

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...



FACULTAD DE INGENIERIA

Maestría en Logística

TESIS

**Logística inversa dirigida al desguace de buques varados en
el Muelle Almirante Storni, Puerto Madryn.
Provincia de Chubut, Argentina.**

Lic. Gabriel Hernández Bloch

Noviembre 2025

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN LOGISTICA**



**Logística inversa dirigida al desguace de
buques varados en el Muelle Almirante Storni,
Puerto Madryn.
Provincia de Chubut, Argentina.**

Autor: Lic. Gabriel Hernández Bloch

Director: Magíster Ing. Antonio Mangione

Noviembre 2025

MAESTRÍA EN LOGÍSTICA

ACTA DE DEFENSA PÚBLICA DE TESIS

En la Ciudad de Mendoza siendo las 16.59 horas del día 27 de marzo de 2026 se reúne en Acto Público el Jurado encargado de evaluar la Defensa del Trabajo de Tesis de la Carrera de Posgrado Maestría en Logística titulado “LOGÍSTICA INVERSA DIRIGIDA AL DESGUACE DE BUQUES VARADOS EN EL MUELLE ALMIRANTE STORNI, PUERTO MADRYN - PROVINCIA DE CHUBUT, ARGENTINA”, desarrollado por el alumno **Lic. Juan Gabriel HERNÁNDEZ BLOCH** bajo la dirección del Mgt. Antonio MANGIONE.

El Jurado fue designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería según Resolución N° 415/2025 CD, y está integrado por:

Titulares:

- Dr. Ing. Ricardo Raúl PALMA
- Mgt. Emiliano TOBARES (Externo)
- Mgt. Gustavo Jesús COLMENA VIDAL (Externo)

Suplentes:

- Mgt. Nicolás GUERRA (Externo)
- Dr. Ing. Hugo Fernando TAPIA

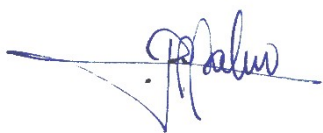
El alumno **Lic. Juan Gabriel HERNÁNDEZ BLOCH** efectúa la defensa de su Tesis.

A continuación, los miembros del Jurado efectúan preguntas, consultas y comentarios que estimaron convenientes para ser contestadas por el alumno **Lic. Juan Gabriel HERNÁNDEZ BLOCH**.

Seguidamente el Jurado se reúne en Sesión Privada para calificar la Tesis defendida, la que obtiene la calificación de: “*Sobresaliente*” por mayoría.

Se comunica al alumno **Lic. Juan Gabriel HERNÁNDEZ BLOCH** la calificación obtenida.

Se cierra este Acto siendo las 18:10 horas del día 27 de marzo de 2026.



Dr. Ing. Ricardo Raúl
PALMA



Mgt. Emiliano
TOBARES



Mgt. Gustavo Jesús
COLMENA VIDAL

Agradecimientos

A los docentes de la Maestría en Logística, muy especialmente a Antonio Mangione y Raymundo Forradellas que me ayudaron con sus conocimientos y experiencias.

A la facultad de Ingeniería de la Uncuyo que me brindó la formación académica de prestigio.

A mi director de tesis por su compromiso y dedicación, que me motivó a seguir con mi tesis Ing. Mg. Antonio Mangione.

Especialmente a mi familia, que es mi sostén y motivación para enfrentar nuevos desafíos.

Resumen

La presente tesis analiza la aplicación de la logística inversa en el proceso de desguace de buques varados en el Muelle Almirante Storni, ubicado en la ciudad de Puerto Madryn, Provincia de Chubut.

La investigación se centra en el estudio de métodos y procedimientos orientados a la recuperación eficiente de materiales de desecho y residuos, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental.

El enfoque del trabajo incluye también las prácticas de sostenibilidad y las normativas locales, para asegurar un proceso de desguace seguro y respetuoso con el medio ambiente.

Abstract

This thesis analyzes the application of reverse logistics in the ship dismantling process of stranded vessels at the Almirante Storni Pier, located in the city of Puerto Madryn.

The research focuses on studying methods and procedures aimed at the efficient recovery of waste materials and residues, with the goal of minimizing environmental impact.

The approach also includes sustainability practices and local regulations to ensure a safe and environmentally responsible dismantling process.

Glosario

Acero al carbono: acero que debe sus propiedades, principalmente, al contenido de carbono y no a la presencia de otros aleantes. Es el acero básico, y representa más del 90% del acero utilizado globalmente.

Acero: aleación fundamentalmente compuesta de hierro con un contenido máximo de 2% de carbono, producido en hornos de aceración.

Aceros aleados: aceros fabricados para usos especiales. Resultan de adicionarle aleantes (como cromo, manganeso, níquel, silicio y otros metales menos comunes), en determinadas proporciones, al material fundido. Se caracterizan por su alta resistencia a la tracción, a la corrosión y al calor. Un ejemplo de estos son los **aceros inoxidables**.

Aceros galvanizados: aceros revestidos de una delgada capa de zinc para hacerlos resistente a la corrosión, proceso de galvanoplastia.

Alambre: producto de acero usualmente de sección transversal circular obtenido por la trefilación de alambrón.

Alambrón: acero redondo, largo, que se lamina a partir de una palanquilla y se enrolla para procesamiento ulterior. Con el alambrón se suele dar forma a alambres o se utiliza para hacer pernos y clavos.

Alto horno: cilindro en forma de torre utilizado para reducir el hierro del mineral. Una vez que se enciende, un alto horno operará en forma continua hasta que necesite un nuevo revestimiento.

Arrabio: es el producto obtenido en el alto horno. A partir de este, mediante un proceso de refinación, se obtiene acero.

Barras: productos largos y delgados de acero que son laminados a partir de palanquillas. Las más comunes son: las barras lisas, las de hormigón y las de molienda.

Bobinas: láminas de acero delgado y plano, enrolladas, obtenidas a partir de la laminación de un planchón en un laminador de planos en caliente.

CAA: Cámara Argentina del Acero.

CAIAMA: Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines.

Colada continua: método de moldear el acero en palanquillas, tochos o planchones a través de un proceso de enfriamiento directamente desde su forma líquida.

Convertidor al oxígeno (acería): horno en el cual se refina y convierte en acero el arrabio fundido de un alto horno.

Coque: es el combustible básico que se consume en los altos hornos en la fundición del hierro. Es un carbón desgasificado en una coquería.

Ferroaleaciones: aleación de hierro con uno o más elementos en cantidades suficientes como para ser utilizados para su adición al acero fundido.

Fleje: acero delgado y plano que se asemeja a una plancha laminada en caliente pero que normalmente es más angosto (hasta 30 cm de ancho).

Hierro esponja: producto de cualquiera de los procesos industriales de reducción directa que es lo suficientemente rico en hierro para utilizarlo como sustituto de la chatarra en acería en hornos eléctricos.

Hojalata: lámina de acero de bajo carbono y espesor obtenida por laminación en frío, con un recubrimiento de estaño.

Horno eléctrico de arco: horno de acería en el cual el calor es suministrado por electricidad en forma de arco que proviene de electrodos de grafito hacia el baño de metales. Debido a que no se emplea combustible alguno, no se introduce ningún tipo de impurezas, dando como resultado un acero más limpio. Otra ventaja sobre el horno de oxígeno básico es que puede operar con grandes cargas de chatarra y sin hierro fundido.

HRC: Hot Rolled Band, bobina de acero laminado en caliente

Laminación: término utilizado en referencia con el trabajado de metales pasándolos por cilindros que giran en direcciones opuestas; el metal es comprimido y reducido en su sección y cambiado de forma; la operación puede desarrollarse a altas o bajas temperaturas (laminación en caliente o en frío) y aparte de la operación principal puede mejorar la estructura granular, las propiedades mecánicas y el acabado superficial.

Laminador: maquinaria pesada en la cual se pasa a través de dos cilindros metal para cambiar la forma y dimensiones de la sección del material. Cada tren de laminación individual se conoce como bastidor y para la laminación continua varios bastidores se emplazan en tándem.

Lingote: forma de acero semiterminado; el acero líquido es vaciado en moldes, en donde se solidifica lentamente para su laminado o forjado posterior.

Metalurgia en cuchara de colada: procesamiento intermedio del acero que ocurre inmediatamente después de salir del horno básico al oxígeno o eléctrico, pero antes del vaciado, mientras el acero todavía se encuentra en el cucharón. Al recalentar y revolver el acero, se controla la temperatura y composición química a fin de mejorar la calidad del metal.

Mineral de hierro: mineral que contiene suficiente hierro para ser una fuente comercialmente viable del elemento para uso en acería. El hierro no es un elemento libre, más bien se encuentra atrapado en la corteza de la tierra en forma oxidada.

Palanquilla: forma de acero semiterminado que se utiliza para productos largos (o no planos).

Planchón: es el tipo más común de acero semielaborado. Luego de la fundición, se envían al laminador de planos en caliente para convertirse en láminas enrolladas (bobinas).

WSA: World Steel Association.

Índice General

Introducción	11
CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO	14
1.1 Características generales del área de la tesis	14
1.2 Ubicación en Puerto Madryn.....	14
1.3 Condiciones meteorológicas.....	15
1.4 Infraestructura del Muelle Almirante Storni	16
1.5 Servicios con los que se cuenta	17
1.6 Ubicación de los buques varados.....	19
CAPÍTULO II- LOGÍSTICA INVERSA Y MEDIO AMBIENTE	27
2.1 Logística inversa	27
2.2 Aspecto medioambiental	35
CAPÍTULO III-SECTOR SIDERÚRGICO Y ECONÓMICO	47
3.1 Caracterización del sector siderúrgico argentino	47
3.2 Descripción del procedimiento de producción.....	50
3.3 Sistematización en el contexto	55
CAPÍTULO IV-METODOLOGÍA	57
4.1 Análisis de datos.	57
4.2 Análisis de los estudios complementarios.....	58
CAPÍTULO V- ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO	62
5.1 Introducción	62
5.2 Metodología económica aplicada	63
5.3 Descripción de los métodos de desguace	64
5.4 Estimación de costos operativos por método	68
5.5 Estimación de ingresos por materiales reciclables recuperados.....	70
5.6 Análisis comparativo de costos vs. ingresos	73
5.7 Escenarios proyectados a 5 años	75
5.8 Análisis de viabilidad económica y conclusiones.....	77
5.9 Conclusión del estudio financiero.....	78
5.10 Recomendaciones finales	79
5.11 Referencias Web.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXOS – NORMATIVA.....	82
1.1 Directrices Prefectura Naval Argentina. Desguace seguro de buques.....	83

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación geográfica. Puerto Madryn.....	15
Ilustración 2. Datos históricos del tiempo en Puerto Madryn.....	16
Ilustración 3. Croquis del Muelle Almirante Storni.....	17
Ilustración 4. Buques varados en el Muelle.....	19
Ilustración 5. Pesquero fresco.....	20
Ilustración 6. Pesquero congelador.....	21
Ilustración 7. Pesquero de baja envergadura.....	21
Ilustración 8. Remolcador.....	22
Ilustración 9. Remolcador.....	22
Ilustración 10. Proceso de Logística Inversa para desguace de buques.....	30
Ilustración 11. Checklist para la recuperación de materiales.....	39
Ilustración 12. Matriz de impactos ambientales.....	45
Ilustración 13. Importancia del impacto.....	45
Ilustración 14. Matriz Económica de la Logística Inversa en el Sector Siderúrgico.....	53

Índice de Tablas

Índice de Tablas

Tabla 1. Infraestructura de cada sitio del Muelle.....	16
Tabla 2. Características técnicas de la población de análisis.....	23
Tabla 3. Comparativa de métodos de desguace.....	66
Tabla 4. Desglose de costos por método (USD por tonelada).....	67
Tabla 5. Costos totales estimados por buque (2.500 t).....	68
Tabla 6. Valor de mercado por tipo de material.....	69
Tabla 7. Estimación de toneladas recuperadas.....	70
Tabla 8. Estimación de ingresos en USD por método.....	70
Tabla 9. Análisis comparativo de costos vs. ingresos.....	71
Tabla 10. Punto de equilibrio según método de desguace.....	72
Tabla 11. Márgenes netos proyectados por escenario a 5 años (USD acumulados).....	74

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Principales países productores de mineral de hierro a nivel mundial en 2023.....	48
Gráfico 2. Producción mundial de acero crudo en 2023.....	49
Gráfico 3. Evolución de la producción de acero en Argentina 2019- 2021.....	52
Gráfico 4. Comparación cualitativa de métodos de desguace (escala 1=bajo, 3=alto).	68
Gráfico 5. Comparación de costos totales estimados por métodos de desguace (USD)...	70
Gráfico 6. Ingresos estimados por materiales reciclables (USD) según método.....	72
Gráfico 7. Ingresos proyectados por venta de materiales reciclables (USD).....	72
Gráfico 8. Margen neto estimado por método de desguace (USD).....	73
Gráfico 9. Representación del punto de equilibrio según método de desguace (USD).....	74
Gráfico 10. Proyección de márgenes netos acumulados a 5 años (USD).....	76

Introducción

El tema elegido es la **“Logística Inversa dirigida al desguace de buques varados en el Muelle Almirante Storni, Puerto Madryn, Provincia de Chubut, Argentina”**

Los antecedentes de la presente tesis surgen de una inquietud, provocada por una publicación periodística sobre la situación en el litoral marítimo de Chubut, (Radio AM-540, 2015) y reiterada con posterioridad por otros medios, donde se advierte la gran cantidad de buques varados a tal punto que obstaculizan la operatividad del Muelle Almirante Storni en Puerto Madryn. El interés por el desguace de buques se profundiza al observar que esta problemática no es exclusiva de dicho puerto, sino que se replica en otros puntos del litoral marítimo y fluvial del país.

Algunos de estos buques contienen restos de hidrocarburos; de hecho, en 2017 se registró un derrame. En 2023, una embarcación se soltó y quedó a la deriva. Ambos casos demuestran el inminente riesgo de contaminación y daños posibles al litoral marítimo y a la infraestructura portuaria.

En abril de 2018, una marea extraordinaria provocó que un buque se soltara de su varadura y fuera arrastrado por la corriente. Según informó el diario *El Chubut* (2018), Prefectura logró fondearlo nuevamente, evitando que iniciara una trayectoria fuera de control, lo que hubiese puesto en riesgo al muelle y a los barcos fondeados en la rada del Golfo.

Además del riesgo ambiental, el impacto visual de este “cementerio de buques” en una zona eminentemente turística genera preocupación, ya que afecta negativamente la imagen del lugar. Para erradicar estas naves, algunas abandonadas desde hace años, la autoridad portuaria se propone el desguace de dos unidades por año, con intervención de empresas locales de desguace. Estos sucesos ponen en evidencia la necesidad urgente de acceder a un procedimiento de recuperación del material que, sin embargo, no presenta un interés económico apreciable para ningún sector.

En este contexto, la logística inversa, también conocida como cadena logística inversa, se presenta como un campo de estudio clave para el desarrollo de métodos y servicios aplicables tanto al sector público como al industrial.

La presión por recuperar materias primas, el principio de eficacia en la reducción de desechos, la toma de conciencia de los consumidores y las ventajas económicas derivadas de la reutilización de materiales, conllevan a centrar la atención en la logística “del retorno”.

El planteamiento del problema radica en la presencia de buques varados en el Muelle Almirante Storni y en el impacto ambiental marino derivado del vuelco de fluidos y de la descomposición de los materiales que los componen.

Los objetivos generales son:

- Brindar una herramienta a las autoridades provinciales y a empresas asociadas al sector siderúrgico para poder costear parcialmente el desguace y retiro total de los buques en cuestión.
- Mitigar el impacto ambiental asociado al deterioro de los buques, los vuelcos de fluidos y la descomposición de elementos que producen la contaminación marina (**Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, 2002**).
- Difundir los procedimientos de la logística inversa generando una cultura del recupero.

Los objetivos específicos son:

Diseñar un modelo de logística inversa del desguace de los buques que permita la reutilización de los materiales para su reinserción en el proceso productivo.

La hipótesis planteada sostiene que el diseño de un modelo de logística inversa contribuye al desguace y reutilización de materiales, permitiendo su reinserción en el proceso productivo. A su vez, facilita la recuperación de recursos que pueden representar una oportunidad de crecimiento, al convertirse en materia prima para empresas asociadas al sector siderúrgico, contribuyendo así a la reducción de sus costos.

La presentación de la estructura de la tesis consta de cuatro capítulos. En el primero se plantea el marco teórico, en el cual se describen las características generales del área de estudio (clima, geografía, entre otros aspectos). El segundo capítulo desarrolla el diseño del modelo de logística inversa y su relación con el medio ambiente, analizando el impacto ambiental y los principales contaminantes derivados del abandono de buques. El tercer

capítulo aborda el sector siderúrgico argentino y su vinculación económica con la recuperación de materiales. Finalmente, el cuarto capítulo presenta la metodología utilizada y las conclusiones obtenidas.

La metodología de investigación adoptada en esta tesis se enmarca en un enfoque cualitativo, con un carácter narrativo y con propósitos explicativos y argumentativos. Se utilizan principalmente fuentes secundarias, lo cual permite desarrollar el trabajo a partir del análisis de información indirecta vinculada con el problema planteado.

Por otra parte, se propone un modelo de logística inversa que establece procedimientos básicos para recuperar materiales del desguace de buques, los cuales podrían convertirse en materia prima para el sector siderúrgico, reduciendo sus costos. Además, se apunta a evitar daños en la infraestructura portuaria, restablecer el equilibrio ambiental y minimizar el impacto en la comunidad y el ecosistema. Para respaldar esta propuesta, en el Anexo III se incluye un análisis económico con proyecciones de ingresos por la venta de materiales reciclables según el método de desguace utilizado, evaluando así la viabilidad financiera del modelo.

CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO

1.1 Características generales del área de la tesis

El área de la tesis para el desguace de buques varados se localiza en el Muelle Almirante Storni, en Puerto Madryn, y presenta las siguientes características generales:

La zona de Muelles Almirante Storni, ubicada en Puerto Madryn, provincia de Chubut, Argentina, es una costa con acceso al mar, lo cual resulta fundamental para el manejo y recuperación de materiales provenientes de los buques varados. La proximidad al océano requiere tomar medidas adecuadas para evitar la contaminación del agua y proteger la vida marina.

La región se destaca por su intensa actividad portuaria y su rol estratégico en el comercio y la pesca, lo que genera una alta densidad de tráfico marítimo y múltiples actividades conexas.

El clima en Puerto Madryn es predominantemente árido y ventoso, con temperaturas variables según la estación. Estas condiciones pueden incidir en las operaciones de desguace, particularmente en el manejo de materiales y en las medidas de seguridad.

Por otro lado, el área está sujeta a regulaciones ambientales específicas, dadas su ubicación costera y su relevancia ecológica. El cumplimiento de las normativas locales resulta esencial para minimizar el impacto ambiental y asegurar la sostenibilidad del proceso de desguace.

Climate-Data.org. (2017). Datos climáticos de Puerto Madryn. <https://www.climate-data.org>

1.2 Ubicación en Puerto Madryn

Puerto Madryn se ubica en la provincia de Chubut, sobre la costa occidental del Golfo Nuevo, a 80 Km al norte de Rawson (capital de la provincia), a 450 Km al noreste de Comodoro Rivadavia y a 1400 Km al sur de la ciudad de Buenos Aires, tal como se visualiza en la Imagen I. Su situación geográfica es latitud 42° 46' - longitud 65° 02' W.

El muelle Almirante Storni se encuentra costa afuera en el Golfo Nuevo, situado a unos 4 Km al norte de la ciudad de Puerto Madryn. Se vincula con tierra mediante un viaducto de aproximadamente 1.200 metros de longitud.



Ilustración 1. Ubicación geográfica. Puerto Madryn.
Fuente: Administración Portuaria de Puerto Madryn (2017).

A partir de los años ochenta, y con el desarrollo de la actividad pesquera en Argentina, Puerto Madryn experimentó su primera transformación significativa.

El muelle comenzó a ser utilizado como base de operaciones por buques pesqueros, ampliando así su atención a buques factoría y congeladores.

El desarrollo de esta nueva actividad impulsó la instalación de un parque industrial pesquero al norte del puerto, destinado al procesamiento de la captura. Desde la década del '90, y en función de sus objetivos institucionales, la "Administración Portuaria" actúa como un Ente Público no Estatal con personería jurídica y plena capacidad legal, conforme a las disposiciones del Código Civil, para llevar adelante sus fines. Esta entidad puede realizar todo tipo de actos de administración y disposición, con la única limitación impuesta por la normativa portuaria vigente.

La "Administración Portuaria" tiene a su cargo la administración, gestión y dirección de los muelles Almirante Storni y Comandante Luis Piedra Buena.

1.3 Condiciones meteorológicas.

El clima en Puerto Madryn es de tipo desértico. A lo largo del año, las precipitaciones resultan prácticamente inexistentes. La temperatura media anual se sitúa en 13,5 °C, con una precipitación total aproximada de 160 mm, tal como se observa en la Imagen II.

TABLA CLIMÁTICA // DATOS HISTÓRICOS DEL TIEMPO PUERTO MADRYN

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	20.1	20.2	17.7	14.3	10.1	7.1	6.6	8.1	10.3	13.1	15.8	18.9
Temperatura mín. (°C)	13	13.3	11.1	7.8	4.4	2.1	1.2	2.1	4.1	6.9	8.3	11.9
Temperatura máx. (°C)	27.3	27.2	24.4	20.9	15.9	12.1	12.1	14.2	16.6	19.3	23.4	26
Temperatura media (°F)	68.2	68.4	63.9	57.7	50.2	44.8	43.9	46.6	50.5	55.6	60.4	66.0
Temperatura mín. (°F)	55.4	55.9	52.0	46.0	39.9	35.8	34.2	35.8	39.4	44.4	46.9	53.4
Temperatura máx. (°F)	81.1	81.0	75.9	69.6	60.6	53.8	53.8	57.6	61.9	66.7	74.1	78.8
Precipitación (mm)	11	15	12	12	20	16	14	9	13	19	9	10

La precipitación varía 11 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. Las temperaturas medias varían durante el año en un 13.6 °C.

Ilustración 2. Datos históricos del tiempo en Puerto Madryn.

Fuente: Climate-Data.org y OpenStreetMap contributors (2017).

1.4 Infraestructura del Muelle Almirante Storni

El viaducto que conecta los muelles con tierra firme, tal como se observa en la Imagen III, tiene una extensión de 1.168 metros de largo y 12 metros de ancho. Se compone de una calzada de 9 metros de ancho, con dos carriles de circulación y dos veredas laterales de 1,5 metros cada una. En el lado norte se destaca un saliente destinado al paso de una cinta transportadora.

El sistema se constituye por una infraestructura de pilotes de gran diámetro, dispuestos en grupos y vinculados mediante cabezales. Esta infraestructura sirve como base para la superestructura, formada por vigas pre moldeadas de hormigón pretensado.

Datos / Sitio	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5 / Sitio 6
Longitud Muelle (mts)	217	217	198	200	298
Ancho (mts)	22	12	43	Zona de Dolphins	29
Área (mts)	4774	2604	8514	Zona de Dolphins	4524
Profundidad en (Pies)	42' a 55'	42' a 55'	34' a 42'	18' a 34'	14' a 23'
Tipo de energía	230/380 V	230/380 V	220/380 V	220/380 V	220/380 V
Cantidad tomas de energía	4	3	4	3	3
Tomas de H2O	3	4	4	3	4

Tabla 1. Infraestructura de cada sitio del Muelle.

Fuente: Administración Portuaria de Puerto Madryn (2017).

En la Imagen III se aportan datos de cada sitio del Muelle. Además, la instalación posee una superficie operativa de 20.700 m², depósitos fiscales de 1.714 m², playa para contenedores de 30.000 m² pavimentados y 5.000 m² de tierra compactada. Finalmente, dispone de una balanza fiscal con capacidad autorizada de 80.000 kg.



Ilustración 3. Croquis del Muelle Almirante Storni.
Fuente: Administración Portuaria de Puerto Madryn (2017)

1.5 Servicios con los que se cuenta

-Servicios propios

Provisión de agua potable: La Administración Portuaria dispone de una red de canalizaciones para el aprovisionamiento de los buques. Puede abastecer aproximadamente 15/20 m³/h por boca. La cañería principal se compone de acero galvanizado de 4", con derivaciones a las distintas tomas en 3" y tomas de conexión de 2 ½". Posee un tanque de reserva de 500 m³ para asegurar el servicio. El agua es suministrada a la Administración Portuaria por la Cooperativa de Servicios Públicos de la ciudad (SERVICOOP), en forma continua, con un caudal aproximado de 4000–5000 m³/mes, cantidad que cubre los requerimientos actuales sin inconvenientes. Todas las tomas poseen caudalímetro. Caudal máximo aproximado por toma: 15 m³/h.

Provisión de energía: Todos los sitios disponen de tomas para fuerza electromotriz de 380/220 V. La fuerza motriz de los sitios 1, 2, 3 y 4 se provee de la subestación existente en el sitio 3, a la que se llega con una línea de 13,2 kV que corre por la galería de la cinta transportadora de materias primas, hasta el transformador de 315 kVA. Fuera de los sitios operativos del Muelle Almirante Storni, se encuentra en la zona de las Plazoletas Fiscales una cantidad de 100 tomas de energía para la conexión de contenedores refrigerados.

Grupo electrógeno: La Administración Portuaria cuenta, para casos de emergencia, con un grupo electrógeno diésel, 380 V / 220 V – 50 Hz, transportable de 450 kVA de potencia, con disponibilidad de 46 bocas móviles para conexión de contenedores *reefers*.

Iluminación: El sistema de iluminación se compone de 34 columnas con unidades de gas de sodio de 400 W. Los sitios 3, 5 y 6 cuentan con seis torres, cada una equipada con seis artefactos de 2.000 W. Los sitios 1 y 2 disponen de 26 reflectores con lámparas de 1.000 W cada uno. El sistema se activa de forma automática mediante células fotoeléctricas.

Recolección de residuos sólidos: Se brinda servicio de recolección de residuos sólidos de los buques en puerto, así como el alije de sentinas, según el requerimiento de los clientes y las empresas operadoras.

Servicios de transporte interno: Se ofrece un servicio de movilidad interna para pasajeros dentro del muelle Almirante Storni, operativo las 24 horas, todos los días del año.

Servicios de emergencias médicas: Se presta un servicio médico sanitario de emergencias de carácter permanente, brindando asistencia a toda persona que se encuentre dentro del ámbito del Muelle Almirante Storni. El servicio consta de una sala de atención, una ambulancia equipada y la presencia permanente de personal médico, disponible las 24 horas, los 365 días del año.

Sistema contra incendio: El puerto cuenta con un sistema de control de incendios. El agua es captada del mar en el Sitio 3 mediante una bomba FLYGT y una bomba centrífuga a tornillo, que operan conjuntamente y generan una presión de trabajo aproximada de 8 kg/cm², con un caudal de 90 m³/hora. Este sistema abastece a los Sitios 1, 2, 3 y 4.

En los Sitios 5 y 6, la instalación incluye dos bombas eléctricas sumergibles (una en reserva), con una presión de 5 kg/cm² y un caudal de 90 m³/hora. Las bombas son del tipo FLYGT modelo BS 2151 HT, de 27 CV.

La red de distribución cuenta con cañería de Schedule 40, de 100 mm de diámetro, e hidrantes de dos tipos: uno de bajo nivel, ubicado junto a las tomas de agua potable, y otro de nivel superior, ubicado en la salida del Viaducto Secundario, frente al Edificio Complementario, en las torres de iluminación y en la torre de baliza del extremo.

(Anuario Portuario y Marítimo, 2024, pp. 267–268)

-Servicios brindados por terceros

Suministro de combustibles: Este servicio es realizado por empresas privadas mediante camiones cisterna.

Provisión de víveres: Los prestadores de este servicio son proveedores privados contratados directamente por las Agencias Marítimas y representantes de los buques. Puerto Madryn cuenta con la provisión integral de víveres y demás elementos para el rancho de buques a precios competitivos, con grandes abastecedores en la zona que poseen un stock adecuado para cubrir las demandas temporarias.

Estiba y cargas: En esta terminal operan empresas de estiba calificadas, que disponen de medios mecánicos tales como grúas móviles de diferentes capacidades y maquinaria adecuada para operaciones con contenedores.

Talleres navales: Proveedores privados con amplia capacidad técnica para reparaciones integrales, tanto mecánicas como estructurales.

Recolección de residuos sólidos: Servicios de recolección de residuos sólidos de los buques en puerto. El alije de sentinas se realiza en puerto por requerimiento del cliente a las empresas operadoras. (Administración Portuaria de Puerto Madryn, 2017).

1.6 Ubicación de los buques varados



Ilustración 4. Buques varados en el muelle.

Fuente: Administración Portuaria de Puerto Madryn (2017).

En la zona sur del muelle Almirante Storni se encuentran varados 15 buques: Conarpesa II, Orel (ruso), Yamana, Guillermo Daniel, Codepeca I, Kami, Santa Clara, Cabo Buena Esperanza, Cabo Dos Bahías, Promarsa II, María Dolores, Joseph Duhamel, Cabo San Sebastián (escorado sobre su banda de estribor y ubicado dentro de la línea de marea) y Pancho Ramírez.

Al norte del viaducto del muelle se ubica el pesquero Anita, desde donde, según la Prefectura Naval Argentina, comenzarán las tareas de desguace. Finalmente, en la posición número 16, se encuentran restos de una antigua plataforma de trabajo.

Características de los tipos de los buques varados

Se proporcionan los croquis de cada tipo de buques con sus detalles:

1- Pesquero fresco

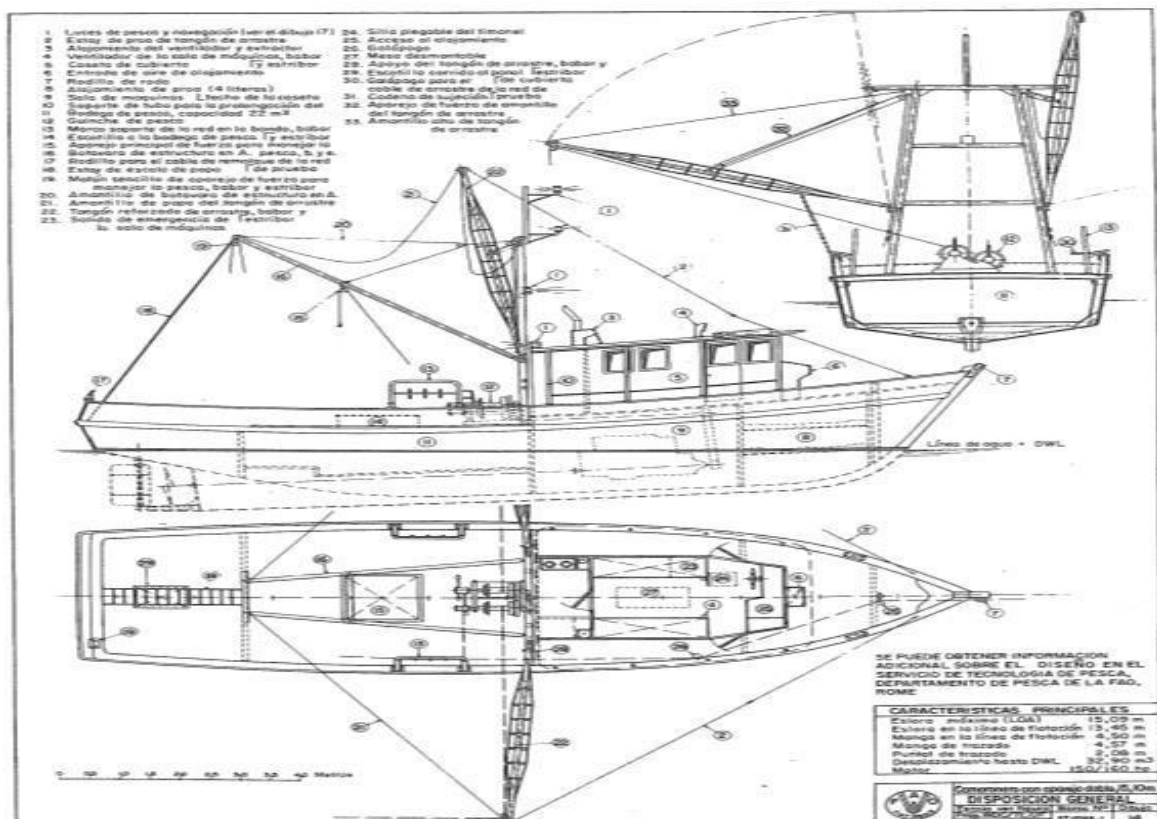
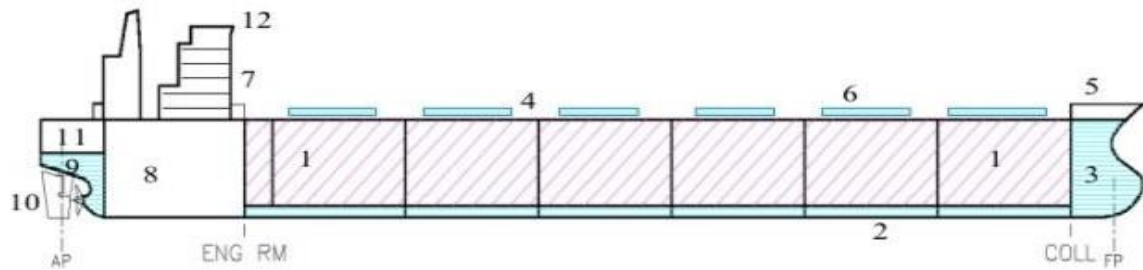


Ilustración 5. Pesquero fresco.

Fuente: Ocampos, J. (s. f.). Plano de pesquero fresco. Bibliocad.

2- Pesquero congelador



- 1.- Bodegas
- 2.- Doble fondo
- 3.- Tanque de Pique de proa
- 4.- Cubierta Principal
- 5.- Castillo de Proa
- 6.- Escotillas y tapa escotilla
- 7.- Superestructura y cubiertas
- 8.- Sala de máquinas
- 9.- Tanque del Pique de Proa
- 10.- Hélice y Timón
- 11.- Sala del Servomotor o equipo de gobierno
- 12.- Puente de Navegación



Ilustración 6. Pesquero congelador.

Fuente: Ocampos, J. (s. f.). Plano de pesquero congelador. Bibliocad.

3- Pesquero de baja envergadura

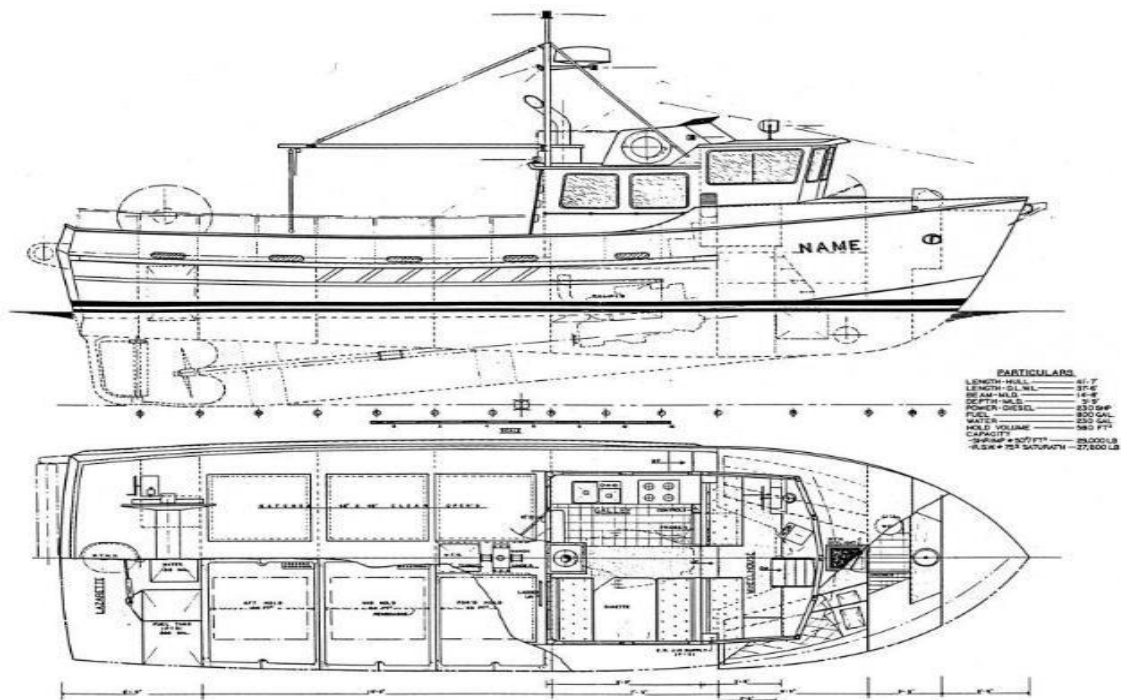


Ilustración 7. Pesquero de baja envergadura.

Fuente: Ocampos, J. (s. f.). Plano de pesquero de baja envergadura. Bibliocad.

4- Remolcador

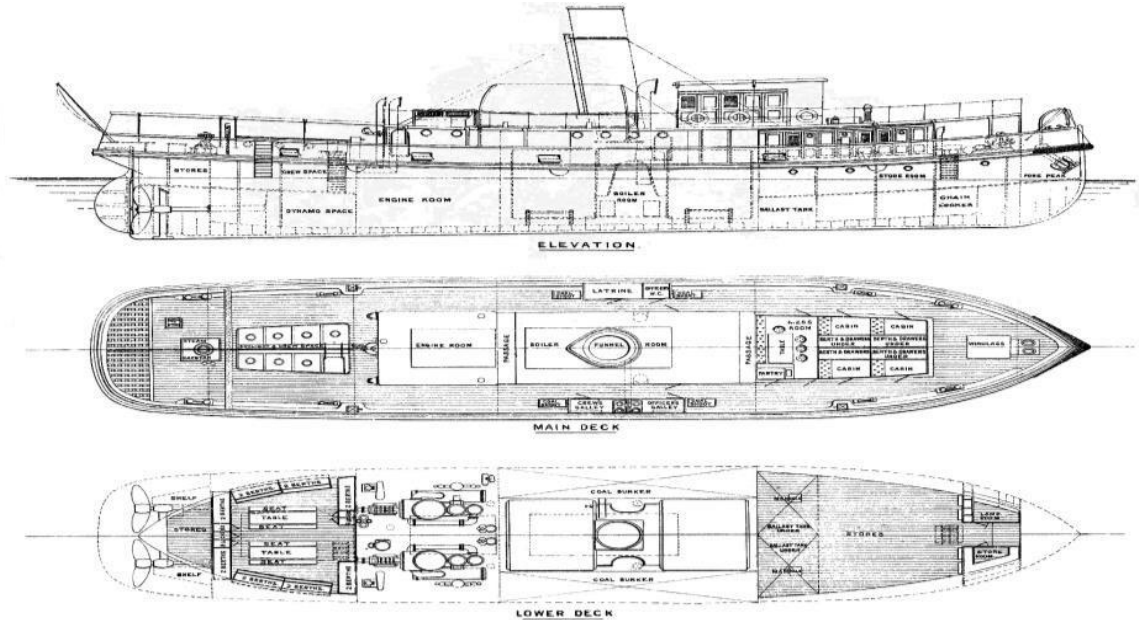


Ilustración 8. Remolcador.

Fuente: Ocampos, J. (s. f.). Plano de remolcador. Bibliocad.

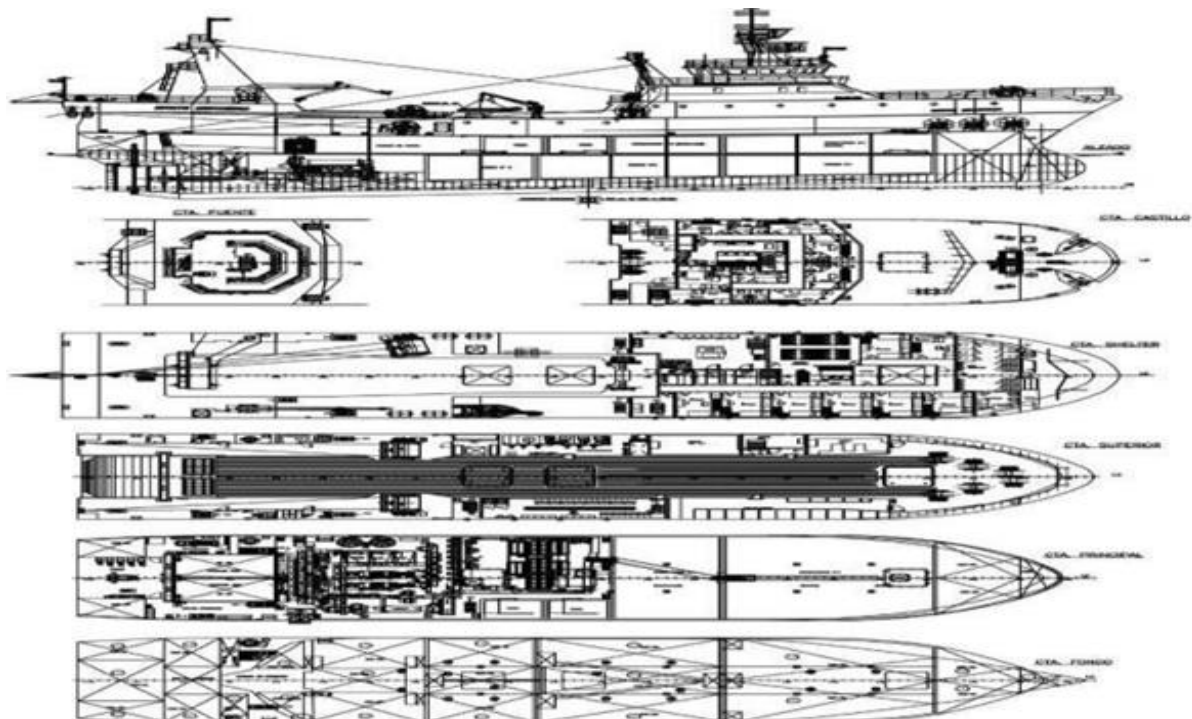


Ilustración 9. Remolcador.

Fuente: Ocampos, J. (s. f.). Plano de remolcador. Bibliocad.

Anteriormente se identificaron los buques que serán sometidos al proceso de desguace, clasificados según su tipo.

En la siguiente tabla se presentan las características técnicas de los buques seleccionados para el estudio, brindando un panorama general de sus dimensiones y especificaciones.

Tabla II. Características técnicas de los buques a tratar

Buques	Tipo	Eslora	Manga	Puntal	Motores de propulsión
Santa Clara Orel	Pesquero fresco	25 a 50m	6 a 9 m	2.0 a 3.5 m	400 a 1700 HP
María Dolores	Pesquero congelador	28 a 60m	7 a 11m	2.7 a 5.0 m	700 a 2400 HP
KAMI	Pesquero congelador palangrero	40 a 144 m	10 a 20m	5.0 a 12m	1800 a 7000 HP
Joseph Duhamel	Pesquero congelador factoría	40 a 144 m	10 a 20m	5.0 a 12 m	1800 a 7000 HP
Conarpesa II	Pesquero congelador tangonero	28 a 50m	7 a 10 m	3 a 5 m	700 a 2400 HP
A.R.A. Yamana	Remolcador	43,60 m	10 m	5,20 m	1.850 HP

Tabla 2. Características técnicas de la población de análisis.

Fuente: (Iribar y Naval, s. f.)

A continuación, se presentan los sectores comunes de los buques (partes estructurales) y el tipo de equipamiento que usualmente se encuentra a bordo en los buques detallados en la Tabla II.

Sectores en común (partes de los buques)

Para identificar los sectores en común de los buques mencionados, es posible distinguir algunas estructuras generales y el equipamiento que habitualmente se encuentra en este tipo de embarcaciones:

- **Casco:** Estructura principal que proporciona flotabilidad.
- **Puente de mando:** Área donde se controlan las operaciones de los buques.
- **Bodega:** Espacio para almacenar carga y provisiones.
- **Camarotes:** Habitaciones para la tripulación y pasajeros.
- **Sistemas de navegación:** Equipos para la navegación y seguridad.
- **Motor y sistema de propulsión:** Equipos que permiten el movimiento de los buques.
- **Sistema de comunicación:** Equipos para la comunicación entre buques y con tierra.

Equipamiento usualmente encontrado

- **Equipos de seguridad:** Chalecos salvavidas, balsas, extintores.
- **Sistemas de navegación:** GPS, radar, compás.
- **Maquinaria de carga:** Grúas, poleas, winches.
- **Electrónica:** Radios, sistemas de monitoreo, cámaras.
- **Equipamiento de pesca:** Redes, cañas, sondas.
- **Sistemas de suministro:** Tanques de agua, generadores, cocinas.

(Instituto Náutico Darío Fernández, s. f., sección "Sectores en común").

Estos sectores y equipamientos son comunes en muchos buques, aunque su presencia puede variar según el tipo específico de embarcación y su función.

De esta manera, es posible sectorizar el despiece conociendo la infraestructura propia básica que mantienen en común.

Para elaborar un despiece básico de los buques mencionados (Santa Clara, Orel, María Dolores, KAMI, Joseph Duhamel, Conarpesa II, A.R.A. Yamana), y en función de la infraestructura común, se identifican las siguientes partes y componentes esenciales:

Despiece básico de la infraestructura común

1. Casco

- Material (fibra de vidrio, acero, aluminio)
- Estructura interna (travesaños, mamparos)

2. Cubierta

- Espacio exterior para operaciones
- Áreas de trabajo (por ejemplo, plataformas de pesca)

3. Puente de mando

- Timón y sistema de dirección
- Instrumentación de navegación (pantallas, controles)

4. Bodega

- Espacio de almacenamiento para carga y equipos
- Tanques para combustible y agua

5. Camarotes

- Habitaciones para la tripulación
- Espacios comunes (salas de descanso)

6. Sistema de propulsión

- Motor principal (tipo y potencia)
- Hélices y sistema de transmisión

7. Sistemas de navegación

- GPS y equipos de posicionamiento
- Radar y ecosonda

8. Sistema eléctrico

- Generadores
- Baterías y paneles de distribución

9. Equipos de seguridad

- chalecos salvavidas y botes salvavidas
- Extintores y kits de primeros auxilios

10. Sistema de comunicación

- Radios VHF
- Equipos de comunicación satelital

Equipamiento común

1. Electrónica

- Sistemas de monitoreo
- Cámaras de seguridad

2. Maquinaria de carga

- Grúas o winches
- Equipos de arrastre

3. Equipos de pesca (si aplica)

- Redes, trampas, cañas

(Instituto Náutico Darío Fernández, s. f., sección "Sectores en común").

Cada buque puede variar en tamaño y especificaciones, pero estos elementos constituyen la infraestructura básica que suelen compartir.

La naturaleza exacta de cada componente puede depender del tipo de buques (pesquera, de carga, de investigación, etc.) y su uso específico.

CAPÍTULO II- LOGÍSTICA INVERSA Y MEDIO AMBIENTE

2.1 Logística inversa

El concepto introduce una nueva perspectiva en la gestión de la cadena de aprovisionamiento, ya que los esquemas tradicionales que describen la circulación de productos, son concebidos generalmente, desde una perspectiva unidireccional.

La **logística inversa**, en cambio, indica que las materias primas pueden recorrer el camino inverso, remontando la cadena de aprovisionamiento.

Obtener un patrón de procedimientos puede contribuir al crecimiento de nichos sociales asociados a determinada actividad, realizar operaciones más limpias, liberar infraestructura inutilizada e incorporarla a la actividad específica, así como promover el desarrollo de conductas de mayor responsabilidad hacia el medio ambiente. Todos estos elementos proporcionan un beneficio ecológico global intangible. Con ello, se pueden además establecer parámetros de crecimiento social.

(Ruíz Mercader, J., Ruíz Santos, C., Martínez León, I., & Peláez Ibarrodo, A. (2009). La logística inversa y su aplicación en los sistemas productivos. Universidad de Córdoba).

Los prestadores de servicios de logística aparecen en este contexto como las competencias profesionales necesarias para concebir, planificar y controlar los flujos de retorno de productos que, habiendo cumplido su ciclo de consumo, pueden ser desmontados, recolectados, reciclados y nuevamente valorizados.

Desde un inicio, el interés por la logística inversa estuvo asociado a la problemática **medio ambiental**, en tanto refiere directamente a la **recuperación, reutilización y reciclaje de productos**.

Con el correr del tiempo, este campo de estudio (y la actividad a él vinculada) ha rebasado sus límites iniciales para incluir el retorno de productos defectuosos o no deseados, lo que incrementa su valor estratégico dentro de la política global de las empresas. En efecto, influye en la matriz del flujo inverso, que puede proporcionar un retorno económico perceptible y, además, constituirse en un factor de éxito comparativo dentro de un sector

determinado de producción. (Fabbe-Costes, N., & Meschi, P. (2000). Situations-types et évolutions de la place de la logistique dans l'organisation. *Revue Française de Gestion*, 26, 130, 116-129)

Sin embargo, este proceso conlleva un alto grado de complejidad, lo que explica y justifica las dificultades asociadas a su implementación. La complejidad del proceso de logística inversa radica en la necesidad de establecer un flujo de productos desde el punto de depósito final o abandono hasta los diversos puntos de origen, con todo lo que ello implica para cada uno de los distintos integrantes de la cadena.

La logística inversa, legitimada sustancialmente por la preocupación medioambiental y respaldada por avances legislativos y regulaciones de preservación, se ha incorporado finalmente como una corriente dentro del campo de la Logística, conformando en la actualidad un ámbito de innovación dentro de la disciplina. Como tal, la temática se añade como centro de gestión a los grandes conglomerados industriales, como cuestión estratégica, motivo de acciones e investigación, (Fulconis, Paché & Monnet, 2009) y adquiriendo una dimensión interorganizacional y, en casos especiales, intergubernamental.

Un modelo genérico que representa la cadena de aprovisionamiento ilustra el flujo de retorno de cada uno de los materiales cuya recuperación se pretende.

Por otra parte, la gestión de este procedimiento requiere un alto grado de planificación que permita a los gerenciadorees optimizar sus cadenas de aprovisionamiento. Este proceso comprende principalmente actividades como: desmantelar, desmontaje, corte, nuevo tratamiento y reutilización.

2.1.1 Desarrollo del Modelo

El “desarrollo”, dentro del contexto de la logística inversa, se refiere al proceso de planificar, implementar y perfeccionar un modelo o sistema. **En este caso, implica crear y optimizar un modelo de logística inversa para gestionar el desguace de buques.**

En otras palabras, el desarrollo consiste en diseñar un plan detallado, ponerlo en práctica y ajustarlo según sea necesario para que el proceso resulte eficiente, rentable y medioambientalmente responsable, desde la identificación de materiales y el desmontaje

hasta la disposición final y el reciclaje de los residuos. En este caso el Desarrollo de un modelo de logística inversa para el desguace de buques en Puerto Almirante Storni, Puerto Madryn, Provincia de Chubut, debe considerar aspectos clave como:

2.1.2 Diagrama del Modelo

Se trata de adoptar un modelo que permita la recuperación de materia prima. No restituye el producto a su estado original, ya que implica una manufactura compleja compuesta por diferentes componentes.

La ventaja radica en su posible aplicación a otras ramas de producción que utilicen la misma materia prima.

Los complejos industriales productores cuentan con la tecnología y la capacidad ociosa necesarias para procesar nuevamente la materia prima.

El punto de recuperación inicial y la ubicación de la instalación para clasificar los materiales están previamente determinados por la localización de las naves a desguazar.

A continuación, se presenta el gráfico del modelo (procesos) de logística inversa con un único punto de desguace de buques en el Muelle Almirante Storni, Provincia de Chubut.

PROCESOS DE LOGISTICA INVERSA PARA DESGUACE DE BUQUES

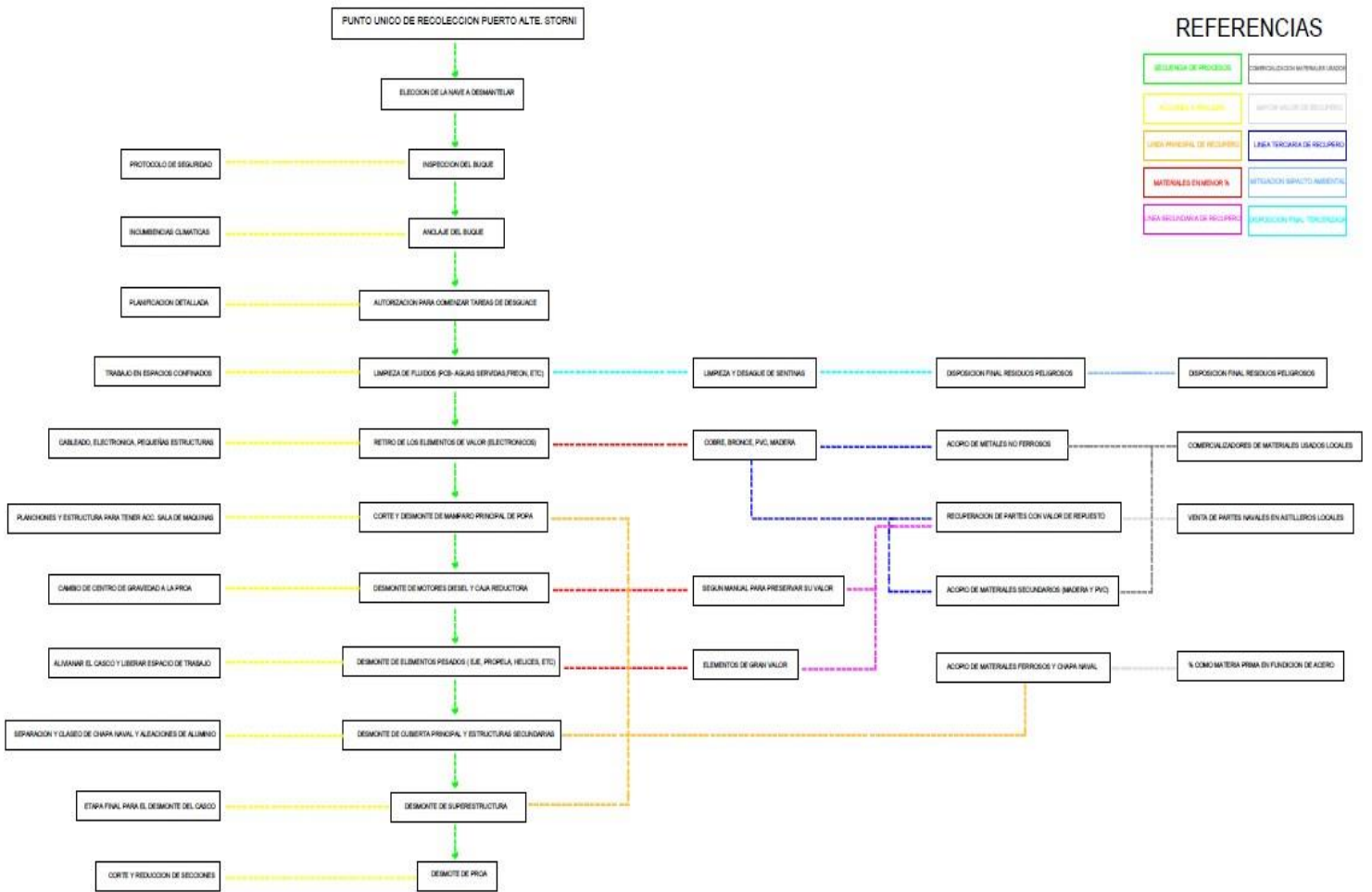


Ilustración 10. Proceso de logística inversa para el desguace de buques.

Se desarrollan las etapas del **modelo de logística inversa** de aplicación genérica para la recuperación de insumos del sector, donde las tareas se concentran en un único punto de desguace de buques en el Muelle Almirante Storni.

Para detallar cada una de las etapas mencionadas en el **modelo de logística inversa** para el desguace de buques en el muelle Almirante Storni se puede seguir el siguiente esquema, adaptando cada fase a las actividades específicas:

1. **Elección de la nave a desmantelar:** Se selecciona el buque en función de su estado general, antigüedad, viabilidad del desmantelamiento y de los componentes que puedan ser reciclados o reutilizados. Deben considerarse factores como la seguridad, la estabilidad del buque y el tipo de materiales que contiene.
2. **Inspección del buque:** Realizar una inspección técnica completa para identificar posibles riesgos, así como los componentes y fluidos que requieran un tratamiento especial. En esta etapa se evalúan los niveles de contaminación, corrosión y el estado estructural del casco.
3. **Anclaje del buque:** El buque debe posicionarse en el puerto, en la zona asignada para el desmantelamiento, utilizando técnicas de anclaje o amarre para garantizar su estabilidad durante el proceso. Esta fase asegura que el buque esté adecuadamente asegurado para evitar movimientos peligrosos durante las operaciones.
4. **Autorización para comenzar tareas de desguace:** Requerir la aprobación de las autoridades portuarias y ambientales antes de iniciar el desguace, (Autoridades del Puerto, Municipales y Provinciales). Estas autorizaciones garantizan el cumplimiento de las normativas de seguridad y protección ambiental, y que los procedimientos sean adecuados para minimizar riesgos.
5. **Limpieza de fluidos (PCB, aguas servidas, freón):** Proceder al retiro seguro de todos los fluidos peligrosos o de riesgo, como combustibles, aceites y aguas de sentina. Estos líquidos se extraen mediante bombas especializadas y se trasladan a centros de tratamiento o reciclaje, de acuerdo con las normativas ambientales vigentes.
6. **Retiro de los elementos de vapor:** Extraer todos los componentes relacionados con el sistema de vapor del buque, como calderas y tuberías. Estos elementos se manipulan

con cuidado, ya que pueden estar a alta presión o contener sustancias peligrosas, como amianto, especialmente en buques antiguos.

7. **Corte y desmonte del mamparo principal de popa:** Iniciar el corte del casco por el mamparo principal en la popa, empleando herramientas de corte pesado como sopletes o sierras industriales. Este es un paso clave para abrir el buque y continuar con el desmantelamiento de los componentes internos.
8. **Desmonte de motores:** Retirar los motores utilizando grúas o equipos de izaje especializados debido a su peso y tamaño. Se aplica un tratamiento adecuado a los componentes mecánicos y electrónicos, y los motores pueden reciclarse o reutilizarse en otros buques, dependiendo de su estado.
9. **Retiro de los elementos reductores (silicajas):** Las cajas reductoras y otros componentes mecánicos pesados se retiran en esta etapa. Al igual que los motores, requieren una manipulación especial por su tamaño y peso, y se destinan al reciclaje o reutilización.
10. **Desmonte de elementos pesados:** En esta fase, se extraen otros elementos pesados del buque, como anclas, sistemas de propulsión y estructuras internas que no forman parte del casco. También se realiza la separación de materiales reciclables como metales ferrosos y no ferrosos.
11. **Desmonte de la cubierta principal y estructura secundaria:** Se cortan y separan las secciones de la cubierta principal y las estructuras secundarias del casco. Estas partes, generalmente compuestas por acero y otros metales, se destinan al reciclaje. Es fundamental mantener la estabilidad estructural durante este proceso.
12. **Desmonte de la superestructura:** La superestructura del buque, que incluye las áreas de la tripulación, puente de mando y otras secciones superiores, se retira en esta etapa. Al ser estructuras más livianas, se cortan en piezas más pequeñas y manejables.
13. **Desmonte de la proa:** Finalmente, la proa del buque es cortada y desmantelada. Este proceso marca el final del desguace, dejando solo el esqueleto o restos finales del buque. Las piezas restantes se cortan y transportan para su disposición o reciclaje final.

Cada una de estas etapas requiere una planificación cuidadosa, considerando los riesgos involucrados y las normativas de seguridad y medio ambiente.

Reglamento Europeo sobre el reciclaje de buques (**Unión Europea, 2013**).

Directrices técnicas del Convenio de Basilea para el desmantelamiento total o parcial de buques (**Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2003**).

Documentos de la Organización Internacional del Trabajo sobre seguridad en el desguace de buques (**OIT, 2003**).

Especificaciones técnicas de cada una de las etapas del modelo de logística inversa mencionadas anteriormente:

1. Elección de la nave a desmantelar

- **Criterios de Selección:** Estado de los buques, costo de mantenimiento y normativa medioambiental.
- **Documentación Requerida:** Certificados de propiedad, historial de mantenimiento e informes de inspección.

2. Inspección del buque

- **Objetivo:** Evaluación del estado general y la seguridad del buque.
- **Aspectos para inspeccionar**
 - Estructura del casco
 - Sistemas eléctricos y mecánicos
 - Contaminantes presentes (PCB, aceites, etc.)

3. Anclaje del buque

- **Procedimiento:** Anclaje del buque en una posición segura dentro del muelle.
- **Equipos Utilizados:** Cadenas, anclas y boyas.

4. Autorización para comenzar tareas de desguace

- **Permisos Necesarios:** Autorizaciones ambientales y de seguridad.
- **Documentación:** Plan de desguace y gestión de residuos.

5. Limpieza de fluidos

- **Fluidos a retirar:**
 - **PCB:** Equipos contaminantes (transformadores, condensadores).
 - **Aguas servidas:** Sistemas de saneamiento.
 - **Freón:** Equipos de refrigeración (compresores).
- **Métodos:** Bombeo y almacenamiento en recipientes adecuados.

6. Retiro de los elementos de vapor

- **Descripción:** Desconexión y retirada de sistemas de generación de vapor.
- **Equipos involucrados:** Llaves de paso, válvulas, tuberías.

7. Corte y desmonte del mamparo principal de popa

- **Técnicas de corte:** Oxicorte o corte por plasma.
- **Seguridad:** Uso de equipos de protección personal (EPP) y cumplimiento de protocolos de seguridad.

8. Desmonte de motores

- **Proceso:** Desconexión de sistemas eléctricos y mecánicos.
- **Equipos:** Grúas o montacargas para la extracción.

9. Retiro de los elementos reductores (Silicajas)

- **Descripción:** Desconexión de reductores de velocidad y componentes relacionados.
- **Documentación:** Registro del estado y tipo de cada componente.

10. Desmonte de elementos pesados

- **Elementos:** Ejes, hélices, tanques.
- **Técnicas:** Desmontaje por medio de grúas y herramientas de corte.

11. Desmonte de la cubierta principal y estructura secundaria

- **Proceso:** Retiro de paneles y estructuras secundarias.
- **Seguridad:** Verificación de estabilidad estructural.

12. Desmonte de la superestructura

- **Componentes:** Puente de mando, cabinas, y otras estructuras.
- **Técnicas de corte:** Uso de sierras mecánicas y oxicorte.

13. Desmante de la proa

- **Descripción:** Retiro de la estructura delantera del buque.
- **Procedimiento:** Corte de las secciones estructurales.

14. Consideraciones finales

- **Gestión de residuos:** Clasificación y disposición adecuada de materiales reciclables y peligrosos.
- **Regulación:** Cumplimiento con normativas locales e internacionales de medio ambiente y seguridad.
- Reglamento Europeo sobre el reciclaje de buques (**Unión Europea, 2013**).
- Directrices técnicas del Convenio de Basilea para el desmantelamiento total o parcial de buques (**Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2003**).
- Documentos de la Organización Internacional del Trabajo sobre seguridad en el desguace de buques (**OIT, 2003**).

2.2 Aspecto medioambiental

La implementación de la logística inversa en el desguace de buques varados en el Muelle Almirante Storni no solo tiene implicaciones económicas, sino también ambientales significativas. Abordar el tema desde una perspectiva ambiental es fundamental para asegurar que el proceso de desguace se realice de manera sostenible y responsable.

A continuación, se detallan los aspectos ambientales clave a considerar:

1. Reducción de desechos y contaminación

- **Minimización de residuos:** La logística inversa permite una mayor recuperación y reciclaje de materiales, reduciendo la cantidad de desechos generados durante el desguace. Esto implica que menos materiales terminen en vertederos.
- **Prevención de contaminación:** Implementar prácticas adecuadas de desguace ayuda a evitar la liberación de contaminantes al medio ambiente, como productos químicos peligrosos y metales pesados que pueden derivarse de los buques.

2. Recuperación de recursos naturales

- **Reutilización de materiales:** La logística inversa fomenta la reintegración de materiales reciclados al ciclo productivo, disminuyendo la necesidad de extracción de nuevos recursos naturales. Esto protege los ecosistemas y reduce la presión sobre los recursos naturales.
- **Aprovechamiento de materias primas:** Los materiales recuperados, como acero y otros metales, pueden ser reintegrados en la industria siderúrgica, reduciendo la dependencia de materias primas vírgenes.

3. Eficiencia energética

- **Reducción del consumo de energía:** El uso de materiales reciclados en lugar de materiales nuevos generalmente requiere menos energía. Esto contribuye a disminuir la huella de carbono del sector y a hacer más sostenible la producción industrial.
- **Sistemas de energía renovable:** Integrar fuentes de energía renovable en las operaciones de desguace puede potenciar aún más la eficiencia energética, reduciendo el impacto ambiental.

4. Cumplimiento normativo

- **Regulaciones ambientales:** La logística inversa puede facilitar el cumplimiento de las normativas ambientales locales e internacionales, minimizando riesgos legales y potenciando la imagen de las empresas comprometidas con el medio ambiente.
- **Certificaciones ambientales:** Implementar prácticas de logística inversa puede ayudar a las empresas a obtener certificaciones que valoren su compromiso con la sostenibilidad, lo que puede abrir nuevas oportunidades de mercado.

5. Educación y conciencia ambiental

- **Capacitación del personal:** Es crucial capacitar a los trabajadores en prácticas de desguace sostenibles y en la gestión de residuos, creando una cultura de responsabilidad ambiental.
- **Sensibilización de la comunidad:** Promover la conciencia sobre la importancia de la

logística inversa y su impacto positivo en el medio ambiente puede fomentar el apoyo comunitario y mejorar la aceptación de estas prácticas.

International Maritime Organization. (2009). Hong Kong International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships. Entrada en vigor: junio de 2025.

<https://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/Hong-Kong-Convention.aspx>

Secretariat of the Basel Convention. (2003). Technical guidelines on the environmentally sound management of the full and partial dismantling of ships.

https://www.basel.int/Portals/1/Documents/Shipping/ship_guidelines.pdf

2.2.1 La recuperación de materiales del desguace de los buques varados desde la perspectiva ambiental

La recuperación de materiales desde el desguace de buques varados en el muelle Almirante Storni, sigue una serie de pasos técnicos y ambientales para minimizar el impacto ecológico y maximizar la reutilización de materiales. Se detallan los pasos generales:

1. **Inspección y evaluación:** Antes de iniciar el desguace se evalúa el buque para identificar los materiales peligrosos (como combustibles, aceites o asbestos), los componentes reutilizables (como motores y equipos electrónicos), y los materiales que pueden reciclarse (como acero y aluminio).
2. **Retiro de sustancias peligrosas:** Primero se retiran combustibles, aceites, líquidos de refrigeración, y otros materiales contaminantes. Estos productos suelen almacenarse de manera segura para su posterior tratamiento o reciclaje.
3. **Desmontaje de equipos reutilizables:** Motores, sistemas electrónicos, cables y otros componentes que puedan ser reutilizados se retiran cuidadosamente. Estos pueden ser vendidos para su uso en otros buques o aplicaciones.
4. **Desmantelamiento del casco:** El casco del buque se corta en secciones utilizando herramientas especializadas. El acero, que es el material más valioso, se recicla y reutiliza en la industria siderúrgica.
5. **Tratamiento de residuos:** Los materiales que no pueden ser reciclados o reutilizados se gestionan conforme a regulaciones ambientales, con un enfoque en la correcta

disposición de materiales peligrosos.

Estos pasos deberán cumplir con las normativas ambientales locales y nacionales para evitar la contaminación del suelo, el aire y las aguas cercanas.

Las problemáticas asociadas a los buques varados en el muelle Almirante Storni incluyen la contaminación ambiental debido a derrames de combustible y aceites, la presencia de materiales peligrosos como asbestos, etc., y el impacto visual y ecológico en la costa.

También existen desafíos económicos y logísticos para llevar a cabo el desguace de manera segura, junto con la necesidad de cumplir con regulaciones ambientales estrictas. Además, la gestión inadecuada de los residuos puede afectar a la biodiversidad marina y costera en la zona.

A continuación se describe el checklist desde la perspectiva ambiental para la recuperación de materiales del desguace de buques varados:

Checklist para la recuperación de materiales en el desguace de buques

Este checklist puede adaptarse según las particularidades del proyecto y las normativas locales. Es fundamental asegurarse de que todos los aspectos ambientales se consideren durante el proceso. Esto es crucial para minimizar el impacto y promover la sostenibilidad.

Checklist para la Recuperación de Materiales

1. Preparación y Planificación

- ☐ Inspección del buque antes de iniciar el desguace.
- ☐ Revisión de permisos y regulaciones ambientales.
- ☐ Plan de manejo de residuos.

2. Seguridad

- ☐ Equipos de protección personal (EPP) adecuados (casco, guantes, gafas).
- ☐ Señalización de áreas peligrosas.
- ☐ Plan de emergencia y evacuación.

3. Herramientas y Equipos

- ☐ Disponibilidad de grúas y equipos de elevación.
- ☐ Herramientas para corte (sierras, cortadores de plasma).
- ☐ Equipos de soldadura, si es necesario.

4. Recuperación de Materiales

- Metales:
 - ☐ Recuperación de acero estructural.
 - ☐ Recuperación de aluminio, cobre y otros metales.
- Componentes eléctricos:
 - ☐ Desmontaje de cableado y paneles eléctricos.
- Maderas:
 - ☐ Recuperación de madera tratada y no tratada.
- Otros materiales:
 - ☐ Recuperación de motores y maquinaria.
 - ☐ Recogida de equipos de navegación.

5. Gestión de Residuos

- ☐ Clasificación de residuos (peligrosos y no peligrosos).
- ☐ Almacenamiento adecuado de materiales peligrosos (aceites, combustibles).
- ☐ Disposición de residuos conforme a la normativa.

6. Documentación

- ☐ Registro de materiales recuperados.
- ☐ Documentación de la gestión de residuos.
- ☐ Informes de cumplimiento ambiental.

7. Revisión Final

- ☐ Inspección final del área de trabajo.
- ☐ Verificación de la limpieza y seguridad del sitio.
- ☐ Evaluación del proceso y lecciones aprendidas.

Ilustración 1. Checklist para la recuperación de materiales

Organización Internacional del Trabajo. (2003, 7–14 de octubre). Escrito general para el desguace de buques [Documento de conferencia]. Conferencia, Bangkok.

1. Evaluación inicial

- **Inspección del buque:** Verificar el estado general y la presencia de contaminantes.
- **Documentación ambiental:** Revisar permisos y normativa aplicable.

2. Planificación del desmantelamiento

- **Plan de manejo de residuos:** Establecer un plan para la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos.
- **Identificación de materiales reciclables:** Determinar los materiales que pueden

recuperarse (metales, plásticos, maderas).

3. Seguridad y protección ambiental

- **Equipo de Protección Personal (EPP):** Verificar que todo el personal utilice EPP adecuado.
- **Contención de derrames:** Implementar medidas para evitar derrames durante el desmantelamiento.

4. Recuperación de materiales

- **Desmonte de componentes reciclables:** Retirar metales (acero, aluminio), plásticos y otros materiales.
- **Reutilización de equipos:** Evaluar la posibilidad de reparar y reutilizar equipos como motores o bombas.

5. Gestión de residuos

- **Clasificación de materiales:** Separar materiales reciclables de aquellos que requieren tratamiento especial.
- **Disposición de residuos peligrosos:** Asegurar que se sigan los procedimientos adecuados para el desecho de materiales peligrosos.

6. Control de impacto ambiental

- **Monitoreo de la calidad del agua:** Realizar pruebas para detectar contaminación durante y después del desguace.
- **Gestión de ruido y emisiones:** Implementar medidas para minimizar el ruido y las emisiones durante el proceso.

7. Informe final

- **Documentación de procesos:** Registrar todas las actividades de desguace y recuperación de materiales.
- **Evaluación de impacto ambiental:** Elaborar un informe final que describa el impacto ambiental del desguace y las medidas adoptadas.

8. Cumplimiento normativo

- **Revisión de normativas:** Garantizar que todas las actividades cumplan con la legislación ambiental local e internacional.
- **Certificaciones:** Obtener certificados de gestión de residuos y reciclaje, si corresponde.

2.2.2 Evaluación y soluciones para la recuperación de los materiales en el sector de desguace

Para el sector de desguace de buques varados, pueden considerarse las siguientes evaluaciones y soluciones:

- Evaluación de riesgos para identificar peligros específicos como sustancias tóxicas, riesgos de derrames y contaminación, ayudando a establecer protocolos de seguridad.
- Análisis de impacto ambiental para determinar cómo las actividades afectan el entorno local, como el agua, el suelo y la vida marina.
- Plan de manejo de residuos para la adecuada disposición y reciclaje de materiales, asegurando que los desechos peligrosos sean tratados de manera segura.
- Sistema de monitoreo continuo para detectar posibles fugas o liberaciones de contaminantes en tiempo real y dar respuesta en forma inmediata.
- Programas de capacitación y procedimientos de emergencia para que el personal pueda gestionar de manera efectiva cualquier incidente durante el desguace.

Estas acciones permiten mitigar los impactos negativos y asegurar que el proceso de desguace se realice de forma segura y responsable. Asimismo, contribuyen a proteger el medio ambiente, evitando la liberación de contaminantes y fomentando la reutilización de materiales recuperados. Del mismo modo, favorecen el cumplimiento de las normativas vigentes y la adopción de prácticas sostenibles. Todo ello fortalece la imagen de compromiso ambiental de las empresas participantes.

Organización Internacional del Trabajo. (2003). Seguridad y salud en el desguace de buques: Directrices para los países asiáticos y Turquía. Organización Internacional del Trabajo.

2.2.3 Las fases de la recuperación de los materiales del desguace de buques varados

En la **primera fase**, se realiza la evaluación preliminar. Esto incluye una inspección inicial para identificar los tipos de materiales y contaminantes presentes. También se planifica cómo se llevará a cabo el desguace y se preparan las medidas de seguridad.

En la **segunda fase** es la extracción y manejo de materiales. En esta etapa, se retiran los materiales peligrosos, como aceites y productos químicos, para evitar contaminación. Se separan y almacenan de manera segura para su disposición o reciclaje adecuado.

En la **tercera fase**, se procede con el desmantelamiento estructural. Esto implica la demolición controlada del casco del buque y la separación de los componentes restantes, como metales y plásticos. Los materiales se clasifican para su reciclaje o eliminación final, siguiendo las normativas ambientales.

Cada fase ha sido diseñada para minimizar el impacto ambiental y garantizar un manejo seguro de los residuos.

Organización Internacional del Trabajo. (2003, 7–14 de octubre). Escrito general para el desguace de buques [Documento de conferencia]. Conferencia, Bangkok.

2.2.4 Identificación de riesgos ambientales potenciales de la recuperación del desguace de los buques.

2.2.4.1 Riesgos mecánicos

Incluye daños estructurales durante el manejo de equipos o materiales. Esto puede resultar en derrames o accidentes que afecten el entorno.

2.2.4.2 Riesgos biológicos

Puede surgir de la presencia de organismos patógenos o contaminantes biológicos en los desechos, que pueden afectar la salud humana y la vida marina.

2.2.4.3 Riesgos físicos

Se refiere a riesgos como la exposición a ruido, vibraciones, o incluso condiciones climáticas extremas, que pueden afectar tanto al personal como al medio ambiente.

2.2.4.4 Riesgos químicos

Implica la liberación o exposición a sustancias químicas peligrosas, como aceites, combustibles, y otros compuestos tóxicos presentes en los desguaces, que pueden contaminar el agua, aire y suelo.

Cada uno de estos riesgos requiere medidas específicas de manejo para minimizar su impacto.

Conesa Fernández-Vitora, V. (1997). Metodología para evaluación de matrices ambientales

2.2.5 Medidas de mitigación de los impactos ambientales

1. Contaminación del agua

- **Riesgos:** Derrames de aceites, combustibles, y otros fluidos contaminantes durante el desguace.
- **Medidas de mitigación:**
 - Implementar sistemas de contención (barreras absorbentes) alrededor del buque.
 - Realizar la limpieza y extracción de fluidos peligrosos antes de iniciar el desguace.
 - Monitorear la calidad del agua periódicamente.

2. Contaminación del Suelo

- **Riesgos:** Filtraciones de productos químicos y residuos sólidos en el suelo.
- **Medidas de mitigación:**
 - Usar plataformas impermeables para la manipulación de materiales y residuos.
 - Disponer de un plan de respuesta para el manejo de derrames.

3. Emisiones de gases y partículas

- **Riesgos:** Emisiones de gases contaminantes durante el corte y la soldadura de estructuras metálicas.
- **Medidas de mitigación:**
 - Utilizar técnicas de corte que generen menos emisiones (por ejemplo, corte por agua).
 - Implementar sistemas de ventilación y captación de humo.

4. Ruido

- **Riesgos:** Aumento de los niveles de ruido debido a maquinaria pesada y procesos de desmantelamiento.
- **Medidas de mitigación:**
 - Limitar las horas de operación de maquinaria ruidosa.
 - Usar maquinaria con tecnología de reducción de ruido.

5. Residuos peligrosos

- **Riesgos:** Manejo inadecuado de materiales peligrosos (PCB, baterías, etc.).
- **Medidas de mitigación:**
 - Clasificar y almacenar adecuadamente los residuos peligrosos.
 - Capacitar al personal en el manejo de materiales peligrosos.

6. Impacto en la fauna local

- **Riesgos:** Alteración de hábitats y posible daño a la fauna marina.
- **Medidas de mitigación:**
 - Realizar estudios de impacto ambiental previos a las operaciones.
 - Establecer zonas de exclusión para proteger áreas sensibles.

7. Accidentes laborales

- **Riesgos:** Lesiones al personal durante las actividades de desmantelamiento.
- **Medidas de mitigación:**
 - Proporcionar capacitación y equipos de protección personal (EPP).
 - Implementar procedimientos de seguridad y emergencias.

8. Desperdicio de materiales

- **Riesgos:** No aprovechar materiales reciclables o reutilizables.
- **Medidas de mitigación:**
 - Establecer un plan de gestión de residuos que incluya el reciclaje de materiales.

- Realizar auditorías de materiales para maximizar la recuperación.

Conesa Fernández-Vitora, V. (1997). Metodología para evaluación de matrices ambientales.

Organización Internacional del Trabajo. (2003). MESHS/2003/1, Informe técnico.

Es esencial implementar un enfoque proactivo en la gestión ambiental durante el desguace de buques, con la participación de todos los actores involucrados y un seguimiento constante de las medidas de mitigación de los riesgos ambientales.

Asimismo, cumplir con la normativa ambiental local y nacional resulta fundamental para reducir los riesgos y proteger el entorno en el muelle Almirante Storni, contribuyendo al desarrollo de prácticas sostenibles y responsables en las operaciones de desguace.

Matriz de impactos ambientales del modelo de desagüe de los buques

IMPORTANCIA			Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	
± (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)			Benéfico	1 Baja	1 Puntal	1 Largo (+5)	1 Fugaz (-1)	1 Corto	1 Simple	1 Simple	1 Indirecto	1 Irregular	1 Recuperable	1
			Perjudicial	-1 Media	2 Parcial	2 Medio (1-5)	2 Temporal (1-10)	2 Medio	2 Sinérgico	2 Acumulativo	4 Directo	4 Periódico	2 A medio plazo	2
					4 Alta	4 Extenso	4 Corto	3 Permanente	4 Irreversible	4 Muy sinérgico	4	4 Continuo	4 Mitigable/Irrecuperable con medidas de compensación	4
					8 Muy Alta	8 Total	8 Inmediato	4					8 Irrecuperable	8
					12 Total	12 Crítica	4 Crítica	(+4)						
ETAPA	ACCIÓN	ACTIVIDADES	±	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA
Investigación	Análisis e inspección	Inspección del buque	1	1	1	3	1	1	1	1	4	1	1	18
		Anclaje del buque	1	1	1	3	1	1	1	1	4	1	1	18
		Limpieza de fluidos	1	1	1	3	1	4	4	1	4	1	4	27
		Retiro de los elementos de vapor	1	1	1	3	1	4	4	1	4	1	4	27
Ejecución	Desmontaje	Corte y desmonte del mamparo principal de popa	1	1	1	3	1	1	4	1	4	1	4	24
		Desmonte de motores	1	1	1	3	1	1	4	1	4	1	4	24
		Retiro de los elementos reductores (silicajías)	1	8	1	4	1	1	2	1	4	1	4	44
		Desmonte de elementos pesados	1	8	1	4	1	1	2	1	4	1	4	44
		Desmonte de la cubierta principal y estructura secundaria	1	12	1	4	1	1	2	1	4	1	4	56
		Desmonte de la superestructura	1	12	1	4	1	1	2	1	4	1	4	56
		Desmonte de la proa	1	12	1	4	1	1	2	1	4	1	4	56

Ilustración 2. Matriz de impactos ambientales

Referencia

Importancia del impacto				
Calificación	POSITIVOS		NEGATIVOS	
Bajo	13	24	-13	-24
Moderado	25	49	-25	-49
Severo	50	74	-50	-74
Crítico	75	100	-75	-100

Ilustración 3. Importancia del impacto

Conesa Fernández-Vitora, V. (1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (3. ed. rev. y aum.). Ediciones Mundi-Prensa.

La matriz cuenta con todos sus puntos de calificación positivos ya que mediante las acciones que se van a tomar, los riesgos serán eliminados de forma permanente, de esta forma se detendrá la contaminación constante que generan los buques.

CAPÍTULO III-SECTOR SIDERÚRGICO Y ECONÓMICO

3.1 Caracterización del sector siderúrgico argentino

Los productos comúnmente denominados “insumos de uso difundido” son aquellos que, como resultado de un proceso industrial, forman parte de la cadena de producción de la mayoría de los sectores económicos.

En esta categoría se incluye el conjunto de productos de acero, aluminio, cemento, hierro, PVC, entre otros. Dado que se trata de producciones estandarizadas que, por sus costos, requieren realizarse a gran escala, su fabricación se concentra en empresas de gran envergadura. En efecto, el sector de la siderurgia produce una variedad de insumos que constituyen la base de otros procesos productivos.

Fuente: Castillo y et. al.2007

Estas características obligan a concentrar la producción en empresas de tamaño considerable, por lo cual los mercados de insumos de uso difundido suelen ser oligopólicos, con el consecuente riesgo de prácticas abusivas en materia de competencia.

En la mayoría de los casos, los aceros se incluyen como insumos que abastecen a un abanico de industrias diversificadas, entre las que se cuentan la industria automotriz y autopartista, los electrodomésticos, la metalmecánica, la maquinaria agrícola, y la industria del petróleo y el gas, entre las más demandantes. El sector siderúrgico provee al mercado una amplia gama de hierros y aceros fundamentales para la construcción de equipos, maquinaria e infraestructura, lo que se traduce en desarrollo social, industrial y económico para el país.

Asimismo, resulta relevante destacar la importancia de implementar, dentro de sus procesos productivos, modelos de ahorro y eficiencia, dentro de los cuales se puede incorporar la logística inversa. **Un modelo eficiente de recuperación de materias primas permite optimizar el manejo de insumos y el consumo energético.**

La actividad se basa en el uso intensivo de recursos naturales, particularmente del mineral de hierro, y en menor medida de carbón y coque. La principal materia prima para la producción siderúrgica, correspondiente a la etapa de fundición, es el mineral de hierro, cuya disponibilidad en el país es muy limitada, motivo por el cual se importa casi en su totalidad

desde Brasil.

Gráfico de los principales países productores de mineral de hierro a nivel mundial en 2023
(millones de toneladas métricas)

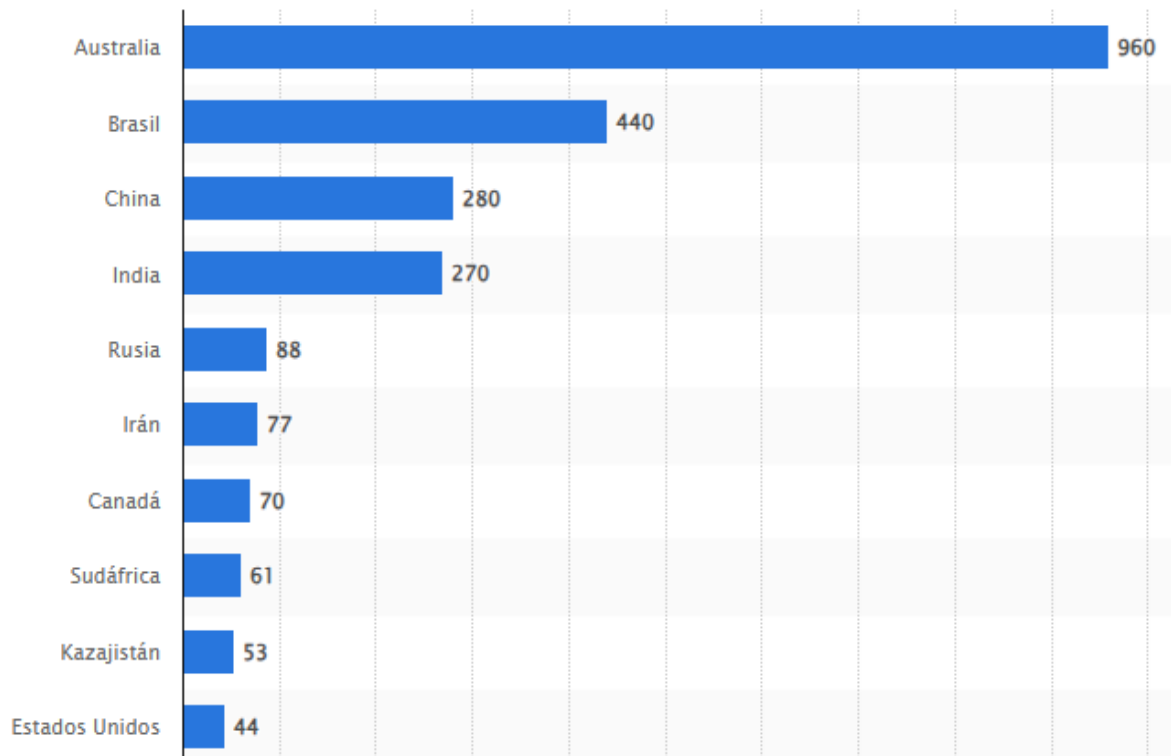


Gráfico 1. Principales países productores de mineral de hierro a nivel mundial en 2023

Fernández, R. (2023, 22 de mayo). Datos proporcionados por el Statista.

<https://www.statista.com>

A nivel internacional, Australia se destacó en 2024 como el principal productor mundial de hierro crudo (960T/m de producción), seguido por Brasil (440T/m), China (280T/m), India (270T/m), Rusia (88T/m) e Irán (77T/m).

A nivel regional sobresale Brasil (440T/m), mientras que Argentina ocupa un lugar marginal, explicando el 0,3% de la producción mundial.

En el ámbito regional se observa un escenario de fuerte competencia externa ante la presión que ejercen los productos chinos, hecho que se expresa en la gran cantidad de acciones antidumping vinculadas al sector en diversos países, especialmente por parte de EE. UU.

Gráfico de producción mundial de acero crudo en 2023 (millones de toneladas métricas)

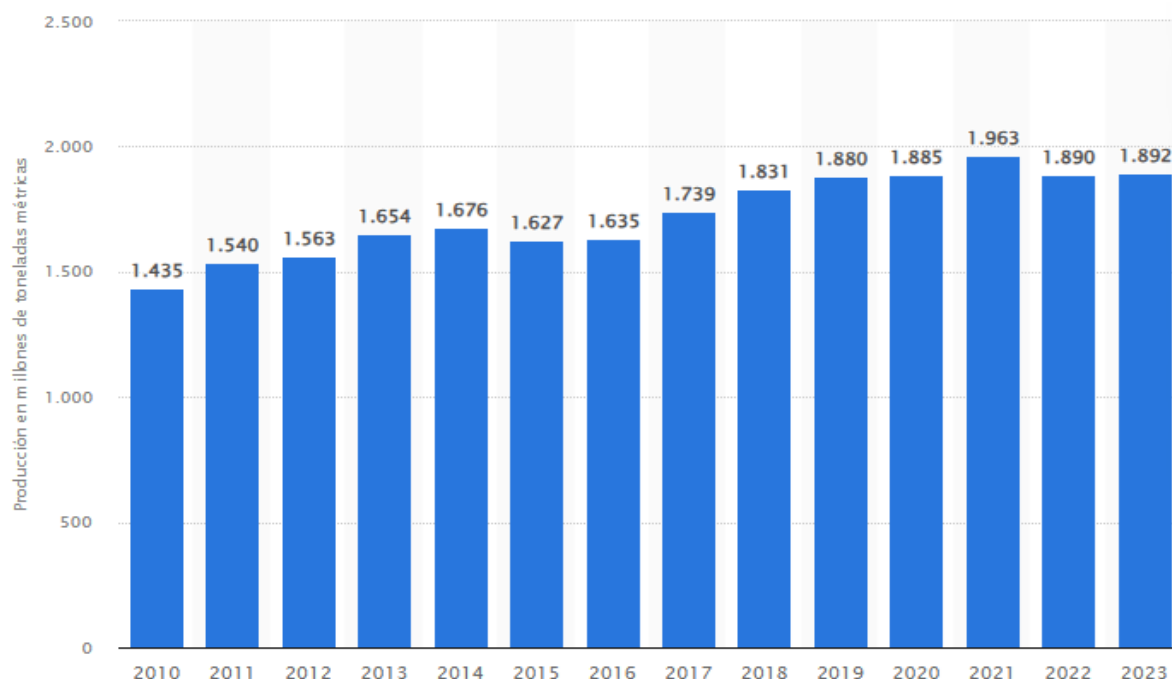


Gráfico 2. Producción mundial de acero crudo en 2023

Fernández, R. (2023, 22 de mayo). Datos proporcionados por el Statista.

<https://www.statista.com>

Por su parte, la cadena productiva del sector comprende un conjunto de actividades que van desde la producción de hierro primario y la elaboración de acero y aceros semiterminados, hasta la obtención de diversos productos terminados. Estos se clasifican en dos grandes grupos: laminados planos (chapas y flejes) y laminados no planos o largos (barras, perfiles, tubos y alambres). En el caso puntual de Argentina y atendiendo a la incidencia que adquieren dentro del complejo, los tubos sin costura son los de mayor importancia económica.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2016). Informe anual.

<https://www.ministeriodeambiente.gob.ar>

El proceso de producción siderúrgico puede dividirse en tres etapas: fundición, acería y laminación, que puede efectuarse en forma conjunta en un establecimiento denominado “complejo siderúrgico integrado”, de manera parcial en complejos semiintegrados, que concentran las dos últimas etapas, o en laminadores independientes especializados en la fase final del proceso productivo.

Es un sector productivo altamente demandante de gas y energía eléctrica. En consecuencia, algunas empresas, con el fin de garantizar su aprovisionamiento, han optado por la autogeneración de energía. Tal es el caso de Tenaris, cuyo consumo de energía eléctrica equivale aproximadamente al 7% de la demanda de la industria en su conjunto y al 1% de la generación total, a nivel nacional.

La siderurgia integrada es una actividad intensiva en el uso de capital. La fundición mediante alto horno, a su vez, es un proceso productivo continuo con escasa flexibilidad para modificar el nivel de producción.

Cámara Argentina de la Industria -Comisión de Historia de la Ingeniería en la Argentina. (2017). Informe anual.

3.2 Descripción del procedimiento de producción

El proceso productivo propio de la siderurgia consta de tres etapas:

- Reducción
- Aceración
- Laminación

En la **reducción** el mineral de hierro se funde en un alto horno o bien pasa por un proceso de reducción directa. Este es el primer paso del proceso de purificación, durante el cual se separan óxidos y componentes indeseables que forman la escoria, obteniendo como resultado un primer producto denominado arrabio.

La **aceración** es el segundo paso de la purificación, en el que se convierte el arrabio en acero crudo. Este proceso se lleva a cabo en distintos tipos de hornos (horno Siemens-Martin, convertidor Bessemer-Thomas, horno eléctrico).

En la **laminación** el acero es trabajado en trenes laminadores que fabrican productos de acero demandados por múltiples actividades productivas (perfiles, tubos, alambres, chapas, entre otros).

Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Afines. (2011–2016). Anuarios estadísticos.

Consecuentemente, según los pasos del proceso productivo que abarquen, las plantas siderúrgicas se clasifican en:

- a) Plantas integradas: Aquellas que inician el ciclo industrial partiendo de los minerales y combustibles, y lo concluyen con la producción de aceros fundidos, laminados o forjados. Esto implica que cuentan con toda la cadena productiva, desde el mineral de hierro hasta los productos terminados. Estas plantas integradas, en sus inicios, utilizaban altos hornos para fundir el mineral, acerías por convertidor y laminación. A partir de los años sesenta y setenta, se modernizó el proceso y se comenzó a utilizar la reducción directa, la colada continua, la acería por horno eléctrico y, por último, la laminación.
- b) Unidades semi-integradas: Aquellas que inician el ciclo industrial partiendo de los minerales y lo concluyen con la producción de arrabio o hierro esponja, así como aquellas otras que, para la elaboración de aceros comunes o especiales, finalizan su ciclo con la producción de aceros fundidos, laminados o forjados. Es decir, realizan una o, en algunos casos, dos etapas, pero no alcanzan una integración total del proceso productivo.
- c) Plantas laminadoras: Aquellas que inician el ciclo partiendo de semiterminados y lo concluyen en laminados o forjados. Las plantas laminadoras compran el acero crudo y lo trabajan para obtener productos finales.

Hasta fines de los años treinta, la siderurgia argentina solo contaba con unidades productivas de este tipo, dedicadas a elaborar productos finales a partir de semi-terminados (lingotes, barras, planchas, etc.), en su mayoría importados. Durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), la producción industrial argentina aumentó, pero el equipamiento industrial se mantuvo sin mejoras significativas.

En la industria siderúrgica y en las ramas mecánicas derivadas, la falta de nuevo equipamiento limitó la producción. Recién en 1942 comenzó a tomar forma el proyecto de los Altos Hornos de Zapla, en 1945 comenzó en ellos la producción de arrabio, primera acería argentina y en 1947 se aprobó la constitución de SOMISA, segunda acería argentina.

En los primeros años de la década del '40, Arturo Acevedo, un terrateniente argentino, consiguió equipos de segunda mano de Chile, que trasladó a través de la cordillera de los Andes, e instaló una precaria planta metalúrgica que fue el origen de ACINDAR.

Cámara Argentina de la Industria- Comisión de Historia de la Ingeniería en la Argentina. (2017). Cámara Argentina de la Industria.

En Argentina funcionan 3 establecimientos integrados (Ternium Siderar, Acindar y Tenaris Siderca), dos semi- integrados (AcerBrag y Aceros Zapla) y un conjunto más amplio de laminadores independientes (entre los que se destaca Gerdau, en vías de convertir su planta en una semi- integrada).

Dentro de las empresas del complejo se destacan tres: Ternium Siderar, Acindar y Tenaris Siderca, que se especializan en distintos segmentos productivos (planos, no planos y tubos sin costura, respectivamente).

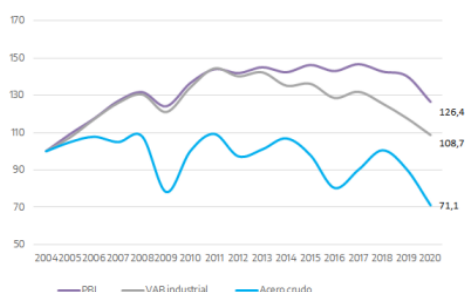
Si bien en los últimos años la producción de acero se ha mantenido estable, a lo largo de las décadas de los noventa y los dos mil el sector registró una fase de expansión en la mayoría de sus segmentos de producción, orientada principalmente a abastecer el crecimiento de la demanda local con excepción del segmento de tubos sin costura.

Los estándares y requerimientos actuales del mercado nacional e internacional se encuentran fuertemente enfocados al desarrollo de modelos productivos más eficientes y económicamente sostenibles dentro de un entorno globalizado.

Cámara Argentina de la Industria — Comisión de Historia de la Ingeniería en la Argentina. (2017). Cámara Argentina de la Industria.

Gráfico de evolución de la producción de acero en Argentina 2019- 2021

Evolución de la producción de acero crudo respecto al PBI y al VAB industrial
Años 2004-2020 (Índice 2004=100)



Fuente: SSPPyS con base en CAA e INDEC.

Evolución del Índice de Producción Industrial (IPI)
Enero 2019- septiembre 2021 (2004=100)

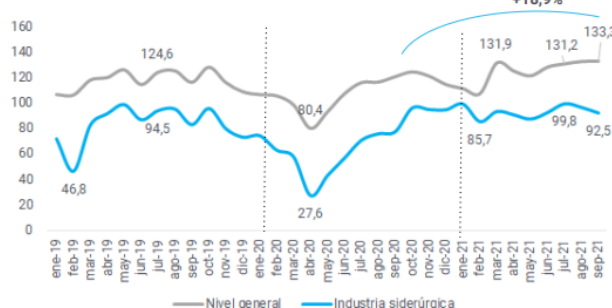


Gráfico 3. Evolución de la producción de acero en Argentina 2019- 2021

Durante los últimos cinco años, el sector siderúrgico del país presentó signos de desaceleración, situación originada por la dinámica que ha vivido la industria en los últimos 20 años. Esto se debió principalmente a la notable recesión provocada por una crisis económica mundial, lo que implicó para el sector una importante caída de demanda interna, además de una persistente incertidumbre por el aumento en los precios internacionales en lo que se refiere a las materias primas y a la disminución de la demanda externa. Se basa en el uso intensivo de recursos naturales, en este caso particular, el mineral de hierro y en menor medida el carbón y coque.

Efectivamente, la tendencia creciente de la producción siderúrgica y de toda la industria en general, se vio interrumpida en 1999 con el comienzo de un ciclo recesivo de la economía. La producción siderúrgica cayó y se mantuvo en una meseta hasta el año 2003.

Esta retracción estuvo relacionada con la contracción de los sectores demandante de hierro y acero, como la industria automotriz, la construcción y la producción de bienes durables.

Otro factor que impactó durante la crisis fue la desaceleración de la extracción de petróleo que repercutió en la demanda de tubos sin costura.

A fines de 2002, a partir del cambio de régimen económico, comenzó una fase de recuperación durante la cual las principales empresas del sector lograron niveles de producción récord, con excepción del año 2009, cuando repercutieron en el sector los efectos de la crisis económica mundial iniciada en 2008, lo que tuvo como consecuencia una disminución en la demanda de laminados planos y tubos sin costura.

El incremento en competitividad, más allá de lo que lo han hecho estos factores coyunturales, sigue siendo una asignatura pendiente.

Existe un potencial significativo en la utilización de los recursos naturales y los insumos básicos en cadenas productivas con mayor valor agregado, transformando cualitativamente la producción hacia la obtención de bienes diferenciados.

Sin embargo, este avance requiere una mayor articulación entre la base primaria y los servicios técnicos de apoyo a la producción, comercialización, distribución, logística, transporte e industria.

Instituto Latinoamericano del Fierro y del Acero. (2011). Boletín (2011), Informe MINECO (2013).

Para abordar esta problemática, resulta necesario diseñar un modelo logístico flexible y aplicable a las pequeñas, medianas y grandes industrias, con el fin de agilizar los procesos y evitar traumatismos en la producción, sin elevar los costos operativos. De esta manera, se permitirá que tanto las compañías como el medio ambiente se vean beneficiados de este cambio que se busca implementar.

Asimismo, se pueden desarrollar modelos más eficientes, así como sistemas más complejos, lo que demuestra la verdadera importancia de convertir estos sistemas en una herramienta eficaz para alcanzar un desarrollo sostenible.

Un modelo de logística inversa para el sector siderúrgico argentino, particularmente en el muelle Almirante Storni en Puerto Madryn, puede ser analizado a través de una matriz económica que contemple diversas variables clave. Las mismas se describen a continuación:

Matriz Económica de la Logística Inversa en el Sector Siderúrgico

Aspectos	Descripción
Entradas	- Materias primas reciclables (chatarra)
	- Materiales retornados (excedentes de producción)
Salidas	- Productos reciclados y reutilizados
	- Residuos y subproductos
Costos	- Costos de recolección y transporte
	- Costos de procesamiento y reciclaje
	- Costos de almacenamiento
Beneficios	- Reducción de costos de materias primas
	- Ingresos por la venta de productos reciclados
	- Beneficios ambientales (menor huella de carbono)
Impacto Ambiental	- Disminución de residuos sólidos
	- Ahorro de energía y recursos naturales
Stakeholders	- Empresas siderúrgicas
	- Proveedores de chatarra
	- Gobiernos y reguladores
	- Comunidades locales

Ilustración 4. Matriz Económica de la Logística Inversa en el Sector Siderúrgico

Dialnet. (2023). Informes de empresas del sector. <https://dialnet.unirioja.es>
Redalyc. (2023). Informes de empresas del sector. <https://www.redalyc.org>
Reverse Logistics Association. (2023). Informes de las principales empresas del sector (2023).
<https://www.reverselogisticassociation.org>

Consideraciones complementarias

A más de las variables principales proporcionadas por la matriz económica de la logística inversa, en el sector siderúrgico, deberían considerarse como condicionantes los siguientes aspectos:

1. **Infraestructura del muelle:** Capacidad del muelle Almirante Storni para gestionar la logística inversa, incluyendo instalaciones destinadas al reciclaje y almacenamiento de materiales.
2. **Regulaciones:** Cumplimiento de normativas ambientales y de residuos que afectan la logística inversa en el sector.
3. **Tecnologías:** Implementación de tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia en el procesamiento de materiales reciclables.
4. **Colaboraciones:** Alianzas entre empresas del sector siderúrgico y organizaciones recicladoras orientadas a la optimización de procesos.
5. **Impacto económico local:** Generación de empleo y desarrollo económico en la región mediante la creación de una cadena de valor más sostenible.

Con este análisis se podrían identificar oportunidades y desafíos en la implementación de prácticas de logística inversa en el sector siderúrgico argentino, particularmente en el muelle Almirante Storni.

3.3 Sistematización en el contexto

3.3.1 Incidencia del sector siderúrgico en la economía argentina

El sector siderúrgico constituye un pilar fundamental de la economía argentina, contribuye significativamente al PBI, a la generación de empleo y a la industrialización del país.

Proporciona insumos esenciales para diversas industrias, como la construcción y la manufactura, y es clave para el desarrollo de infraestructuras.

Además, su capacidad de exportación potencia la balanza comercial y genera divisas.

3.3.2. Incidencia de la logística inversa en el sector siderúrgico argentino

La logística inversa emerge como un componente crucial en la mejora de la eficiencia y sostenibilidad del sector siderúrgico.

Facilita la recuperación de materiales, reduce costos operativos y permite una gestión más efectiva de residuos.

Esto no solo optimiza los recursos, sino que también mejora la competitividad de las empresas, alineándose con las tendencias globales hacia prácticas más sostenibles.

Ministerio de Economía (Argentina). Secretaría de Política Económica. (2021, noviembre). Boletín de la Secretaría de Política Económica, Año 6(58).

3.3.3. Diseño de un modelo de logística inversa

El diseño de un modelo de logística inversa adaptable a las necesidades del sistema siderúrgico argentino debe incluir estrategias específicas para la recolección, procesamiento y reintegración de materiales reciclados.

Este modelo debe ser flexible y viable, permitiendo su implementación en diversas escalas de operación.

Beneficios del diseño propuesto (referido al desarrollo del modelo pág. 20, pto. 2.2.1):

- **Mejora de la competitividad y productividad:** Al optimizar la cadena de suministro y reducir los costos asociados con la adquisición de materia prima, las empresas siderúrgicas incrementan su rentabilidad.
- **Reducción de índices de desechos:** La implementación de un sistema eficaz de logística inversa maximiza la recuperación y reutilización de materiales, minimizando el impacto ambiental.
- **Disminución del volumen de importación de material ferroso:** El aprovechamiento de materiales reciclados reduce la dependencia de insumos importados, fortaleciendo la autonomía del sector.
- **Protección de recursos naturales:** La recuperación de materiales reduce la necesidad

de extracción de nuevos recursos, contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

- **Reducción del requerimiento de energía neta:** El uso de materiales reciclados requiere, en general, menos energía en comparación con la producción a partir de materias primas vírgenes, lo que disminuye la huella de carbono del sector.
- **Mejora de la sostenibilidad de los procesos económicos actuales:** La integración de prácticas de logística inversa fomenta una economía circular que promueve la sostenibilidad y la responsabilidad social en la industria siderúrgica.

Fabbe-Costes, N. & Meschi, P.-X. (2000). Situations-types et évolutions de la place de la logistique dans l'organisation. *Logistique & Management*, 8(1), 101–112.

CAPÍTULO IV-METODOLOGÍA

4.1 Análisis de datos.

a) Metodología.

Atendiendo a la naturaleza del tema escogido, se procedió mediante el análisis documental de diversa índole, lo que permitió un abordaje amplio del mismo en relación con los objetivos generales inicialmente planteados. Asimismo, se recurrió a la consulta de normas, documentación oficial, propuestas de proyectos y bibliografía especializada, las cuales se incorporan al final de esta tesis.

b) Tipificación del Estudio realizado.

La presente tesis se inscribe en el ámbito del estudio cualitativo. Este enfoque, basado en modelos de autores como Max Weber, se caracteriza por ser inductivo, descriptivo y abierto a las sugerencias que surgen de la recolección de datos provenientes de diversas fuentes.

Weber, M. (2002). *Economía y sociedad* (J. Winckelmann, Ed.). Fondo de Cultura Económica.

Método de caso: Se procede sobre el análisis de casos – individual o varios tomados en conjunto- que resulta ilustrativo y paradigmático en tanto contiene en su desarrollo y conclusión, todos los elementos que permiten definir los aspectos cualitativos a aplicar.

Prospectiva longitudinal: Abarca el relevamiento previo de casos planteados en el período agosto de 1993 a junio de 2023, con un espacio de casi 30 años

Análisis documental: Se realizó a partir de la lectura y tabulación de los principales puntos de interés que destacan en la situación analizada.

Área de estudio: El muelle Almirante Storni, ubicado en el litoral marítimo bajo jurisdicción de la Provincia de Chubut.

Universo: Se relevó la totalidad de los casos registrados de quince (16) naves abandonadas desde el año 1993.

Técnicas de recolección de datos: Se procedió mediante la identificación y ubicación de documentos, su ordenación cronológica y un estudio minucioso de su contenido. Asimismo, se establecieron relaciones entre ellos, se jerarquizaron y se ordenaron de manera sistemática.

Lugar: La tarea de recolección de datos, la consulta bibliográfica, el análisis documental y su ordenamiento se realizaron en los siguientes centros: Biblioteca de la UCA, Biblioteca de la UDA, Biblioteca Central de la UNC, internet y fuentes online.

Saltalamacchia, H. (2009, agosto). Modelo de metodología de la investigación. Buenos Aires, Argentina.

4.2.1 Análisis de los estudios complementarios.

1. Análisis de costos y beneficios

- **Costos:** Inversión en tecnologías para la recuperación de materiales, capacitación del personal y cumplimiento de normativas ambientales.
- **Beneficios:**
 - Reducción de costos a largo plazo mediante el reciclaje de materiales.
 - Creación de oportunidades de empleo en el sector de la gestión de residuos.
 - Mejora de la imagen ambiental de la actividad portuaria.

2. Mejores prácticas en la recuperación de materiales

- **Identificación de materiales:** Establecer un inventario de materiales recuperables y su valor en el mercado.
- **Procedimientos eficientes:** Implementar técnicas de desmontaje que maximicen la recuperación y minimicen el desperdicio.
- **Capacitación:** Formación del personal en prácticas de logística inversa y manejo seguro de materiales peligrosos.

3. Desarrollo de protocolos de seguridad

- **Protocolos establecidos:** Normas claras para la manipulación de materiales peligrosos y la respuesta ante emergencias.
- **Entrenamiento:** Programas de capacitación continua para el personal involucrado en el desguace.

4. Colaboración interinstitucional

- **Actores involucrados:** Colaboración entre autoridades portuarias, ambientales y empresas de desguace para asegurar el cumplimiento normativo y el intercambio de mejores prácticas.
- **Proyectos conjuntos:** Iniciativas para la investigación y desarrollo de tecnologías más sostenibles en el proceso de desguace.

5. Monitoreo y evaluación continua

- **Indicadores de desempeño:** Establecimiento de métricas para evaluar la efectividad de las prácticas de logística inversa y su impacto ambiental.
- **Auditorías regulares:** Realización de auditorías ambientales para verificar el cumplimiento de las normativas y la eficacia de los protocolos implementados.

Otros documentos complementarios

1. Documentación legal y normativa

- **Reglamentos locales:** Se han revisado ordenanzas y regulaciones del municipio de Puerto Madryn que establecen los lineamientos para actividades industriales y

ambientales en el puerto.

- **Normativas nacionales:** Análisis de leyes como la Ley General del Ambiente y la Ley de Residuos Peligrosos, que son esenciales para asegurar el cumplimiento de estándares ambientales.

2. Investigaciones sobre procedimientos de desguace

- **Prácticas efectivas:** Investigación sobre métodos eficientes y seguros para el desmantelamiento de buques, destacando técnicas que minimizan el impacto ambiental.
- **Protocolos de seguridad:** Documentos que detallan los procedimientos para garantizar la seguridad del personal y la protección ambiental durante las operaciones.

3. Análisis de residuos y recuperación de materiales

- **Clasificación de residuos:** Estudio de los diferentes tipos de residuos generados durante el desguace y su correcta clasificación y disposición.
- **Oportunidades de Reciclaje:** Investigaciones que analizan el potencial de recuperación de materiales valiosos, como metales y plásticos, y su reutilización en otros sectores.

4. Evaluación de tecnología y equipamiento

- **Innovaciones tecnológicas:** Revisión de tecnologías emergentes que pueden aplicarse en el desguace para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental.
- **Equipos de protección personal (EPP):** Importancia del uso de EPP adecuado para proteger al personal en el sitio de desguace.

5. Monitoreo y seguimiento ambiental

- **Programas de monitoreo:** Establecimiento de protocolos para el seguimiento continuo de la calidad del agua y el suelo en las áreas adyacentes al desguace.
- **Auditorías ambientales:** Evaluaciones regulares para asegurar el cumplimiento de normativas y la efectividad de los procedimientos implementados.

6. Colaboración y Responsabilidad Social

- **Involucramiento comunitario:** Estudios que abordan la importancia de la participación de la comunidad local y la transparencia en las operaciones de desguace.
- **Alianzas estratégicas:** Análisis de colaboraciones entre el sector privado, autoridades y organizaciones ambientales para promover prácticas sostenibles.

Recomendaciones y sugerencias

- Disminuir la probabilidad de daños ocasionados al muelle y a los buques circulantes por la colisión de las naves a la deriva.
- Generar la disminución del gasto energético en la producción de materia prima en la industria metalmecánica argentina.
- Impulsar alternativas de financiamiento a través de aportes provinciales de servicios, complementados con ingresos derivados de la venta de material recuperado (Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de Chubut, 2016).
- Promover la concientización sobre las problemáticas ambientales, favoreciendo el conocimiento integral del proceso de recuperación y desguace de buques.
- Fortalecer el rol de las autoridades provinciales como actor clave para implementar un modelo sostenible que reduzca el impacto en la comunidad y en el ecosistema local.

A lo largo del presente trabajo se intentó aportar soluciones a quienes intenten incursionar en un modelo de logística inversa.

La implementación de este modelo al desguace de buques varados contribuye significativamente a mejorar la gestión de residuos y la recuperación de materiales.

Se recomienda fortalecer la colaboración entre las autoridades locales, las empresas de desguace y los reguladores para garantizar la eficacia y el cumplimiento de las normativas ambientales.

Abordar la logística inversa en el desguace de buques en el Muelle Almirante Storni desde una perspectiva ambiental no solo responde a una necesidad, sino que constituye una oportunidad para promover un desarrollo más sostenible.

Al integrar estrategias que minimicen residuos, protejan los recursos naturales y fomenten la eficiencia energética, se puede contribuir significativamente a la preservación del medio ambiente, al mismo tiempo que se fortalece la competitividad del sector. Este enfoque integral posicionaría a Puerto Madryn como un modelo de gestión ambiental responsable en la industria marítima.

El trabajo demuestra que aplicar estrategias de logística inversa no solo minimiza el impacto ambiental, sino que también puede ser económicamente viable.

En este sentido, el modelo propuesto representa un aporte novedoso frente a los enfoques tradicionales de desguace, ya que integra de manera simultánea beneficios económicos, ambientales y sociales. Su implementación permitiría optimizar los costos mediante la valorización de materiales recuperados, reducir los riesgos asociados al desguace a cielo abierto y generar nuevas oportunidades de empleo en la región. Asimismo, este trabajo abre la posibilidad de futuras líneas de investigación que exploren la replicabilidad del modelo en otros puertos o sectores industriales, consolidando así una contribución significativa al desarrollo de políticas públicas orientadas a la economía circular y a la gestión sostenible de los recursos.

CAPÍTULO V- ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO

5.1 Introducción

El presente capítulo tiene por objetivo desarrollar el estudio económico- financiero detallado del proyecto de logística inversa orientado al desguace de buques varados en el Muelle Almirante Storni, ubicado en la ciudad de Puerto Madryn. Este análisis complementa el cuerpo principal del trabajo, aportando una evaluación concreta de la viabilidad económica del modelo propuesto, a través del contraste entre distintos métodos de desguace, la estimación de costos e ingresos proyectados y el cálculo de indicadores financieros clave.

A partir de una estructura metodológica específica, se analizan dos alternativas técnicas para llevar a cabo el proceso de desmantelamiento de buques: por un lado, el método tradicional de desguace en muelle abierto, y por otro, un método modular o en seco con desmontaje estructurado. Ambas opciones son abordadas desde una perspectiva económica, considerando las variables que inciden en la toma de decisiones: inversión inicial, costos

operativos, niveles de recuperación de materiales reciclables, riesgos ambientales, cumplimiento normativo y capacidad de generación de ingresos.

El análisis se apoya en datos de mercado expresados en dólares estadounidenses (USD), debido a que este constituye el valor de referencia internacional para las operaciones comerciales vinculadas a la chatarra y los metales industriales, tal como lo establece el London Metal Exchange (LME). Asimismo, se contemplan fuentes secundarias provenientes de publicaciones técnicas y económicas emitidas por la Cámara Argentina de Empresarios Mineros (CAEM), la Cámara Industrial de Puerto Madryn (CIMA) y la Cámara Argentina de Recicladores (CAER), junto con estadísticas del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) y cotizaciones difundidas por plataformas especializadas como ScrapMonster, RecyclingToday y el Bureau of International Recycling (BIR).

Estas referencias permiten establecer valores promedio para los materiales ferrosos y no ferrosos recuperables durante el proceso de desguace, así como estimar costos operativos estandarizados del sector industrial reciclador. La incorporación de estas fuentes garantiza la transparencia del análisis y su alineación con estándares de mercado vigentes.

Además de brindar un soporte cuantitativo al proyecto, este estudio económico- financiero permite evaluar la sostenibilidad integral de la operación, considerando tanto los beneficios económicos como los impactos ambientales y sociales asociados. La identificación de un método que optimice la recuperación de materiales y minimice los riesgos de contaminación no solo fortalece la viabilidad financiera, sino que también posiciona al proyecto dentro de un enfoque de economía circular, alineado con las tendencias internacionales de reciclaje responsable y gestión eficiente de recursos.

5.2 Metodología económica aplicada

Para el desarrollo del presente estudio económico-financiero se aplicó una metodología de análisis comparativo entre dos modelos operativos posibles para el desguace de buques: el método tradicional (utilizado en muelles abiertos, con maquinaria pesada) y el método modular o en seco (con desmontaje controlado por bloques y aislamiento de residuos). Esta comparación se realiza bajo un enfoque de costos e ingresos estimados, considerando la unidad de análisis en toneladas métricas (t) y expresando todos los montos en dólares

estadounidenses (USD) para mantener coherencia con las referencias internacionales del mercado de metales y logística industrial.

La estimación de costos y de ingresos se realizó en base a fuentes técnicas del sector industrial y portuario, publicaciones de cámaras empresariales, y cotizaciones regionales de servicios logísticos y de reciclaje. Se tomaron valores promedio publicados por la Cámara Argentina de Recicladores (CAER), el INDEC y reportes internacionales del *Bureau of International Recycling (BIR)* y *ScrapMonster*, que permiten calcular el valor estimado de la tonelada de acero, cobre, aluminio y otros materiales recuperables. A su vez, se analizaron referencias brindadas por la Cámara Industrial de Puerto Madryn (CIMA) y la Cámara Argentina de Empresarios Mineros (CAEM), en relación a la inversión mínima esperada para proyectos sustentables que involucran residuos metálicos.

El enfoque económico utilizado contempla un análisis de:

- Costos operativos directos e indirectos por método de desguace.
- Ingresos potenciales por venta de materiales reciclables.
- Cálculo de márgenes de rentabilidad, punto de equilibrio y retorno sobre la inversión (ROI).
- Proyecciones a cinco años en tres escenarios: conservador, realista y optimista.
- Análisis de sensibilidad ante variaciones en los precios del mercado internacional.

La herramienta principal de cálculo fue Microsoft Excel, mediante la cual se construyeron cuadros comparativos, tablas de ingresos y egresos y representaciones gráficas para facilitar la visualización y comprensión de los resultados. Las proyecciones consideran variables macroeconómicas como inflación, tipo de cambio, costos logísticos regionales y demanda de metales reciclables, con el objetivo de reflejar una aproximación realista del comportamiento financiero del proyecto en un entorno dinámico.

5.3 Descripción de los métodos de desguace

Para la implementación del proyecto de logística inversa orientado al desguace de buques, se identifican dos metodologías operativas viables: el método tradicional y el método modular

o en seco. Cada método presenta características técnicas y económicas particulares, que inciden directamente en la viabilidad del proyecto.

El análisis contempla las principales diferencias entre ambos modelos en términos de inversión inicial, tiempos operativos, volumen de recuperación de materiales, costos asociados y riesgos ambientales. En los apartados siguientes se desarrollan las especificaciones técnicas y económicas de cada alternativa.

5.3.1 Método Tradicional

El método tradicional de desguace consiste en la ejecución de tareas de corte y retiro de partes metálicas directamente sobre el muelle o en sectores abiertos del área portuaria. Se caracteriza por el uso intensivo de maquinaria pesada, como grúas, camiones y equipos de oxicorte, y por requerir una dotación importante de personal especializado para realizar operaciones simultáneas a cielo abierto. Esta metodología ha sido utilizada históricamente en diversos puertos del país por su menor complejidad estructural y por los plazos más reducidos de ejecución que ofrece.

Desde el punto de vista económico, el método tradicional presenta costos operativos moderados, ya que no requiere infraestructura adicional ni adecuación de galpones. Sin embargo, los riesgos ambientales y laborales son significativamente más altos, debido a la exposición directa a residuos peligrosos, emisiones gaseosas, líquidos contaminantes y condiciones meteorológicas adversas. Este aspecto genera la necesidad de destinar mayores recursos a la contratación de seguros, gestión de residuos y cumplimiento de normativas ambientales, lo cual incrementa los costos indirectos del proyecto.

En cuanto al rendimiento, este modelo permite avanzar con rapidez en el corte y remoción de materiales, pero ofrece una menor eficiencia en la clasificación y valorización de los metales, lo que puede afectar el ingreso final por venta de chatarra reciclable. La recuperación de materiales suele realizarse de forma fragmentada, con bajo control sobre los residuos no valorizables.

A pesar de estas limitaciones, su aplicación podría resultar viable en casos donde se busque minimizar la inversión inicial o en contextos donde no se cuente con infraestructura cerrada disponible. No obstante, para evaluar su conveniencia en términos económicos, se requiere

compararlo con metodologías más modernas y ambientalmente controladas.

5.3.2 Método Modular o en Seco

El método modular o en seco es una alternativa moderna y sustentable para el desguace de buques, que se realiza en una zona cerrada o semi-cubierta especialmente acondicionada para tal fin. En este sistema, la embarcación es desmontada por bloques o secciones, utilizando herramientas de corte de precisión, plataformas elevadoras y sistemas de recolección diferenciada de residuos. Este enfoque permite un control ambiental más riguroso, mayor seguridad operativa y una mayor eficiencia en la recuperación y valorización de materiales.

A diferencia del método tradicional, este modelo requiere una infraestructura inicial más robusta, que puede incluir galpones metálicos, pisos de hormigón impermeabilizados, áreas de acopio clasificadas y equipamiento complementario como extractores de aire y sistemas de contención de líquidos. Si bien esta inversión inicial representa un costo superior, los beneficios en términos de reducción de riesgos, cumplimiento normativo y mejora en el ingreso por venta de materiales reciclables pueden compensar ampliamente dicho desembolso.

Desde el punto de vista operativo, el método modular permite organizar el desguace en etapas más controladas, con mayor trazabilidad sobre los residuos peligrosos (como aceites, pinturas, asbestos o líquidos refrigerantes), lo cual mejora sustancialmente la imagen ambiental del proyecto. Además, al facilitar la clasificación de metales (acero, cobre, aluminio, bronce), maximiza el valor de reventa y reduce pérdidas por mezclas contaminadas.

Este enfoque es altamente valorado por organismos ambientales, cámaras industriales y asociaciones mineras que promueven la economía circular, ya que permite reintegrar al ciclo productivo una mayor proporción de materiales bajo condiciones seguras. En términos financieros, su mayor eficiencia operativa y comercial puede traducirse en un mayor margen de rentabilidad a mediano plazo, especialmente en regiones donde existe demanda sostenida de chatarra industrial.

5.3.3 Análisis comparativo de métodos de desguace

Con el fin de evaluar la conveniencia técnica y económica de los métodos de desguace analizados, se presenta a continuación un análisis comparativo que integra criterios operativos, ambientales y de aprovechamiento económico. Este apartado incluye un cuadro comparativo con la descripción cualitativa de ambos métodos, acompañado de su representación gráfica y la interpretación de los resultados obtenidos.

a) Tabla comparativa de métodos de desguace

Criterio	Método Tradicional	Método Modular o en Seco
Inversión inicial	Baja. No requiere infraestructura específica.	Alta. Requiere galpones, piso impermeabilizado y equipamiento.
Costo operativo por tonelada	Medio-alto. Alta demanda de maquinaria y personal.	Medio. Menor demanda operativa gracias a planificación modular.
Riesgo ambiental	Alto. Trabajo a cielo abierto sin contención.	Bajo. Zona controlada con gestión diferenciada de residuos.
Recuperación de materiales	Media. Clasificación limitada y pérdidas por contaminación.	Alta. Recuperación selectiva y mayor valorización de metales.
Tiempo de ejecución	Rápido. Desguace simultáneo con maquinaria.	Medio. Planificación por bloques.
Requisitos normativos	Moderados. Mayor riesgo de sanción ambiental.	Altos. Requiere cumplimiento técnico más estricto.
Valor de reventa por tonelada	Menor. Menor valorización por mezcla de materiales.	Mayor. Separación eficiente mejora precio por tonelada.
Impacto visual y urbano	Alto. Actividad visible desde el entorno portuario.	Bajo. Trabajo interno, sin exposición directa al exterior.
Compatibilidad con logística circular	Limitada. Bajo reaprovechamiento de materiales.	Alta. Favorece economía circular y reinserción productiva.

Tabla 1. Comparativa de métodos de desguace

b) Representación gráfica de la comparación cualitativa

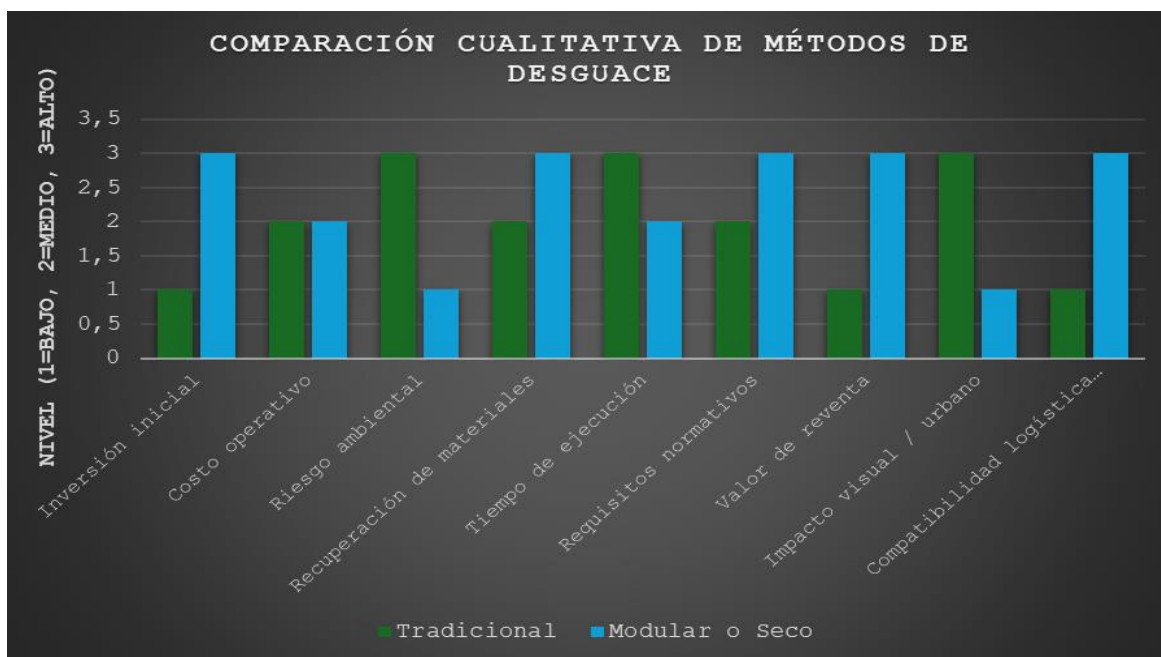


Gráfico 4. Comparación cualitativa de métodos de desguace (escala 1=bajo, 3=alto).

El gráfico evidencia las diferencias cualitativas entre el método tradicional y el método modular o en seco para el desguace de buques. Se observa que el método modular presenta un desempeño superior en la recuperación de materiales, valor de reventa, compatibilidad con la logística circular y reducción del riesgo ambiental, lo que lo convierte en una alternativa más sostenible y rentable en el mediano plazo.

Por su parte, el método tradicional únicamente sobresale en los criterios de baja inversión inicial y menor tiempo de ejecución, aunque presenta mayores riesgos ambientales y menor aprovechamiento de materiales reciclables. Esta comparación permite justificar técnicamente la preferencia por el método modular en la planificación estratégica del proyecto, integrando criterios económicos, operativos y ambientales.

5.4 Estimación de costos operativos por método

A continuación, se presenta una estimación de los costos operativos por tonelada de buque desguazado, clasificados según el método aplicado: tradicional (a cielo abierto en muelle) y modular o en seco. Se incluyen componentes directos e indirectos y se expresan en USD por tonelada métrica (t):

5.4.1 Desglose de costos por método (USD por tonelada)

Rubro de costo	Método Tradicional (USD/t)	Método Modular o Seco (USD/t)
Mano de obra	16	18
Alquiler de maquinaria (grúas/corte)	10	8
Tratamiento residuos peligrosos	4	6
Logística interna y transporte	3	3,5
Adecuación infraestructura	2	10
Permisos, seguros y auditorías	1,5	2,5
Costo total aproximado (USD/t)	36,5	48

Tabla 2. Desglose de costos por método (USD por tonelada)

Notas metodológicas:

- Los valores están basados en referencias de mercado y promedios internacionales del Bureau of International Recycling (BIR), ScrapMonster y cotizaciones del precio de chatarra naval (~250–400 USD/t) argentina.gob.ar
- Los costos expresados incluyen mano de obra local en Argentina, ajustes por tipo de tecnología y condicionantes ambientales.

5.4.2 Costos totales estimados por buque (2.500 t)

Aplicando el costo unitario a un buque tipo mediano de 2.500 t:

Método	Costo por tonelada USD/t	Costo Total estimado USD
Tradicional	36.5	91.250
Modular o seco	48	120.000

Tabla 3. Costos totales estimados por buque (2.500 t)

Este costo estimativo incluye todos los rubros operativos antes mencionados, permitiendo visualizar la diferencia de inversión entre ambos métodos. El método modular requiere una mayor inversión inicial por tonelada, pero permite un control superior sobre residuos y una valorización más eficiente de materiales reciclables.

5.4.3 Representación gráfica de costos totales por método

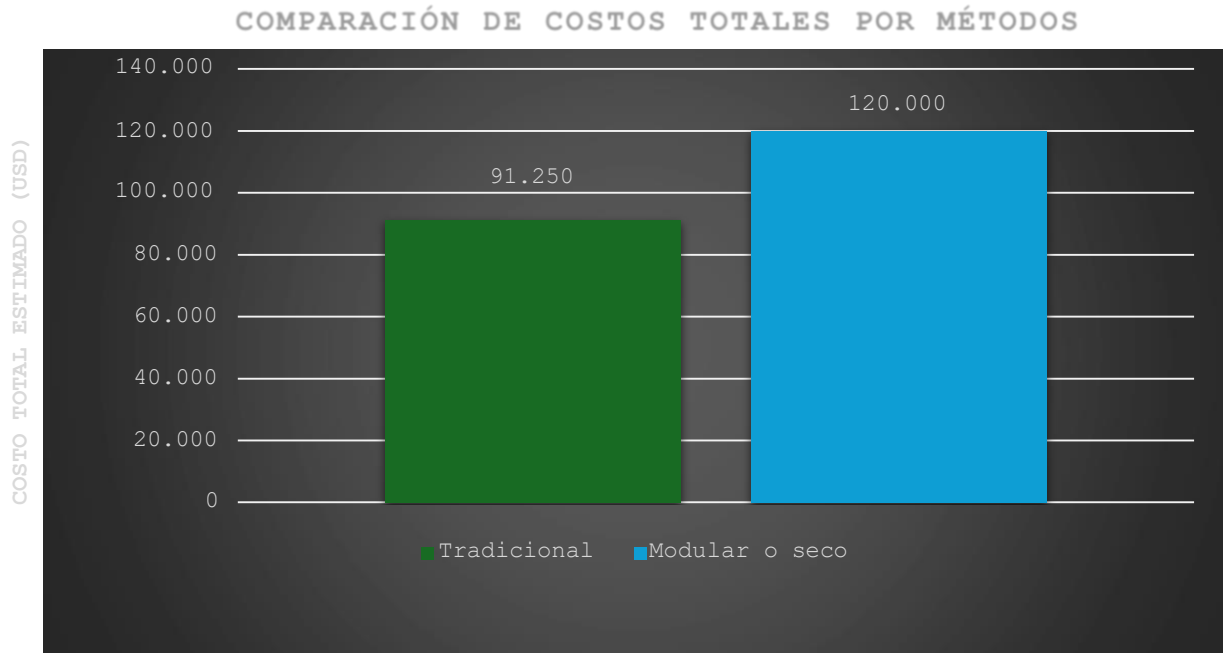


Gráfico 5. Comparación de costos totales estimados por métodos de desguace (USD).

El gráfico evidencia que el método tradicional presenta un costo operativo inicial más bajo (~91.000 USD para 2.500 t), aunque con menor eficiencia en la recuperación de materiales y un riesgo ambiental considerablemente más alto.

Por su parte, el método modular implica un mayor desembolso (~120.000 USD para 2.500 t), pero permite optimizar la valorización de los materiales recuperables (como acero, cobre y aluminio) y reducir significativamente las pérdidas por contaminación cruzada.

Esta diferencia en los costos podría ser compensada por mayores ingresos obtenidos a partir de la venta de chatarra reciclada, aspecto que se analizará en los puntos siguientes.

5.5 Estimación de ingresos por materiales reciclables recuperados

5.5.1 Valor de mercado por tipo de material

Para estimar los ingresos potenciales por la venta de materiales reciclables extraídos del buque desguazado, se consideran los siguientes valores promedio internacionales en USD por tonelada, según cotizaciones actuales del mercado de chatarra y referencias del Bureau of International Recycling (BIR), ScrapMonster y plataformas especializadas:

Material	Precio promedio (USD/t)	Fuente referencial
Acero reciclado	300	BIR, ScrapMonster
Cobre reciclado	8.200	BIR, Investing.com
Aluminio reciclado	2.100	ScrapMonster, BIR

Tabla 4. Valor de mercado por tipo de material

Nota: Estos valores están expresados en dólares estadounidenses debido a su uso como referencia internacional. Las fluctuaciones de mercado pueden generar variaciones estacionales, por lo que se adopta un promedio estimado.

5.5.2 Proyección de ingresos por materiales recuperados

Para estimar los ingresos, se parte de las siguientes consideraciones:

1. Se analiza un buque tipo de 2.500 toneladas de desplazamiento.
2. Se aplican porcentajes promedio de recuperación de materiales ferrosos y no ferrosos para cada método.
3. Se utilizan valores promedio internacionales expresados en USD por tonelada (ya definidos en el punto 5.5.1).

Supuestos de recuperación:

- **Método Tradicional:** Menor eficiencia en clasificación de materiales (alrededor del 70% aprovechable).
- **Método Modular o en Seco:** Mayor eficiencia y control (aprox. 85% aprovechable).

a) Estimación de toneladas recuperadas

Material	% en buque	Tradicional (t)	Modular o seco (t)
Acero	85,00%	1.487,50	1.700,00
Cobre	0,50%	8,75	10,60
Aluminio	1,00%	17,50	21,20
Total	86,50%	1.513,75	1.731,80

Tabla 5. Estimación de toneladas recuperadas

b) Estimación de ingresos en USD por método

Material	Precio USD/t	Tradicional (USD)	Modular o seco (USD)
Acero	300	446.250	510.000
Cobre	8.200	71.750	86.120
Aluminio	2.100	36.750	44.520
Total		554.750	640.640

Tabla 6. Estimación de ingresos en USD por método

c) Ingresos estimados por material y método (USD)

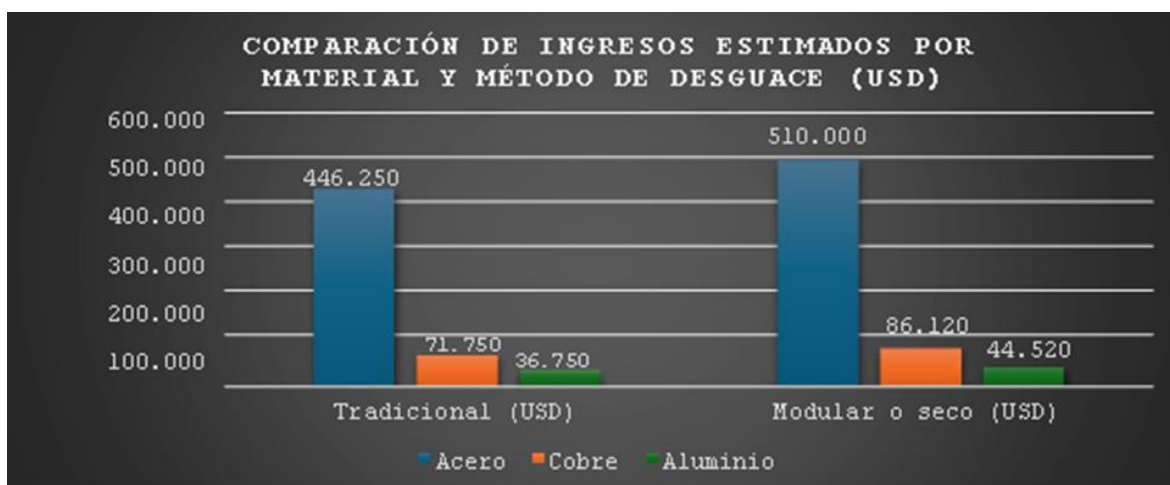


Gráfico 6. Ingresos estimados por materiales reciclables (USD) según método.

d) Estimación de ingresos en USD por método



Gráfico 7. Ingresos proyectados por venta de materiales reciclables (USD).

El gráfico muestra claramente que el método modular permite obtener ingresos superiores, alcanzando aproximadamente 640.640 USD frente a los 554.750 USD del método tradicional.

Esta diferencia de más de 85.000 USD se explica por la mayor eficiencia del método modular en la recuperación y clasificación de materiales reciclables, especialmente metales no ferrosos de alto valor como el cobre y el aluminio.

Esta ventaja en los ingresos refuerza la viabilidad económica del método modular, ya que compensa en gran medida su mayor costo operativo inicial y contribuye a mejorar el margen de rentabilidad del proyecto.

5.6 Análisis comparativo de costos vs. ingresos

El siguiente cuadro integra los resultados de costos totales e ingresos proyectados, permitiendo visualizar el margen económico neto que cada método podría generar en la operación de desguace de un buque de 2.500 t:

Método	Costos totales (USD)	Ingresos estimados (USD)	Margen neto estimado (USD)
Tradicional	91.250	554.750	463.500
Modular o seco	120.000	640.640	520.640

Tabla 7. Análisis comparativo de costos vs. Ingresos

5.6.1 Margen neto estimado por método de desguace

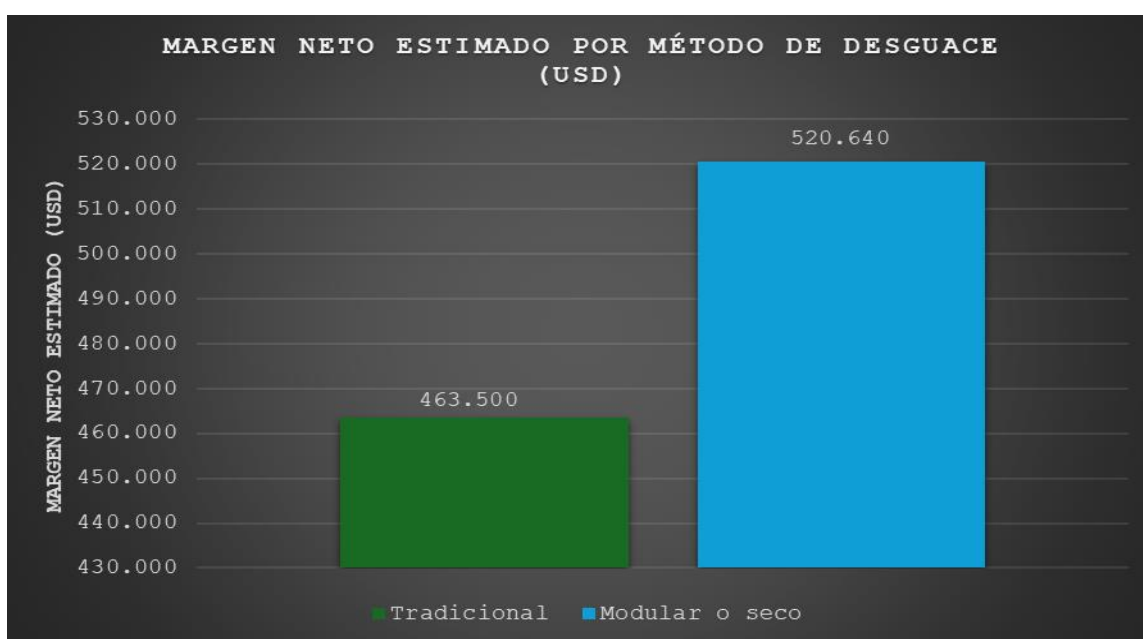


Gráfico 8. Margen neto estimado por método de desguace (USD).

Se observa que ambos métodos de desguace generan un margen neto positivo, confirmando la viabilidad económica del proyecto. El método modular alcanza un margen aproximado de 520.640 USD, superando al tradicional con 463.500 USD, debido a su mayor eficiencia en la recuperación de materiales y valorización de metales no ferrosos. Esta diferencia de 57.140 USD respalda la elección del método modular para proyectos que prioricen la rentabilidad y la sostenibilidad.

5.6.2 Representación del punto de equilibrio según método de desguace

A continuación, se presenta un análisis del punto de equilibrio para cada alternativa. Para ello, se calcula cuántos buques deben desguazarse para que los ingresos generados iguallen los costos totales de la operación, considerando el margen neto por unidad.

Método	Costo total por buque (USD)	Margen neto por buque (USD)	Punto de equilibrio (buques)
Tradicional	91.250	463.500	0,20
Modular o en seco	120.000	520.640	0,23

Tabla 8. Punto de equilibrio según método de desguace

Representación del punto de equilibrio según método de desguace

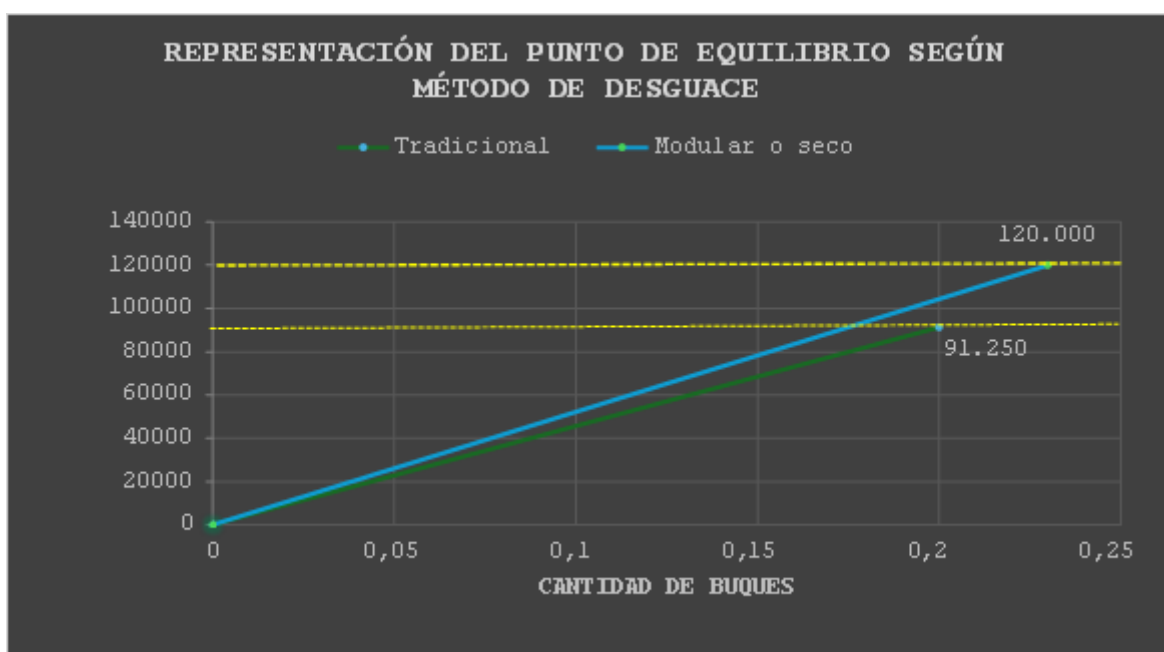


Gráfico 9. Representación del punto de equilibrio según método de desguace (USD).

En la representación anterior se observa que el método tradicional alcanza su punto de equilibrio aproximadamente con 0,20 buques, mientras que el método modular o en seco lo hace con 0,23 buques. Las líneas de tendencia permiten identificar visualmente el comportamiento de los costos en función del número de buques desguazados, mientras que las líneas horizontales resaltan el nivel de costos totales para cada caso.

Este análisis demuestra que, si bien el método modular o en seco presenta un mayor costo inicial, su mayor margen por unidad genera un punto de equilibrio cercano al del método tradicional, permitiendo recuperar la inversión con un volumen de operaciones similar.

5.7 Escenarios proyectados a 5 años

5.7.1 Metodología de proyección

Para evaluar la viabilidad económica del proyecto en el mediano plazo, se proyectan los márgenes netos considerando un horizonte de 5 años bajo tres escenarios:

1. Escenario conservador:

- Recuperación de materiales más baja.
- Precios internacionales de chatarra estables o ligeramente a la baja.
- Solo 1 buque desguazado por año.

2. Escenario realista:

- Recuperación promedio según eficiencia de cada método.
- Precios internacionales promedio.
- 2 buques desguazados por año.

3. Escenario optimista:

- Máxima recuperación de materiales (85–90%).
- Mejora de precios internacionales de metales (10% adicional).
- buques desguazados por año.

Cada escenario se proyecta sobre un horizonte de **5 años**, multiplicando el margen neto por buque por la cantidad de buques anuales según corresponda.

5.7.2 Supuestos de proyección

- Valores base del margen neto por buque calculados en el Punto 6:
 - **Método Tradicional:** 463.500 USD
 - **Método Modular o Seco:** 520.640 USD
- Se proyecta sobre 5 años multiplicando por la cantidad de buques según el escenario.
- En el escenario optimista se aplica un incremento del 10% en el margen por la valorización de metales y máxima eficiencia de recuperación.

5.7.3 Márgenes netos proyectados por escenario a 5 años (USD acumulados)

Escenario	Buques/año	Tradicional (USD)	Modular o Seco (USD)
Conservador	1	2.317.500	2.603.200
Realista	2	4.635.000	5.206.400
Optimista (+10%)	3	15.295.500*	17.186.880*

Tabla 9. Márgenes netos proyectados por escenario a 5 años (USD acumulados)

*Incluye ajuste por recuperación máxima y valorización de metales en +10%.

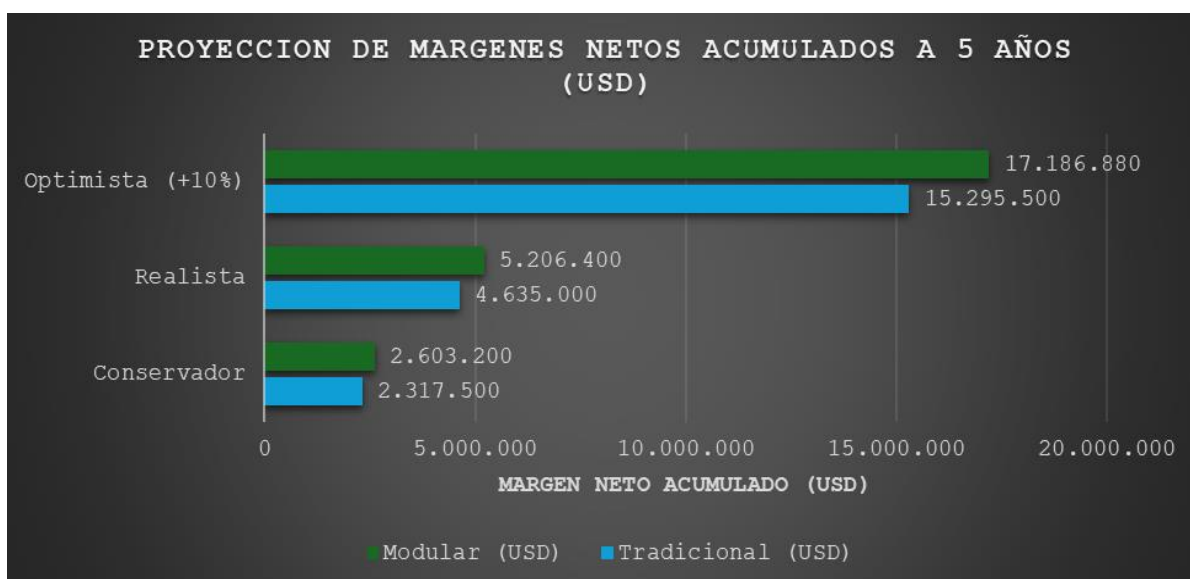


Gráfico 10. Proyección de márgenes netos acumulados a 5 años (USD).

El gráfico muestra que, en todos los escenarios proyectados a 5 años, el método modular mantiene un margen neto acumulado superior al del método tradicional, confirmando su mayor rentabilidad a mediano plazo.

- En el escenario conservador (1 buque/año) el margen del método modular alcanza 2,60 millones USD, frente a 2,31 millones USD del tradicional.
- En el escenario realista (2 buques/año) la diferencia se amplía, con 5,20 millones USD frente a 4,63 millones USD.
- En el escenario optimista, considerando máxima recuperación de materiales y un incremento del 10% en la valorización de metales, el margen neto acumulado del método modular llega a 17,18 millones USD, superando los 15,29 millones USD del tradicional.

Esta proyección evidencia que invertir en el método modular resulta más conveniente, ya que, aunque requiere una inversión inicial mayor, maximiza los ingresos y reduce riesgos ambientales, consolidando la viabilidad económica del proyecto.

5.8 Análisis de viabilidad económica y conclusiones

El análisis económico realizado sobre el proyecto de desguace y reciclaje de buques permite establecer una evaluación integral de su viabilidad financiera. A partir de la estimación de costos, ingresos y márgenes netos, así como de la proyección de escenarios a cinco años, se obtuvieron las siguientes conclusiones principales:

1. Viabilidad económica confirmada:

- Tanto el método tradicional como el método modular generan márgenes netos positivos, lo que evidencia que el proyecto es financieramente factible.
- Los márgenes por buque estimados son de 463.500 USD para el método tradicional y 520.640 USD para el modular.

2. Rentabilidad superior del método modular:

- Si bien implica una inversión inicial más elevada (120.000 USD frente a 91.250 USD del tradicional), el método modular presenta una mayor eficiencia en la recuperación de materiales, en especial metales no ferrosos como cobre y aluminio, lo que maximiza los ingresos.
- La proyección a cinco años muestra márgenes netos acumulados de hasta 17,18 millones USD en escenario optimista, frente a 15,29 millones USD del método tradicional.

3. Beneficios estratégicos y ambientales:

- La elección del método modular no solo mejora la rentabilidad, sino que reduce riesgos ambientales, al minimizar contaminación cruzada y optimizar la trazabilidad de los residuos.
- Esta característica refuerza la sostenibilidad del proyecto, alineándolo con los estándares actuales de la industria naval y de reciclaje de metales.

5.9 Conclusión del estudio financiero

El proyecto de desguace y reciclaje de buques demuestra ser económicamente viable y rentable, tanto bajo el método tradicional como mediante la implementación del método modular en seco.

El análisis de costos e ingresos evidencia que ambos métodos generan márgenes netos positivos desde la primera operación, confirmando que la iniciativa es financieramente factible. Sin embargo, el método modular se presenta como la alternativa más conveniente, ya que, aunque requiere una inversión inicial más elevada, permite maximizar la recuperación de materiales, en especial metales no ferrosos de alto valor como el cobre y el aluminio.

La proyección de márgenes netos a cinco años refuerza esta conclusión:

- En escenarios conservadores, la operación modular logra mantener márgenes superiores, asegurando un flujo económico estable.
- En escenarios realistas y optimistas, los ingresos acumulados pueden superar los 17 millones de USD, lo que representa una rentabilidad superior y un retorno más rápido sobre la inversión.

Además de los resultados financieros, el método modular ofrece ventajas estratégicas y ambientales, al minimizar la contaminación cruzada, mejorar la trazabilidad de residuos y alinearse con estándares internacionales de reciclaje responsable. Estas características no solo fortalecen la sostenibilidad del proyecto, sino que también mejoran la imagen corporativa y facilitan futuras certificaciones ambientales.

En conclusión, la implementación del método modular constituye la opción recomendada para la empresa, ya que combina rentabilidad, eficiencia operativa y compromiso ambiental, garantizando la competitividad del proyecto en el mediano y largo plazo.

5.10 Recomendaciones finales

En base al análisis económico y las proyecciones a cinco años, se establecen las siguientes recomendaciones estratégicas para garantizar la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto:

1. Adoptar el método modular como opción prioritaria. Aunque requiere una inversión inicial mayor, permite maximizar la recuperación de materiales reciclables, especialmente metales de alto valor como cobre y aluminio. Su eficiencia operativa asegura márgenes netos superiores y una mayor competitividad a mediano plazo.
2. Monitorear los precios internacionales de metales reciclables. La rentabilidad del proyecto depende fuertemente de las cotizaciones internacionales de acero, cobre y aluminio. Un seguimiento trimestral mediante fuentes como BIR, ScrapMonster e Investing.com permitirá ajustar estrategias de venta y elegir el momento óptimo para comercializar la chatarra.
3. Optimizar la logística y la trazabilidad ambiental. Se recomienda establecer protocolos de segregación, almacenamiento y transporte de residuos, priorizando proveedores certificados para el tratamiento de residuos peligrosos. Esto no solo reduce riesgos ambientales, sino que mejora la imagen corporativa y facilita la obtención de certificaciones ambientales futuras.
4. Planificar la expansión escalonada del proyecto. Iniciar con volúmenes moderados (1–2 buques/año) y aumentar progresivamente la capacidad operativa conforme se consolide experiencia y se valide la rentabilidad proyectada. Este enfoque reduce riesgos financieros y permite ajustar la estructura operativa según la demanda real.
5. Reinvertir utilidades en tecnología e infraestructura. Se recomienda destinar parte del margen neto a la adquisición de grúas, equipos de corte y módulos adicionales, así como la automatización de procesos. Esto incrementará la capacidad de producción,

reducirá tiempos de operación y potenciará el margen económico en escenarios de precios altos.

6. La implementación de estas recomendaciones permitirá asegurar la rentabilidad sostenida del proyecto y consolidar su crecimiento a mediano y largo plazo. La adopción del método modular, combinada con un seguimiento periódico de las cotizaciones internacionales de metales, garantizará la maximización de márgenes netos y una mayor resiliencia frente a variaciones del mercado. A su vez, la planificación escalonada y la reinversión de utilidades en tecnología e infraestructura permitirán incrementar progresivamente la capacidad operativa sin comprometer la estabilidad financiera.
7. Por otra parte, el enfoque propuesto refuerza el compromiso ambiental y la sostenibilidad del proyecto, al incorporar prácticas de segregación, trazabilidad y tratamiento responsable de residuos. Esto no solo reduce riesgos de contaminación, sino que también fortalece la imagen corporativa y posiciona a la empresa como un referente en economía circular aplicada al desguace naval.
8. La combinación de eficiencia económica y responsabilidad ambiental presenta al proyecto como una iniciativa rentable, competitiva y alineada con los estándares internacionales.
9. Si bien no se ha aplicado una matriz económica puntual, se toma como base fundamental la matriz del autor **Wassily Leontief (Matrices de Insumo-Producto)**: Su modelo se ha adaptado para incluir "sectores de eliminación de residuos", permitiendo calcular cómo el desguace de chatarra retroalimenta a la industria siderúrgica, por lo que se recomienda su actualización en forma semestral y la inclusión o exclusión de factores para el análisis de acuerdo a las condiciones del contexto global, con la finalidad de mejorar el punto de equilibrio y dejar abierta la posibilidad de articular el modelo propuesto con otros proyectos a futuro.

5.11 Referencias Web

- Administración Portuaria Puerto Madryn. (2017, 14 de septiembre). Historia, ubicación, clima y servicios. Puerto Madryn. <https://www.appm.com.ar/>
- Argentina.gob.ar. (s.f.). Informes de residuos industriales y peligrosos. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente>
- Bureau of International Recycling (BIR). (s.f.). Annual report. <https://www.bir.org>
- Cámara Argentina de Empresarios Mineros [CAEM], Cámara Minera de Argentina [CIMA] y Cámara Argentina de Empresas de Reciclaje [CAER]. (s.f.). Publicaciones sectoriales de minería y reciclaje en Argentina. <https://www.caem.com.ar> ; <https://www.camaraminera.org.ar>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC]. (s.f.). Informes de comercio exterior y precios de exportación. <https://www.indec.gob.ar>
- Investing.com. (s.f.). Cotizaciones de metales. <https://www.investing.com/commodities/>
- ScrapMonster. (s.f.). Metal prices and recycling news. <https://www.scrapmonster.com>

BIBLIOGRAFÍA

- Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines. (2011). *Anuario estadístico 2010*. Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines.
- Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines. (2012). *Anuario estadístico 2011*. Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines.
- Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines. (2013). *Anuario estadístico 2012*. Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines.
- Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines. (2014). *Anuario estadístico 2013*. Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines.
- Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines. (2015). *Anuario estadístico 2014*. Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines.
- Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines. (2016). *Anuario estadístico 2015*. Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines.
- Castillo, V., Rojo, S., & Rotondo, J. S. (2007). *Dinámica del empleo y trayectorias laborales en la trama siderúrgica*. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- COCHILCO. (2014). *Mercado internacional del hierro y el acero*. Comisión Chilena del Cobre.
- Dalmaso, D. (2015). Inversiones en la siderurgia argentina. *Revista Acero Latinoamericano*, 4(4), 25–32.
- Núñez, J., & Gutiérrez, P. (2005). *Una industria sostenible de desguace y reciclado de buques*. Editorial Académica Española.
- Saldivia, N. (2010). *Once buques varados en el Storni esperan pasar a desguace (Puerto Madryn)*. Asociación de Buzos Profesionales.
- ONU; Convenio de Basilea sobre el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos y su eliminación.
- ONU; Convenio Internacional de Hong Kong para la seguridad y el reciclaje medioambientalmente racional de buques.
- OIT; Seguridad y salud en el desguace de buques: Directrices para los países asiáticos y Turquía.
- UE, Reglamento (UE) n1257/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al reciclaje de buques. - MEPC.196 (62) de 2011-07-15 Directrices 2011 para el desarrollo del plan de reciclaje de buques.
- MEPC. 179 (59) de 2009-07-17 Directrices para el desarrollo del inventario de materiales peligrosos – Directrices / Apéndices 1 a 4.

ANEXOS – NORMATIVA

1.1 Directrices Prefectura Naval Argentina. Desguace seguro de buques.

La normativa para el desguace seguro de buques en el muelle Almirante Storni, Puerto Madryn, incluye regulaciones locales, nacionales e internacionales que abordan la seguridad, la protección ambiental y la gestión de residuos. A continuación, se presenta un resumen de las principales normativas relevantes:

Normativa Local

1. Ordenanzas Municipales

- Normas específicas del municipio de Puerto Madryn sobre actividades industriales y ambientales, incluyendo el manejo de residuos y la seguridad en el trabajo.

2. Regulaciones del Puerto

- Reglas establecidas por la Administración de Puerto de Madryn sobre operaciones en el muelle Almirante Storni, incluyendo requisitos de seguridad y gestión ambiental.

Normativa Nacional

1. Ley General del Ambiente (Ley N° 25.675)

- Establece principios para la protección del medio ambiente y la regulación de actividades que puedan impactar.

2. Ley de Residuos Peligrosos (Ley N° 24.051)

- Regula la gestión de residuos peligrosos, incluyendo su identificación, manejo, transporte y disposición final.

3. Reglamento sobre Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 24.557)

- Proporciona directrices sobre la seguridad en las actividades laborales, incluyendo la manipulación de maquinaria y sustancias peligrosas.

4. Código Penal Ambiental

- Establece sanciones por daños ambientales y define delitos relacionados con la contaminación.

Normativa Internacional

1. Convenio MARPOL (Convention on the Prevention of Pollution from Ships)

- Regula la contaminación del mar por buques y establece procedimientos para la gestión de residuos y sustancias peligrosas.

2. Convenio de Basilea

- Regula el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos y su eliminación, asegurando que se manejen de manera segura y ambientalmente racional.

3. Convenio Internacional sobre la Protección del Medio Marino de la Región Mediterránea (Convenio de Barcelona)

- Si se aplica, establece medidas para proteger el medio ambiente marino y sus recursos en la región.

En Argentina, el desguace de buques está regulado por varias normativas, tanto nacionales como específicas. La Prefectura Naval Argentina establece normativas y directrices para el manejo seguro y ambientalmente responsable de los buques, que incluyen aspectos de seguridad y protección ambiental.

A nivel nacional, la legislación clave incluye:

- **Ley Nacional de Residuos Peligrosos (Ley N° 24.051):** regula la gestión de residuos peligrosos y su disposición segura.
- **Reglamento de Control de Contaminación por Hidrocarburos y Otros Productos (Ley N° 24.051):** establece normas específicas para la prevención y control de la contaminación.
- **Ley Nacional de Protección Ambiental (Ley N° 25.675):** proporciona el marco general para la protección del ambiente.

Estas leyes y regulaciones buscan garantizar que el desguace de buques se realice de manera segura y con el menor impacto ambiental posible.



J. GABRIEL WITKOWSKI
Lic. Químico, Maestría en Logística
y Seguridad en el Trabajo
C.P.T.G. N.º 10.112