuanto a comercialización, el Decreto N°26 de 1984 del Ministerio de Economía aprueba el Reglamento de rotulación y símbolo para el cuidado de los textiles; rotulación de tejidos y rotulación del vestuario, norma la manera en que se deben cuidar mientras se usan los productos textiles, considerando las operaciones de lavado, clorado, planchado y lavado en seco, por medio de la simbología indicada o en idioma español (figura 1.3), los cuales deberán ser legibles durante toda la vida útil del producto. También indica los requisitos que se deben cumplir en la rotulación de los tejidos, de cualquier origen o procedencia, que se comercialicen en el mercado interno, rotulación que será obligatoria en los tejidos a que éste se aplica, además, la información mínima que deben contener las marcas y marbetes (etiquetas) y la ubicación y características de cada una de ellas.

Dice el Artículo 23°. - La información contenida en las etiquetas debe figurar en idioma castellano en caracteres fácilmente legibles, y será la siguiente:

- a) Nombre o razón social del fabricante o importador, o marca registrada si la hubiere;
- b) País de fabricación de la prenda;
- c) Código de talla;
- d) Nombre y porcentaje de las fibras que componen el tejido principal, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 18 letra d) de este reglamento;
- e) Información sobre características de la prenda derivada de procesos especiales de acabado, tales como "no encoje" o "inarrugable";
- f) Los cuatro símbolos para el cuidado, a que se refiere el Título I de este reglamento; y
- g) Cualquier otra información que el fabricante estime de utilidad para el usuario.

El artículo 18°, respecto a las fibras indica lo siguiente:

- a) Marca o nombre del fabricante.
- b) Nombre y porcentaje de las fibras que componen el tejido, de acuerdo a las especificaciones siguientes:

1.- Se utilizará la expresión "100%", "PURO" o "TODO" cuando el tejido esté constituido de un solo tipo de fibra.

Se podrá utilizar la expresión "100%", "PURO" o "TODO" cuando el tejido presente otras fibras, siempre que la presencia de ellas se deba a impurezas inadvertidas durante el proceso de fabricación y no a una adición voluntaria; el peso de esas fibras no debe exceder el 2% de la

masa del tejido. Tratándose de tejido fabricado con hilado cardado, la presencia de estas impurezas no debe exceder el 5% de la masa del tejido.

2.- Si el tejido está hecho de una mezcla que contiene 90% o más de una determinada fibra, podrá considerarse como hecho de la fibra predominante indicando solamente su nombre, sin hacer uso de la expresión "100%", "PURO" o "TODO".

3.- Si la presencia de la o las fibras que constituyen el restante 10% afectan la forma de efectuar el cuidado durante el uso, se debe indicar en orden decreciente el nombre y porcentaje de cada una de las fibras que constituyen la mezcla.

4.- Si el tejido contiene menos de 90% de la fibra predominante, se debe indicar en orden decreciente el nombre y porcentaje de cada una de las fibras que constituyen la mezcla.

5.- Si el tejido está constituido por urdimbre y trama de diferente composición de fibra, se debe indicar por separado la constitución de cada serie de hilado.

6.- Las fibras se describen por su nombre genérico. En el caso de fibras naturales, se debe indicar si éstas son recuperadas.


















 Lavado a máquina	<p>Temperatura</p>  Baja / Fría Tibia Caliente	<p>Ciclo</p>  Normal Programa antiarrugas Delicado / Muy delicado	<p>Otro</p>  No lavar Lavar a mano			
 Blanqueado	<p>Blanqueador (según sea necesario)</p>  Solo blanqueador sin cloro (según sea necesario) No blanquear					
 Secado a máquina	<p>Ajuste de la temperatura</p>  Sin calor Baja Media Alta Cualquier temperatura	<p>Ciclo</p>  Normal Programa antiarrugas Delicado / Muy delicado	<p>Otro</p>  No usar secadora			
 Secado	 Secar colgado Dejar escurrir Secar horizontalmente Secar a la sombra No secar No retorcer					
 Planchado	<p>Temperatura</p>  Baja Media Alta			<p>Otro</p>  Sin vapor No planchar		
 Limpieza en seco	 Limpiar en seco No limpiar en seco					

Figura 1.5. Símbolos de lavado de ropa. Fuente: Sitio web Clorox, 2020.

Respecto de prendas usadas de procedencia extranjera bastará con que las etiquetas sean de material que permita mantener la información contenida en ellas durante todo su proceso de comercialización, en idioma castellano con caracteres legibles con la información respectiva a país desde el que se importó la prenda, nombre o razón social del importador, la indicación de ser “ropa usada” en el centro de la etiqueta claramente destacado, además del código de talla.

1.5.1 Fibras Textiles

Las fibras son la unidad básica del hilo que conforma la tela para la creación y manufactura de diversos tipos de productos textiles. Se considera como tal cualquier material susceptible de ser hilado y que su largo sea mayor que su longitud. Puede tener diversas composiciones y su proceso productivo depende del material a utilizar en su composición.

Las fibras textiles se pueden clasificar según su materia prima en fibras naturales que proceden de origen vegetal o mineral, y en fibras químicas, las que pueden ser sintéticas y/o artificiales como se indica en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Clasificación de las fibras textiles. Fuente: García, 2021.

Tipo de fibra	Origen	Nombre fibra	
Fibras Naturales	Animal	Lana Seda Pelo	
	Vegetal	Algodón Lino Yute	
	Mineral	Asbestos	
Fibras químicas	Artificial	Celulósicas	Viscosa Acetato Rayón Lyocell Tencell
		Proteicas	Fibrolana Vícara
	Sintético	Polímeros inorgánicos	crystal para fibras de cristal metal para fibras de metal
		Polímeros orgánicos	Poliéster Poliamida Acrílico Polipropileno Elastano

Las propiedades diferentes de cada fibra son distintas según sea su origen, las de origen animal suelen ser de tipo proteico, y las de origen vegetal son celulósicas. Las fibras más comercializadas dentro de la industria del vestir en esta categoría son el algodón y el lino respectivamente.

Las fibras químicas, por otra parte, se fabrican a partir de polímeros por medio de diferentes técnicas según sea la tela que quiera producirse. El poliéster es la fibra que más se produce dentro de su categoría, con casi el 80% de la producción total de fibras (García, 2021). Se fabrica a partir de etileno y dimetiltereftalato (DMT), que provienen a su vez del petróleo.

1.5.2 Valorización del residuo textil

La jerarquía en el manejo de residuos se plantea como una pirámide invertida que diagrama de manera sencilla el orden en la valorización de los residuos dentro del modelo de economía circular de forma descendente hasta la eliminación.

El residuo textil se plantea en categorías de revalorización en forma jerárquica dependiendo de la calidad del material de las prendas desechadas y siguiendo los lineamientos de la ley REP, que define dicha jerarquía como “el 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 20.920 MMA/2016).

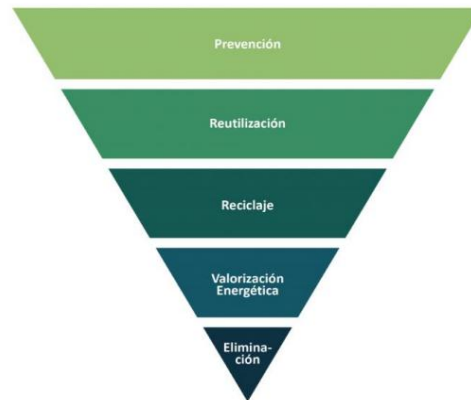


Figura 1.6. Pirámide del manejo de residuos. Fuente: MM, 2016.

La primera opción es la prevención, que “contempla un conjunto de acciones o medidas que se reflejan en el diseño o en modificaciones de productos o servicios cuyo fin es evitar la generación de residuos, materias primas utilizadas en procesos productivos, la reducción en cantidad o la peligrosidad de los mismos cambios de insumos, en dichos procesos, e información para transparentar impactos ambientales del ciclo de vida de productos o servicios para aportar al consumo más consciente y cambios de hábitos” (Ley N°20.920, MMA).

En este nivel, se requiere la participación activa de la comunidad, instituciones y organizaciones, tanto públicas como privadas, colectivas e individuales, que deben asumir un papel proactivo y desarrollar estrategias destinadas a reducir los niveles de consumo de productos que generan residuos. Por ejemplo, las empresas industriales pueden implementar cambios tecnológicos en sus procesos de producción, orientados a modificar el diseño o la composición de sus productos con el fin de minimizar la generación de residuos a lo largo de todo su ciclo de vida. También pueden ajustar las dimensiones de los productos para optimizar el uso de la materia prima, además de revisar y modificar los materiales y los insumos utilizados con el objetivo de reducir o prevenir la generación de residuos potencialmente peligrosos en el corto, mediano o largo plazo.

Si no es factible evitar la generación de residuos, se debe explorar alternativas para su valorización.

Según la ley, la valorización corresponde a un conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar un residuo, uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos. Comprende la preparación para la reutilización, el reciclaje y valorización energética, en orden descendiente en su preferencia.

La reutilización se refiere al acondicionamiento de productos desechados sus componentes por medio de acciones de revisión, limpieza o reparación para que puedan reutilizarse sin involucrar un proceso productivo. Es decir, que el producto pueda ser nuevamente empleado para su propósito original. Preparar un producto para su reutilización prolonga su vida útil y disminuye la frecuencia de generación de residuos.

Cuando no sea posible reutilizar los residuos, la próxima alternativa de manejo preferible es el reciclaje, definido por la misma normativa como el empleo de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo, incluyendo el co-procesamiento y compostaje, pero excluyendo la valorización energética. Para llevar a cabo el reciclaje, es posible emplear la totalidad o una parte del residuo como material de entrada en un proceso de producción.

El reciclaje se puede llevar a cabo de dos maneras distintas según el objeto a producir. En el método “reciclaje de ciclo abierto” hace referencia a los métodos por los que los residuos se convierten en nuevos productos de menor calidad y menores funciones, en cambio, el término “reciclaje de ciclo cerrado” o “Closed Loop” se utiliza para describir aquellos procesos que mantienen los materiales fluyendo dentro de la cadena sin perder valor.

El co-procesamiento corresponde al uso de ciertos residuos en los procesos de fabricación con el objetivo de recuperar energía y recursos al reducir el uso de combustibles convencionales y materias primas mediante su sustitución, y el compostaje se refiere al reciclaje de residuos orgánicos, que consiste en una mezcla que a luego puede ser utilizada para mejorar la calidad del suelo y como fertilizante para cultivos.

Por último, aquellos residuos que no pueden ser reutilizados ni reciclados, pueden ser valorizados energéticamente para aprovechar su poder calorífico en la generación de energía y reducir el uso de combustibles convencionales.

Siguiendo la jerarquía de gestión de residuos, la eliminación representa la última opción cuando la prevención y la valorización no son factibles. Este enfoque abarca cualquier proceso destinado a disponer de manera permanente o a eliminar un residuo en instalaciones debidamente autorizadas. La disposición definitiva implica el envío de residuos a sitios de eliminación final, como los rellenos sanitarios. Asimismo, la destrucción de un residuo puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante la incineración sin recuperación de energía, realizada únicamente con el fin de someterlo a altas temperaturas, sin aprovechar su poder calorífico, como en las plantas incineradoras.

1.6 Impactos ambientales asociados

Según el informe de Quantis (2018) las emisiones per cápita relacionadas con el consumo global de ropa fueron de 442 kg CO₂ equivalente en 2016 y 23.900 litros de agua por persona.

Por otra parte, el mismo estudio indica que las fases del ciclo de vida de tintura y acabado, el hilado y producción de fibras son las principales etapas que contribuyen a la contaminación global de la industria.

La producción de fibra es la etapa del ciclo de vida que tiene un mayor impacto sobre la extracción de agua dulce y la calidad de los ecosistemas debido al cultivo del algodón producto de la devolución de agua contaminada al entorno tras el proceso. El impacto del teñido y acabado y preparación del hilo se asocia al alto uso de energías principalmente de origen fósil. Esta etapa también afecta fuertemente a la calidad de los ecosistemas debido a los pesticidas utilizados en el cultivo del algodón, y emisiones como nitratos que afectan cursos de agua y suelos. También requieren grandes cantidades de agua la preparación de hilos en técnica húmeda utilizados para la elaboración de fibras sintéticas y naturales (Better cotton, 2023).

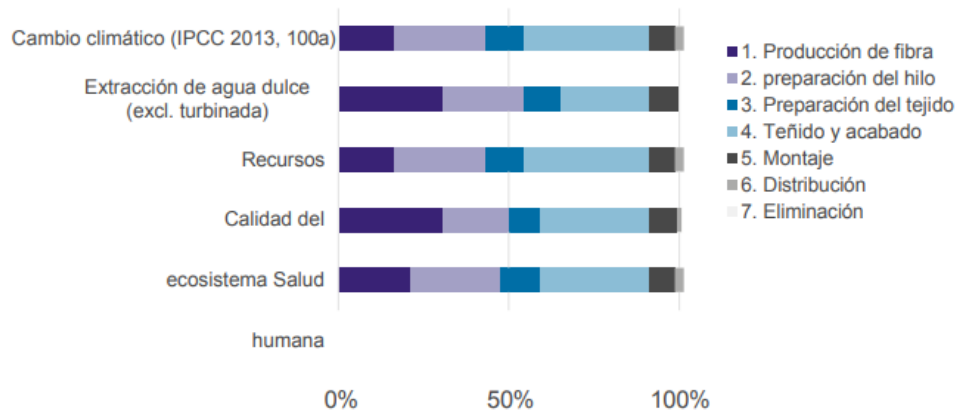


Figura 1.7. Impactos del ACV de la ropa. Fuente: Quantis, 2018.

En cuanto a materialidades, la fibra que utiliza la mayor cantidad de agua es el algodón, la cobertura de esta fibra en el mercado global textil corresponde al 24% según Quantis (2018). Mientras que la producción de poliéster utiliza la mitad, sin embargo, tiene una cobertura mayor.

García (2021), en su Evaluación ambiental de los productos textiles durante todo su ciclo de vida e introducción de estrategias de economía circular categoriza el impacto sumativo de las etapas previas hasta una “prenda tipo”, como se muestra en la *Figura 1.8*.

Impacto medio-ambiental	Energía	Consumo de agua	GEI	Contaminación del agua	Uso del suelo	Uso de químicos
De mayor a menor impacto	Fibra acrílica	Algodón	Poliéster	Lana	Lana	Algodón
	Nailon	Seda	Lyocell	Celulosa regenerada	Algodón	Lana
	Poliéster	Nailon	Viscosa	Fibras naturales de rafia	Lino	Poliéster
	Celulosa regenerada	Celulosa regenerada	Algodón	Nailon	Cáñamo	
	Algodón	Fibra acrílica	Fibras naturales de rafia	Poliéster	Viscosa	
	Lyocell	Cáñamo	Lana		Yute	
	Lana	Lana			Lyocell	
Fibras naturales de rafia	Fibras naturales de rafia					
		Poliéster				

Figura 1.8. Impacto ambiental según tipo de fibras. Fuente: García, 2021.

La Figura 1.9. indica una proyección de los cinco aspectos a evaluar en el informe de Quantis (2018) hasta el 2030. En donde se puede observar que la tendencia producto de esta industria al cambio climático, afectación a la salud humana, calidad de los ecosistemas, extracción de recursos naturales y extracción de agua, siguen en aumento durante el periodo analizado.

	UNIDADES	2005	2010	2016	2020	2030
Cambio climático	Gigatone ladas de CO eq ₂	2.44	2.84	3.29	3.78	4.91
	%	74%	86%	100%	115%	149%
Salud humana	10 ⁶ DALY	1.69	1.94	2.25	2.57	3.31
	%	75%	86%	100%	114%	147%
Calidad de los ecosistemas	10 ⁹ PDF.m ² .y	829	908	1,018	1,127	1,388
	%	81%	89%	100%	111%	136%
Recursos	10 ⁹ MJ	30,000	34,900	40,900	46,900	61,100
	%	73%	86%	100%	115%	149%
Extracción de agua dulce	10 ⁹ m ³	171	189	215	240	299
	%	80%	88%	100%	112%	139%

Figura 1.9. Proyección de los impactos asociados a la industria textil. Fuente: Quantis, 2018.

1.7 Huella de carbono

Según el IPCC la huella de carbono es la medida de la cantidad total exclusiva de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que está directa e indirectamente causada por una actividad o se acumula a lo largo de las etapas de la vida de un producto, representa el volumen total de gases de efecto invernadero (GEI) que producen las actividades económicas y cotidianas del ser humano. Evalúa tanto las emisiones directas como las indirectas de una serie de compuestos, incluyendo el metano (CH₄), el óxido de nitrógeno (N₂O), los hidrofluorocarburos (HFCs), los perfluorocarburos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF₆), y, especialmente, el dióxido de carbono (CO₂), que es el gas más abundante y el principal contribuyente al calentamiento global.

La huella de carbono se divide en tres alcances identificados en la norma ISO 14064-1, los cuales se definen a continuación según Huella Chile como:

1.7.1 Alcance 1 - Emisiones directas

Comprende las emisiones directas generadas en fuentes de propiedad de la organización o controladas por ella. En el Alcance 1 se incluyen las emisiones provenientes de fuentes de combustión fija o estacionaria (generadores, hornos, calderas, etc.), combustión móvil (compra directa de combustible para vehículos propios o controlados por la organización para el transporte de carga o personas), emisiones por procesos específicos que son propiedad o están controlados por la organización (metano de la planta de riles), emisiones fugitivas (provenientes principalmente de escapes de hidrofluorocarbonos (HFCs) utilizado en equipos de climatización y/o refrigeración) y carbono biogénico (cambio de uso de suelo, cosecha, incremento de masa arbórea).

1.7.2 Alcance 2 - Emisiones indirectas

Emisiones indirectas producto de la generación de electricidad de entrada, calefacción o vapor que es adquirida y utilizada en las operaciones propias de la organización. En el caso de empresas generadoras y distribuidoras de electricidad, también deben incluir la estimación de pérdidas de energía por transmisión y distribución (T&D).

1.7.3 Alcance 3 - Otras emisiones indirectas

Otras emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la organización, pero que no ocurren en fuentes que no son controladas por la organización según la definición del Alcance 1.

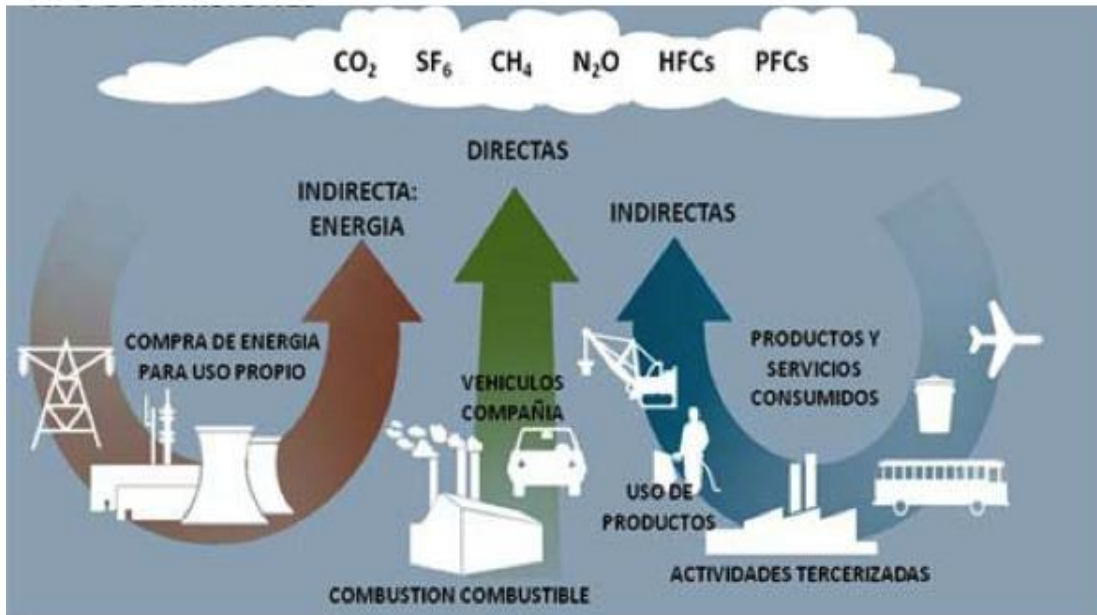


Figura 1.10. Tipos de emisiones por alcance. Fuente: MMA.

El alcance 3 considera, según Huella Chile las siguientes subcategorías:

- Bienes y servicios adquiridos:

Emisiones indirectas de GEI resultantes de la extracción y producción de bienes (equipos de capital, materias primas, insumos, etc.) y servicios comprados o adquiridos por la empresa que reporta.

- Movilización de personas:

Emisiones indirectas de GEI resultantes de la combustión de fuentes móviles que no son propias ni están controladas por la organización que reporta, pero que son utilizadas para el traslado de personas relacionadas a ésta, ya sea por viajes de negocios, traslado diario de personal, y transporte de visitantes y clientes.

- Transporte de carga:

Emisiones indirectas de GEI resultantes del transporte de carga realizado por terceros. “Aguas arriba” (transporte de proveedores directos o dentro de la cadena de suministros, incluye insumos, productos o residuos) y “Aguas abajo” (servicio por la que la organización no paga, por ejemplo, transporte pagado por el cliente de productos finales puesto en el puerto de la organización).

- Tratamiento y/o disposición de residuos:

Emisiones indirectas de GEI resultantes del tratamiento y/o disposición de residuos generados en las operaciones de la organización por parte de terceros.

- Otros:

Emisiones indirectas no contempladas en las secciones anteriores. Entre éstas se encuentran las emisiones de GEI resultantes de la operación de inversiones de capital (acciones, adquisición de patrimonio, participación en otra empresa), post-venta (uso del producto por el consumidor, final de vida útil del producto), operación de franquicias (aplica a organizaciones que entregan franquicias), y operación de activos propios y arrendados a otras entidades (aplica a organizaciones que reciben pagos por arriendo).

1.8 Unidad de estudio: comuna de Valparaíso

Según los datos de la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN) la comuna de Valparaíso posee una superficie de 401,6 kilómetros cuadrados y una población proyectada de 320.816 habitantes para el 2022, con una variación del 8,1% respecto al censo 2017.

Valparaíso es una de las ciudades más antiguas de Chile. Sus orígenes se remontan a 1.536 y por su calidad de puerto principal, ejerció un papel determinante en el proceso de emancipación nacional. En la actualidad es sede del Poder Legislativo, y declarada capital de institucionalidad cultural del país, alberga al gobierno regional y a la mayoría de las secretarías regionales del gobierno central (Seremis) y es asiento de la Armada de Chile, debido a lo cual es la principal oferente de los procesos de gestión y conducción en el sector público (I. Municipalidad de Valparaíso).

En la comuna de Valparaíso, el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios (RSD), administrado por la Dirección de Operaciones de la Municipalidad, opera bajo un sistema de recolección mixto, según el "Informe de Diagnóstico Nacional y Regional sobre Generación y Eliminación de Residuos Sólidos Domiciliarios y Asimilables," elaborado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (Subdere) en 2018. Este sistema combina la recolección puerta a puerta con un método semi mecanizado, ofreciendo una frecuencia de servicio de seis días a la semana en zonas urbanas y cinco días al mes en áreas rurales. La cobertura alcanza al 85% de las áreas urbanas y al 60% de las rurales, reflejando un enfoque diferenciado según las características del territorio.

El equipamiento de recolección contempla 48 camiones, tanto de carga lateral, como camión tolva. El recorrido diario por camión es de 55 kilómetros y considera un viaje diario hacia el Relleno Sanitario El Molle, propiedad de la Municipalidad de Valparaíso. Además, en el informe se declara que no existe un sistema de recolección diferenciada para la comuna, y no se realiza tratamiento a los residuos antes de disponerlos finalmente.

En la comuna, existe una gran cantidad de residuos sólidos domiciliarios depositados en las calles y quebradas, el programa de control de microbasurales en Valparaíso de 2009 describe que el inadecuado manejo de residuos sólidos en Valparaíso constituye un problema de gran envergadura en la comuna, que deriva en una serie de efectos negativos en la calidad de vida de los habitantes. En la *Figura 1.11* se presenta la Representación gráfica de zona de estudio del presente informe.

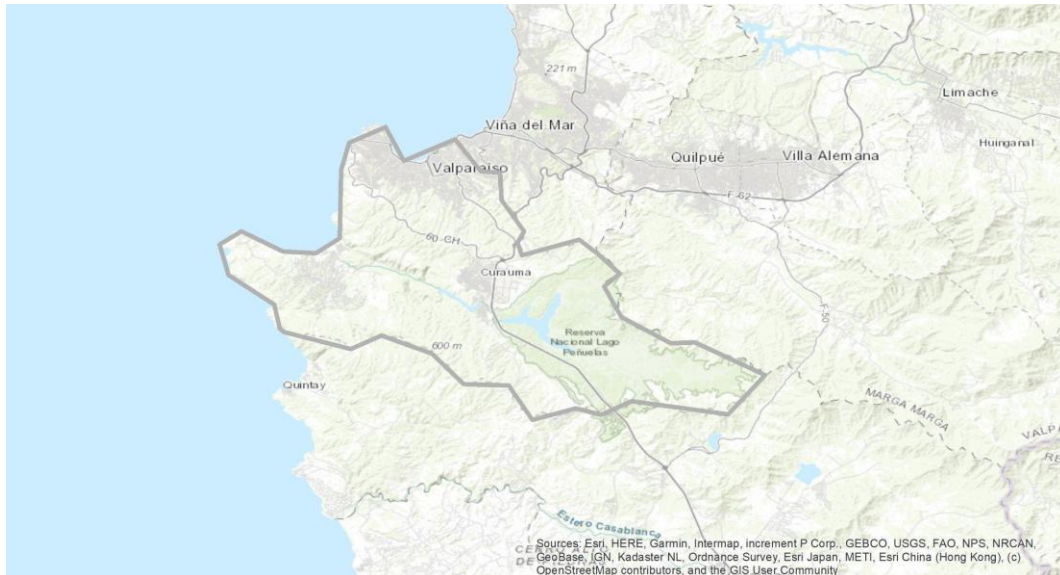


Figura 1.11. Representación gráfica de zona de estudio. Fuente: Google Maps.

2 PROBLEMA

La industria textil se basa en un modelo económico lineal a escala global, en el cual se produce ropa en países vulnerables en grandes cantidades de bajo costo y poca calidad para distribuir mundialmente y ser desechadas al poco tiempo de uso. A este modo de producir se le conoce como “Fast Fashion” y genera enormes cantidades de desperdicios textiles en poco tiempo y en múltiples lugares del mundo. El sobreconsumo de ropa, es una tendencia que se ha acrecentado de forma acelerada en los últimos 15 años, duplicando la producción durante el mismo período, estimándose un valor de entre 10 y 14 kilos de ropa producida al año por persona. Al ser un producto con altas tasas de consumo, también lo son las tasas de descarte en calidad de “ropa basura”.

A nivel global se ha difundido que Chile se ha convertido en un vertedero textil del hemisferio norte lo cual ha encendido las alarmas respecto a la contaminación que el residuo de la industria de la moda está produciendo.

La ausencia de diagnósticos, regulaciones normativas y propuestas de gestión para el residuo textil en la comuna (y país), conlleva un desconocimiento de las cantidades circulantes, y a su vez una acumulación desregulada de este material en rellenos sanitarios, sin conocer aún los verdaderos impactos sociales y ambientales en los lugares que se depositan. Es por ello que se hace necesaria la implementación de una estrategia de manejo para el residuo textil en el marco de la Estrategia de economía circular para textiles planteada en Chile para el año 2040, acorde a la próxima incorporación de textil en la ley REP como producto prioritario.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Proponer ruta de valorización de residuo textil post consumo doméstico generado en la comuna de Valparaíso de bajo impacto ambiental.

3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos para el estudio son los siguientes:

1. Estimar la cantidad de residuo textil producido en la comuna de Valparaíso.
2. Calcular el impacto ambiental, medido en Huella de Carbono actual asociado a la producción y disposición final del residuo textil en la comuna de Valparaíso.
3. Evaluar alternativa técnico económica para la valorización de residuo textil producido de la comuna de Valparaíso acorde a la meta 3 de la Estrategia de economía circular para textiles al 2040.
4. Calcular el impacto ambiental medido en Huella de Carbono asociado a la propuesta de valorización de residuo textil para la comuna de Valparaíso.

4 METODOLOGÍA

La metodología para llevar a cabo el estudio se subdividió en cuatro áreas principales respecto al objetivo que aborda en el tema de investigación las cuales se detallan a continuación.

4.1 Estimar la cantidad de residuo textil producido en la comuna de Valparaíso

Se realizó una revisión bibliográfica al anteproyecto de la Estrategia de economía circular en textiles del Ministerio del Medio Ambiente, publicada en agosto del 2024, documento que publica una línea base sobre el estado actual de la gestión del residuo textil en Chile y plantea las metas de disminución del residuo y valorización al 2040, en la cual indica los valores de producción per cápita y a nivel nacional respecto al porcentaje de los residuos textiles como una fracción de los residuos sólidos domiciliarios.

Para estimar la producción de estos se realizó un análisis sobre la producción de residuos sólidos domiciliarios (RSD) en la comuna de Valparaíso, específicamente del informe de SUBDERE 2018, considerando las proyecciones de aumento de la población de acuerdo a la información provista por el Instituto nacional de estadísticas (INE).

4.2 Estimación de la huella de carbono asociadas al residuo textil en la comuna

Las estimaciones de los GEI y gases precursores fueron realizadas en línea con las Directrices del IPCC de 2006. La estrategia metodológica implica la integración de los datos que reflejan el grado de actividad humana, conocidos como datos de la actividad (DA), con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones asociadas a una unidad de actividad llamados Factores de Emisión (FE). La ecuación se configura a continuación.

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Datos de actividad (DA)} \times \text{Factores de emisión (FE)}$$

Para la determinación del FE se usaron valores de la Base de Datos de Huella Chile en las cuales indica el aporte de GEI de la ropa como bien de consumo y también en calidad de residuo doméstico dispuesto en rellenos sanitarios, con un enfoque de análisis ciclo de vida (ACV) que considera el aporte de ambas etapas de la cadena de valor.

La metodología del cálculo de la huella de Carbono utilizada corresponde a la presentada en la Guía para la implementación de la norma ISO 14064-1:2006.

La emisión de GEI se midió en CO₂ equivalente para el cálculo en todas las subdivisiones del residuo textil.

4.3 Propuesta de manejo del residuo textil de la comuna

La propuesta se formuló en alineación con la meta de valorización de residuos textiles establecida en la Estrategia de Economía Circular para Textiles en Chile al 2040. Esta meta contempla un escenario de recuperación progresiva de residuos, ajustándose a la tasa de generación anual durante el período definido por la estrategia.

Primero se proyectó la disminución de los residuos textiles según la meta 1 de la estrategia, para obtener las cifras de valorización a alcanzar en mediano y largo plazo. Tras esto, se consideraron las alternativas actuales existentes en el mercado local para la valorización del residuo textil siguiendo el orden de jerarquización del manejo de residuos, el cuál divide por etapas y según la calidad las posibilidades de valorización para cada tipo de residuo, y se definió un sistema con la capacidad de abordar la totalidad de los residuos textiles correspondientes al año 2030.

Luego se realizó un diagrama de flujo en donde se define la ruta para el manejo del residuo textil generado, considerando el orden según la pirámide de jerarquización de residuos propuesto en la Estrategia de economía circular para textiles del MMA, 2024. Considerando aspectos técnicos para abordar los volúmenes requeridos en cada una de las etapas, diferenciando según destino del residuo textil, categoría y estrategia de valorización. Se utilizó como herramienta Lucidchart, programa de diagramación web, que permite crear diagramas y otros instrumentos de diseño.

4.4 Medir el cambio de la huella de carbono asociada a la propuesta de valorización del residuo textil

Para analizar los impactos se establecieron dos escenarios posibles: “sin propuesta” vs “con propuesta” para comparar el carbono equivalente asociado al residuo textil en la comuna en la condición actual considerando su eliminación total en rellenos sanitarios como sucede en el presente, mientras que el segundo escenario evalúa el aporte de carbono equivalente a la comuna considerando la propuesta de valorización planteada, para comparar en medida de huella de carbono el impacto ambiental de ambos casos, y poder a partir de ello analizar el aporte de las metas de la estrategia planteada a nivel nacional este residuo.

Se utilizaron para los cálculos los datos disponibles de base de Huella Chile actualizados el 2023 como referencia, y se preparó una tabla comparativa que visualiza la diferencia de CO₂ equivalente del escenario con y sin propuesta de manejo.

5 RESULTADOS

5.1 Estimación del residuo textil domiciliario

Los residuos textiles (RT) en la actualidad, se configuran como una parte de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) ya que son parte del mismo sistema de gestión de disposición final: recolección masiva domiciliaria municipal no diferenciada, por tanto, se analizaron dentro de este ítem para dimensionar su producción.

Según los datos disponibles en el informe “Diagnóstico y catastro regional de residuos sólidos domiciliarios” del Programa Nacional de residuos sólidos, a cargo de la Subdere publicado en enero del 2024, la producción de RSD declarada por los municipios en la comuna de Valparaíso para el 2022 alcanza un valor de 133.471 (ton), atendiendo a una población de 301.532 personas, lo cual representa el 15,97% de la producción total regional de RSD, siendo la segunda comuna después de Viña del Mar las que lideran este ítem. El valor per cápita se indica en la *Tabla 5.1*.

Tabla 5.1. Producción de RSD, comuna de Valparaíso. Fuente: Subdere, 2022.

RSD (ton/año 2022)	Población comunal atendida (PCA 2022)	Producción per cápita (Ppc) [kg/hab*día]
133.471	301.532	1,21

La proyección demográfica de la población total de la comuna de Valparaíso para 2024 indicada en el sitio web del INE, supone en la actualidad un total de 320.816 habitantes, por lo tanto, la masa de residuos aumenta si se mantiene constante la producción de RSD per cápita. Los valores se indican en la *Tabla 5.2*.

Tabla 5.2. Proyección de la producción de RSD, comuna de Valparaíso al 2024.

Población proyectada 2024	Producción per cápita (Ppc) [kg/hab*día]	RSD (2024)
320.816	1,21	141.562,96

Respecto a los residuos textiles (RT), según los datos disponibles por el Ministerio del Medio ambiente, en el Anteproyecto de la Estrategia de Economía circular para textiles, publicada en agosto del 2024, indica que en la actualidad el 7% de los RSD corresponden a residuos textiles, lo que equivale a 32 kg/persona/año como promedio nacional.

El año 2024 se configura como la línea base según la Estrategia de economía circular para textiles como el primer año en donde se dimensionan los residuos de esta especie a nivel país, y desde donde se realizan las proyecciones para lograr las metas que estipula el documento para mediano plazo en el 2030 y el largo plazo al 2040. Dichas metas, presentan un desafío para la

disminución de la producción del residuo textil y en el aumento en la valorización del mismo, las que se presentan en la *Tabla 5.3*.

Tabla 5.3. Proyección de la Meta 1 y 3, comuna de Valparaíso al 2024.

META	Indicador	Línea Base	Año 2030	Año 2040
Meta 1: Disminuir el sobre consumo de productos textiles	kg/hab/año	32 kg/hab/año	Reducir en 15%	Reducir en 30%
Meta 3: Aumentar la valorización de los residuos textiles	ton valorizados/ton generado	<1%	Aumentar en 10%	Aumentar en 50%

Por lo tanto, la producción de residuos textiles (RT) en la comuna de Valparaíso para el año base, corresponde a la fracción de estos en los RSD. Considerando las metas de la Estrategia proyectada en el periodo indicado se realiza el cálculo de estimación del RT a partir de la ecuación siguiente:

$$\text{Flujo de residuos textiles (ton/año)} = \text{Flujo de sólidos domiciliario (ton/año)} * \%RT$$

Ecuación 5-1. Flujo de residuo textil.

Se consideró para cada año el residuo textil producido (RTp), el residuo textil valorizado (RTv), y el residuo textil no valorizado (RTnv). Los resultados se presentan en la *Tabla 5.4*.

Tabla 5.4. Proyección de la Estrategia de economía circular de RT, comuna de Valparaíso, 2024-2040.

AÑO	META 1		META 3		RT no valorizados (ton/año)
	%	RT producidos (ton/año)	%	RT valorizados (ton/año)	
2024	0%	9.909	1%	99	9.810
2025	2%	9.678	3%	242	9.436
2026	5%	9.447	4%	378	9.069
2027	7%	9.216	6%	507	8.709
2028	9%	8.985	7%	629	8.356
2029	12%	8.753	9%	744	8.009
2030	15%	8.423	10%	842	7.581
2031	17%	8.274	14%	1.158	7.116

AÑO	META 1		META 3		RT no valorizados (ton/año)
	%	RT producidos (ton/año)	%	RT valorizados (ton/año)	
2032	18%	8.126	18%	1.463	6.663
2033	20%	7.977	22%	1.755	6.222
2034	21%	7.828	26%	2.035	5.793
2035	23%	7.680	30%	2.304	5.376
2036	24%	7.531	34%	2.561	4.971
2037	26%	7.383	38%	2.805	4.577
2038	27%	7.234	42%	3.038	4.196
2039	29%	7.085	46%	3.259	3.826
2040	30%	6.937	50%	3.468	3.468
Total		140.465,84		27.288,03	113.178

Al observar la proyección de la producción y valorización textiles, es posible evidenciar como se presenta una disminución acelerada a partir del año 2030 en la producción de residuos textiles y en consecuencia también los residuos textiles no valorizados, sin embargo, también se observa que el volumen de estos últimos es muy cercano a los valores de producción, por otra parte, se observa que la cantidad de residuos textiles valorizados se mantiene muy por debajo de la tasa de producción de estos, alcanzando la mitad de las toneladas de producción al 2040. Los resultados obtenidos se observan graficados en la *Figura 5.1*.

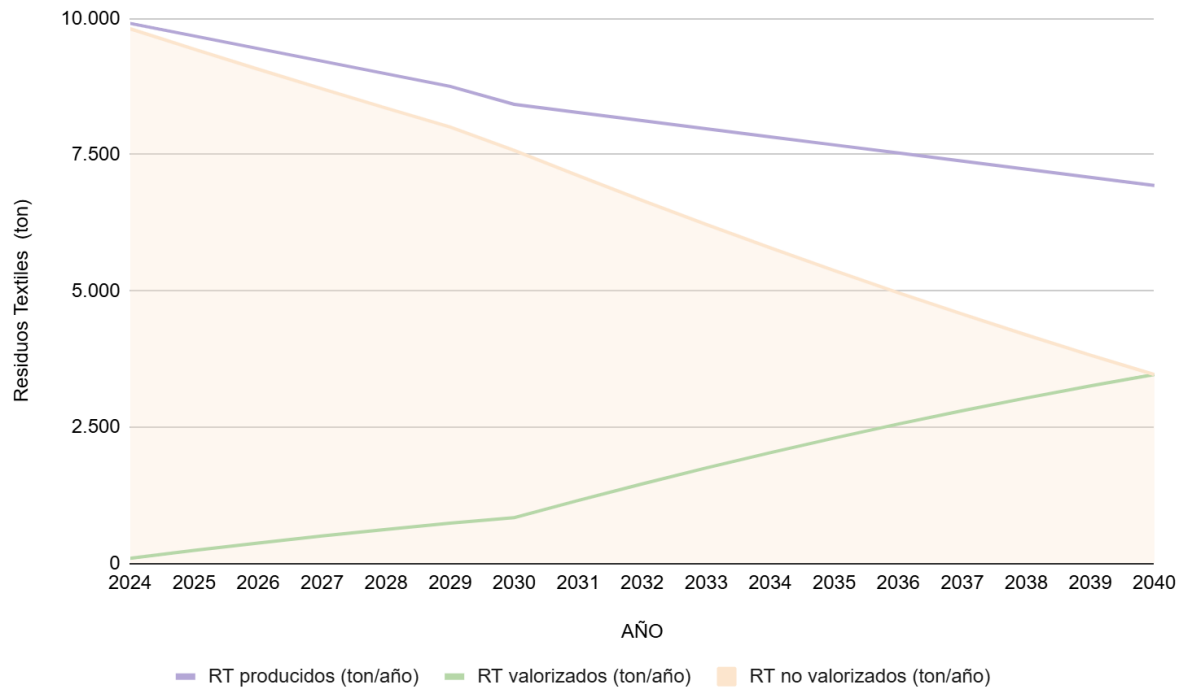


Figura 5.1. Residuos textiles proyectados al 2040 en la comuna de Valparaíso (ton/año).

5.2 Cálculo de huella de carbono del residuo textil

En base a la información disponible por el Ministerio del Medio Ambiente, en el programa Huella Chile dependiente del Departamento de Cambio Climático, se obtienen los Factores de emisión (FE) publicados en 2023, requeridos para hacer el cálculo de gases de efecto invernadero (GEI) en medida de CO₂ equivalente considerando el aporte de la producción primaria del textil como un bien adquirido y la disposición final de la misma, desde la perspectiva de la inexistencia de un sistema de gestión del residuo textil que tenga como resultado la disminución de estos en rellenos sanitarios.

Los cálculos de huella de carbono son resultado del producto de las toneladas de textil producidas por el factor de emisión específico para cada caso, y se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Huella de carbono (ton CO}_2\text{eq)} = \text{Dato actividad/consumo} * \text{FE}$$

Ecuación 5-2. Huella de carbono.

Los factores de emisión para el textil se encuentran dentro del alcance tres por tratarse de emisiones indirectas producidas por distintas etapas de la cadena de valor del producto. Suelen ser las más difíciles de medir y controlar, ya que involucran proveedores, transporte de bienes

y servicios, uso y disposición, entre otros factores. Los valores utilizados para el cálculo se expresan en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Inventario de las fuentes y Factores de emisión GEL.

FE del textil	
Alcance 3	
Uso de Materiales	Disposición de residuos
Producción Primaria	Relleno Sanitario
Ropa	
Dióxido de carbono (CO ₂)	
22.310,00	496,683
kg CO ₂ eq/t	
DEFRA 2023 - Hoja “Material use” y “waste disposal”.	

Los resultados se obtuvieron a partir de la proyección del periodo de tiempo que indica la Estrategia de economía circular para textiles en Chile, que aborda desde el presente año 2024 al 2040, considerando solo la disminución de los residuos textiles indicada por la meta 1, en función de las políticas públicas que normativamente regularán su disminución a nivel nacional, sin considerar la aplicación de estrategias de valorización efectivas que recuperen el textil de su calidad de residuo. La huella de carbono medida en CO₂ equivalente se indica en la Tabla 5.6.

Para el cálculo se consideró que la valorización de los residuos textiles en la actualidad es menor al 1%, y por tanto es insignificante el aporte que tiene en la disminución de la huella de carbono. Se planteó el escenario de que dicha realidad se mantenga constante. El residuo textil que no es valorizado es recogido por los camiones municipales recolectores de basura, incorporándose por lo tanto en este sistema de eliminación municipal, aportando con miles de toneladas de residuos, llevando a un colapso acelerado los rellenos sanitarios.

$$RT \text{ no valorizados} = RT \text{ producidos}$$

Ecuación 5-3. RT no valorizados.

Tabla 5.6. Huella de Carbono asociada al residuo textil en la comuna de Valparaíso.

Año	HC - Residuos textiles (ton CO ₂ eq./año)		Total HC (ton CO ₂ eq./año)
	RTp	RTnv	
2024	221.079	4.922	226.001
2025	215.920	4.807	220.727
2026	210.762	4.692	215.454
2027	205.603	4.577	210.181
2028	200.445	4.462	204.907
2029	195.286	4.348	199.634
2030	187.917	4.184	192.101
2031	184.601	4.110	188.711
2032	181.285	4.036	185.321
2033	177.968	3.962	181.931
2034	174.652	3.888	178.541
2035	171.336	3.814	175.151
2036	168.020	3.741	171.761
2037	164.704	3.667	168.371
2038	161.388	3.593	164.981
2039	158.071	3.519	161.591
2040	154.755	3.445	158.200
Subtotal (ton CO₂ eq)	3.133.793	69.767	3.203.560

En la Figura 5.2 se observa que el principal aporte de carbono del textil tiene relación con la producción de la ropa como un bien de consumo, por sobre el aporte que la disposición final genera al ser eliminada en rellenos sanitarios.

El aporte en huella de carbono acumulado durante el periodo en evaluación del residuo textil producido es de 3.203.560,00 (ton CO₂ eq.)



Figura 5.2. Huella de carbono proyectada al 2040 en la comuna de Valparaíso (ton/año).

5.3 Propuesta de manejo para el residuo textil en la comuna de Valparaíso

Para el manejo de residuos se considera la definición por la Ley REP que incluye las acciones operativas a las que se somete un residuo tales como la recolección, almacenamiento, transporte, pretratamiento y tratamiento, el que varía dependiendo si los residuos son llevados a un sitio para la eliminación o la valorización.

Por otra parte, se toma como referencia la Meta 3 de la Estrategia de economía circular para textiles: Aumentar la valorización de los residuos textiles, la cual indica lo siguiente:

“Considerando el Principio de Jerarquía para el Manejo de Residuos se debe priorizar la prevención, luego la reutilización, posteriormente, la reparación o recuperación, el suprarreciclaje o upcycling, el reciclaje, el infrarreciclaje o downcycling, y por último y menos deseable, la recuperación energética, que se reserva para aquellos productos que tienen, por ejemplo, características sanitarias que no permiten valorizarla de otra forma.”

En consecuencia, la estructura de la propuesta de manejo del residuo textil se guiará bajo dichos lineamientos por etapas en base a la calidad del RT y las metas de valorización planteadas por la Estrategia para el periodo 2024 al 2040, estas se indican en la Tabla 5.9.

Tabla 5.7. Estructura de la propuesta de manejo del residuo textil.

Meta 3	Indicador	Línea Base	Año 2030	Año 2040
Aumentar la valorización de los residuos textiles	ton valorizadas/ton generadas	<1%	10%	50%

5.3.1 Diseño de la propuesta

El diagrama de flujo a continuación (Figura 5.3) ilustra la propuesta de valorización planteada para los residuos textiles en la comuna de Valparaíso, alineada con la pirámide de jerarquización de manejo de residuos. El flujo comienza con el reuso de las prendas de vestir para reincorporarse al mercado del vestir tras ser clasificadas al analizar la calidad del residuo. En el siguiente nivel, se considera la reciclabilidad de los materiales, aprovechando los procesos de reciclaje disponibles. En el primer caso se plantea una estrategia de ciclo cerrado en donde por medio de las técnicas de diseño en suprarreciclaje se transforman las prendas en productos nuevos del mismo o mayor valor del que les antecede, luego se avanza hacia otra estrategia de reciclaje abierto, en donde los residuos textiles pasan a un sistema de reciclaje mecánico a través del cual estos son desintegrados para integrar el textil procesado en una nueva cadena de valor de productos distintos a los originales. En caso de que el reciclaje no sea viable por razones de salubridad u otra causa, se plantea la valorización energética como alternativa, empleando los residuos en procesos de conversión de energía, siendo esta última opción la menos deseada dentro de la jerarquía. Este enfoque contribuye a un modelo más sostenible, optimizando el ciclo de vida de los materiales textiles, reduciendo el impacto ambiental y en consecuencia la huella de carbono de estos.

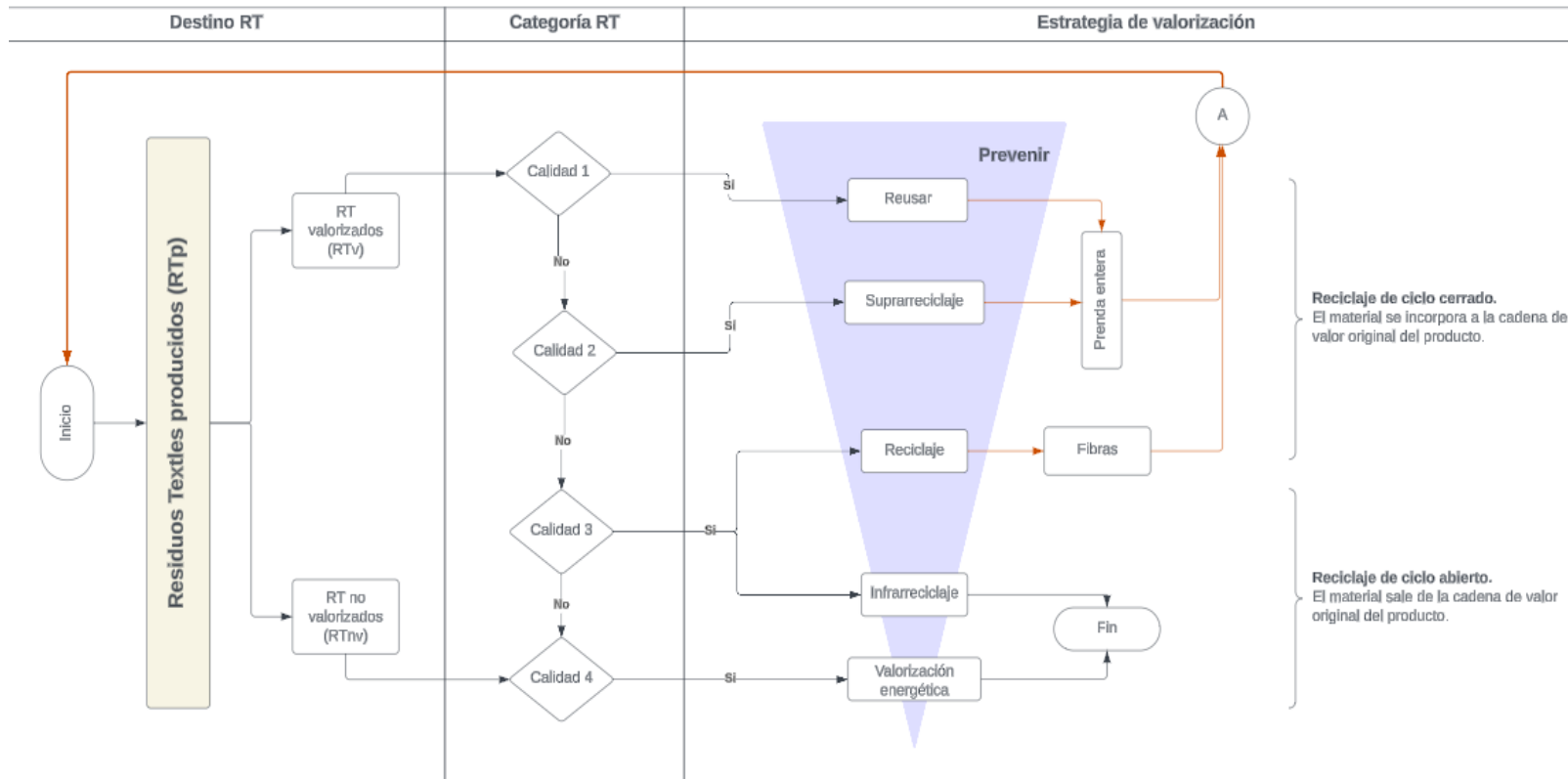


Figura 5.3. Diseño de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.

La calidad del residuo se define en la siguiente tabla:

Tabla 5.8. Características del RT por calidad.

Calidad RT	Características
1	Se encuentra en perfecto estado. Todos sus accesorios funcionan bien. Las costuras están firmes. No tiene manchas, ni pelusas, ni piquetes, etc.
2	La prenda presenta algunos desgastes producto del uso, pero puede utilizarse la mayor parte del textil. La prenda tiene alguna falla estructural que no permite su uso, pero la tela está en buen estado. Revisar desgaste de zonas de puños, cuello, axilas, pretinas, entrepiernas, codos y rodillas; presencia de pelusas, funcionalidad de accesorios, piquetes, etc.
3	La prenda no está en condiciones para seguir siendo usada como vestuario. Puede estar desgastada, manchada, estirada, rota, sin costuras, en trozos, o ser retazos de diferentes tamaños, etc.
4	El textil está contaminado con vectores sanitarios y su permanencia significa un riesgo a la salud.

El manejo del residuo avanza acorde a la pirámide de jerarquización, en donde cada etapa conlleva un porcentaje de residuo textil del total producido que va disminuyendo en la medida que se avanza en la propuesta. Para determinar los porcentajes según destino de valorización, se toma como referencia el manejo de las toneladas de ropa gestionadas por la comuna de Viña del mar, en los acopios post catástrofe incendiaria, del año 2022 y 2024, en donde, paralelo a la emergencia, se llevó a cabo la distribución de miles de toneladas de ropa en buen y mal estado de manera exitosa.

La Estrategia de economía circular para textiles en Chile al 2040 considera siete etapas de valorización: prevención, reuso, reparación y recuperación de prendas, suprareciclaje, reciclaje, infrareciclaje y valorización energética, de las cuales para la propuesta indaga en tres, considerando la disponibilidad de valorizadores en la escena local.

Se diseña un sistema de manejo para el mediano plazo (año 2030), en función de ser el término medio entre la realidad actual, donde la tasa de producción de residuo textil es muy alta, versus la proyección al 2040, donde, idealmente ya se producirán menos de la mitad de los RT que hay en la actualidad en un año. Los valores de producción y valorización de residuos textiles considerados para el diseño de la propuesta se indican en la tabla 5.11.

Tabla 5.9. Metas de la Estrategia de economía circular al 2030.

AÑO	META 1		META 3		RT no valorizados (ton/año)
	Porcentaje (%)	RT producidos (ton/año)	Porcentaje (%)	RT valorizados (ton/año)	
2030	15%	8.423	10%	842	5.257,21

Por lo tanto, el sistema de manejo tendrá la capacidad máxima de abordar 842 toneladas de residuo textil anual, los que se distribuirán en distintas alternativas de valorización disponibles para cada año proyectado en la propuesta. Los porcentajes de distribución del residuo textil valorizado se indican en la tabla 5.12. y se plantean a partir del análisis de los casos de estudio de la comuna de Viña del Mar, tomando un valor promedio para cada estrategia de recuperación entre los dos casos presentados.

Tabla 5.10. Porcentajes propuestos de manejo del residuo textil.

Etapa valorización según pirámide de jerarquización de RT	Estrategia de valorización		Porcentaje de distribución por etapa
2° etapa	Reciclaje de ciclo cerrado	Reusar prendas	35%
4° etapa		Suprarreciclaje	15%
6° etapa	Reciclaje de ciclo abierto	Infrarreciclaje	30%
7° etapa		Recuperación energética	20%

Al proyectar los porcentajes de valorización según tipo de proceso durante el periodo de tiempo de la estrategia, se obtuvo el resultado de las toneladas de RT que deben ser gestionadas anualmente, las que se indican en la tabla 5.13.

Tabla 5.11. Residuos totales a valorizar anualmente según estrategia seleccionada.

AÑO	Porcentaje de valorización de RT (meta 3)	RT valorizados (ton/año)	Reuso (ton/año)	Suprarreciclaje (ton/año)	Infrarreciclaje (ton/año)	Valorización e° (ton/año)
			35%	15%	30%	20%
2024	1%	99,09	34,68	14,86	29,73	19,82
2025	3%	241,95	84,68	36,29	72,59	48,39

AÑO	Porcentaje de valorización de RT (meta 3)	RT valorizados	Reuso (ton/año)	Suprarreciclaje (ton/año)	Infrareciclaje (ton/año)	Valorización e° (ton/año)
		(ton/año)	35%	15%	30%	20%
2026	4%	377,88	132,26	56,68	113,36	75,58
2027	6%	506,87	177,40	76,03	152,06	101,37
2028	7%	628,92	220,12	94,34	188,68	125,78
2029	9%	744,03	260,41	111,60	223,21	148,81
2030	10%	842,30	294,80	126,34	252,69	168,46
2031	14%	1.158,41	405,44	173,76	347,52	231,68
2032	18%	1.462,63	511,92	219,39	438,79	292,53
2033	22%	1.754,96	614,23	263,24	526,49	350,99
2034	26%	2.035,39	712,39	305,31	610,62	407,08
2035	30%	2.303,94	806,38	345,59	691,18	460,79
2036	34%	2.560,59	896,21	384,09	768,18	512,12
2037	38%	2.805,35	981,87	420,80	841,61	561,07
2038	42%	3.038,22	1.063,38	455,73	911,47	607,64
2039	46%	3.259,20	1.140,72	488,88	977,76	651,84
2040	50%	3.468,29	1.213,90	520,24	1.040,49	693,66
Total		27.288,03	9.550,81	4.093,20	8.186,41	5.457,61

La ejecución de la propuesta de valorización de residuos textiles requiere de múltiples herramientas y servicios que son parte de toda la cadena de recuperación del residuo, las cuales contemplan las acciones de manejo que van desde la recolección hasta la valorización fina, las cuales se detallan a continuación:

5.3.1.1 Etapas de la propuesta de valorización

1) Punto de recepción del residuo textil

Estos deben tener capacidad de abarcar el flujo diario de residuo textil que está ingresando al sistema de valorización. En este punto sucede la primera selección de ropa, separando en prendas por su calidad de ingreso para dirigir las a su destino de manejo.

El tamaño de los contenedores se calculó a partir del volumen requerido por el ingreso de las toneladas de ropa y se consideraron 5 puntos de recolección en la comuna, en donde en cada

uno haya dos dispensadores para depositar el residuo textil, uno para “ropa en buen estado” y otro para “ropa en mal estado”, instalando un total de 10 contenedores de alta capacidad. Los flujos de recepción de residuos textil se indican en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Residuos totales a gestionar por contenedor.

Flujo ingreso RT	RT (ton)
Anual	842,30
Mensual	70,19
Diario	2,34
Contenedor*día	0,23

El diseño de los contenedores se propone según la figura 5.4, con las dimensiones indicadas, alcanzando una capacidad de 0,96 m³. Cada contenedor debe tener una capacidad mínima de 230 kg de ropa.

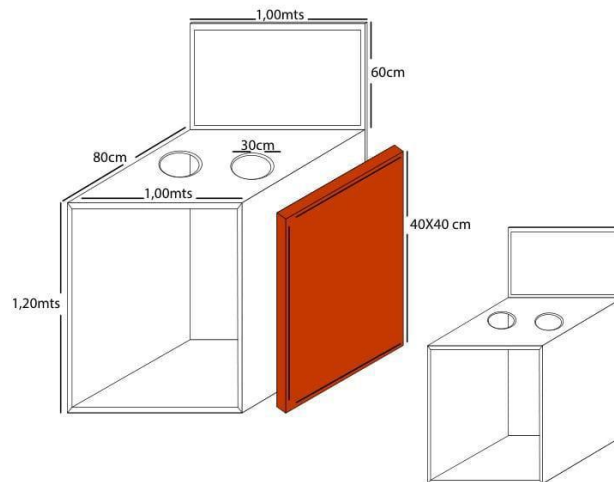


Figura 5.4. Diseño de los contenedores de recolección textil.

Se propone acorde a la norma chilena NCH 3322 que regula los colores de los contenedores de reciclaje, que el color para los recolectores textiles sea naranja, al tratarse de un color secundario de fácil distinción.

La recepción de la ropa en desuso requiere además de los contenedores otras herramientas que se mencionan a continuación:

- Mesón de atención

De alrededor de 3 metros, cubiertas por manteles de color naranja, al igual que el tono los contenedores, se encuentran libres e objetos para ejecutar allí la revisión del prenda a prenda en el momento de la recepción del descarte textil, asegurando así cumpla con las condiciones de ingreso solicitadas.

- Pesa y sacos de recolección

Se requieren al menos dos balanzas en este punto. La primera corresponde a una unidad con límite de peso de 50 kg. (Figura 5.6) para medir las cargas de ingreso de las personas que asisten al punto de recolección; y una segunda (Figura 5.7) para pesar las cargas acumuladas en la finalización de la jornada de recepción.



Figura 5.5. Balanza de mesa.



Figura 5.6. Balanza industrial

- Informativos con los criterios de ingreso de la ropa en cada contenedor, que indiquen claramente los ítems que hay que revisar prenda por prenda para asegurar su calidad, según lo establecido en la tabla 5.10.
- Recursos humanos

Es crucial contar con personal especializado en la categorización de prendas, para poder distinguir las características que derivan una prenda a determinado sistema de gestión, y poder guiar a las personas que asistan al punto de recepción de prendas sobre cómo se debe realizar la segmentación, y contribuyendo con educación ambiental al respecto.

Considerando que cada punto de recolección se plantea con dos contenedores que recibirán aproximadamente 230 kg de ropa diariamente cada uno, con 7 horas de funcionamiento, el flujo/hora de ropa corresponde a 66 kg entre ropa en buen y mal estado, por lo tanto, se considera que se necesitan cuatro personas por punto para la ejecución de propuesta comunal un total de 20 trabajadores solo en este ítem.

2) Almacenamiento

El almacenamiento corresponde a la capacidad de retención del residuo textil en los puntos de recolección por una semana, considerando que ese será el flujo de salida del residuo textil hacia bodega para su categorización.

Se requiere una capacidad de almacenamiento de 3,28 ton/semana para contener el residuo textil recibido en cada punto de recolección, los cuales poseen dos contenedores de recepción al público según lo indicado para ropa en buen y mal estado.

Para almacenar el volumen textil que se va acumulando diariamente se dispondrán de bins industriales (Figura 5.8) de 1,5 (m) de largo y ancho, y 0,77 (m) alto, alcanzando una capacidad volumétrica de 1,73 m³, y un área por bins de 2,25 m², donde cada cual puede contener hasta alrededor de 200 kg de ropa, considerando que esta no está compacta al momento de depositarla en los bins.



Figura 5.7. Bins industrial. Fuente: Mercado Libre.

La cantidad de bins requeridos se calcula según la ecuación a continuación:

$$N^{\circ} \text{ bins requeridos} = RT \text{ (ton/semana)} * \text{bin/ton}$$

Ecuación 5-4. N° bins requeridos.

Se requieren por centro de recepción 16 unidades de bins, los cuales se pueden apilar de hasta 10 unidades máximo en su total capacidad.

El área mínima requerida para el almacenamiento, considerando columnas de 4 unidades son 9 m² por punto de recepción. Al proponer 5 puntos de recepción dispuestos en la comuna, se requieren en total 45 bins mínimo.

3) Bodega y centro de distribución

La capacidad de la bodega debe contemplar el total del volumen requerido por los residuos textiles acumulados en cada centro de recepción y almacenamiento durante un mes, para recolectarlos y realizar aquí las labores de categorización y armado de lotes que deben ser distribuidos a las empresas de valorización textil. El flujo de salida de lotes se propone que sea mensual hacia los destinos correspondientes.

$$\text{Capacidad bodega (ton)} = RT \text{ punto de recolección (ton/semana)} * 5 \text{ puntos}$$

Ecuación 5-5. Capacidad bodega (ton).

La cantidad de residuos textiles que la bodega debe contener mensualmente es de 65,51 ton. Para contener dicho residuo textil se requieren 328 bins industriales, considerando apilarlos de a 8 unidades se requieren 41 columnas, de un alto de 6,16 m y un área mínima de 92,13 m².

Dadas las condiciones requeridas de ventilación, temperatura y localización, se propone como centro de almacenamiento y distribución el Mercado Puerto de Valparaíso (Figura 5.9), edificio municipal con capacidad de albergar las toneladas de residuos textiles, ubicado en Cochrane 117, Barrio Puerto, Valparaíso, con un área total aproximada por planta de 1.764 metros cuadrados.

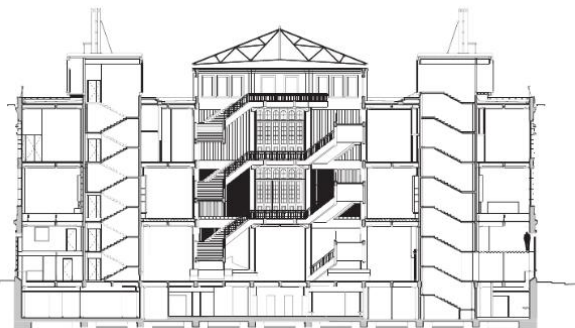


Figura 5.8. Mercado Puerto de Valparaíso. Pérez (2009).

La categorización del residuo textil se realiza en esta localización, la cual considera en la clasificación características útiles para la valorización, tales como: tipo de prenda, porcentaje de composición material de la tela, color y peso del lote, entre otras medidas puntuales.

Para realizar una adecuada diferenciación del residuo y armado de lotes, se propone utilizar la mitad del área requerida para la disposición de los bins industriales. Necesitando en este punto un área total adicional mínima de 46 m². Por lo tanto, para el bodegaje se necesitan en total 138,19 m², utilizando alrededor de 7,83% del espacio disponible.

4) Distribución

Esta etapa depende de los destinos de valorización a los cuales se dirigirán los lotes de residuos textiles previamente categorizados según su calidad y características.

Al tratarse de una propuesta de valorización de residuo textil para la comuna de Valparaíso que pone en marcha la meta 3 de la Estrategia de economía circular para textiles, se considerarán empresas de valorización locales para el manejo y gestión de la ropa recolectada.

El centro de distribución es el mismo espacio de bodega, puesto que es desde este punto desde donde se repartirán los textiles para su valorización a diferentes entidades.

Tabla 5.13. Elección de empresas valorizadoras de RT según estrategia. Fuente: Elaboración propia.

Empresa/Organización	Estrategia	Dirección	Distancia desde el centro de distribución (km)
Red de recuperadoras Textiles V región	Reciclaje de ciclo cerrado - Suprarreciclaje	Cochrane 117, Valparaíso.	0
Recicla2	Reciclaje de ciclo abierto - Infrarreciclaje	Viña del Mar	18,5
Volta	Valorización energética	Américo Vespucio 800, Quilicura, RM	113

5) Alternativas de valorización

A continuación, se presentan las alternativas de valorización planteadas por la estrategia para la disminución de los residuos textiles en orden de manejo.

a) Reuso de prendas

Una parte considerable de los residuos textiles recolectados puede destinarse a la recirculación a través del reuso directo de prendas, lo cual representa un enfoque altamente eficiente en la gestión de residuos. Esta recirculación es posible gracias a que muchas prendas conservan condiciones adecuadas para ser reincorporadas directamente en el sistema de vestuario, es decir,

sin requerir procesos productivos adicionales que impliquen consumo de energía, agua, o la aplicación de productos químicos. Este proceso, conocido como reuso, permite que las prendas regresen a los ciclos de consumo, promoviendo un modelo de economía circular en el que los recursos se mantienen en uso por más tiempo. Además, el reuso contribuye a reducir la demanda de materias primas nuevas y disminuye la cantidad de residuos que terminan en vertederos. Como resultado, se mitiga la presión sobre los ecosistemas y se reduce la huella ambiental del sector textil, al tiempo que se incentiva la adopción de prácticas de consumo más sostenibles.

La propuesta considera que a través de esta estrategia se puedan valorizar un total de 294,80 toneladas anuales.

b) Suprarreciclaje/Upcycling - Reciclaje de ciclo cerrado

Esta estrategia busca transformar descartes textiles en productos nuevos y de alto valor, aplicando técnicas de diseño que minimicen el impacto ambiental asociado al vestuario. Se trata de un proceso de reciclaje de ciclo cerrado, donde los materiales al final de su vida útil son reincorporados para crear productos de igual o superior calidad, evitando la degradación significativa del material original. A diferencia del reciclaje tradicional, el suprarreciclaje otorga a cada prenda un valor agregado que va más allá de la funcionalidad, incorporando creatividad y exclusividad al proceso de diseño. Esto no solo rescata el material, sino que también transforma cada pieza en una creación única, con un valor estético y cultural adicional.

En el proceso de suprarreciclaje, se realiza una intervención cuidadosa y manual en cada etapa. Cada paso es ejecutado de manera meticulosa para reacondicionar la prenda o transformarla completamente, logrando un producto "nuevo" que respeta el carácter original del material mientras se reinventa en términos de funcionalidad y estilo. Esta práctica artesanal permite reducir la demanda de nuevas materias primas y evita los costos ambientales de un proceso productivo convencional, posicionándose como una alternativa sostenible para la industria textil.

En Valparaíso, la Red de Recuperadoras Textiles desempeña un rol fundamental en este proceso. Este espacio agrupa a alrededor de 35 personas dedicadas a la valorización de residuos textiles mediante diversas técnicas de suprarreciclaje. Su labor se lleva a cabo en pequeños talleres domésticos y comerciales, donde se logra la valorización de toneladas de residuos textiles, promoviendo así la economía circular y el desarrollo local a través de la transformación de desechos en productos con alto valor agregado.

A través de esta red, se estima que se podrían valorizar alrededor de 126,34 toneladas de residuos textiles.

c) Infrarreciclaje/downcycling - Reciclaje de ciclo abierto

El proceso escogido en este punto se cataloga como estrategias de reciclaje de ciclo abierto, puesto a que el producto que está siendo valorizando sale de la cadena de valor del “vestuario”. Se define como una estrategia de reciclaje de ciclo cerrado que consiste en convertir residuos en productos de menor calidad o funcionalidad que el original, pero que continúan en el ciclo de uso, evitando su disposición final. A diferencia del reciclaje tradicional, que busca preservar la calidad del material, el infrarreciclaje acepta la degradación del valor o la funcionalidad del producto para darle un nuevo propósito. Esta estrategia es especialmente útil en sectores como el textil, donde se pueden aprovechar fibras de desecho para fabricar productos como rellenos, materiales de aislamiento o textiles de menor calidad, permitiendo así que los materiales mantengan un rol en la cadena productiva. El infrarreciclaje contribuye a la economía circular, ya que minimiza la extracción de recursos nuevos y reduce la cantidad de residuos que terminan en vertederos.

El proceso consta está compuesto de los siguientes pasos:

1. Recolección de tejidos: Acopio del material el cual puede ser: prendas descartadas, retazos, y sobras de confección, etc.
2. Retiro de las piezas no textiles: Es el paso más importante para poder llevar a cabo el procesamiento del material. requiere de trabajo mecánico y a mano. Conlleva horas de trabajo y herramientas manuales tales como tijeras, descosedores, alicates, guillotinas, etc.
3. Categorización: El material preparado se agrupa según las características del producto final: tipo de fibras, tipos de tejido, colores, entre otras características que dependen del productor.
4. Trituración de los tejidos: los tejidos separados y agrupados se trituran en pedazos muy pequeños hasta que el resultado final sean las fibras. Se utiliza para ello una máquina desfibradora para moler el material textil.
5. Uso del material procesado: El material triturado, debe ser recolectado manualmente, y dispuesto en cajas organizadoras antihumedad para conservar el material en buen estado para luego utilizarlo como materia prima en otro producto.



Figura 5.9. Desfibradora eléctrica.

Tabla 5.14. Características técnicas Desfibradora Eléctrica.

Motor de alimentación	Eléctrico trifásico
Requerimiento energético	3 kW/hora
Capacidad de trituración	300 kg/h
Estructura, eje, poleas y cuchillas	Acero
Valor	\$3.500 US / \$3.077.165 CLP

La alimentación de la desfibradora se realiza por la parte superior con distintos tipos de textiles o prendas enteras que ya se les haya extraído previamente cualquier accesorio no textil, por ejemplo: cierres, botones, broches, velcro, parches, etc.

El producto del proceso es tela molida, y tiene la apariencia observable en la **Figura 5.10**. La cual puede utilizarse en una amplia variedad de productos de diferentes industrias, principalmente en el área de la construcción.



Figura 5.10. Tela molida. Fuente: Recicla2.

El proceso de desfibrado debe tener la capacidad de procesar un total de 252,69 toneladas al año, lo que equivale a 21,06 ton/mes y 0,7 ton/día, lo que significa un procesamiento de 100,27 kilogramos de residuo textil por hora, considerando una jornada laboral de 7 horas/día. Por lo tanto, se requerirá de 1 máquina con capacidad de procesamiento de 300 kg/hora que deberá funcionar siete días a la semana.



Figura 5.11. Producto 1: Ecoladrillos textiles. Fuente: Recicla2.



Figura 5.12. Producto 2: Ecobloques. Fuente: Recicla2.

d) Valorización energética

La Ley REP la define como el empleo de un residuo con la finalidad de aprovechar su poder calorífico. Corresponde al proceso por el cual se tratan los residuos para reducir su volumen, y a la vez generar energía a partir de estos en forma de calor o electricidad.

La valorización se puede llevar a cabo a partir de diferentes tratamientos, como la incineración, la gasificación y pirólisis. La incineración consiste en un proceso de oxidación de la fracción combustible de los residuos, generando gases de combustión que contienen la mayor parte de energía en forma de calor. Esta energía liberada depende del calor específico del residuo y del oxígeno aportado a la reacción de combustión.

La instalación de incineración consta de:

- Un horno, en el cual se destruyen por calor la parte orgánica del residuo, y se evapora el agua y otras sustancias.
- Un sistema de recuperación de energía
- Una serie de tratamientos de los gases incinerados

Se asume para efectos del cálculo que:

- La composición material de la masa total del residuo textil corresponde a un 30% algodón y un 70% poliéster. Se excluyen otros tipos de fibras contenidas en las prendas.
- El proceso es adiabático

Datos:

Tabla 5.15. Calor de combustión de los materiales.

Material	Calor de combustión (MJ/kg)	Fuente
Algodón	19,402	Analysis of the Flammability and the Mechanical and Electrostatic Discharge Properties of Selected Personal Protective Equipment Used in Oxygen-Enriched Atmosphere in a State of Epidemic Emergency
Poliéster	25,08	Heats of combustion of High-Temperature Polymers

La cantidad de residuos totales a valorizar energéticamente corresponden a 168,46 toneladas anuales. Por lo tanto, la masa de algodón y de poliéster se calculan a partir de esta cifra, y se indican en la Tabla 5.18.

Se calculó a partir de esta información los MJ/año que pueden producirse a partir de la combustión de la fracción de residuos textiles destinados a la valorización energética. La cantidad de energía producida en kWh se presenta en la tabla 5.19.

Tabla 5.16. Energía producida a partir de la combustión de los residuos textiles.

Material	Masa (ton/año)	Calor de combustión (MJ/kg)	Energía producida (MJ/año)	Energía producida (kWh/año)
Algodón	50,54	19,402	980.538,28	272.371,74
Poliéster	117,92	25,08	2.957.433,60	821.509,33

El total de energía producida por la valorización de residuos textiles corresponde a la suma de la energía de la combustión del algodón y el poliéster, la cual alcanza un valor de 1.093.881,08 kWh para el año 2030, año en el que se centra el diseño de la propuesta.¹

Este flujo energético es 365 veces el consumo promedio anual de un hogar chileno si consideramos 3.000 kWh/año por hogar.

5.3.1.2 Flujo de caja

El flujo de caja para evaluar económicamente la propuesta de manejo del residuo textil se realizó durante el periodo total de la Estrategia de economía circular, correspondiente a 16 años, considerando un escenario hipotético en donde la oferta de productos sostenibles a partir del proceso de valorización textil es requerida por el mercado, y las personas están dispuestas a pagar el precio de los productos producidos por sobre la competencia de menor costo, pero mayor impacto ambiental. A continuación, se presenta la tabla de costos asociados.

Tabla 5.17. Tabla de costos asociados de la propuesta.

Tipo de Manejo	Producto	Cantidad	Costo unidad (UF)	Costo total (UF)
Costos de inversión				
Reutilización	Mesones	5	9,2	46
Reciclaje	Desfibradoras	1	108.530,81	108.530,81
Valorización energética	Caldera de condensación	1	233,73	233,73
	Turbina de vapor	1	181,54	181,54
TOTAL				108.992,08
Costos operativos				
Recursos humanos	Mano de obra	50	20	1.000,00
	Ingeniería y supervisión	4	45	180
Costo fijo	Arriendo galpón	1	90	90
Costo variable	Servicios básicos	1	50	50
	Cajas	2500	0,06	150

¹ El factor de conversión de MJ a kWh es el siguiente:

1 kWh=3,6 MJ

Tipo de Manejo	Producto	Cantidad	Costo unidad (UF)	Costo total (UF)
	Cinta de embalaje	1000	0,03	30
	Dispensadores de cinta de embalaje	10	0,19	1,9
	Plumones	200	0,03	6
	Etiquetas (rotulación)	1000	0,12	120
Consumo E°	Requerimiento energético (kWh/año)	56414,4	0,591	33.340,91
TOTAL				252.952,97
Ventas				
Productos comerciales de la prop. De manejo	Masa de ropa (kg/año)	294.804,86	0,1	29.480,49
	Upcycling (kg/año)	126.340,00	1,6	202.144,00
	Relleno Textil (kg/año)	252.690,00	0,2	50.538,00
	Energía (kWh/año)	1.093.881,08	0,01	10.938,81
TOTAL				293.101,30

A partir de los costos asociados se plantea el flujo de caja para la propuesta de valorización textil, la que se presenta en la tabla a continuación.

Tabla 5.18. Flujo de caja proyectado.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
INGRESOS									
VENTA 02		703293,25	703293,25	703293,25	703293,25	703293,25	703293,25	703293,25	703293,25
EGRESOS									
COSTO		-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99
DEPRECIACION		-15,04	-15,04	-15,04	-15,04	-15,04	-15,04	-15,04	-15,04
UTILIDADES ANTES IMPUESTOS		669101,22	669101,22	669101,22	669101,22	669101,22	669101,22	669101,22	669101,22
IMPUESTO A LA RENTA (27%)									-180657,33
UTILIDADES DESPUES DE IMPUESTOS		669.101,22	669.101,22	669.101,22	669.101,22	669.101,22	669.101,22	669.101,22	488.443,89
Depreciación		15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04
INVERSIONES ACTIVOS	-302.922,52								
INVERSIONES CAPITAL TRABAJO	-17088,49	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99
FLUJO CAJA PERIODO	-320.011,01	703.293,25	703.293,25	703.293,25	703.293,25	703.293,25	703.293,25	703.293,25	522.635,92
VAN									87,91

8	9	10	11	12	13	14	15	16
703293,25	703293,25	703293,25	703293,25	703293,25	703293,25	703293,25	703293,25	703293,25
-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99	-34.176,99
-15,04	-15,04	-15,04	-15,04	-15,04	-15,04	-15,04	-15,04	-15,04
669101,22	669101,22	669101,22	669101,22	669101,22	669101,22	669101,22	669101,22	669101,22
-180657,33	-180657,33	-180657,33						
488.443,89	488.443,89	488.443,89	669.101,22	669.101,22	669.101,22	669.101,22	669.101,22	669.101,22
15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04
34176,99	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99	34176,99
522.635,92	522.635,92	522.635,92	703.293,25	703.293,25	703.293,25	703.293,25	703.293,25	703.293,25
87.911,65								

El VAN al ser positivo se considera que el proyecto es viable y que los beneficios son mayores que los costos. Sin embargo, este flujo se desarrolla en el supuesto de que todos los productos sean comercializables y tengan salida en el mercado.

5.4 Estimar la huella de carbono de la valorización del residuo

Para comparar el impacto del residuo textil en la comuna de Valparaíso, se calculó la huella de carbono de la propuesta de valorización planteada acorde a la implementación de la Estrategía de economía circular para textiles al 2040. Para ello se usaron los factores de emisión de la ropa en diferentes procesos productivos que tienen relación con la recuperación del residuo de su calidad de “basura domiciliar”, disponibles en la base de datos de Huella Chile, actualizada al 2023, donde incorpora la emisión de CO₂ eq emitido en los procesos productivos tales como: el reúso de la ropa, el reciclaje de ciclo cerrado y la valorización energética, acorde a las estrategias planteadas en la presente propuesta. Los factores de emisión se presentan en la tabla 5.20.

Tabla 5.19. Factores de emisión de la valorización textil.

FE del textil				
Alcance 3				
Uso de Materiales		Disposición de residuos		
Producción Primaria	Re-uso	Reciclaje de circuito cerrado	Combustión (generación de electricidad)	Relleno Sanitario
Ropa				
Dióxido de carbono (CO ₂)				
22.310,00	152,25	21,281	21,281	496,683

kg CO ₂ eq/t
DEFRA 2023 - Hoja “waste disposal”

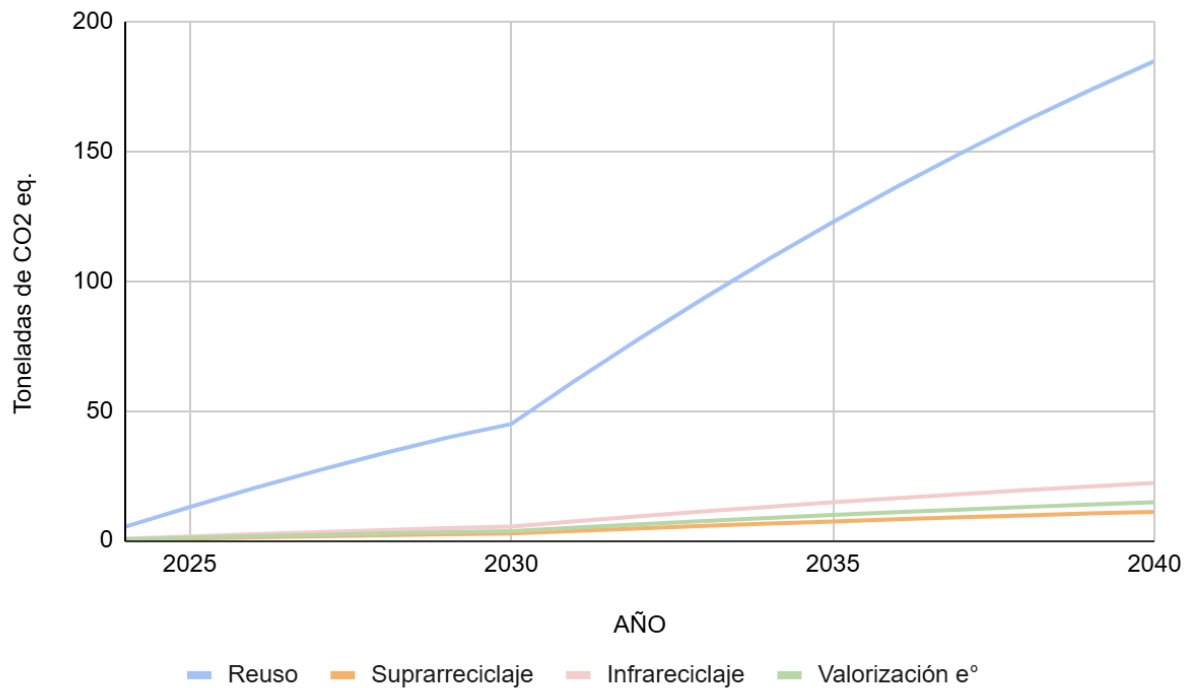
Se calculó el aporte en carbono equivalente de cada estrategia de valorización por cada año de la propuesta para la comparación de los valores de GEI de un plan de manejo, las cuales se presentan en la tabla 5.21. Para ello, se consideró que el factor de emisión del infrarreciclaje (reciclaje de ciclo abierto) es el mismo que el del reciclaje de reciclaje de ciclo cerrado, puesto a que este valor no se indica en las bases de datos disponibles, lo que se debe a que el desfibrado de las prendas es solo el inicio del proceso de reciclaje, sin embargo, para conocer el factor de emisión hay que considerar el ciclo completo de producción, y en el caso en cuestión es muy variable dependiendo del proceso y producto que esté realizando la empresa de valorización del residuo textil.

Tabla 5.20. Huella de carbono de la propuesta de valorización del residuo textil.

AÑO	HC - RT valorizado (ton CO ₂ eq./año)				
	Reuso	Suprarreciclaje	Infrarreciclaje	Valorización e°	Total anual
2024	5,28	0,32	0,63	0,42	6,65
2025	12,89	0,77	1,54	1,03	16,23
2026	20,14	1,21	2,41	1,61	25,37
2027	27,01	1,62	3,24	2,16	34,03
2028	33,51	2,01	4,02	2,68	42,22
2029	39,65	2,38	4,75	3,17	49,95
2030	44,88	2,69	5,38	3,58	56,53
2031	61,73	3,7	7,4	4,93	77,76
2032	77,94	4,67	9,34	6,23	98,18
2033	93,52	5,6	11,2	7,47	117,79
2034	108,46	6,5	12,99	8,66	136,61
2035	122,77	7,35	14,71	9,81	154,64
2036	136,45	8,17	16,35	10,9	171,87
2037	149,49	8,96	17,91	11,94	188,3
2038	161,9	9,7	19,4	12,93	203,93

AÑO	HC - RT valorizado (ton CO2 eq./año)				Total anual
	Reuso	Suprarreciclaje	Infrareciclaje	Valorización e°	
2039	173,67	10,4	20,81	13,87	218,75
2040	184,82	11,07	22,14	14,76	232,79
Subtotal por estrategia	1.454,11	87,11	174,21	116,14	1.831,57

El total de CO₂ equivalente emitido por la puesta en marcha de la propuesta de valorización del residuo textil presenta un alza continúa debido al aumento de toneladas recuperadas de ropa en desuso acorde a la meta 3 de la estrategia de economía circular, en donde cada año se integran mayores volúmenes al sistema de gestión. Sin embargo, cada mecanismo de revalorización tiene su propio aporte de carbono equivalente, el cual se observa en la siguiente figura.



La propuesta de valorización tiene un aporte acumulado de 1.831,57 toneladas de CO₂ equivalente en la comuna de Valparaíso, lo cual corresponde a la suma de todas las estrategias consideradas por el lapso de tiempo en observación.

Para comparar la huella de carbono por el periodo de tiempo estipulado con y sin propuesta, se plantean los siguientes casos:

- 1) Caso 1: Todo el residuo textil producido se deposita en relleno sanitario al no contar con un plan de valorización en la comuna. Este caso corresponde al escenario actual vigente.
- 2) Caso 2: Se valoriza el residuo textil de acuerdo a las metas propuestas por la Estrategia de economía circular para el 2040, sin embargo, existe un porcentaje importante que sigue destinando a relleno sanitario.

Los resultados se pueden observar en la siguiente figura en donde se observa que es mayor la huella de carbono con propuesta de gestión.

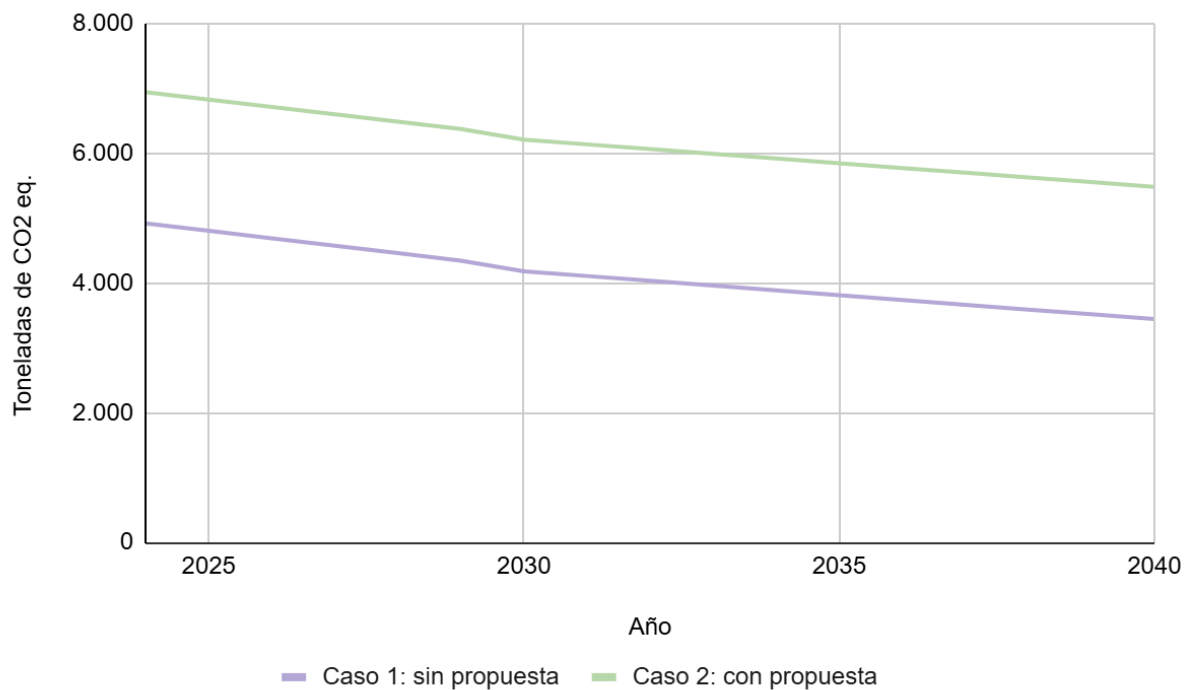


Figura 5.13. Emisiones de CO2 eq. sin y con propuesta de valorización al 2040.

Por último, se añadió al gráfico del Caso 2, el aporte a la huella del carbono del residuo textil como bien adquirido, puesto a que, desde el enfoque de ciclo de vida, la huella de carbono total corresponde al aporte de GEI en toda la cadena de valor de un producto. El resultado se observa en la siguiente figura.

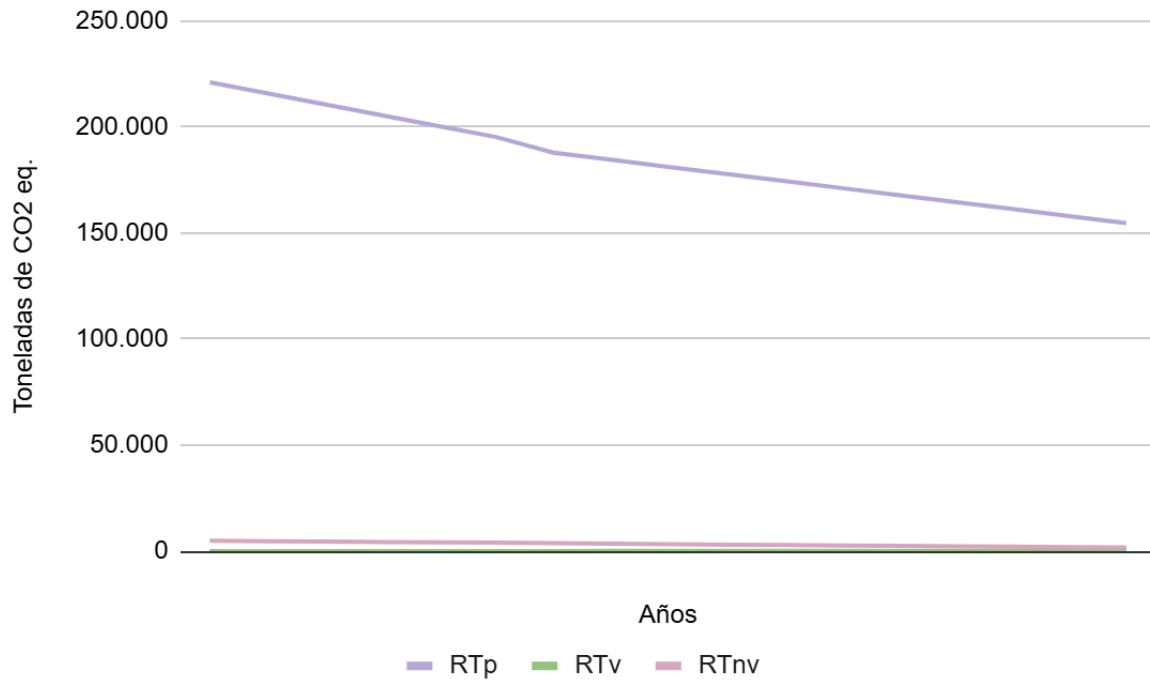


Figura 5.14. Comparación del aporte de CO₂ del RT producido, valorizado y no valorizado.

Se evidencia que el mayor aporte en huella de carbono tiene que ver con el consumo de ropa en sí mismo, y que el carbono aportado por el residuo textil valorizado es la cifra más baja de todas las emisiones.

6 DISCUSIÓN

La gestión de residuos textiles representa un desafío importante para la comuna de Valparaíso, reflejando una problemática común en muchas ciudades donde no se cuenta con sistemas de recolección y manejo diferenciados. Los residuos textiles, al no ser recogidos de forma separada, se mezclan con otros residuos sólidos domiciliarios, lo cual limita su potencial de valorización y contribuye al colapso de los sistemas de disposición final. Esta situación implica la pérdida de recursos valiosos que podrían ser reincorporados en la economía, además de un aumento innecesario en la generación de emisiones de carbono y otros impactos ambientales negativos.

El estudio desarrollado propuso un modelo de valorización textil basado en la Estrategia de Economía Circular para Textiles al 2040. Esta estrategia establece una jerarquía en el manejo de residuos textiles, iniciando con el reuso, seguido de estrategias de reciclaje de ciclo cerrado (como el suprarreciclaje) y ciclo abierto (como el infrarreciclaje), para finalmente recurrir a la valorización energética solo cuando las alternativas previas no sean viables. Esta pirámide de jerarquización no solo prioriza la reducción del residuo en la fuente y la maximización de su vida útil, sino que también promueve una reducción en las emisiones de carbono asociadas a la disposición de textiles en vertederos o rellenos sanitarios.

En primer lugar, el estudio estimó la magnitud del residuo textil generado en Valparaíso. Este cálculo inicial fue fundamental para dimensionar la capacidad de gestión necesaria y para identificar la cantidad de toneladas de residuos que podrían ser valorizados a través de las distintas etapas del modelo propuesto. A partir de esta información, se calculó la huella de carbono asociada al manejo de residuos textiles en el modelo vigente, sin una estrategia de valorización específica. Los resultados de este cálculo demostraron una alta huella de carbono cuando no existe un tratamiento adecuado y se disponen en vertederos, donde emiten gases de efecto invernadero y contribuyen a la contaminación del suelo y del agua.

Posteriormente, se desarrolló una propuesta de manejo de residuos textiles proyectada hacia el año 2030, en consonancia con las metas intermedias de la Estrategia de Economía Circular para Textiles al 2040. La propuesta plantea la prioriza el reuso de las prendas en buen estado, seguido de mecanismos de reciclaje que permitan reincorporar los materiales textiles en nuevos productos, disminuyendo así la demanda de materias primas vírgenes y contribuyendo a la sostenibilidad de la cadena textil. Para aquellas prendas que no cumplen los estándares de reuso o reciclaje, se consideró la valorización energética, maximizando la recuperación de energía contenida en los materiales textiles antes de optar por su disposición final.

Una de las contribuciones significativas de este estudio fue el cálculo de la huella de carbono asociada a la implementación del modelo de valorización propuesto, en comparación con el modelo actual. Los resultados demostraron que, si bien la estrategia de valorización tiene una

huella de carbono baja en relación con el modelo de manejo de residuos sin valorización, esta reducción es limitada y no alcanza a generar un cambio significativo en las emisiones totales de carbono de la comuna. Esto sugiere que, aunque la valorización es una mejora necesaria, no es suficiente para abordar completamente la problemática ambiental y climática asociada a los residuos textiles.

Dichos hallazgos apuntan a la necesidad de una serie de políticas y estrategias complementarias que no solo se enfoquen en la gestión de residuos, sino también en la prevención de la generación de residuos textiles. Estas políticas podrían incluir la promoción de un consumo más responsable y sostenible, el fomento de un diseño de moda orientado a la durabilidad y reciclabilidad de los productos, así como incentivos para que las empresas adopten prácticas de economía circular en sus procesos de producción. Además, se hace evidente la importancia de involucrar a la comunidad en una gestión más responsable de sus desechos textiles, promoviendo una cultura de reutilización y reciclaje que pueda complementarse con las infraestructuras y políticas públicas necesarias.

Finalmente, este estudio evidencia que la valorización de residuos textiles es una estrategia viable para reducir parte del impacto ambiental en Valparaíso y contribuir a la transición hacia una economía circular en el ámbito textil. Sin embargo, para lograr una reducción significativa en la huella de carbono asociada, es fundamental implementar un enfoque más amplio e integral que considere desde la producción de textiles sostenibles hasta la sensibilización y educación de los consumidores, además de políticas que fomenten la reducción, reuso y reciclaje de materiales textiles. La combinación de estos esfuerzos podría generar un impacto transformador en la sostenibilidad ambiental de la comuna y en la reducción de su huella de carbono, contribuyendo de manera efectiva al cumplimiento de los objetivos de economía circular y de mitigación de cambio climático a nivel local y nacional.

7 CONCLUSIÓN

La gestión de residuos textiles en Valparaíso enfrenta un desafío significativo dada la alta cantidad de estos materiales en los residuos sólidos domiciliarios, los cuales alcanzan un 7% del volumen total de residuos dispuestos según la Estrategia de Economía Circular para Textiles al 2040, la que establece el año presente (2024) como línea base, proyectando una producción de residuos textiles en la comuna que alcanza un valor de 9.909,41 toneladas al año, y al proyectar la estrategia considerando la meta 1 de reducción de consumo por los 16 años indicados, al 2040 la cantidad de residuos textiles alcanzaría un valor de 6.936,58 toneladas, mientras que el valor acumulado durante todos estos años es de 140.465,84 toneladas de residuo textil producido en la comuna de Valparaíso.

La huella de carbono inicial se mide a partir de los resultados obtenidos en el objetivo anterior respecto a las toneladas de residuo textil producidos en la comuna, sin considerar la recuperación del material por medio de un sistema de valorización, por ende, siendo llevado a rellenos sanitarios como parte del sistema de recolección municipal como sucede actualmente. El carbono equivalente total es el resultado de la huella de carbono del textil como bien adquirido más la disposición final del mismo. Para el año 2024 estos valores son 221.078,87 (ton CO₂ eq./año) y 4.921,83 (ton CO₂ eq./año) respectivamente, emitiendo un total de 226.000,71 (ton CO₂ eq./año) al año, y un valor acumulado en el tiempo de proyección de 3.203.560 (ton CO₂ eq./año). Se concluye en este punto que el mayor aporte en carbono de la ropa tiene que ver con el consumo de esta.

A partir de las recomendaciones para el manejo de los residuos textiles que plantea la estrategia nacional de economía circular en textiles al 2040, se presentó una propuesta para la valorización del residuo textil domiciliario, la cual contempla un proceso de recuperación por etapas según la pirámide de jerarquización de residuos, buscando maximizar los recursos existentes y disminuyendo la necesidad de producción de nuevos recursos textiles. La propuesta se presenta abordando la meta 3 de valorización de residuos textiles de la estrategia, la cual en un lapso de 16 años busca valorizar progresivamente hasta el 50% de los residuos producidos. La evaluación económica de la propuesta tiene un VAN positivo, en un escenario en donde la oferta de producción sostenible fuera respaldada por una demanda suficiente de consumidores comprometidos con la compra de estos productos.

Tras la implementación de la propuesta de manejo, se calculó nuevamente la huella de carbono considerando la meta 1 de reducción de residuos textiles y la meta 3 de valorización de los mismos, a través de distintas estrategias de reuso, reciclaje y valorización energética, concluyendo que el aporte de huella de carbono alcanza un valor equivalente a 1.831,57

toneladas de CO₂ equivalente durante todo el periodo en cuestión, sin embargo, la suma del aporte de cada estrategia da un valor total superior a que si todos los residuos se fueran a relleno sanitario. En cuanto a la evaluación económica, las cifras dan un VAN positivo, lo que indica rentabilidad de la propuesta, sin embargo, aún no existe un mercado lo suficientemente competitivo para que los productos de valorización textil tengan la salida esperada en el mercado.

Se concluye al comparar las huellas de carbono del caso 1 y 2, sin y con propuesta de manejo respectivamente, que el escenario planteado tiene una huella de carbono más alta que solo llevar a relleno sanitario el textil producido, no obstante, el hecho de reusar la ropa, conduce a disminuir la huella de carbono inicial de adquirir prendas nuevas, y por otra parte, una propuesta de manejo del residuos textil de origen domiciliario contribuye a la disminución de carga de rellenos sanitarios.

Este análisis sugiere que, aunque la valorización es un paso en la dirección correcta, resulta insuficiente por sí sola. Para lograr reducciones sustanciales en la huella de carbono, será necesario implementar un enfoque integral que contemple políticas de prevención, incentivos para el consumo responsable, y un diseño de productos textiles más sostenible desde su origen. De esta forma, la valorización se convierte en parte de una solución más amplia y ambiciosa, que no solo disminuye los residuos textiles, sino que contribuye a una transición real hacia una economía circular en Valparaíso, alineada con los objetivos de sostenibilidad nacionales y globales.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de Residuos de Cataluña. (2015). *Guía de buenas prácticas para el reciclaje de los residuos textiles y calzado en Catalunya*. Recuperado de https://residus.gencat.cat/web/.content/home/agencia/publicacions/centre_catala_del_reciclatge_ccr/GBPTC_web_CAST.pdf
2. Peralta, B. (2022). *Estrategia de economía circular para Chile: soluciones habitacionales sostenibles*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/172), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
3. Banco Central de Chile. (2023). *Indicadores de comercio exterior. Primer trimestre 2023*. Recuperado de https://www.bcentral.cl/documents/33528/4199360/ICE_2023_I.pdf
4. Barroeta, M. (2021). Derechos Humanos y vestimenta. *Franca Magazine*.
5. Basura Cero Chile. (2023). *III Reporte sobre el movimiento transfronterizo de residuos plásticos en Chile*. Recuperado de https://basuracerochile.files.wordpress.com/2023/09/reporte_ab0.pdf
6. Blacker. (2022). *Redes de Producción Global (GPN) y (des)vinculaciones territoriales: La industria textil e indumentaria y sus implicancias en los microbasurales de Alto Hospicio* [Universidad de Chile]. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/192587/redes-de-produccion-global.pdf?sequence=1>
7. Calvo, S., & Williams, G. (2022). *Ropa usada: mercado nacional y regulación en Chile y extranjero*. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33437/1/BCN_ropa_usada_mercado_regulacion_nacional_y_comparada_agos2022.pdf
8. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). *Oficina de implementación legislativa y economía circular*. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/alexandra_narrchile_economia_circular.pdf
9. Ministerio de Salud. (2004). D.S. N°148. Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=226458>
10. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE). (2009). *Programa de control de microbasurales en Valparaíso*. Recuperado de <https://ciparchile.cl/pdfs/2014/04/incendio/Microbasurales.pdf>
11. Del Campo, C. (2019). *Análisis de ciclo de vida de un producto de indumentaria a partir del uso de herramientas múltiples* [Universidad Nacional del centro de la provincia de Buenos Aires]. Recuperado de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062738008/html/index.html>

12. Ellen MacArthur Foundation. (2017). *Una nueva economía textil: Rediseñando el futuro de la moda*.
13. Fashion Revolution. (2023). Recuperado de <https://www.fashionrevolution.org/ropa-de-segunda-mano-o-residuos-textiles/>
14. Fernandez-Niño, M. (2022). *Estrategia de comunicaciones para ECOCITEX: Plan de acciones y relacionamiento estratégico* [Pontificia Universidad Católica de Chile]. Recuperado de <https://repositorio.uc.cl/server/api/core/bitstreams/5357f9b5-f59a-4915-b9418cd5587c247b/content>
15. Fletcher, K., & Grose, L. (2011). *Fashion & Sustainability: Design for Change*. Laurence King Publishing Ltd.
16. Franch, E. (2023). ¿Ropa de segunda mano o residuos textiles? *Fashion Revolution*. Recuperado de <https://www.fashionrevolution.org/ropa-de-segunda-mano-o-residuos-textiles/>
17. García Frutos. (2021). *Evaluación ambiental de los productos textiles durante todo su ciclo de vida e introducción de estrategias de economía circular*. Universidad Politécnica de Madrid.
18. González, C. (2024). Desierto Vestido: la organización iquiqueña que lucha contra los cerros de basura textil en el norte. *País Circular*. Recuperado de <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/desierto-vestido-cerros-basura-textil/>
19. Greenpeace. (2022). Recuperado de <https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/comunicados/las-exportaciones-ropa-usada-terminan-en-montanas-de-basura-contaminando-el-aire-y-los-rios-en-africa/>
20. Higuera, C. (2022). *Microplásticos en aguas residuales y posibles medidas de control en el gran Santiago* [Universidad de Chile]. Recuperado de <https://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Higuera%20Camila.pdf>
21. ICEX. (2021). *El mercado de la moda en Chile*. Recuperado de <https://www.paiscircular.cl/wp-content/uploads/2021/10/EstudioICEX.pdf>
22. Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2023). *Valparaíso: Reporte Comunal 2023*. Recuperado de https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2023&idcom=5101
23. Klein, N. (2000). *No Logo: El poder de las marcas*. Ediciones Paidós.
24. Ley N° 20.920, Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2016). *Establece Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje*. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>
25. Licitación I. Municipalidad de Quillota, 2831-11-LP10. (2011). *Informe final consolidado: Plan de manejo integral de residuos sólidos región de Valparaíso*. Recuperado de https://www.quillota.cl/web/transparencia/wp-content/uploads/secplan/manejo_residuos/1,%202%20y%203%20cap%C3%ADtulos.pdf

26. Lim, A. (2013). Rana Plaza Disaster: The Collapse of a Building, the Collapse of a System. *Clean Clothes Campaign*.
27. Manjiri, P., & Ashok, A. (2024). Textile Waste Management-Innovative Separation Techniques. *Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering*, 9(2), 555757.
28. Manzano, L. (2014). *Moda sostenible y hábitos de consumo*.
29. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2021). *Hoja de ruta para un Chile Circular al 2040*. Recuperado de <https://economiacircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/07/HOJA-DE-RUTA-PARA-UN-CHILE-CIRCULAR-AL-2040-ES-VERSION-ABREVIADA.pdf>
30. MMA. (2024). *Estrategia de economía circular para textiles al 2040*.
31. MMA. (2023). Ministerio del Medio Ambiente crea comité para elaborar Estrategia de Economía Circular para Textiles. Recuperado de <https://mma.gob.cl/ministerio-del-medio-ambiente-crea-comite-para-elaborar-estrategia-de-economia-circular-para-textiles/>
32. MMA. (2023). *Textiles: Desafíos y agenda*. Recuperado de https://www.agenciasustentabilidad.cl/resources/uploads/documentos/presentacion_to_mas_saieg_-_ministerio_del_medio_ambiente.pdf
33. MMA. (2021). Ministra Schmidt anuncia la incorporación de la industria de la ropa y textiles a la ley REP para impulsar su reciclaje. Recuperado de <https://mma.gob.cl/ministra-schmidt-anuncia-la-incorporacion-de-la-industria-de-la-ropa-y-textiles-a-la-ley-rep-para-impulsar-su-reciclaje/#:~:text=La%20ministra%20del%20Medio%20Ambiente,generan%20cuando%20terminen%20su%20vida>
34. Neira, K. (2022). *Nuevos métodos para la recuperación de fibras textiles a partir de residuos textiles* [Fundación Universidad de América]. Recuperado de <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/8959/1/55439-2022-1-GA.pdf>
35. ONU: Asamblea General. (1948). *Declaración Universal de Derechos Humanos, Resolución 217 A (III)*. Recuperado de <https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights>
36. Procitex. (2022). *Reciclabilidad*. Recuperado de <https://www.instagram.com/p/CmIKODkOskS/>
37. Quantis. (2018). *Measuring Fashion: Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries Study*. Recuperado de https://quantis.com/wpcontent/uploads/2018/03/measuringfashion_globalimpactstudy_full-report
38. Periyasamy, AP (2023). Emisiones de microfibras de textiles funcionalizados: amenaza potencial para la salud humana y los riesgos ambientales. *Toxics*, 11 (5), 406. <https://doi.org/10.3390/toxics11050406>

39. Mejía Fajardo, A. (2024, 28 de septiembre). **PFAS: Los textiles tóxicos de la moda de DuPont**. *La Silla Vacía. <https://www.las.com/rojo-de-expertos/r-verde/pfas-textiles-a-moda-dupont/>
40. Informe Nodo Circular Valparaíso, análisis operativo y de impacto de organización voluntaria de urgencia a sistematización de la circularidad textil para la prosperidad local. https://tneutral.com/wp-content/uploads/2024/07/Informe_NodoCircularValparaiso.pdf
41. Mercado Puerto: Barrio Puerto (2009)
 - a. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962009000300014