

**UNIVERSIDAD ARTURO PRAT**  
**FACULTAD CIENCIAS JURÍDICAS Y POLÍTICAS**



Universidad  
**ARTURO PRAT**  
del Estado de Chile

**GENERACIÓN DE ENERGÍA CALÓRICA A TRAVÉS DE LA  
REUTILIZACIÓN DE RESIDUO INDUSTRIAL “PALLETS DE MADERA”**

Trabajo Final para optar al Grado de Magíster en Gestión y Administración Ambiental.

Estudiantes:

María Loreto Sagredo

Jhon Anderson Cardona Hernández

Pablo Eduardo Lerzo

Profesores Guías:

(Metodólogo) Dra. María Loreto Hernández Maldonado

(Especialista) Dr. Oscar Candia

(Informante) Dra. Margarita Briceño Toledo

## ÍNDICE TEMÁTICO, de FIGURAS y de TABLAS

-	CARÁTULA	
-	ÍNDICE Temático, figuras y tablas	ii
-	RESUMEN EJECUTIVO	v
-	PALABRAS CLAVES	v
-	ABSTRACT	vi
-	KEYWORDS	vi
-	AGRADECIMIENTOS	vii
	<b>CAPÍTULO 1</b>	2
	<b>EL PROBLEMA, NECESIDAD, CASO U OPORTUNIDAD, LOS OBJETIVOS Y SU IMPORTANCIA</b>	2
1.1	LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS A NIVEL MUNDIAL	2
1.2	LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA	6
1.3	OBJETIVOS	8
1.3.1	OBJETIVO GENERAL	8
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
	<b>CAPÍTULO 2</b>	9
	<b>PRESENTACIÓN DEL CONTEXTO ORGANIZACIONAL O EMPRESARIAL DEL PROBLEMA, NECESIDAD, CASO U OPORTUNIDAD</b>	9
2.1	INTRODUCCIÓN	9
2.2	HISTORIA DE LA EMPRESA	9
2.3	CLIENTES DE NEWSAN S.A.	11
2.4	MISIÓN, VISIÓN y VALORES DE NEWSAN S.A.	13
	<b>CAPÍTULO 3</b>	15
	<b>MARCO CONCEPTUAL</b>	15
3.1	BIOMASA	15
3.2	BIOCOMBUSTIBLES	15
3.3	PELLETS	16
3.4	MADERA	18
3.4.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA	18
3.4.2	PODER CALORÍFICO	18
3.5	VALORIZACIÓN DE RESIDUOS	19
3.6	PROCESO DE PELLETIZADO A BASE DE MADERA	20
3.7	TECNOLOGÍA DE CALDERAS A BIOMASA	24
3.8	TECNOLOGÍA DE CALDERAS HUMOTUBULARES DE GAS NATURAL	27
3.8.1	TIPOS DE CALDERAS INDUSTRIALES	28
3.9	ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL A TRAVÉS DEL A.C.V.	29
3.9.1	OBJETIVOS Y ALCANCES	30
3.9.2	INVENTARIO DE CICLO DE VIDA	31
3.9.3	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE CICLO DE VIDA	31
3.9.3.1	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE IMPACTO	32
3.9.3.2	CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL	32
3.9.3.3	ACV CONSECUCIONAL	33
3.9.3.4	HOTSPOTS	33
3.9.3.5	INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA	33
	<b>CAPÍTULO 4</b>	34
	<b>DIAGNÓSTICO</b>	34
4.1	SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS EN TIERRA DEL FUEGO	34
4.2	SITUACIÓN EN NEWSAN S.A.	35
4.3	ESCENARIO PROPUESTO	39
4.4	DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE GESTIÓN	42
4.4.1	PARÁMETROS DE LA CONDICIÓN INICIAL	42
4.4.2	PARAMETROS DE LA CONDICIÓN FINAL (PROPUESTA)	43

4.5	ESCENARIO ECONÓMICO ACTUAL	45
4.6	ESCENARIO AMBIENTAL ACTUAL	46
<b>CAPÍTULO 5</b>		47
<b>PROYECTO</b>		47
5.1	ELECCIÓN DE LA LÍNEA DE PELLETIZADO	47
5.2	INTERCAMBIO DE CALOR DE LOS PELLETS	48
5.3	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO	50
5.4	ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PROYECTO	54
5.4.1	INVENTARIO DEL ACV	54
5.4.2	ANÁLISIS DEL PROCESO DE INCINERACIÓN	54
5.4.3	ANÁLISIS DEL PROCESO DE CALDERA HUMOTUBULAR	55
5.4.4	ANÁLISIS DEL PROCESO DE PELLETIZADO	55
5.4.5	ANÁLISIS DEL PROCESO DE CALEFACCIÓN CON CALDERA A BIOMASA	56
5.5	EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)	57
5.6	INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA	60
5.7	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	60
CAPÍTULO 6		62
CONCLUSIONES		62
-	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
-	ANEXO 1 – Carta FORMAL de autorización de NEWSAN S.A.	68
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>		
Figura 1.1	Beneficios de la Gestión de Residuos	4
Figura 1.2	Tendencias en la generación de residuos	5
Figura 1.3	Generación de residuos por regiones a nivel mundial	5
Figura 1.4	Constitución de los residuos generados	7
Figura 1.5	Generación de RSU por Provincia	7
Figura 2.1	Marcas propias, licenciadas y alianzas estratégicas	11
Figura 2.2	Línea de producción en PLANTA 6 de NEWSAN	11
Figura 2.3	Línea de Tiempo y unidades de negocio de NEWSAN S.A.	12
Figura 2.4	Distribución de plantas de NEWSAN S.A. en Argentina	12
Figura 2.5	Flujo de comunicación de NEWSAN S.A. con la comunidad	14
Figura 3.1	Biocombustibles sólidos	15
Figura 3.2	Dimensiones y proporciones estándar de un pellet	16
Figura 3.3	Características generales del pellet como biocombustible	16
Figura 3.4	Distintas materias primas para la formación de pellets	17
Figura 3.5	CICLO desde la BIOMASA a la BIOENERGÍA	19
Figura 3.6	Diagrama de Flujo de pelletizado	20
Figura 3.7	Etapa 1: Proceso de secado del producto intermedio	22
Figura 3.8	Etapa 2: Proceso inicial de molienda de la materia prima	22
Figura 3.9	Etapa 5: Proceso de aglomeración	23
Figura 3.10	Dimensiones y vista lateral de la sección de corte de pellets	23
Figura 3.11	Detalle de las áreas de compresión y extrusión	24
Figura 3.12	Detalle de una instalación típica	24
Figura 3.13	Flujo de la Biomasa	25
Figura 3.14	Detalle de una instalación típica	25
Figura 3.15	Detalle de caldera de Biomasa con sistema de alimentación a tornillo	27
Figura 3.16	Detalle del Triángulo de Fuego	28
Figura 3.17	Detalle de Caldera humotubular	29
Figura 4.1	Jerarquía de las “3R”	35
Figura 4.2	Programa de Gestión de Residuos de NEWSAN S.A.	36
Figura 4.3	Mejoras realizadas por NEWSAN S.A. en su política de residuos	37
Figura 4.4	Carga Palletizada	38
Figura 4.5	Incineradores cónicos de madera de los aserraderos	39
Figura 4.6	Detalle del pallet típico recibido en las importaciones	42
Figura 5.1	LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PELLETS KAHL PROPUESTA	47

Figura 5.2	CALDERA MARINA CS950	49
Figura 5.3	CÁLCULO DE TIR – VAN PARA EL ESCENARIO PROPUESTO	53
Figura 5.4	Flujograma del proceso de INCINERACION	54
Figura 5.5	Flujograma del proceso de la caldera HUMOTUBULAR	55
Figura 5.6	Flujograma del proceso de PELLETIZADO	56
Figura 5.7	Flujograma del proceso de caldera a BIOMASA	57
Figura 5.8	Programación de la ejecución del PROYECTO	61

#### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Evolución de la generación de RSU en Argentina	6
Tabla 4.1	Cantidad de pallets recibidos anualmente y su volumen	38
Tabla 4.2	Dimensiones de los pallets según el proveedor de Asia	39
Tabla 4.3	Dimensionamiento de la Condición INICIAL según la unidad de GESTIÓN	43
Tabla 4.4	Dimensionamiento de la Condición FINAL según la unidad de GESTIÓN	44
Tabla 4.5	Costo del tratamiento de la unidad de GESTIÓN en la condición inicial	45
Tabla 5.1	Costo del tratamiento de la unidad de GESTIÓN en la condición propuesta	50
Tabla 5.2	Evaluación de emisiones de CO <sub>2</sub> eq para el escenario inicial (actual)	58
Tabla 5.3	Evaluación de emisiones de CO <sub>2</sub> eq para el escenario final (propuesto)	59
Tabla 5.4	Comparación de las emisiones de CO <sub>2</sub> eq para los estados inicial y propuesto	61

## **RESUMEN EJECUTIVO:**

La valorización de residuos y su reutilización de modo productivo, es uno de los recursos más efectivos para contribuir eficazmente a la reducción de emisiones y polución producto de un volumen de RSU (Residuos Sólidos Urbanos) y RILES (Residuos Industriales), los cuales de acuerdo a los informes especializados de los últimos 10 años, no dejan de crecer en forma exponencial. De persistir esta tendencia, los impactos en la biosfera son impredecibles y podemos como especie llegar a un punto de saturación de nuestro medio ambiente que sea irreversible. Este trabajo presenta la solución propuesta a una empresa que trabaja entre muchos rubros, el de producción y ensamblado de bienes electrónicos, con una elevada conciencia ambiental y un maduro ejercicio de la RSE (Responsabilidad Social Empresaria), que desea valorizar un determinado residuo industrial que forma parte de su materia prima, de un modo práctico y sencillo, reduciendo su huella de carbono, obteniendo un beneficio económico medible. La solución adoptada de evolucionar de la generación calórica a partir de la quema de gas natural hacia la quema de biomasa, en forma de pellets, como combustible, da como resultado un proyecto con beneficios económicos y ambientales cuantificables y altamente positivos para la empresa interesada en este proceso de mejora.

## **PALABRAS CLAVE:**

REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS - RESIDUOS INDUSTRIALES- PELLETS - BIOMASA  
- ENERGÍAS RENOVABLES - HUELLA DE CARBONO - EFECTO INVERNADERO

## **ABSTRACT**

The recovery of waste and its reuse in a productive way, is one of the most effective resources to effectively contribute to the reduction of emissions and pollution caused by a volume of MSW (Urban Solid Waste) and IW (Industrial Waste), which in accordance to the specialized reports over the last 10 years, they do not stop growing exponentially. If this trend persists, the impacts in the biosphere are unpredictable and we can as a species reach a point of saturation of our environment that is irreversible. This work presents the proposed solution to a company that works among many areas, the production and assembly of electronic goods, with a high environmental awareness and a mature exercise of CSR (Corporate Social Responsibility), which wishes to value a certain industrial waste that it is part of its raw material, in a practical and simple way, reducing its carbon footprint, obtaining a measurable economic benefit. The solution adopted to evolve from the generation of heat from the burning of natural gas to the burning of biomass, in the form of pellets, as a fuel, results in a project with quantifiable and highly positive economic and environmental benefits for the company interested in this process of improvement.

## **KEYWORDS:**

WASTE REUSE – INDUSTRIAL WASTE – BIOMASS – PELLETS RENEWABLE ENERGY – CARBON FOOTPRINT – GREENHOUSE EFFECTS

## AGRADECIMIENTOS

Ante el fin de una etapa y cuando es tiempo de mirar atrás, llega la hora de hacer un balance de lo invertido y lo obtenido. Agradezco ante todo el apoyo de mi familia, Mónica, Nicolás, Tiago y Mateo, quienes supieron soportar mis horas de ausencia en la dinámica familiar, cuando me dedicaba por completo a mi estudio y redacción de la Tesis. A aliados y amigos incondicionales, brillantes profesionales como Guillermo Ghitman, sin quien este trabajo no tendría la calidad que tiene, y a mis compañeros de grupo de trabajo, quienes supieron tolerar y aceptar mi obsesiva y adictiva compulsión, a trabajar sin horarios ni feriados, para alcanzar el objetivo propuesto. Por último, como imprescindible cierre, a los brillantes profesores, tutores, personal de soporte y Directivos de UNAP, quienes ayudaron con su guía, correcciones y a veces regaños, a pulir esas aristas que nos faltaban para lograr ostentar en título de MAGISTER y considerarnos personas de bien, adecuadamente formadas en algo tan necesario para el planeta, como es la conciencia ambiental. Mi profundo agradecimiento a todos.  
Mg. Ing. Aeron. Pablo Eduardo Lerzo

En primer lugar agradecer a mi familia por su comprensión y tolerancia con mi falta de tiempo en este proceso para con ellos , a mis hermanas Michelle y María José por ese apoyo incondicional a lo largo de este proceso que ya culmina, por haber creído en mí y por haber sentido este desafío como propio , a mi madre por sus palabras de apoyo e incentivo en los momentos más difíciles de este proceso , por esos cafecitos y dulces cuando me saltaba la hora de almuerzo , a mis compañeros de proyecto por su compromiso y a los docentes de la universidad por los conocimientos entregados. Mi más profundo agradecimiento. María Loreto Sagredo G.

Ingeniero Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

Quiero agradecer sinceramente aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo, para hacer posible la conclusión de esta tesis, especialmente agradezco a mis compañeros Pablo Eduardo Lerzo y María Loreto Sagredo, a nuestros asesores Dr. Oscar Candía por su constante apoyo como también a nuestra tutora Dra. María Loreto Hernández Maldonado por sus ideas y recomendación al respecto de nuestro trabajo de investigación. Gracias a todos ellos por el desempeño que tuvieron en nuestro desarrollo profesional. Asimismo quisiera dedicar mi trabajo a mi esposa Marcela Garrido, mi hijo Facundo Cardona y mí recién nacida Renata Cardona quienes han sido mi pilar fundamental para mejorar mi calidad profesional y por su gran ejemplo de superación ante las dificultades de la vida, siendo un valioso apoyo en todo momento desde el inicio de mis estudios de maestría. A mis amigos y familiares que estuvieron allí siempre y que tuvieron una palabra de apoyo para mí durante mis estudios (Cristian Fajardo Salazar). John Anderson Cardona Hernández

## **CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA, NECESIDAD, CASO U OPORTUNIDAD, LOS OBJETIVOS Y SU IMPORTANCIA**

### **1.1 LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS A NIVEL MUNDIAL**

La contaminación ambiental o polución se produce a raíz de la entrada de sustancias exógenas a los ecosistemas naturales, agroecosistemas o ecosistemas urbanos, provocando alteraciones en su estructura y en su funcionamiento (Olivier, 1988).

La actividad humana produce a diario en la biosfera, porción de la tierra y de la atmósfera donde pueda existir vida, miles de toneladas de residuos que se incorporan a los ciclos naturales biogeoquímicos en ocasiones inocuos, y por lo tanto degradables por la actividad bacteriana, y en otras, en sustancias contaminantes no degradables y que persisten y circulan a través de las cadenas tróficas, que es el caso de los contaminantes orgánicos persistentes. A ambas sustancias se le suman desperdicios como metales, plásticos, vidrio, residuos electrónicos, etc. (Pérez, 2007).

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID), menciona tres factores fundamentales que inciden en el deterioro del medio ambiente y el desequilibrio ecológico en todo el mundo. En primer lugar, menciona el crecimiento de la población y la pobreza como causa directa del deterioro ambiental. En segundo lugar el BID hace referencia al modelo de desarrollo del primer mundo, el cual tiene impacto directo sobre el medioambiente. Por último, señala que la interacción entre los factores antes comentados acelera el proceso deterioro (BID, 1998).

En plena era de la globalización, las industrias utilizan materias primas, energía, capital y trabajo humano para generar bienes socialmente deseables, pero también, sus procesos productivos tienen un costo elevado en materia medioambiental, ya que muchas arrojan residuos, siendo éstos uno de los males más peligrosos de la vida moderna.

Los efectos de la contaminación se manifiestan con la generación y propagación de enfermedades en los seres vivos con reducción de su capacidad vital, muerte masiva de individuos, y la desaparición de especies animales y vegetales. La biosfera recibe múltiples impactos contaminantes en todos sus ambientes: en la atmósfera (aerocontaminación), en la tierra (geocontaminación) y en las aguas continentales y oceánicas (hidrocontaminación), además de la polución propia del residuo sólido urbano (Pérez, 2007).

En junio de 2012, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible aprobó “El futuro que queremos” como su documento final. En el párrafo 218 del mismo, se instaba a la elaboración y aplicación de políticas, estrategias, leyes y reglamentos nacionales y locales integrales de gestión de residuos, reconociendo la importancia de adoptar un enfoque basado en el ciclo de vida y de seguir elaborando y aplicando políticas para lograr un uso eficiente de los recursos y una gestión ambientalmente racional de residuos (PNUMA, 2013).

Un capítulo que merecería todo un tratamiento y atención en particular, es el exponencial crecimiento de los residuos procedentes de la industria electrónica.

El aumento de los residuos electrónicos por el desarrollo de la industria y el avance tecnológico no han impactado significativamente en las decisiones empresariales sobre el medio ambiente. Además, dentro del proceso decisorio no se ponderan una serie de costos ambientales que ocasionan los desechos electrónicos y que en la actualidad absorbe la sociedad en su conjunto. A modo de ejemplo, en Argentina, estudios privados de la consultora Prince & Cooke indican las siguientes estimaciones con respecto a los desechos electrónicos (Prince, s.f.):

- a) 40% va a los basureros o se acumula en hogares y empresas sin procesar.
- b) 45% en recuperación y reúso de partes y equipos, en empresas usuarias y/o servicios técnicos de pymes y hogares. Los restos van a basureros o depósitos sin tratar.
- c) Entre el 15% y el 25% va a reciclado primario (plásticos y metales ferrosos), el resto sin triturar ni tratar tiene como destino vertederos a cielo abierto.
- d) Entre 0% y el 2% va a recuperar social y recupero de fabricantes internacionales.
- e) El 0,1% es aislado y recibe tratamiento certificado de contaminantes.

Es decir que la tasa de recuperación y reciclaje de desechos electrónicos resulta casi insignificante. Los programas de recolección de los desechos electrónicos para su posterior reciclaje o reúso son difíciles de implementar ya que el usuario final no es una persona identificada por parte de las organizaciones. Además, todos los programas de recolección que se desarrollan e implementan dependen de la voluntad y de la conciencia en cada uno de los usuarios de los productos, por lo cual terminan en su mayoría fracasando en la práctica con una baja tasa reciclaje (Gottau, 2010).

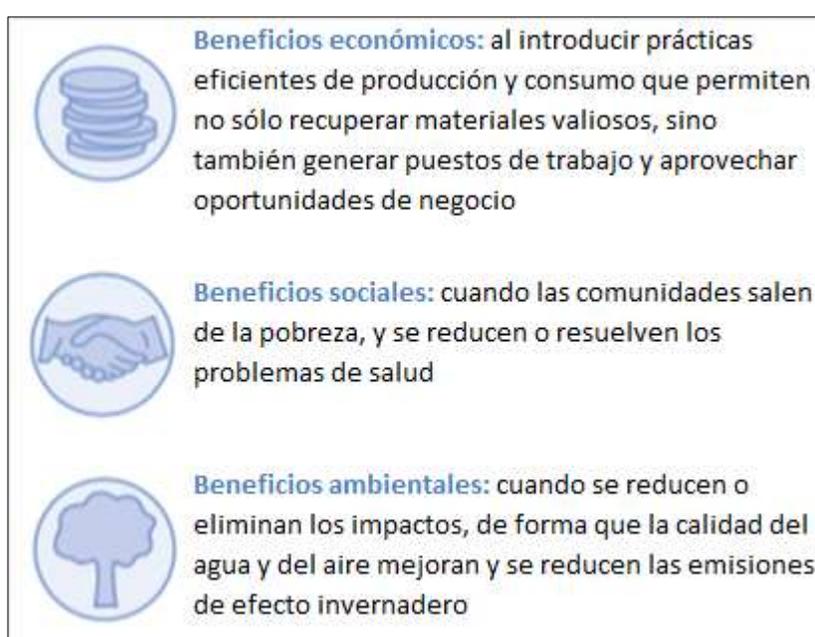
Es fundamental para nuestra subsistencia como especie que los países respondan a esa llamada: desarrollando y aplicando estrategias nacionales de gestión de residuos, o bien, si ya disponen de este tipo de estrategias, a analizarlas, revisarlas y actualizarlas.

Si bien es importante responder a las conclusiones de la Conferencia de las Naciones Unidas, también es importante reconocer y abordar las cuestiones subyacentes que llevaron a tales conclusiones. Los residuos plantean grandes desafíos, al igual que grandes oportunidades, especialmente en las economías en desarrollo. Por ejemplo, la creciente cantidad de residuos generados por unos patrones insostenibles de producción y consumo de bienes supone un grave problema que se ve acentuado en las economías en desarrollo. Los procesos actuales de producción y consumo utilizan los recursos naturales hasta el punto del agotamiento, generando impactos a escala planetaria, enormes – pero evitables – impactos sobre la salud humana y el medio ambiente, y profundas crisis sociales. Todos estos problemas se ponen de manifiesto en la generación de residuos. Los residuos también traen consigo una serie de desafíos económicos directos, en particular en lo que respecta a los gastos de recogida, tratamiento y eliminación. En la actualidad, en la mayoría de las ciudades de los países en desarrollo, los gobiernos locales y nacionales no abordan estos desafíos y, de

mantenerse las políticas actuales, son pocas las posibilidades de que la situación mejore (PNUMA, 2013).

Al mismo tiempo, una gestión de residuos coherente y racional abre la oportunidad de obtener diversos materiales, entre otros beneficios. Los residuos no son algo que hay que abandonar o descartar, sino más bien un valioso recurso. Aplicando una combinación adecuada de políticas, la gestión de residuos puede ofrecer, como se describe en la Figura 1.1:

**Figura 1.1:** Beneficios de la GESTIÓN de residuos



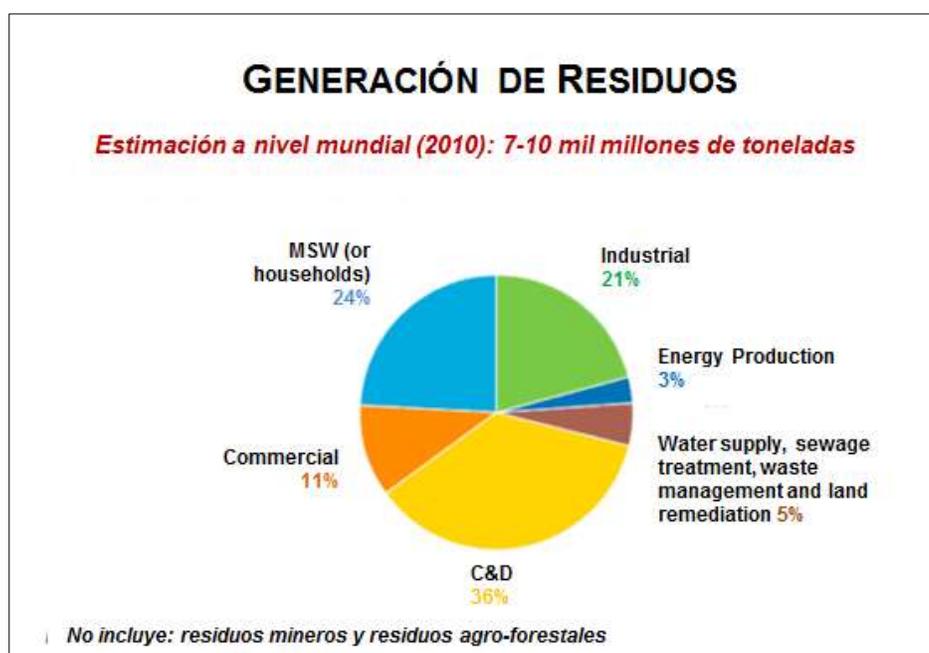
Fuente: Reporte de SUSTENTABILIDAD de NEWSAN S.A.

Una correcta gestión de residuos contribuye considerablemente al cambio que el planeta necesita para encaminarse hacia un futuro sostenible. A menudo, se considera que las medidas inmediatas que se toman en una ciudad o en un país no alcanzan una escala lo suficientemente importante como para propiciar un cambio. La tarea más urgente puede parecer algo mundana, como pasar de vertederos incontrolados a vertederos controlados. No obstante, cualquier paso que conduzca a la gestión de residuos, por pequeño que sea, contribuirá a una mejora continua. Aunque nunca se llegue a completar la totalidad del proceso, cada paso representa un avance en la dirección correcta. Un país o una ciudad que se ocupa de los problemas inmediatos de la gestión de los residuos de manera decidida, informada y progresiva, sin importar lo ordinario o anodino de los problemas y sus soluciones, está yendo por el buen camino para lograr un futuro más sostenible (PNUMA, 2013).

En la Figura 1.2 se muestra la tendencia en la generación de residuos estimada en el año 2010, donde se observa un rápido crecimiento del segmento vinculado a los Residuos Industriales, los cuales de por sí suponen un capítulo aparte a tratar, sobre el cual se basa este trabajo, debido a los rápidos avances en su complejidad, diversidad, dificultad de tratamiento y mitigación, por provenir de procesos cada vez más sofisticados, que involucran metales pesados, peligrosos (radioactivos, tóxicos, cancerígenos, etc.) y de alto valor residual.

En particular el foco de nuestro interés se basa en la zona de Latino-América y el Caribe, donde el rápido crecimiento poblacional, la creación de más y mejores centros urbanizados, el progresivo aumento en el nivel de vida con el asociado crecimiento económico, desembocan en la demanda de más sofisticados, tecnológicos y complejos bienes de uso y consumo, cuyo tratamiento, valoración y mitigación, son cada día más complejos, y representan 160 millones de toneladas/año (12% de la producción mundial) como puede observarse en la Figura 1.3:

**Figura 1.2:** Tendencias en la generación de residuos



Fuente: Reporte para ALC del BID, 1998

**Figura 1.3:** Generación de residuos por regiones a nivel mundial

**GENERACIÓN DE RESIDUOS**

*Rápido aumento del volumen de generación de residuos urbanos a nivel mundial*

**Table 4 - Waste Generation Project for 2025 by region**

REGION	Current available data			Proyections for 225			
	Total Urban Population (millions)	Urban Waste Generation		Projected Population		Projected urban waste	
		Per Capita (Kg/Capita/day)	Total (Tons/day)	Total Population (millions)	Urban Population (millions)	Per Capita (Kg/Capita/day)	Total (Tons/day)
AFR	260	0,65	169.119	1.152	518	0,85	441.840
EAP	777	0,95	738.958	2.124	1.229	1,5	1.865.379
ECA	227	1,1	254.389	339	239	1,5	354.810
LCR	399	1,1	437.545	681	466	1,6	728.392
MENA	162	1,1	173.545	379	257	1,43	369.320
OECD	729	2,2	1.566.286	1.031	842	2,1	1.742.417
SAR	426	0,45	192.410	1.938	734	0,77	567.545
Total	2980	1,2	3.532.252	7.664	4.285	1,4	6.069.703

*La Generación de Residuos sólidos urbanos se doblará para 2025 (de 1.3 to 2.2 mil millones toneladas / año)*

Fuente: PNUMA, 2010.

Así como la figura anterior nos muestra el rápido incremento en el volumen de generación de residuos urbanos, la industrias, si bien están acotadas por regulaciones más estrictas y están más controladas en cuanto al tipo de tratamiento que dan a sus residuos, no

escapan a esta tendencia, dada la necesidad de abastecer a un mercado cada vez más demandante y con mayor poder adquisitivo en materia de bienes de consumo más complejos.

La recuperación de los recursos del flujo de residuos es esencial para su valorización y para evitar la acumulación de residuos para su eliminación, junto con los costos correspondientes.

## 1.2 LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

En la Argentina, según la Ley Nacional N° 25.916 sobre la Gestión de Residuos Domiciliarios, la disposición de los mismos es de incumbencia municipal. Este organismo debe establecer los sistemas de gestión de residuos urbanos adaptados a las características y particularidades de su jurisdicción, los que deberán prevenir y minimizar los posibles impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población.

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) varía en su composición y cantidad de toneladas con la cantidad de habitantes del área. La tabla siguiente muestra la división política, la distribución de la población por provincia, la superficie de cada una de ellas y la correspondiente densidad poblacional.

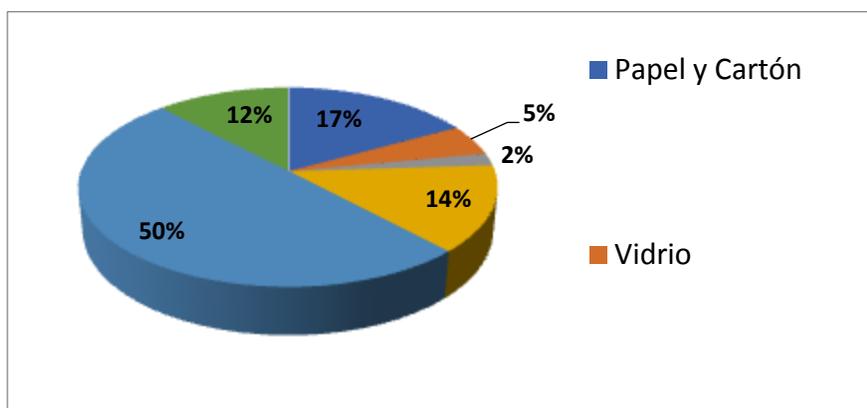
**Tabla 1.1**

Evolución de la generación de RSU en Argentina

<b>SUPERFICIE</b>	<b>2005</b>		<b>2010</b>		<b>2015</b>	
<b>Superficie</b> <b>(Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Población</b> <b>(Hab.)</b>	<b>Densidad</b> <b>(Hab./Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Población</b> <b>(Hab.)</b>	<b>Densidad</b> <b>(Hab./Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Población</b> <b>(Hab.)</b>	<b>Densidad</b> <b>(Hab./Km<sup>2</sup>)</b>
<b>2.780.403</b>	38.592.150	13,88	40.518.951	14,57	42.403.087	15,25

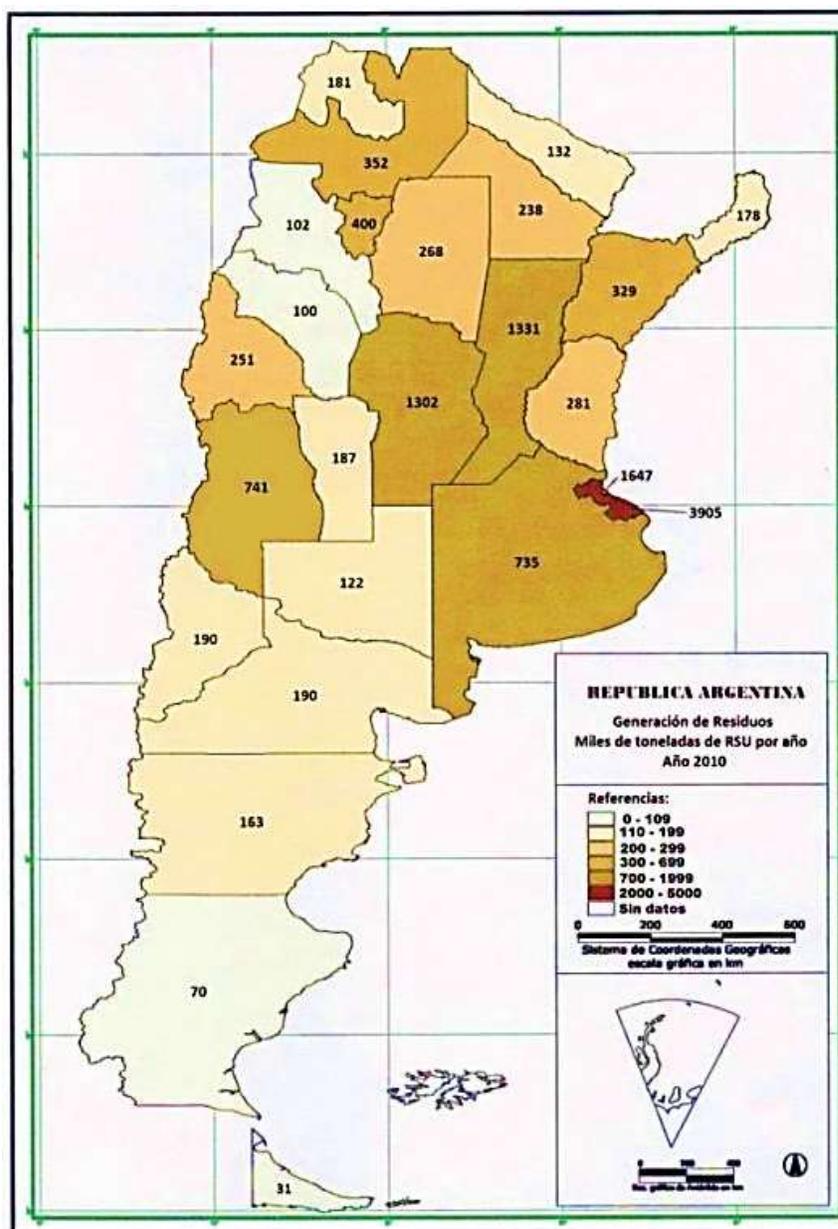
Fuente: Informe ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS URBANOS

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, que depende la Presidencia de la Nación, a través de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (S.A. y D.S.) ha desarrollado la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU), que fue implementada en todo el país en el año 2005, y cuenta con un horizonte temporal establecido en veinte años (2005–2025). En este marco, la ENGIRSU ha analizado todos los datos disponibles para las distintas localidades, a medida que transcurría el tiempo. Obteniendo que la composición física total de los RSU del país es según se muestra en la Figura 1.4 (Mele et al, 2018):

**Figura 1.4:** Constitución de los residuos generados

Fuente: Residuos Sólidos Urbanos en Argentina – Situación Actual y Alternativas futuras, 2010

Con los datos recolectados entre la publicación de la ENGIRSU (2005), el CEAMSE (2010) y las proyecciones de población futura publicadas por el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo), se puede confeccionar un mapa del país indicando la generación de RSU por provincia, como se puede apreciar en las Figuras 1.5 (González, 2010):

**Figura 1.5:** Generación de RSU por Provincia

Fuente: Residuos Sólidos Urbanos en Argentina – Situación Actual y Alternativas futuras, 2010

Se puede concluir que la generación promedio en todo el país es de 0,85kg/(hab x día); por lo que el mapa comparativo de generación per cápita queda de la siguiente manera:

Conociendo las particularidades de la provincia de Tierra del Fuego, donde sólo existe una empresa encargada del tratamiento de RESIDUOS PELIGROSOS (SANATORIUM S.A.), la mayoría de los residuos industriales más comunes, como restos de poliestireno expandido, cartón, maderas, embalajes varios y material voluminoso, pasará a tener este mismo destino, incluido en estas estadísticas.

Los residuos peligrosos, como aceites, lodos de tratamientos de aguas residuales, residuos patológicos, punzantes, productos químicos, cáusticos, tóxicos o residuos de la industria electrónica local, cuyo destino es autorizados por la AFIP (Administración Nacional de Ingresos Públicos), como desecho para su tratamiento final y destrucción, son tratados por la empresa SANATORIUM S.A. y su producto final como residuo común y enviado al relleno sanitario de la ciudad.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Reutilizar el residuo industrial “pallet de madera” recibido en las diferentes plantas desde su separación en los procesos productivos, para la generación de energía a partir de una fuente renovable utilizable en las mismas, a través de una evaluación técnica viable y con un beneficio cuantificable económico y ambientalmente sostenible.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Diagnosticar de la situación planteada y realizar una evaluación de viabilidad técnica del objetivo de mejora perseguido por NEWSAN S.A., analizando las propuestas técnicas de equipos que se encuentren disponibles en el mercado.
- ✓ Analizar la viabilidad económica/financiera del proyecto y que el proceso propuesto sea escalable, de modo tal que, del proyecto, pueda surgir una nueva línea de negocio.
- ✓ Analizar las ventajas ambientales de reducir el residuo industrial “pallet de madera” y el derroche energético que implican los actuales procesos llevados a cabo por NEWSAN S.A., reemplazándolos por nuestros procesos propuestos, utilizando para ello el ACV (Análisis del Ciclo de Vida) como instrumento de gestión ambiental.

## **CAPÍTULO 2: PRESENTACIÓN DEL CONTEXTO ORGANIZACIONAL O EMPRESARIAL DEL PROBLEMA, NECESIDAD, CASO U OPORTUNIDAD**

### **2.1 INTRODUCCIÓN:**

La empresa NEWSAN S.A., es un grupo líder en Argentina en la fabricación, comercialización y distribución de electrónica de consumo, artículos para el hogar, así como en la exportación de productos alimenticios, basados en la faena y producción ictícola.

Como tal, de acuerdo a los estándares del mercado de importación mundial, la mayoría de su materia prima e insumos es recibida vía marítima, en contenedor, palletizada, para favorecer de este modo la rapidez y facilidad de los procesos de carga y descarga.

Esto trae como consecuencia indirecta y efecto “colateral”, la recepción y la responsabilidad de dar destino final a más de 80.000 pallets de maderas blandas y resinosas por año, que compone una parte muy importante de sus RILES (Residuos Industriales), cuyo destino final actual, no es más que una “solución de compromiso”, para cumplir las normas y leyes locales vigentes y que por otro lado implica un enorme gasto sin ningún beneficio directo, más allá del de liberar espacio vital en planta y proveer una solución final al residuo.

Acorde a sus valores, expresados en sus múltiples acciones de RSE (Responsabilidad Social Empresaria) y su visión proactiva de que todas sus acciones sean amigables con el medio ambiente, NEWSAN S.A. nos ha propuesto el estudio de una solución ambientalmente amigable para dar destino a los miles de “pallets” de madera que recibe del exterior en cada ingreso de materia prima vía contenedores.

El contacto directo con NEWSAN S.A. ha sido a través del Gerente de Calidad y Medio Ambiente Ing. Facundo Bianciotto y su responsable intermedia de Medio Ambiente, la Lic. Juliana Mossi, con quienes se sostuvieron reuniones presenciales en las que nos facilitaron datos estadísticos que detallan cantidad de pallets ingresados, dimensiones, y la cantidad de energía eléctrica y gas natural consumida actualmente en cada una de sus plantas.

### **2.2 HISTORIA DE LA EMPRESA**

“...El año 1991 marca el comienzo de un nuevo concepto en la producción, comercialización, distribución y garantía de diversos productos de electrónica y artículos para el hogar con la fusión de dos empresas de reconocida trayectoria en el mercado argentino: Sanelco S.A y Sansei S.A.

La primera, licenciataria para la Argentina de la marca Sanyo cuyo paquete accionario correspondía en su totalidad a Sanyo Electric Trading CO de Japón. La Segunda, licenciataria de las marcas Aiwa, Sansui y propietaria de la marca Sansei y un paquete accionario totalmente nacional. La fusión de estas Empresas, producto de un Joint Venture fue en respuesta al análisis que los accionistas hacen del mercado argentino y su futuro.

Así nace NEWSAN S.A. que a partir de ese momento ha aumentado su producción y participación en el mercado. Amplió su línea de productos y ha alcanzado una posición de liderazgo siempre con el claro objetivo de brindar a la comunidad la mejor calidad y servicio sobre todos sus productos.

Desde sus inicios NEWSAN S.A., mantiene como accionistas a Sanyo Electric Trading Co, de Japón y subsidiarias que posee el 47% de sus acciones y, el 53% de las mismas en poder de Sansei Argentina.

En 1999 NEWSAN S.A. adquiere el paquete accionario de Noblex Argentina S.A. con sus marcas Noblex y Atma, ambas con un profundo arraigo en el mercado y en la valoración del consumidor: de hecho, son las marcas nacionales más importantes del mercado local.

A finales del año 2005 NEWSAN S.A. se convirtió en la primer Empresa nacional en fabricar, en su planta de Ushuaia, Tierra del Fuego, televisores de LCD de 17, 23, 27 y 32 pulgadas.

En abril 2010 se inició la fabricación de Teléfonos Móviles de gama media y gama alta. La Empresa también ocupa sus plantas para la fabricación de diversos electrodomésticos y productos de electrónica de consumo, como Televisores y Monitores LED y LCD, Hornos Microondas, Planchas, Ventiladores, Calefactores Eléctricos, Acondicionadores de Aire, Sintonizadores de TV, Notebooks, Netbooks y Tablets.

En noviembre 2011 se inició la fabricación de pequeños electrodomésticos ATMA en la Planta Fabril sita en Monte Chingolo (Lanús Este), comenzando la producción de planchas en sus modelos seca y spray, plancha vapor y súper vapor, ventiladores, y calefactores.

En junio del 2012 traslada su operación de pequeños electrodomésticos a la ciudad de Campana, donde se incorporan otras líneas de electrodomésticos, inyección propia y electrónica. Ese mismo año se obtiene la primera certificación de la Norma ISO 9001:2008 (ISO, 2008) para los procesos de fabricación de productos informáticos, que se amplió en 2013 a los procesos de fabricación de TV y Monitores y en 2014 a los procesos de fabricación de teléfonos móviles.

En 2015 se obtuvieron las certificaciones OHSAS 18001:2007 (OSHAS, 2007), ISO 14001:2004 (ISO, 2004) para las operaciones del Grupo NEWSAN S.A. en sus establecimientos industriales en la ciudad de Ushuaia. Este mismo año se alcanzó la certificación en ISO 50001:2011 (ISO, 2011) con alcance a la fabricación de Acondicionadores de Aire.

En 2016 se extendió el alcance de la ISO 50001:2011 (ISO, 2011) a “Procesos de Fabricación de Productos de Electrónica de Consumo y Electrodomésticos en los establecimientos industriales del Grupo NEWSAN S.A. en la Ciudad de Ushuaia” llevando adelante la primera auditoría integrada del SGI, y se alcanzó la acreditación del laboratorio de metrología ante el OHSAS en la norma ISO 17025:2005 (ISO, 2005).

En febrero 2017 se extendió el alcance de la ISO 9001:2008 (ISO, 2008) a “Proceso de Fabricación productos de Informática” planta Campana” (NEWSAN S.A., 2011).

### 2.3 CLIENTES DE NEWSAN S.A.

A los efectos de establecer el alcance del SGI (Sistema de Gestión Integrada), NEWSAN S.A. ha definido como clientes de la Dirección de Negocios Corporativos y de la Dirección Comercial, a los mostrados en la Figura 2.1:

**Figura 2.1** Marcas propias, licenciadas y alianzas estratégicas



Fuente: Reporte de Sustentabilidad del Grupo NEWSAN S.A.

La Planta de Campana abastece componentes dentro del grupo tanto a PILISAR como a las plantas de Ushuaia (NEWSAN S.A., 2011).

La tecnología, los métodos y la seguridad puesta de manifiesto en cada una de las plantas de NEWSAN S.A. están a la altura de los más sofisticados del mundo, como puede apreciarse en la Figura 2.2:

**Figura 2.2** Línea de producción en PLANTA 6 de NEWSAN



Fuente: Sitio web de NEWSAN S.A.

La evolución de la empresa en una línea de tiempo y sus unidades de negocio, puede visualizarse en la Figura 2.3 siguiente:

**Figura 2.3** Línea de Tiempo y unidades de negocio de NEWSAN S.A.

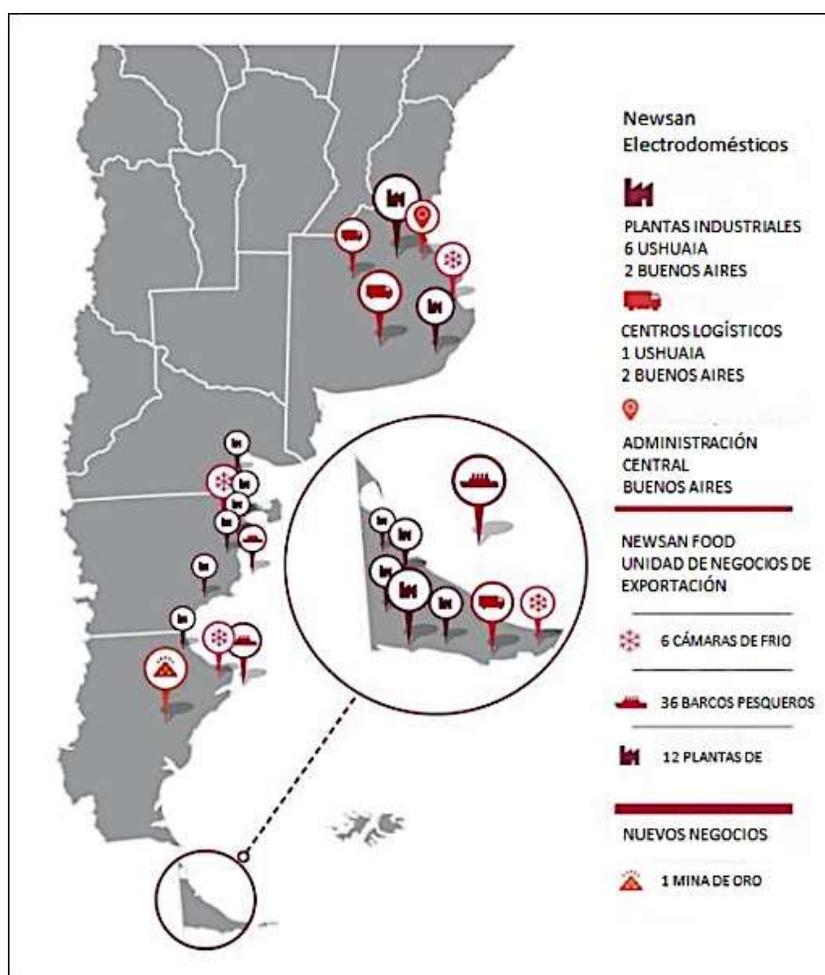


Fuente: Sitio web de NEWSAN S.A.

La vocación de NEWSAN S.A. por la implementación efectiva de Sistemas de Gestión, la cultura por Ciclos de Mejora Continua y de estandarización, se evidencia en el gráfico anterior por la certificación ISO 14.001:2004 (ISO, 2004), ISO 50.001:2011 durante el 2015 y su migración a ISO 9001:2015 (ISO, 2015a) e ISO 14.001:2015 (ISO, 2015b) en el 2017 y su incorporación al negocio de las energías renovables en el 2017.

La locación de sus plantas industriales a lo largo de la Patagonia Argentina puede observarse en la Figura 2.4 siguiente:

**Figura 2.4** Distribución de plantas de NEWSAN S.A. en Argentina:



Fuente: Sitio web de NEWSAN S.A.

Será aún más claro comprender porque NEWSAN S.A., a través de su Gerencia de Calidad y Medio ambiente, nos encomienda una solución ambientalmente más amigable, para la problemática de sus “pallets” a disponer, cuando comprendamos la MISIÓN, VISIÓN y VALORES de esta empresa.

#### **2.4 MISIÓN, VISIÓN y VALORES DE NEWSAN S.A.**

**MISIÓN:** Cubrir las necesidades de nuestros clientes, a través de la fabricación, importación y exportación, comercialización y distribución de productos y servicios de calidad.

**VISIÓN:** Ser la compañía líder en todos los segmentos de productos y servicios en los que participamos, creando valor para consumidores, clientes, colaboradores, accionistas, proveedores y en las comunidades en las que actuamos. Buscando siempre innovar en la forma de hacer las cosas.

**VALORES:**

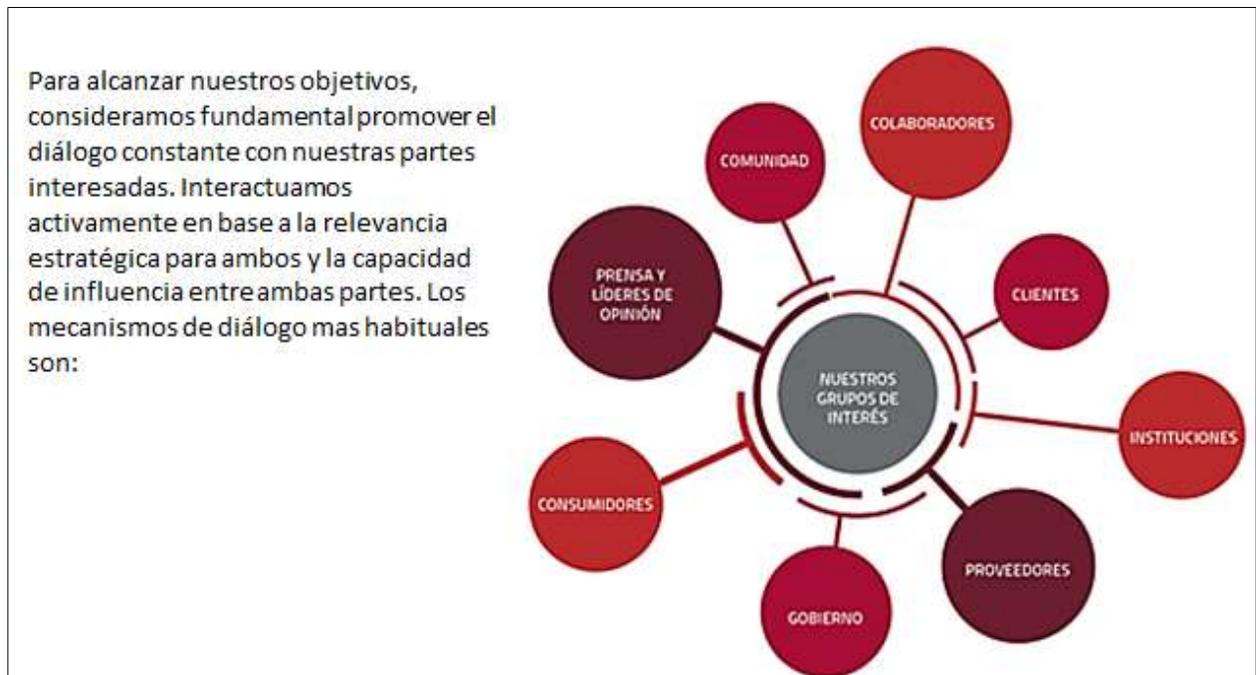
- **Integridad:** Promovemos relaciones transparentes, honestas y directas, entre nosotros y respecto de terceros. Aceptamos riesgos. Respetamos y desarrollamos a nuestros colaboradores, promoviendo la inclusión y la diversidad.
- **Espíritu emprendedor:** Buscamos soluciones innovadoras con osadía, determinación y pasión, generando nuevas ideas y buscando diferentes formas para lograr mayor eficiencia.
- **Trabajo en equipo:** Trabajamos de manera integrada, somos colaborativos y comprometidos en la persecución de objetivos y nos enriquecemos de las diferentes experiencias.
- **Liderazgo:** Tenemos una clara visión hacia dónde nos dirigimos, con la capacidad de orientar, dirigir y motivar a nuestros recursos para satisfacer y cumplir con las metas que nuestros negocios.
- **Somos socialmente responsables:** Tenemos el foco puesto en ofrecer productos seguros y asequibles, cuidando del entorno y generando impacto positivo en las comunidades donde estamos presentes, buscando la creación de valor compartido y la contribución con soluciones para las problemáticas y necesidades locales (NEWSAN S.A., 2011).

Luego de las primeras reuniones mantenidas y de habernos interiorizado en los conceptos que dan sustento a los tres pilares fundamentales sobre los que se apoya toda compañía, como son su MISIÓN, VISIÓN y VALORES, y siendo estos totalmente compatibles con nuestros valores y objetivos como grupo, decidimos aceptar la gentil propuesta de NEWSAN S.A. de trabajar en la potencial solución de su problema con los “pallets”, con una propuesta superadora y ambientalmente más amigable que el actual modo de proceder.

De las reuniones con la Gerencia de Calidad, se nos hizo ver, que seríamos considerados como otro integrante más dentro del círculo de “interacciones” de la compañía (Fig. 2.5),

aportándonos información crítica y procurando que la solución propuesta tuviera la rigurosidad científica que buscábamos, pero del mismo modo, estuviera en sintonía con los valores propios de la compañía y nos ayudara a crecer como profesionales.

**Figura 2.5** Flujo de comunicación de NEWSAN S.A. con la comunidad.



Fuente: Reporte de Sustentabilidad del Grupo NEWSAN S.A.

## CAPÍTULO 3. MARCO CONCEPTUAL

### 3.1 BIOMASA

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) cataloga la “biomasa” como “todo material de origen biológico, excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas, sufriendo un proceso de mineralización”. Entre estos últimos estarían el carbón, el petróleo y el gas, cuya formación y composición hace miles de años no es comparable con lo que llamamos “el balance neutro de la biomasa” en las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Delgado et al., 2014).

En cuanto a fines energéticos, la biomasa más adecuada es la de origen agrícola o forestal. La biomasa se utiliza para diversos usos: Generación de calor, frío, electricidad o transporte. Para facilitar su uso se transforma en biocombustible sólido, líquido o gaseoso (IEA Bioenergy, s.f.).

### 3.2 BIOCMBUSTIBLES

Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenidos de manera renovable a partir de restos orgánicos. Todos ellos reducen el volumen total de CO<sub>2</sub> que se emite en la atmósfera, ya que lo absorben a medida que crecen y emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman, por lo que se produce un proceso de ciclo cerrado (Biodisol, s.f.).

Pueden provenir de distintas fuentes y su contenido de humedad y poder calorífico será función de tal fuente, como se indica en la Figura 3.1 siguiente:

**Figura 3.1** *Biocombustibles sólidos.*



Fuente: KAHL, s.f.

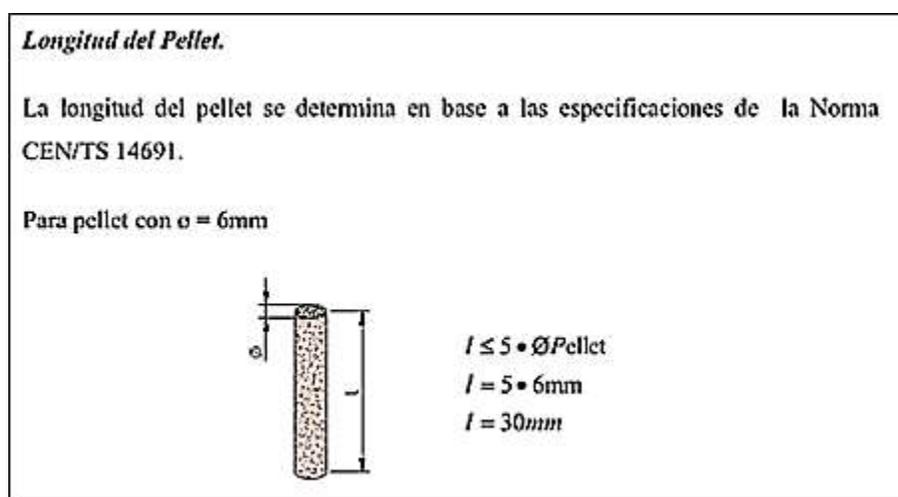
La combustión de biomasa no contribuye al aumento del efecto invernadero por que el carbono que se libera forma parte de la atmósfera actual y no del subsuelo. La energía que

contiene la biomasa es energía solar almacenada a través de la fotosíntesis, proceso por el cual algunos organismos, como las plantas, utilizan la energía solar para convertirlos compuestos inorgánicos que asimilan (como el  $\text{CO}_2$ ) en compuestos orgánicos (Delgado et al., 2014).

### 3.3 PELLETS

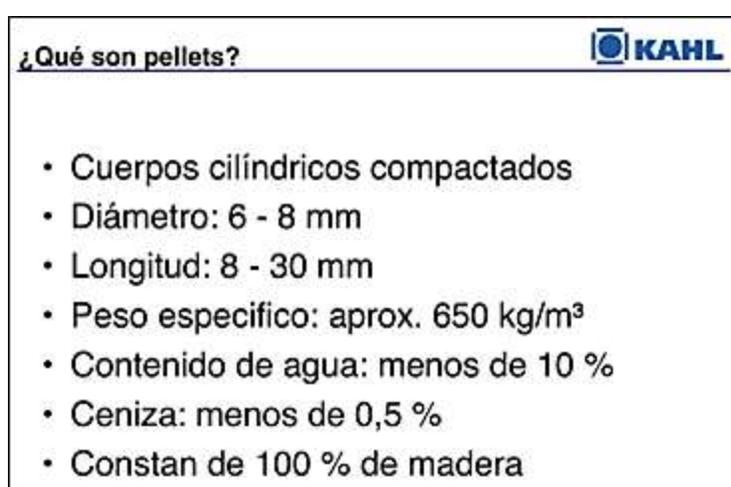
Los pellets son productos totalmente naturales, catalogados como biomasa sólida, formados por cilindros muy pequeños. Estos se conocen como biocombustible estandarizado y con alto rendimiento calorífico, este producto posee geometría cilíndrica la cual se obtiene a partir de la compresión de subproducto de astillas finas. Procedente de troncos de madera. Poseen estándares de dimensiones y calidades muy específicos, como se observa de las Figuras 3.2 y 3.3 (KAHL, s.f.):

**Figura 3.2** Dimensiones y proporciones estándar de un pellet.



Fuente: AENOR, 2011

**Figura 3.3** Características generales del pellet como biocombustible



Fuente: KAHL, s.f.

La producción de los pellets se basa en el hecho de hacer uso de los recursos renovables y disponibles para generar un combustible sostenible. El uso de los pellets, como combustible contribuye a reducir significativamente la emisión de gases de efecto invernadero

a la atmósfera. La combustión de los pellets es mucho más eficiente que la combustión de la leña y por tanto las emisiones son mínimas (Delgado et al., 2014).

Las propiedades de los pellets se rigen en función a distintos parámetros establecidos por sus condiciones físicas y el origen de su materia prima (ver Figura 3.4):

**Figura 3.4** *Distintas materias primas para la formación de pellets:*



Fuente: KAHL, s.f.

Los Pellets a base de madera seca forman un combustible que posee un poder calorífico equivalente a los 4800KWh/T, permitiendo generar energía 100% ecológica de madera comprimida la cual puede ser almacenada y transportada fácilmente. Debido a su forma cilíndrica, lisa y de tamaño pequeño, los pellets tienden a comportarse como un fluido, dándoles la ventaja de ser fácilmente manipulados. Si los pellets se mantienen secos, estos poseen una gran durabilidad, permitiendo así mantener su calidad, son totalmente limpios y libres de gérmenes, no producen humos o gases nocivos para la salud por lo que pueden ser quemados en áreas densamente pobladas. Este producto es 100% natural y de origen orgánico (Martin, 2001).

Los usos principales de los pellets van desde calefacción y agua caliente sanitaria en viviendas unifamiliares, hasta comunidades de vecinos, empresas, oficinas, comercios, hoteles, industria, invernaderos, etc. Cualquier instalación realizada con combustibles tradicionales se puede ejecutar mediante pellets. (Kapelbi, s.f.).

### **3.4 MADERA**

Puede definirse a la madera de modo simple como la materia dura que constituye, el tronco, las ramas y las raíces de los árboles y arbustos. Conforman así mismo un complejo sistema de tejidos, presente en la mayoría de las plantas vasculares de las cuales es el aparato conductor y soporte. La madera no es un material homogéneo de estructura uniforme, sino un conjunto de células muy dispares que en el vegetal vivo cumplen, según sus características específicas, las funciones de transporte de la savia, transformación y almacenamiento de las sustancias y nutrientes, y sostén del vegetal (Zanni, 2004).

#### **3.4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA**

La composición química elemental de la madera es prácticamente idéntica en las diferentes especies leñosas. Se puede generalizar que las maderas contienen aproximadamente un 50% de carbono, 6% de hidrógeno y el 43% de oxígeno. El 1% restante está compuesto por Nitrógeno y elementos minerales. Estos elementos químicos se agrupan en compuestos de armazón, llamados holocelulosas; compuestos de cementación denominados lignina, y en sustancias de impregnación tales como resinas, terpenos, ceras y otras sustancias minerales (Zanni, 2004).

La madera se puede clasificar de forma general en dos grandes grupos según sus características: maderas duras y maderas blandas. Las maderas duras provenientes de los árboles de hoja caduca o de las coníferas, se extrae de los árboles de bajo crecimiento, por lo que exigen tierras ricas en nutrientes. Los árboles que entran dentro de esta clasificación son: Fresno, Haya, Caoba, Roble, Abedul, Arce, Nogal, Cerezo, Olmo Rojo, Eucalipto Macarthurii, entre otros. Esta madera dura tiene un menor contenido de humedad y un BTU más alto, teniendo la ventaja de que se incinere y produzca más calor por mayor tiempo con respecto a otro tipo de madera (Delgado et al., 2014).

Las maderas blandas, son las provenientes de las coníferas o árboles de hoja perenne. Los árboles de los cuales proceden estas maderas son de un crecimiento rápido pero soportan menos a la intemperie. Las maderas blandas son resinosas, tienen una superficie lisa y el color es claro, amarillento, con nudos y vetas bien marcadas. Mecánicamente suelen ser más blandas que las maderas duras. Tiene un contenido más alto de humedad, por ende, se incinera con más calor al principio pero por un periodo de tiempo más corto. El alto contenido de savia de la madera blanda hace que ésta saque chispas y que cruja cuando está quemándose. Los árboles que entran dentro esta categoría son: Pino, Pino Caribe, Cedro, Alerce, Abeto, Ciprés, Tuya, Enebro. Se utilizan para fabricar todo tipo de muebles, elaboración de pulpa para el papel, estructurales de casas, elaboración de madera contrachapada, suelos, etc. (Delgado et al., 2014).

#### **3.4.2 PODER CALORÍFICO**

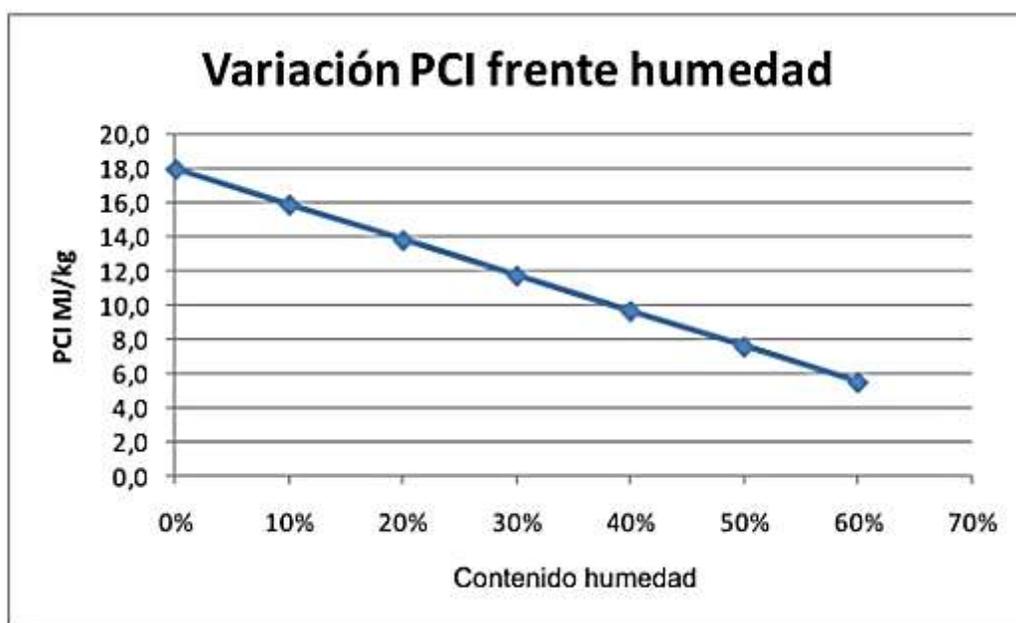
Desde el punto de vista energético, una de las principales características de los biocombustibles es su poder calorífico. Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa. Es decir, cuando el carbono pase a anhídrido carbónico (Fernández, s.f.).

Para su cálculo se utilizan equipos calorimétricos que consisten en quemar una cierta cantidad de combustible y medir la cantidad de calor producida a través de la energía térmica ganada por el agua. Esta propiedad se traduce en la cantidad de energía al liberar el material por unidad de peso. En la actualidad el poder calorífico se clasifica en las siguientes categorías: poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI) y poder calorífico real (PCR). Como referencia por parte de expertos, en España la obtención del poder calorífico se realiza a volumen constante y no a presión constante (Yánquez, 2012).

Poder calorífico superior (PCS): también conocido como calor de combustión superior, es el calor desprendido por un kilogramo de biomasa forestal y su valor se mide en bomba calorimétrica. El poder calorífico inferior (PCI) es el calor desprendido por un kilogramo de biomasa forestal, en una combustión en la que el agua libre se libera en forma de vapor. Si esta agua se condensa desprendería calor y obtendríamos entonces el PCS, añadiendo al PCI este calor desprendido. El PCI es menor que el PCS, y cuanto mayor es la humedad, mayor resulta esta diferencia. El Poder calorífico real o efectivo (PCR) se obtiene multiplicando el PCI por el rendimiento de la combustión que a efectos prácticos suele ser de 0,85 (Martín, 2001).

La relación entre el poder calorífico y la humedad residual es un factor fundamental, como puede apreciarse en la Figuras 3.5:

**Figura 3.5** Efecto de la humedad residual en el PCI



Fuente: KAHL, s.f.

### 3.5 VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

Toda discusión que aborde la gestión de residuos conlleva el uso de diversos conceptos especializados. Los siguientes conceptos constituyen los pilares de la política de gestión de

residuos en todo el mundo y pueden resultar familiares: la prevención o minimización de residuos, la jerarquía de residuos, el ciclo de vida de un producto, la eficiencia de los recursos y la gestión ambientalmente racional (PNUMA, 2013).

La valorización energética de los residuos se considera preferible a la eliminación de residuos sin valorización energética. La incineración o combustión convencional (oxidativa) con valorización energética es una de las tecnologías más difundidas. También se utilizan tecnologías más avanzadas, como la pirolisis y la gasificación. Tecnologías como la digestión anaeróbica y la fermentación, las cuales producen metano y etanol, respectivamente, que luego se puede utilizar para generar energía, también son clasificadas a veces como métodos de “conversión de residuos en energía”, aunque en la mayoría de los sistemas se encuentran en un escalafón más alto de la jerarquía (PNUMA, 2013).

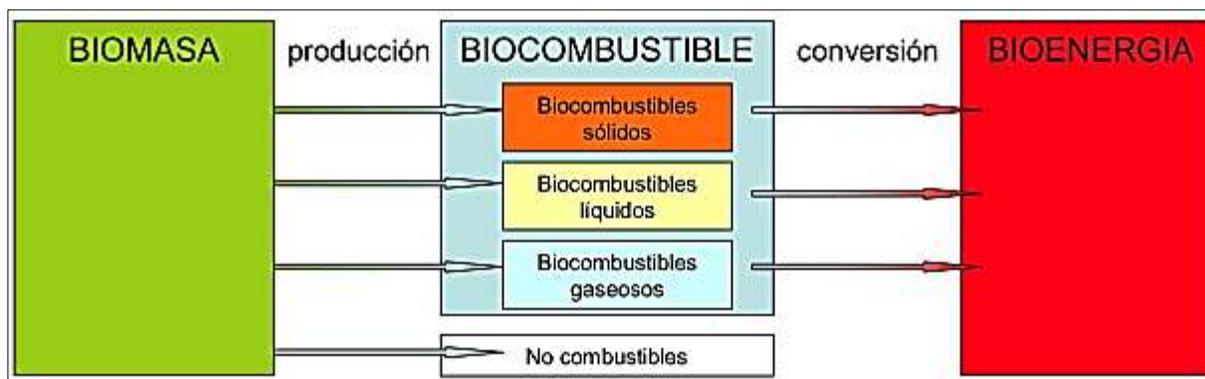
Por sus características en cuanto a rendimientos, la industria forestal es generadora de una alta cantidad de residuos que provienen tanto del aserrado y re manufactura de la madera, como así también de las podas y raleos de los bosques. Los residuos son generalmente utilizados como materia prima para la industria de la celulosa y la de tableros, para la generación de energía y para otros usos como cama de ganado, compost, etc. (Maslatón, et al., 2007).

### 3.6 PROCESO DE PELLETIZADO A BASE DE MADERA

En Europa, los pellets se usan como insumo para las plantas térmicas de electricidad en cogeneración junto al carbón y para calefacción doméstica mediante estufas de doble combustión. Existen diversos estudios que demuestran la factibilidad técnica y ambiental de utilizar la biomasa de origen foresto industrial como alternativa de los combustibles fósiles para generar energía eléctrica y calórica.

Independientemente del poco favorable panorama en la República Argentina en cuanto a la comparativa de costos del gas natural en comparación con el pellet como recurso energético, la sobre abundancia de este recurso, en muchos casos producto de la reutilización o revaloración de un residuo, hace que deba cumplirse inexorablemente el ciclo que se muestra en la Figura 3.6, que nos conduce al proceso de PELLETIZADO:

**Figura 3.6** CICLO desde la BIOMASA a la BIOENERGÍA



Fuente: KAHL, s.f.

El proceso comienza con la recepción de la materia prima, donde, la forma en la que puede venir el insumo es en astillas o como aserrín, por ejemplo. Dependiendo de la forma en la que llegue se proseguirá con el chipeador o irá directamente al secado, respectivamente. Luego del secador, el proceso continúa con la reducción de tamaño o molienda, donde las características de entrada y de salida se determinarán previo a la selección de la maquinaria necesaria. Posteriormente, toda la madera molida (aserrín) es trasladada a la sección de aglomeración o aumento de tamaño, donde pasará por una pelletizadora, de ahí el nombre pellet. Como aumentará la presión dentro esta máquina y por ende la temperatura, se debe esperar a que el pellet se enfríe para que finalmente sea envasado en las condiciones óptimas para la preservación del producto.

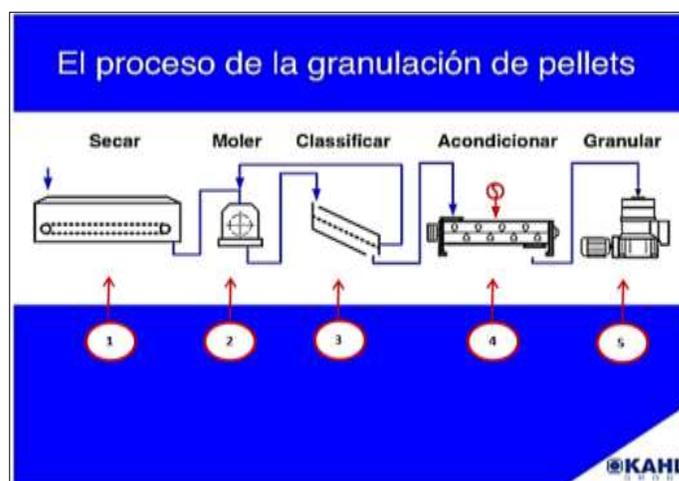
- ✓ Recepción de materia prima: se lleva a cabo en silos, bodegas o canchas de acopio, destinados exclusivamente para este propósito. Estas áreas pueden estar conectadas directamente al área de secado o al chipeador dependiendo de la forma en la que se presenta la materia prima.
- ✓ Trituración (Descortezador/Chipeador): esta etapa tiene como finalidad reducir el tamaño de la materia prima que es de mayor tamaño para que de esta manera la etapa de secado resulte más eficiente. Para este proyecto se utilizará el chipeador, pues no se contempla la recepción de troncos de gran tamaño que requieran ser descortezados.
- ✓ Secado: previo al pelletizado en sí, la materia prima debe presentar contenidos de humedad no superior al 12%. Como la materia prima generalmente presenta altos contenidos de humedad (mayores al 50%), es necesario disminuir dicha cantidad de agua. El sistema de secado más utilizado es el secador de Tambor Rotatorio o Drum Dryer, el cual seca la materia prima por medio de un flujo continuo de aire caliente.
- ✓ Molienda: tiene como principal objetivo la homogeneización y disminución del tamaño de la materia prima. Esta tarea se lleva a cabo mediante la utilización de un martillo triturador o hammer mill. Mientras el martillo triturador cumple con su tarea, éste se va calentando progresivamente lo que extraerá el excedente de humedad que pudiese contener la materia prima. Las partículas resultantes de este proceso deberán presentar una granulometría de alrededor de 1mm para poder continuar con la aglomeración.
- ✓ Aglomeración: una vez que el aserrín ha hecho ingreso a la prensa pelletizadora, éste es acondicionado con vapor de agua, lo que favorece a su humectación superficial, actuando como lubricante en éste proceso. Además, la adición de vapor contribuye a que el aglutinante natural la madera, la lignina, actúe con mayor facilidad sobre las partículas que formarán los pellets. Posteriormente, el aserrín es sometido a una presión mecánica ejercida por los

rodillos que se encuentran en la pelletizadora, la cual cuenta con una serie de perforaciones y cuchillos, por los que deberá salir el material que está siendo empujado.

- ✓ Tamizado: una vez que se ha terminado con el proceso de aglomeración, se lleva a cabo una separación de las partículas que puedan haber escapado del pelletizado. Esta separación se logra utilizando un tamiz de 1/8”.
- ✓ Enfriamiento: el enfriado es fundamental, contribuye a que la lignina alcance su mayor potencial aglutinante, permitiendo que el pellet mantenga en su forma. El enfriador consiste en una cámara vertical en donde los pellets caen por un flujo de contracorrientes, lo que permite disminuir su temperatura y a su vez, la humedad, resultando un pellet con una concentración de agua de alrededor de un 9%.
- ✓ Envasado: los pellet son empaquetados según los formatos de venta que se ha decidido comercializar, bolsas de 18kg y maxi-bags de 1T (Delgado et al., 2014).

Las distribuciones de equipos y los Layout de plantas, dependen de cada proveedor, pero en líneas generales, siguen siempre el mismo orden lógico y la misma secuencia como las mostradas en las Figuras 3.7 a 3.10:

**Figura 3.7** Diagrama del Proceso de Pelletizado



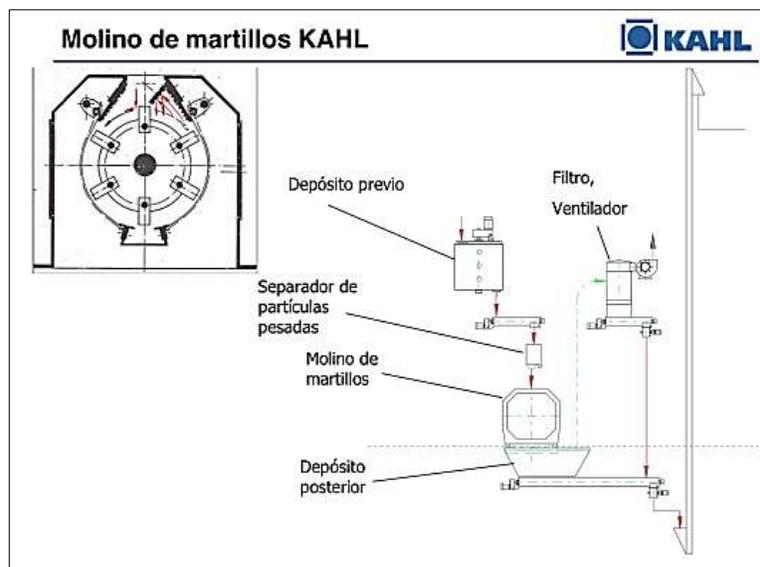
Fuente: KAHL, s.f.

**Figura 3.8** Etapa 1: Proceso de secado del producto intermedio.



Fuente: KAHL, s.f.

**Figura 3.9** *Etapa 2: Proceso inicial de molienda de la materia prima.*



Fuente: KAHL, s.f.

**Figura 3.10** *Etapa 5: Proceso de aglomeración.*

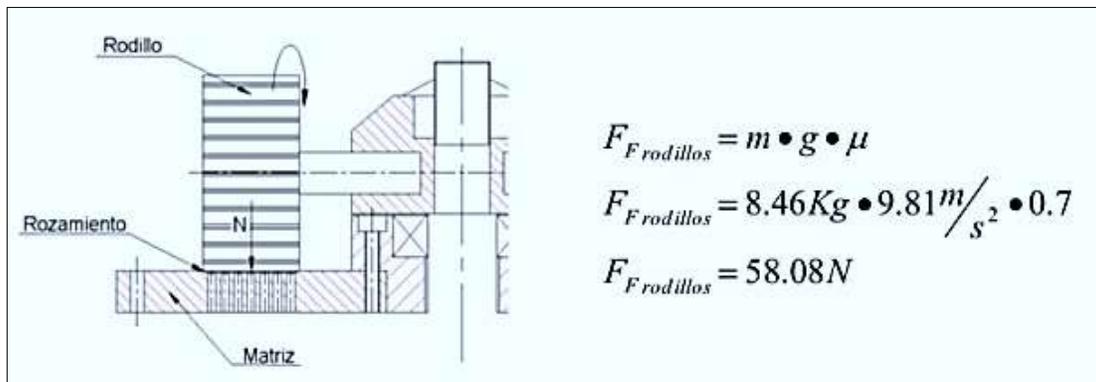


Fuente: KAHL, s.f.

Una mención especial en este punto, son lo especial de los materiales y las fuerzas extremas involucradas en este proceso de aglomeración, factores que tienen una enorme incidencia en la confiabilidad y costo de estos equipos y hace que sea una cuestión crítica la elección de los mismos en cualquier proyecto, basándose en los servicios de posventa, programas de mantenimiento y garantía.

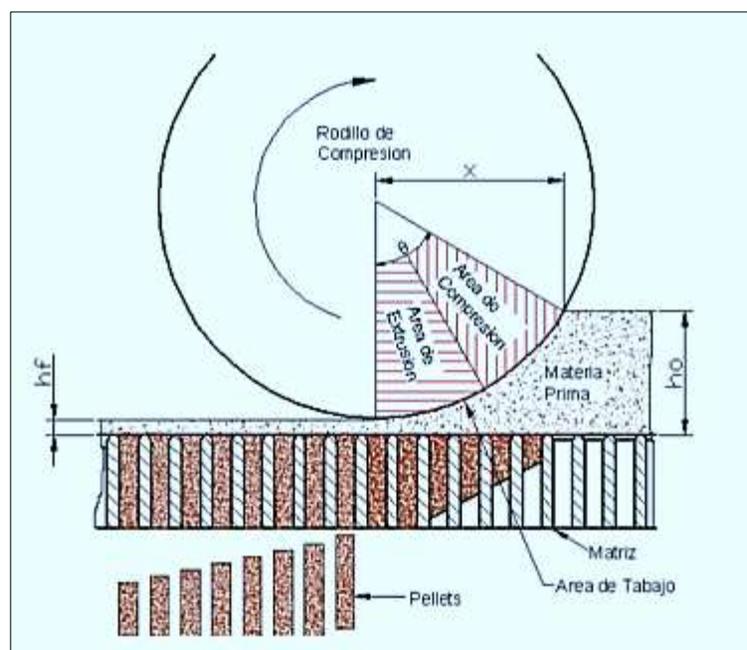
En las Figuras 3.11 y 3.12 se muestran las disposiciones de la sección de prensado y corte de pellets y las cargas involucradas:

**Figura 3.11** Dimensiones y vista lateral de la sección de corte de pellets



Fuente: Delgado, 2014

**Figura 3.12** Detalle de las áreas de compresión y extrusión.



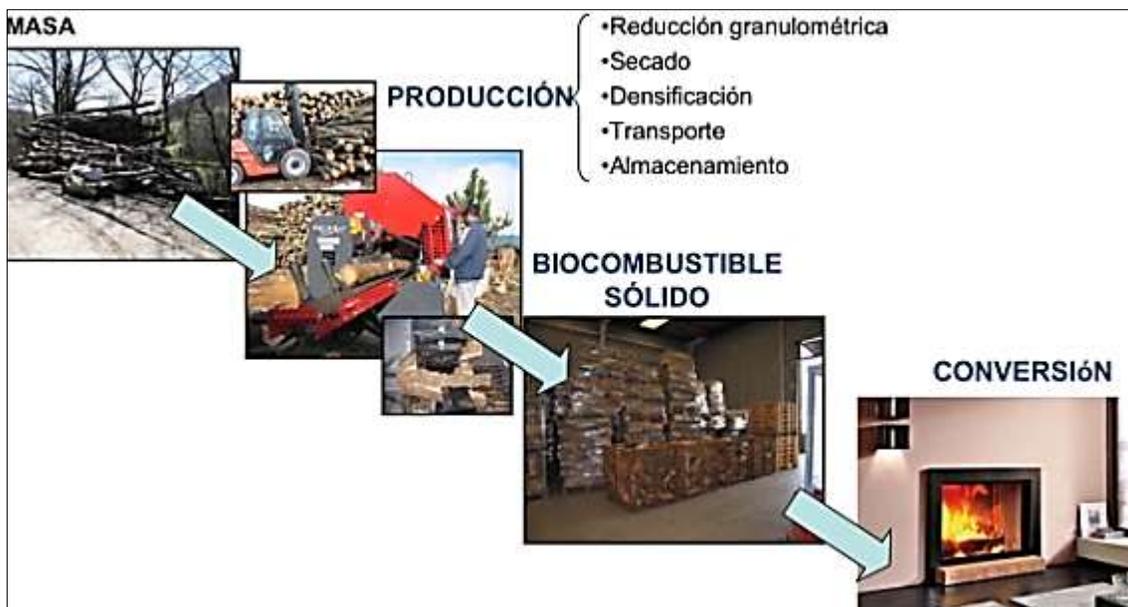
Fuente: Delgado, 2014

Por último, como última etapa, podemos mencionar el proceso de embalado y traslado del pellet como producto terminado a su destino, el cual podrá ser como producto final para consumo interno o exportación o su uso como combustible por la misma planta.

### 3.7 TECNOLOGÍA DE CALDERAS A BIOMASA

La conclusión obvia, basándose en la abundancia del recurso de biomasa, producto de diversas fuentes, como fue mencionado, es la tendencia de la industria a introducir sistemas de generación para la industria y para el hogar, basándose en estos principios, mostrados en la Figura 3.13:

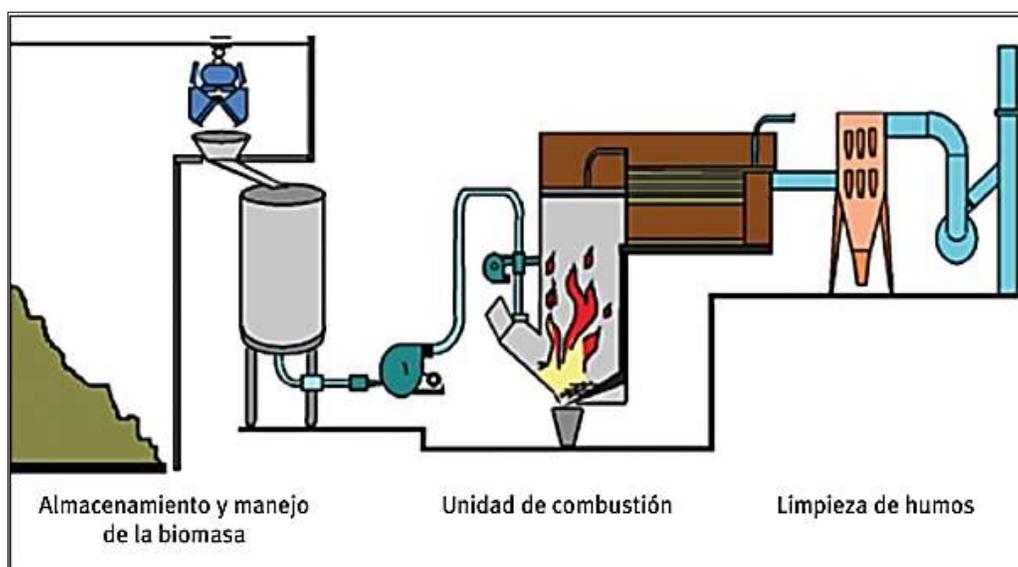
**Figura 3.13** *Flujo de la Biomasa.*



Fuente: IDAE, 2008

El esquema básico de la distribución de una instalación que consuma biomasa para la generación de energía calórica, podrá variar ligeramente de proveedor a proveedor, pero estará constituido de la siguiente manera, como la mostrada en la Figura 3.14:

**Figura 3.14** *Detalle de una instalación típica.*



Fuente: IDAE, 2008

La biomasa residual sólida se presenta como combustible alternativo para numerosas industrias que necesitan calor en sus procesos y servicios. Su interés para el sector industrial reside en su aceptable poder calorífico, buen comportamiento como combustible y su bajo costo. Algunos ejemplos de este tipo de biomasa son: la cáscara de almendra, el orujillo, las podas de frutales, el aserrín, el hueso de aceituna, etc.

Estos combustibles pueden sustituir a los combustibles fósiles en procesos industriales que necesitan aporte térmico, como son el secado, la producción de agua caliente, vapor,

aceite térmico, etc. El contenido energético de la biomasa se mide a través de su poder calorífico (IDAE, 2008).

Con los equipos que en la actualidad existen en el mercado se pueden conseguir rendimientos de combustión muy elevados; los rendimientos en los procesos industriales de elevada potencia pueden llegar a alcanzar hasta el 95% si se acoplan equipos de recuperación de calor. Los avances tecnológicos conseguidos, tanto en los sistemas de alimentación de la biomasa como en los equipos de combustión, hacen que en muchas ocasiones sean tan eficientes, cómodos y competitivos como los basados en combustibles fósiles. En general, una planta de combustión de biomasa consta de los siguientes sistemas:

- Almacenamiento de combustible.
- Transporte del combustible al equipo de combustión.
- Equipos y cámara de combustión.
- Caldera (vapor, agua caliente, aceite térmico).
- Recuperadores auxiliares de calor.
- Depuración de gases.
- Extracción de cenizas.

Cada proveedor ofrece soluciones prácticas y modulares adaptables al hogar y a la industria. Los mismos han reducido su tamaño e incorporado técnicas como la combustión invertida, la incorporación de sondas lambda en las salidas de combustión, y transportadores de pellets sin ruedas dentadas ni tornillos, lo que los transforma en equipos confiables, silenciosos, seguros y cada vez de más bajo costo.

Existen actualmente diversas técnicas para la combustión de la biomasa. Los parámetros fundamentales que condicionan la elección de una u otra son la humedad y la granulometría del residuo. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, las soluciones técnicas para la combustión de la biomasa se pueden agrupar en tres tipos:

- ✓ Combustión en masa: es el tipo de combustión de hogar rotativo o en parrilla tipo vibrante. La biomasa, que puede ser de gran tamaño, se deposita en la parrilla o lecho donde permanece hasta completar su secado y combustión. Es adecuada para combustibles de alto contenido de humedad y que generan residuos de composición muy variable. En este tipo de combustión, el combustible comparativamente no necesita demasiados tratamientos previos, por lo que presenta notables ventajas de versatilidad aunque es un sistema más caro.

Combustión en suspensión: el combustible es lanzado al hogar a través de un quemador y se quema en suspensión, sin que la materia toque las paredes o se deposite en el fondo del hogar. Es un sistema adecuado para combustibles de bajo contenido en humedad y un estrecho rango de distribución de tamaños. El combustible es transportado por un sistema neumático.

- ✓ Combustión en semi-suspensión: en este tipo de combustión la materia se deposita sobre una parrilla, realizándose la combustión de la materia ligera en suspensión y la de la parte pesada en la parrilla. El combustible debe tener un tamaño medio típico de 3-50 mm y no debe presentar problemas de aglomeración o autopegamiento (IDAE, 2008).

Por último, para apreciar las tecnologías mencionadas, se adjunta en la Figura 3.15, detalles de la disposición típica de una caldera de biomasa:

**Figura 3.15** *Detalle caldera de Biomasa con sistema de alimentación a tornillo.*



Fuente: IDAE, 2008

### 3.8 TECNOLOGÍA DE CALDERAS HUMOTUBULARES DE GAS NATURAL

Combustión es el conjunto de procesos físico-químicos en los que un elemento

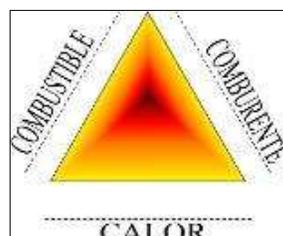
combustible se combina con otro elemento comburente (generalmente oxígeno en forma de  $O_2$  gaseoso), desprendiendo luz, calor y productos químicos resultantes de la reacción (oxidación). Como consecuencia de la reacción de combustión se tiene la formación de una llama. Dicha llama es una masa gaseosa incandescente que emite luz y calor (Rodríguez, 1999).

La combustión no es realmente una única reacción química, sino que se pueden distinguir tres fases en la reacción de combustión:

- ✓ **Fase de prerreacción (formación de radicales):** el combustible se descompone dando lugar a la formación de *radicales*, que son unos compuestos intermedios inestables y muy activos, para que, de este modo, el carbono y el hidrógeno puedan reaccionar con el oxígeno. Estos radicales son del tipo  $H^+$ ,  $CO^-$ ,  $CH_3^+$  (en el caso del metano),  $OH^-$ ,  $O^-$ .
- ✓ **Fase de oxidación:** en esta fase se produce la combinación entre radicales y el oxígeno de un modo exotérmico. Es cuando tiene lugar la propagación de la llama.
- ✓ **Fase de terminación:** en esta fase se forman los compuestos estables finales. El conjunto de estos compuestos es lo que se denominan “*gases de combustión*”. Aun existiendo en el conjunto de estas reacciones algunas endotérmicas y otras exotérmicas, el balance global es netamente exotérmico.

El combustible y el comburente se deben encontrar en unas proporciones adecuadas, no produciéndose la combustión fuera de esas condiciones. Adicionalmente, es precisa una fuente de energía que produzca el inicio de la combustión, lo que se denomina fuente de ignición, y que después mantenga esta combustión. El conjunto de estos tres elementos es lo que se denomina triángulo de combustión, o triángulo del fuego, del cual se puede concluir que para mantener la combustión deben estar presentes todos los elementos, como se observa en la Figura 3.16 (Rodríguez, 1999)

**Figura 3.16** *Detalle del Triángulo de Fuego*



Fuente: BIOMASS TECHNOLOGY, 2017

### 3.8.1 TIPOS DE CALDERAS INDUSTRIALES

Fundamentalmente son dos los tipos de calderas de vapor que normalmente suelen

utilizarse: caldera de tubos de humo o piro tubulares y calderas de tubos de agua o acuotubulares.

Las calderas de tubos de humo o piro tubulares (Ver Figura 3.17) se pueden explicar como un cilindro compacto de agua, atravesado longitudinalmente por un haz de tubos por los que circulan la llama y/o los humos. Lógicamente, los humos y la llama pasarán por el interior de los tubos de acero, los cuales estarán rodeados de agua.

El gran volumen de agua de estos equipos actúa como un almacén de energía proporcionando una respuesta adecuada para demandas puntuales y una mayor calidad del vapor.

En el caso de las calderas acuotubulares, el agua está en parte o casi toda contenida en haces de tubos de acero rodeados por la llama y los gases calientes de la combustión. Teniendo en cuenta el elevado número de tubos que pueden instalarse, la superficie de calefacción puede ser muy grande para dimensiones relativamente reducidas. Por esta razón, su puesta a régimen es muy rápida, teniendo la posibilidad de producir vapor a elevadas presiones (Rodríguez, 1999)

**Figura 3.17** *Detalle de caldera humotubular*



Fuente: BIOMASS TECHNOLOGY, 2017

Producto del proceso de combustión descrito, se generarán una serie de gases de contaminación, que impactarán en la huella de carbono y contribuirán al aporte de GEI (Gases de Efecto Invernadero).

### **3.9 ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL ATRAVES DEL A.C.V.**

El empleo de la herramienta ambiental de análisis de ciclo de vida está normado por las

ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006. A partir de las certificaciones internacionales citadas, se presenta a continuación una explicación detallada de la metodología de análisis de ciclo de vida. De la versión 2006 de la ISO 14040 se puede obtener la siguiente definición de ACV: da cuenta de los aspectos ambientales y los potenciales impactos en éstos a través del ciclo de vida de un producto, desde la adquisición de las materias primas, a través de la producción y uso, fin del tratamiento, reciclaje y deposición final.

Así, la herramienta de ACV posee 4 fases de estudio, que están determinadas en la ISO 14044:2006 (ISO, 2006), ésta normativa internacional es utilizada como referencia para las secciones contenidas en el presente trabajo de tesis (Leiva, 2016).

### 3.9.1 OBJETIVOS Y ALCANCES

En el objetivo se establece el tema de estudio, los motivos que llevan a realizarlo, el público objetivo del estudio y si los resultados serán utilizados con fines comparativos para ser luego revelados al público. Por otra parte, el alcance especifica los detalles de la metodología, como el sistema del producto, la unidad funcional y los límites del sistema.

La unidad funcional describe la función principal del sistema analizado, proporcionando una referencia respecto a la cual las entradas y salidas del sistema pueden ser normalizadas en un sentido matemático. El flujo de referencia, relacionado a la unidad funcional, es la cantidad de producto en el que se basan los resultados del estudio. Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios deberán incluirse dentro del ACV. También se debe aclarar en esta etapa cuál es el procedimiento de asignación de cargas ambientales y las categorías de impactos ambientales que se considerarán, junto con la forma de interpretación que se les dará.

Se debe también definir una unidad funcional. Ésta permitirá medir y contrastar los resultados, ya sea entre las distintas aplicaciones del ACV a realizarse, entre los distintos modelos que serán propuestos. Al definir los límites del sistema a evaluar se pueden escoger cuatro opciones de estudio:

- ✓ Cradle-to-grave: Incluye la cadena de producción de energía y materiales y todos los procesos desde la extracción de materias primas, pasando por la producción, transporte y uso hasta llegar a la deposición final y el fin del ciclo de vida del producto.
- ✓ Cradle-to-gate: Incluye todos los procesos desde la extracción de la materia prima, pasando por su producción hasta llegar al producto terminado y listo para su uso. Este enfoque permite determinar los impactos ambientales de la producción del producto estudiado.
- ✓ Gate-to-grave: Incluye los procesos de uso y deposición final, i.e. fin del ciclo de vida del producto (todo lo que ocurre post-producción). Permite medir los impactos ambientales de un producto posterior a su producción.
- ✓ Gate- to-gate: Incluye los procesos de la fase de producción, permite determinarlos impactos ambientales de un paso del ciclo de vida de un producto. (utilizada en proyecto) (Cortines, 2017).

### 3.9.2 INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA

El segundo paso es recolectar y cuantificar las entradas y salidas de materia y energía correspondientes al sistema durante su ciclo de vida. Esta fase comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar todas las cargas ambientales asociadas a la unidad funcional.

El inventario del ciclo de vida es un proceso iterativo, ya que a medida que se obtienen Datos y se aprende más del sistema, van apareciendo nuevos requerimientos o limitaciones que demandan un cambio en los procedimientos de manera que el objetivo aún se pueda lograr. Es apropiado ver el sistema como una serie de subsistemas. Modelar la producción de energía con una perspectiva de análisis de ciclo de vida requiere, a lo menos, un registro de la proporción de energía generada, su infraestructura, su producción energética, tiempo de vida, distancia de transporte de los recursos naturales y la extracción de recursos (Leiva, 2016).

### 3.9.3 ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA

La estructura de esta fase distingue entre elementos obligatorios y elementos Opcionales. Los elementos considerados obligatorios son:

- ✓ Selección de las categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos.
- ✓ Clasificación: en esta fase se asignan los datos procedentes del inventario a cada categoría de impacto según el tipo de efecto ambiental esperado. Una categoría de impacto es una clase que representa las consecuencias ambientales generadas por los procesos o sistemas de productos.
- ✓ Caracterización: consiste en la modelación, mediante los factores de caracterización, de los datos del inventario para cada una de dichas categorías de impacto.

Los elementos opcionales son la normalización de los indicadores de categoría, su agrupación y la ponderación de los mismos.

- ✓ Modelación de punto final v/s modelación de puntos medios
- ✓ Categorías de impacto como acidificación, eutrofización, potencial de calentamiento global, uso de tierras, toxicidad de aguas y otros, son consideradas categorías de impacto medio en una cadena de causa-efecto de los impactos ambientales. Un análisis de puntos medios, si bien es exhaustivo en información respecto a las cantidades de químicos o flujos energéticos generados a lo largo de todo el ciclo de vida, es menos informativa para el lector final. Por otro lado, una modelación de punto final agrupa las categorías de punto medio en 3 grandes clusters: salud humana, calidad del ecosistema y cambio climático.

Esta modelación es preferible ya que también permite diferenciar entre impactos locales y globales y el aporte de la región a ambos (Cortines, 2017).

### 3.9.3.1 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE IMPACTO

En la literatura existen diversos métodos de análisis de impacto del ciclo de vida (LCIA methods) a continuación se repasan los principales, haciendo énfasis en los que serán utilizados para medir los impactos ambientales de la generación de biomasa. Las diferencias entre métodos vendrán dadas por las categorías de impacto.

CML2001: Método de análisis de impactos que restringe la modelación cuantitativa a fases primarias en la cadena de causa-efecto para limitar las incertezas. Los resultados son agrupados en categorías medias. Creado por la Universidad de Leiden.

EDIP2003: Acercamiento de puntos medios que cubre casi todos los impactos relacionados a emisiones, uso de recursos e impactos en el medioambiente. La normalización es basada en equivalencias a personas impactadas, donde el peso asignado a cada categoría es dado por metas de mitigación políticas y horizontes de provisión de recursos de una manera sustentable.

EcoIndicator 99: Método tipo endpoint. Es uno de los más usados en la literatura, generalmente a la par del CML2001 (ambos son de la Universidad de Leiden). Reconoce tres tipos de daños finales: salud humana, ecosistemas y recursos. Distingue perspectivas culturales o arquetipos: jerárquico, individualista e igualitario. Contiene diferentes normalizaciones y factores de peso dadas las varias perspectivas disponibles.

De una comparación entre estos métodos se puede aseverar lo siguiente:

- ✓ CML2001 y EDIP2003 son métodos orientados a daños intermedios.
- ✓ Ecoindicator99 es orientado a daños finales.
- ✓ CML2001 y EDIP2003 entregan información muy similar al estudiar el potencial de calentamiento global, ozono fotoquímico, eutrofización, agujero de la capa de ozono y acidificación. Para categorías relacionadas a toxicidad, tanto los resultados de los indicadores como la jerarquización de los principales contribuidores varía. Post normalización, las diferencias en efectos disminuyen, pero persisten.

Para el trabajo de tesis en cuestión, se propone el uso de los métodos CML2001 y Ecoindicator99, dado que el primero es detallado en información específica y el segundo sería apropiado para entregar la información al lector final. Se propone también avanzar en la confección de indicadores locales (Cortines, 2017).

### 3.9.3.2 CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL

A continuación, se presentan las categorías de impacto ambiental evaluadas en la presente investigación y sus correspondientes factores de equivalencia, que permiten normalizar los diversos impactos en una unidad de medición única.

<b>Categoría de impacto</b>	<b>Unidad de medida</b>
Agotamiento abiótico	kg Sb-Equiv.
Potencial de calentamiento global (a 100 años).	kg CO2-Equiv.
Ecotoxicidad humana	kg DCB-Equiv.
Agotamiento de la capa de ozono	kg R11-Equiv.
Ecotoxicidad terrestre	kg DCB-Equiv
Consumo de agua	Litros
Uso de suelos	M <sup>2</sup> /ha

### **3.9.3.3 ACV CONSECUCIONAL**

Los ACV atribucionales, los más usados internacionalmente, por su “foco en describir los flujos físicos relevantes para el medioambiente desde y hacia un ciclo de vida y sus subsistemas”. Por su parte, al describir un ACV consecuencial asevera que “se define por sus metas para describir como flujos medioambientales relevantes cambiarán en respuesta a posibles decisiones”. De las descripciones del autor, se hace notoria la diferencia entre ambas perspectivas, caracterizadas por su temporalidad y por la perspectiva a largo plazo de los ACV consecucionales. La investigación aquí llevada es de carácter consecuencial, al utilizar modelos de predicción a futuro para elucubrar respecto a cómo se modificarán los impactos regionales (Leiva, 2016).

### **3.9.3.4 HOTSPOTS**

Corresponden a los procesos o puntos críticos en donde pueden verse acumulados los Mayores impactos ambientales del sistema de impacto estudiado para sus diversas categorías de impacto. En particular, este estudio no llevará a cabo un análisis de inventario (LCIA) tradicional, y por tanto los hotspots serán modelados mediante una revisión bibliográfica consistente a los alcances, unidad funcional y objetivos de la investigación (Cortines, 2017).

### **3.9.3.5 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA**

En esta fase se consideran en forma conjunta los hallazgos del inventario y el análisis del ciclo de vida. Los resultados que se obtengan deben ser consistentes con el objetivo y alcances definidos, llegando a conclusiones, explicando limitaciones y la entrega de recomendaciones (Lope, 2009).

## CAPÍTULO 4: DIAGNÓSTICO

### 4.1 SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS EN TIERRA DEL FUEGO

El constante crecimiento demográfico de la ciudad en los últimos años, que coincide con las proyecciones estimadas por el INDEC en el 2010, da una perspectiva y una oportunidad para preparar el manejo de los desechos, ya que el crecimiento de la población lleva aparejado el aumento de los residuos generados.

El reporte final entregado por la S.A. y D.S. (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable) el año 2012 sobre la Gestión, Generación y Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos en la República Argentina, para la Provincia de Tierra del Fuego en particular, reveló que el volumen de los RSU crece constantemente. En la Ciudad de Ushuaia, según la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad, durante el año 2016, el volumen de RSU recolectado es de 22,8 Ton/año; sin saber la composición exacta del RSU, se conoce que al 2010, la generación era de 0,705 Kg/hab/día, con una generación total de 79 T/día (Mele, et al., 2018),

La jerarquía de gestión de residuos indica un orden de preferencia de medidas conducentes a reducir y gestionar los residuos, es una de las medidas a adoptar y suele presentarse de forma esquemática (ver Figura 4.1).

La jerarquía de residuos se presenta como una pirámide invertida, porque el propósito primordial de la política es principalmente tomar medidas para evitar que se generen residuos. La siguiente medida por orden de prioridad consiste en reducir los residuos (por ejemplo, a través de la reutilización). El reciclaje, incluido el compostaje o la digestión anaeróbica, es la siguiente medida, seguida por las de valorización de materiales y de conversión de residuos en energía. La valorización energética a partir de procesos tales como la combustión y pirolisis, o de los vertederos, también pertenece a este nivel de la jerarquía.

La última medida es la eliminación, ya sea en vertederos o mediante incineración sin valorización energética. Esta medida es el último recurso para los residuos que no se han podido evitar, desviar o recuperar en los pasos anteriores. Por debajo de la incineración sin valorización energética o de los vertederos debidamente diseñados y administrados, se encuentran los basureros controlados y no controlados en los que a menudo se depositan los residuos en los países de bajos ingresos (e incluso en algunos países de ingresos medios) (PNUMA, 2013).

A menudo, se utiliza una versión abreviada de la jerarquía de residuos como herramienta de comunicación, conocida como las “tres erres” (3R), que se refieren a las alternativas “reducir, reutilizar, reciclar”, por orden de preferencia (PNUMA, 2013).

**Figura 4.1:** Jerarquía de las “3R”.

Fuente: PNUMA 2013.

#### 4.2 SITUACIÓN EN NEWSAN S.A.

Como queda plasmado adecuadamente en los distintos documentos que forman parte del SGI (Sistema de Gestión Integral) de NEWSAN S.A., nuestra empresa auspiciante, la preocupación por el medio ambiente y la minimización del impacto de sus actividades industriales en el medio ambiente local, está evidenciada por gráficos como el mostrado en las Figuras 4.2 y 4.3:

**Figura 4.2:** Programa de Gestión de residuos de NEWSAN S.A.



Fuente: Reporte de SUSTENTABILIDAD de NEWSAN S.A.

El programa también contempla algunas acciones puntuales, entre otras estrategias de ahorro de agua, papel y energía, como por ejemplo:

- Campaña de sustitución definitiva de vasos de telgopor y plásticos PET en máquinas expendedoras de bebidas calientes.
- Entregas de bolsas de tela reutilizables
- Implementación de contenedores diferenciados para cada tipo de residuos con código de colores.

Con este programa nos convertimos en la primera empresa miembro de la Red Argentina de Compostaje, siendo pionera en la gestión de residuos orgánicos (NEWSAN S.A, 2016).

Esta política está ya evidenciada en la mencionada Figura 4.3 siguiente:

**Figura 4.3:** Mejoras realizadas por NEWSAN S.A. en su política de residuos



Fuente: Reporte de SUSTENTABILIDAD de NEWSAN S.A.

Por todo lo antepuesto queda claro y no es extraño entender los motivos que han llevado a NEWSAN S.A. a auspiciarnos en este proyecto y proponernos una solución más amigable al medio ambiente y con un saldo positivo, incluso desde el aspecto económico/financiero, de su problema con los residuos “pallets”.

Todos los antecedentes mencionados en cuanto a la problemática de los residuos a nivel mundial, a nivel regional e incluso a nivel local en la provincia de Tierra del Fuego, nos sirven como base para comprender la gravedad del problema, así como las escasas medidas que a nivel Municipal se están adoptando como solución.

Afortunadamente NEWSAN S.A. posee un sofisticado y bien instrumentado sistema para la gestión de sus residuos, reduciéndolos, reutilizándolos y tratando los peligrosos como tales a través de la única empresa autorizada en Ushuaia.

Sin embargo, posee un marcado problema con la recepción de “pallets” desde sus proveedores del exterior y hasta el momento no ha encontrado la solución adecuada para este residuo, que no se trata de un residuo peligroso, es efectivamente un RESIDUO INDUSTRIAL, pero por el modo en el que es tratado hasta el momento y el método elegido para su disposición final, engrosa las estadísticas como un residuo sólido urbano (RSU) más.

Debido al traslado desde Corea y China de la materia prima que NEWSAN S.A. requiere para sus procesos productivos, la misma es enviada vía marítima.

Su transporte, en contenedor, requiere que la carga sea palletizada y sunchada, para asegurar su inmovilización durante su traslado.

De este modo, por cuestiones obvias de logística, se facilita su carga en origen y su descarga en Ushuaia en forma mecanizada, mediante hidroelevadores, manuales o motorizados (Ver Figura 4.4), la empresa recibe un promedio de 21.000m<sup>3</sup> de pallets por año, lo cual, dependiendo de las dimensiones del pallet, (que es función de cada proveedor) equivale entre 75.000 y 90.000 pallets por año (Ver Tabla 4.1 y Tabla 4.2).

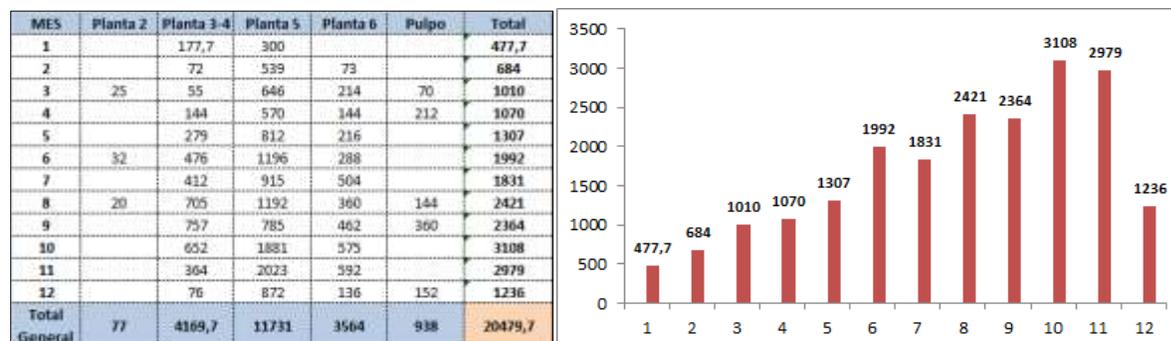
**Figura 4.4:** Carga palletizada



Fuente: Sitio web de NEWSAN S.A.

**Tabla 4.1**

*Cantidad de Pallets recibidos anualmente y su volumen:*



Nota: Se estima 4 o 5 pallets por metro cúbico de acuerdo al tamaño.

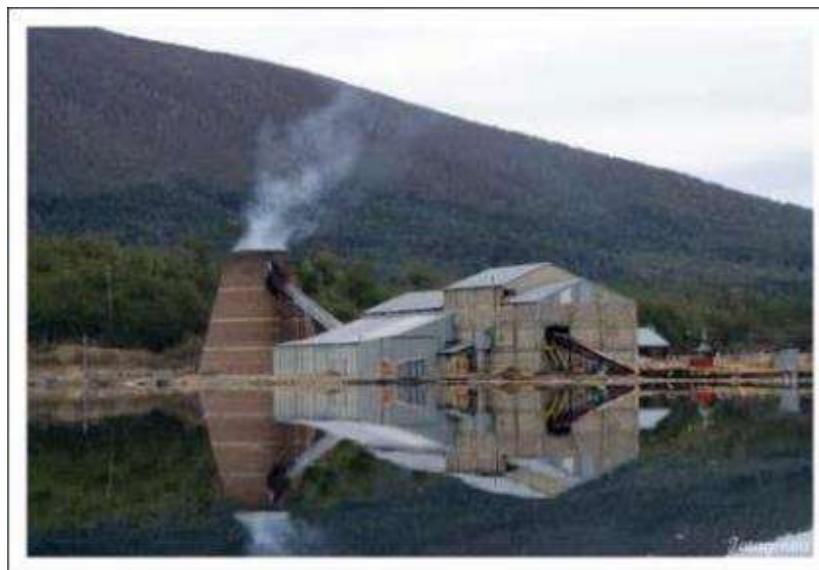
Fuente: Correo electrónico enviado por Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 14/12/2017.

**Tabla 4.2***Dimensiones de los pallets según el proveedor de Asia:*

Planta	Medidas	Planta	Medidas
5	130 x 15 x 12	6	115 x 107 x 12
5	115 x 85 x 12	6	107 x 107 x 14
5	115 x 80 x 12	6	120 x 104 x 12

Fuente: Correo electrónico enviado por Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 14/12/2017.

Entre las diversas alternativas consideradas por la empresa para la disposición final de este volumen de pallets, se evaluó desde su simple disposición en el vertedero municipal, hasta su incineración a cielo abierto en instalaciones seguras y adecuadas solamente disponibles en uno de los grandes aserraderos de Ushuaia, ubicado a la vera del Lago Escondido, camino a la ciudad de Río Grande, donde el aserradero, además de quemar los residuos no productivos de sus procesos en la madera de lenga, los utiliza como secaderos de madera, para remover la importante humedad residual de la madera de lenga y permitir su uso en el ámbito de la construcción (Ver Figura 4.5).

**Figura 4.5** Incineradores cónicos de madera de los aserraderos

Fuente: Sitio web del Gobierno de Tierra del Fuego

### 4.3 ESCENARIO PROPUESTO

En base a estos datos y antecedentes aportados surge nuestro proyecto, en el cual proponemos la VALORIZACIÓN del residuo “pallet” de madera, transformándolo mediante el proceso adecuado en “pellets”, de alto valor energético y utilizarlo para la generación de energía calórica en una de sus plantas, reemplazando calderas que consumen GAS natural, por otras alimentadas a “pellets” autogenerados por la misma empresa NEWSAN S.A.

Con los antecedentes presentados, ha quedado claro que NEWSAN S.A. es una empresa con profunda vocación y conciencia ambiental, con la firme intención de dar cumplimiento a los compromisos asumidos con sí misma y con la comunidad de Ushuaia, a

partir de su certificación de los sistemas de gestión según NORMAS ISO 14.001:2015 e ISO 50.001:2011 (NEWSAN S.A., 2017).

Por otro lado, NEWSAN S.A. sostiene esta decisión de reducir el impacto ambiental, basándose en los siguientes fundamentos legales y documentos de estudios locales de los últimos años (NEWSAN S.A., 2017):

- Ley Nacional N°25.675 Ley General del Ambiente (2002).
- Ley Nacional N°25.612 Gestión Nacional de Residuos Industriales (2002).
- Ley Nacional N°25.916 Gestión de residuos domiciliarios (2004).
- Ley Nacional N°24.051 Gestión de Residuos Peligrosos (1992).
- Ley Provincial N°55 de Medio Ambiente, en su artículo 1° (1992).
- Carta Orgánica de la Municipalidad de Ushuaia, en sus artículos 78° al 88° (2002).
- Ordenanza Municipal N°4124 de la Ciudad de Ushuaia (Consejo Deliberante de la Ciudad de Ushuaia, 2012).

Por lo cual las aspiraciones de la empresa son consecuentes con estas imposiciones.

En el contexto planteado, debido a los enormes volúmenes de carga que esto significaba, los costos en tasas municipales y la rápida saturación del vertedero municipal que esto implicaría, NEWSAN S.A. optó como primera solución, el transporte a los aserraderos y la incineración de los casi 90.000 pallets recibidos por año, proceso cuyos costos anual asciende a \$AR 2.591.244,00 (equivalente a dólares estadounidenses U\$S 137.000,00) por la incineración y \$AR 648.648,00 (equivalente a dólares estadounidenses U\$S 35.000,00) por los costos de traslado de los mismos (Correo electrónico enviado por Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 02/02/2018).

Por otro lado, en el escenario actual para la generación de agua caliente para calefacción en la planta 6, la solución adoptada al momento, es 1 (una) caldera humotubular con las siguientes características:

<b>Caldera de Calefacción (agua caliente)</b>	<b>Cantidad 1</b>
<b>Tipo: Humotubular</b>	<b>Capacidad: 1.100.000Kcal/h</b>
<b>Presión de Trabajo: 5 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Modelo: PF 7 AB 4 H</b>
<b>Quemador:</b>	<b>Marca: Mettler</b>
<b>Potencia del Blower:</b>	<b>4 HP (equivalente aprox. 3 KW)</b>
<b>Presión: 0,16 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Potencia: 1.100.000Kcal/h</b>

Fuente: Datos proporcionados por el área de ingeniería de NEWSAN S.A.

Los consumos de gas natural de la planta 6 de NEWSAN S.A. ascienden a 460.776m<sup>3</sup>, lo cual significa una erogación anual de U\$S 26.104/año en la caldera existente (Correo electrónico enviado por la Lic. Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 06/02/2018).

La situación planteada muestra a las claras una desventajosa situación de derroche, tanto por la erogación que implica el solo traslado e incineración de este residuo industrial que inevitablemente seguirá llegando a la planta en cada embarque, como por la falta de valoración de un valioso residuo como es el “pallet”, el cual por sus características y

necesidades de ser flexible y resistente está constituido de maderas blandas (pino o eucalipto), con un gran potencial de ser utilizados como BIOMASA para la generación de energía, luego de los procesos de transformación y “pelletizado” a proponer.

Por otro lado, desde el punto de vista ambiental, es indiscutible la huella de carbono y emisiones generadas por la quema de un recurso no renovable como el gas natural, para la generación de poder calorífico de calefacción en la planta 6, a efectos de la calefacción de la nave industrial.

El potencial uso de los “pellets” a generar, nos lleva a optar por el método del ACV (Análisis de Ciclo de Vida) para comparar los efectos ambientales de una u otra alternativa energética, para presentarlo como una notable mejora ambiental, a ser presentada a la empresa, de manera concordante con sus objetivos y valores.

Adicionalmente, pretendemos demostrar la viabilidad económica/financiera del proyecto, a partir de un análisis de flujo de caja a 6 años, considerando todas las variables intervinientes y demostrando los valores de TIR y VAN resultantes.

De lo antepuesto, queda claro que nuestro objetivo trata de reutilizar el residuo industrial “pallet de madera” recibido en las diferentes plantas desde su separación en los procesos productivos, para la generación de energía a partir de una fuente renovable utilizable en las mismas, a través de una evaluación técnica viable y con un beneficio cuantificable económico y ambientalmente sostenible.

De nuestro análisis preliminar del mercado, aparecen múltiples opciones y antecedentes de distribuciones de máquinas en líneas de pelletizado, con capacidades de producir desde pocos Kg de pellets por horas hasta varias toneladas. Esto obviamente asociado a distintos espacios vitales de planta a ocupar, distintos consumos energéticos, distintos grados de complejidad de operación, y mantenimiento de las máquinas y distintos costos de adquisición.

Cada uno de estos distintos tipos de máquinas propuestas por cada proveedor, requerirá de diferentes volúmenes de pallets, “alimentando” como materia prima estas líneas de pelletizado y nuestro desafío es encontrar las máquinas justas, que con el aporte del volumen de pallets conocido, generen una cantidad suficiente de biomasa para la generación calórica a partir del reemplazo de las calderas humotubulares existentes, por nuevas calderas que utilicen “pellets” como combustible y generen la misma energía calórica que las actuales, sin un excesivo aumento de la complejidad del layout de la planta ni un aumento notable en complejidad de los procesos de mantenimiento de los equipos a instalar.

También en materia de calderas a biomasa, hemos detectado variadas marcas y proveedores en el mercado mundial y deberemos realizar el análisis pertinente para asegurarnos de sugerir la adquisición del equipo adecuado, tanto en su complejidad, precio, futuro programa de mantenimiento y confiabilidad.

Todo esto deberá estar enmarcado en un análisis financiero favorable y conveniente a la empresa, así como de resultados positivos en cuanto a la interpretación del ACV (Análisis del Ciclo de Vida), demostrando a la empresa los marcados beneficios ambientales de nuestra propuesta.

#### 4.4 DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE GESTIÓN

De modo tal de poder avanzar en la comparación de la situación actual que vive NEWSAN S.A. en cuanto a su problemática con el residuo PALLETS y el deseo de la empresa de buscar una solución ambientalmente más amigable, definiremos para poder comparar las SITUACIÓN ACTUAL, con la SITUACIÓN PROPUESTA en nuestro proyecto, una “unidad de GESTIÓN” establecida en 1000 Pallets.

Considerando que el estándar de pallet recibido se ajusta a lo mostrado en la figura 4.6, podemos deducir las siguientes entradas y salidas del proceso actual y propuesto:

**Figura 4.6** *Detalle del pallet típico recibido en las importaciones*



Fuente: EUROPALET, 2017

##### 4.4.1 PARÁMETROS DE LA CONDICIÓN INICIAL

Tomando como base la Unidad de gestión establecida en 1000 pallets, se dimensionará la misma con los parámetros y movimientos que surgen de la operatoria ACTUAL de NEWSAN S.A.

Los resultados se muestran en la Tabla 4.3 siguiente:

**Tabla 4.3**

*Dimensionamiento de la Condición INICIAL según unidad de GESTIÓN:*

<b>UNIDAD DE GESTIÓN</b>	<b>1.000 Pallets</b>
<b>Madera que se quema a cielo abierto: (Traslado e incineración)</b>	<b>20.000kg de madera de pino / eucalipto</b>
<b>Uso equivalente de la caldera humotubular Para generar energía calórica en Planta 6 (90.000 pallet/12 meses/30 días x 4 días)</b>	<b>4 días de uso</b>
<b>Volumen de Gas Natural quemado para hacer funcionar la caldera durante 4 días (921552m<sup>3</sup>/2/12 meses/30 días x 4 días)</b>	<b>5.119m<sup>3</sup></b>
<b>Consumo de energía eléctrica en el transporte y carga de los pallets en sus autoelevadores eléctricos TOYOTA 8FBE ((9,8KW manejo + 9,2KW elevación de carga) x 1,5 horas de operación)) (*)</b>	<b>28,5KWh</b>
<b>Consumo de energía eléctrica para hacer funcionar el quemador METLER de 4 HP. (4HP x 0.747 KW/HP x 4 días x 5 horas)</b>	<b>59,76KWh</b>
<b>Calorías a generar por la caldera Humotubular en 4 días (1.100.000 Kcal/h x 4 días x 5 horas)</b>	<b>22.000.000KCal</b>

Fuente: Correo electrónico enviado por Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 14/12/2017.

(\*)Fuente: Toyota-Industries, s.f.

#### **4.4.2 PARÁMETROS DE LA CONDICIÓN FINAL (PROPUESTA)**

Tomando como base la Unidad de gestión establecida en 1000 pallets, se dimensionará la misma con los parámetros y movimientos que surgen de la operatoria PROPUESTA para NEWSAN S.A. en nuestro proyecto.

Los resultados se muestran en la Tabla 4.4 siguiente:

**Tabla 4.4**

*Dimensionamiento de la Condición FINAL según unidad de GESTIÓN:*

<b>UNIDAD DE GESTIÓN</b>	<b>1.000 Pallets</b>
<b>Madera que se quema a cielo abierto:</b>	<b>0kg de madera de pino / eucalipto</b>
<b>Uso equivalente de la caldera humotubular Para generar energía calórica en Planta 6 (90.000 pallet/12 meses/30 días x 4)</b>	<b>0 días de uso</b>
<b>Volumen de Gas Natural quemado para hacer funcionar la caldera durante 4 días (921552m<sup>3</sup>/2/12 meses/30 días x 4 días)</b>	<b>0m<sup>3</sup></b>
<b>Consumo de energía eléctrica para hacer funcionar el quemador METLER de 4 HP. (4HP x 0.747 KW/HP x 4 días x 8 horas)</b>	<b>0KW</b>
<b>Calorías a generar por la caldera Humotubular en 4 días (1.100.000 Kcal/h x 8 horas x 4 días)</b>	<b>0KCal</b>
<b>Elevación y transporte en montacargas eléctricos de 1000 pallets en 20 viajes de 50 pallets c/u de 4 minutos =&gt; 80 minutos</b>	<b>28,5KWh</b>
<b>Producción de la planta pelletizadora (1T/hora x 5 horas x 4 días)</b>	<b>20.000Kg de pellets</b>
<b>Consumo de la planta pelletizadora de energía eléctrica para su funcionamiento (140 KWh/T x 20T)</b>	<b>2.800KWh</b>
<b>Consumo de BIOMASA de la caldera CS950 a biocombustible (250 Kg/hora x 20 horas)</b>	<b>5.000Kg</b>
<b>Consumo eléctrico de la caldera a BIOMASA (1.5 KW x 20 horas)</b>	<b>30KWh</b>
<b>Calorías a generar por la caldera de BIOMASA en 4 días (1.080.000 Kcal/h x 5 horas x 4 días)</b>	<b>21.600.000KCal</b>

Fuente: BIOMASS TECHNOLOGY, 2017 y KAHL, s.f.

En base a esta UNIDAD DE GESTIÓN, trabajaremos con los datos económicos suministrados por NEWSAN S.A. en nuestro relevamiento de la empresa así como en los distintos correos electrónicos intercambiados con las áreas ambientales y gerencia de calidad, para evaluar por separado, como dos factores decisorios incuestionables, los aspectos

económico financieros y los aspectos ambientales a través de la aplicación de la técnica del ACV, ya explicitada en nuestros objetivos específicos.

#### 4.5 ESCENARIO ECONÓMICO ACTUAL

Considerando los siguientes valores suministrados por NEWSAN S.A. y en base a la UNIDAD DE GESTION definida y el detalle de entradas y salida explicitados en las tablas 4.3 y 4.4, se evaluará el COSTO del tratamiento de la UNIDAD DE GESTION en el contexto actual:

- Se erogan U\$S 161.188,65/año para el traslado y quemado de pallets en aserradero (Correo electrónico enviado por Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 14/12/2017).
- Se erogan U\$S 26.104,00/año en consumo de GAS NATURAL en la caldera existente (Correo electrónico enviado por Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 06/02/2018).
- Se erogan U\$S 737,57/año en energía eléctrica para funcionamiento y control de la caldera existente (Correo electrónico enviado por Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 06/02/2018).

**Tabla 4.5**

*Costo del tratamiento de la unidad de GESTIÓN en la condición inicial:*

<b>UNIDAD DE GESTIÓN</b>	<b>1.000 Pallets</b>	<b>COSTO asociado</b>
Madera que se traslada y quema a cielo abierto:	20.000kg de madera de pino <u>U\$S 161.188,65 x 1000 pallets</u> 90.000 pallets/año	US\$ 1790,98
Elevación y transporte interno en planta, vía montacargas eléctricos de 1000 pallets en 20 viajes de 50 pallets c/u de 4 minutos => 80 minutos	28,5KWh x 0,09 US\$/KWh	US\$ 2,57
Uso equivalente de la caldera humotubular Para generar energía calórica en Planta 6 (90.000pallet/12meses/30díasx4 días)	4 días de uso	N/A
Volumen de Gas Natural quemado para hacer funcionar la caldera durante 4 días (921552m <sup>3</sup> /2/12meses/30días)x4días)	5.119m <sup>3</sup> 5.119 m <sup>3</sup> x 0.06 US\$/m <sup>3</sup>	US\$ 307,14
Consumo de energía eléctrica para hacer funcionar el quemador METLER de 4 HP.	59.76KWh x 0,09 US\$/KWh	US\$ 5,37

(4HP x 0.747 KW/HP x 4 días x 5 horas)		
Calorías a generar por la caldera Humotubular en 4 días (1.100.000 Kcal/h x 4 días x 8 horas)	35.200.000KCal	
CONDICION INICIAL	COSTO de GESTION	US\$ 2106,06

Fuente: Correo electrónico enviado por Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 14/12/2017.

#### 4.6 ESCENARIO AMBIENTAL ACTUAL

En el escenario ambiental actual de la empresa NEWSAN S.A., que consta de dos procesos productivos, INCINERACIÓN y generación de calor en CALDERA HUMOTUBULAR, explicamos que ambos procesos generan un impacto ambiental negativo conforme a las emisiones al aire generadas por CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O las que contribuyen al efecto invernadero. Además de no generar un proceso de reciclaje a nivel empresa ambientalmente positivo.

Es por este motivo que la empresa decide proponer la evaluación de un proyecto ambientalmente amigable, para sus procesos. Basándose en que las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producirán por generación calórica por biomasa mediante el uso de pellets de madera, al proceder de un carbono retirado de la atmósfera en el mismo ciclo biológico, no alterarán el equilibrio de la concentración de carbono atmosférico, y por tanto no incrementarán el efecto invernadero. Su uso contribuirá a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, lo que genera un impacto ambiental positivo a sus procesos (Carrillo & Rutiaga, 2015).

Además, mencionamos que NEWSAN S.A., posee un marcado problema con la recepción de “pallets” desde sus proveedores del exterior y hasta el momento no ha encontrado la solución adecuada para este residuo, que no se trata de un residuo peligroso, es efectivamente un RESIDUO INDUSTRIAL, pero por el modo en el que es tratado hasta el momento y el método elegido para su disposición final, engrosa las estadísticas como un residuo sólido urbano (RSU) más.

## CAPÍTULO 5: PROYECTO

En base a los datos presentados en el capítulo anterior, proponemos los siguientes cambios al sistema de tratamiento actual, lo cual se basa principalmente en un cambio conceptual, migrando la visión del pallet como “RESIDUO” a considerarlo “MATERIA PRIMA” de un nuevo proceso, el pelletizado, cuyo marco teórico ya ha sido desarrollado.

Este nuevo proceso propuesto, nos lleva a dividirlo en las siguientes etapas:

- Descarga y almacenamiento de pallets
- Procesamiento en línea de pelletizado
- Acumulación y generación de stock de pellets
- Alimentación del pellet como combustible en una caldera a Biomasa.

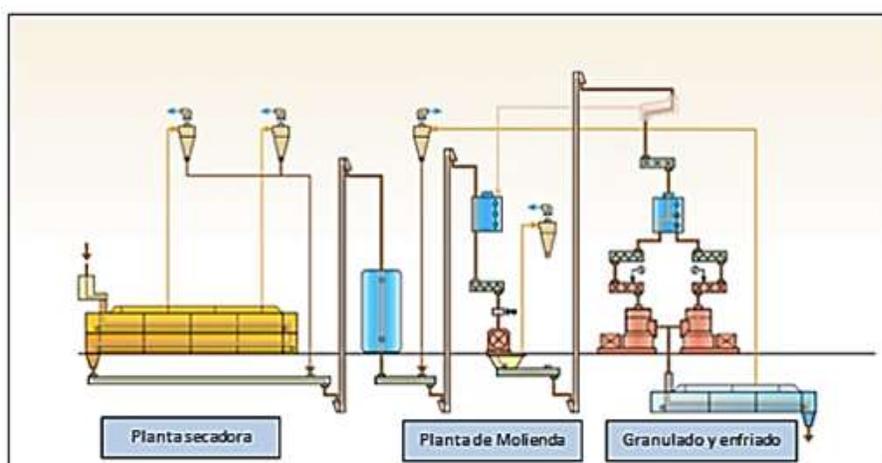
### 5.1 ELECCIÓN DE LA LÍNEA DE PELLETTIZADO

De los distintos contactos con proveedores especializados, hemos evaluado que el estimado de los 90.000 pallets implicará un volumen aproximado de 2000T/año de pellets. Considerando que por recomendaciones de la empresa debemos considerar 10 meses productivos, eso implica un ritmo de producción de 200T/mes, y considerando además 200hs. productivas/mes (5 horas diarias), esto implica la necesidad de producir 1T/h. Con estos datos, se selecciona una línea de producción capaz de producir con eficiencia ese volumen de pellets, con las siguientes imposiciones técnicas del proveedor: alimentación con pallets enteros sin estacionamiento mayor a 1 año, contenido de humedad entre 10% y 12%, pallets almacenados en lugar seco para garantizar la integridad de la madera, alojamiento de la línea de producción en galpón o nave cubierta de 50m x 30m, un consumo de energía para funcionamiento de entre 130 a 140KWh/T (28000KWh/mes).

De las distintas opciones evaluadas y proveedores consultados, hemos optados por equipamiento alemán KHAL, con una capacidad de producción de 1T/h (KHAL, s.f.)

El proceso de producción estaría compuesto de las siguientes etapas, como se describe en la Figura 5.1:

**Figura 5.1:** Línea de producción de pellets KHAL propuesta



*Fuente: KHAL, s.f.*

Las etapas estarían constituidas del siguiente modo:

- a) Planta SECADORA: Se agregará a la línea de producción con puesta en marcha optativa, en función del grado de humedad que se perciba de la materia prima a utilizar.
- b) Planta de MOLIENDA: Asegura una granulometría previa a la etapa de prensado de 4mm y agrega una trampa de desechos metálicos de los pallets, para evitar que lleguen al prensado del pellet. Prevé la incorporación de aglutinante en caso que la madera de la materia prima sea distinta del pino y no posea suficiente resina para el aglutinamiento y densificación del pellet.
- c) Planta GRANULADORA y ENFRIADORA: Permitirá compactar aserrín y virutas de madera con densidades entre 100 y 650Kg/m<sup>3</sup>, con alta eficiencia, bordes lisos y menos finos.
- d) Los pellets producidos se almacenarán en bolsas de 20Kg y mantendrán en stock en el mismo depósito a la espera que sean requeridos para la alimentación como combustible de la caldera que se incorporará al extremo del proceso (KAHL, s.f).

De las opciones posibles, se optó por su almacenamiento en bolsas de 20Kg, por su facilidad de manipulación y su facilidad de transporte en interna dentro de la planta.

Los equipos de fabricación de pellets seleccionados poseen un consumo de entre 130 a 140KWh/T (28400KWh/mes), considerando que el funcionamiento y ritmo nominal proyectado, podrá fluctuar en función de la merma en la disponibilidad de materia prima o cambio en las condiciones climáticas, considerando que su uso principal proyectado será para calefacción de la planta N°6 (KAHL, s.f.).

## **5.2 INTERCAMBIO DE CALOR DE LOS PELLETS**

Para el proceso de generación de calor para calentar agua en calderas, han sido fabricados modelos para operarlas de manera directa con pellets basados en madera, esto aporta una considerable carga térmica. Cuenta con una cámara de combustión, una superficie como intercambiador de calor con el agua, un excelente aislamiento, facilidad de limpieza y un mantenimiento reducido (BIOMASS TECHNOLOGY, 2017).

Producen agua caliente a 45°C con una temperatura de entrada de 12°C y con una temperatura programada de la caldera de 85°C. Esta caldera permite el almacenamiento de combustible, alimentación automática, y continua, ya que está fabricada para la quema de diversos tipos de biomasa con contenido de humedad de hasta 50% en base seca, sistema de abatimiento de emisiones, como ciclones, multiciclones y tablero de comando con sistema de control mediante PLC. Para poder obtener el panorama general, del control del proceso sus componentes y su relación con el desempeño del proceso, se debe observar el intercambio de calor, lo cual será común para la fabricación de pellets de madera (BIOMASS TECHNOLOGY, 2017).

Como etapa final del proceso, de acuerdo a datos provistos por distintos proveedores, hemos optado por la caldera para pellets CT PASQUALICCHIO MARINA CS950, como la mostrada en la Figura 5.2 (BIOMASS TECHNOLOGY, 2017).

**Figura 5.2:** Caldera MARINA CS950



Fuente: Catálogo de BIOMASS TECHNOLOGY, 2017

La caldera "CS Marina" es adecuada para ambientes civiles e industriales. Su gran versatilidad y numerosas opciones de personalización permiten la instalación en cualquier ambiente al igual que una caldera de combustible líquido. Este producto cumple con la norma europea EN 303-5 (AENOR, 2013) y pertenece a la clase 3, la clase de menores niveles de emisiones. La eficiencia asciende a 89% y han sido certificados en los laboratorios de IMQ Prima-Control (BIOMASS TECHNOLOGY, 2017).

El combustible se almacena en silos desde donde se hacen avanzar en forma intermitente hacia la cámara de combustión, gracias a un sistema compuesto de dos tornillos sin fin, accionados por un motoreductor y un potente motor eléctrico. El pellet emerge en el quemador desde la parte inferior, al nivel donde se desarrolla la combustión, se inyecta aire mediante un ventilador. La gestión de toda la máquina es controlada por una central electrónica, que hace la operación completamente automática, tanto el motoreductor y el ventilador de aire de la combustión son controlados por esta unidad la de determina la cantidad de combustible que debe llegar al quemador, como la cantidad de aire necesario para obtener una combustión óptima. La central también controla la bomba de circulación, comandando la caldera la circulación de agua según las condiciones de operación. Además, la caldera puede ser conectada con a termostato externo (BIOMASS TECHNOLOGY, 2017).

La caldera seleccionada generará 1.080.000Kcal/h, es decir el mismo poder calorífico que la actualmente instalada. Siendo su consumo de 250Kg/h, lo cual nos asegura que con la

generación de pellets a razón de 1T/h será suficiente para mantener el funcionamiento continuo de la caldera de biomasa, así como para generar un stock permanente de combustible, que se acumulará, para permitir paradas de la línea de pelletizado para mantenimiento programado o eventuales fallas que la saquen de servicio, sin con ello comprometer la calefacción y acondicionamiento de la planta 6.

Tanto la caldera humotubular actualmente instalada así como la caldera a Biomasa propuesta funcionarán con un tanque de agua intercambiador de calor debidamente aislado térmicamente, para que el funcionamiento de las calderas no sea continuo por turno productivo de 8 horas, sino que los controladores, enciendan los quemadores de forma intermitente, para mantener la temperatura de calefacción preseleccionada, motivo por el cual en los cálculos se utiliza un ciclo continuo de funcionamiento de 5 horas por ciclo de 8 horas de turno de producción.

### 5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

En primer lugar realizaremos la comparación de costo de la misma UNIDAD DE GESTIÓN establecida en 1000 pallets, en la Tabla 5.1, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 5.1**

*Costo del tratamiento de la unidad de GESTIÓN en la condición propuesta:*

UNIDAD DE GESTIÓN	1.000 Pallets	COSTO Asociado
Madera que se quema a cielo abierto:	0kg de madera de pino / eucalipto	US\$ 0,00
Uso equivalente de la caldera humotubular Para generar energía calórica en Planta 6 (90.000 pallet/12 meses/30 días x 4)	0 días de uso	US\$ 0,00
Volumen de Gas Natural quemado para hacer funcionar la caldera durante 4 días (921552m <sup>3</sup> /2/12 meses/30 días x 4 días)	0m <sup>3</sup>	US\$ 0,00
Consumo de energía eléctrica para hacer funcionar el quemador METLER de 4 HP. (4HP x 0.747 KW/HP x 4 días x 5 horas)	0KW	US\$ 0,00
Calorías a generar por la caldera Humotubular en 4 días (1.100.000 Kcal/h x 5 horas x 4 días)	0KCal	US\$ 0,00
Elevación y transporte interno en planta, vía montacargas eléctricos de 1000 pallets en 20 viajes de 50	28,5KWh x 0,09 US\$/KWh	US\$ 2,57

<b>pallets c/u de 4 minutos =&gt; 80 minutos</b>		
<b>Producción de la planta pelletizadora (1T/hora x 5 horas x 4 días)</b>	<b>20T de pellets</b>	<b>N/A</b>
<b>Consumo de la planta pelletizadora de energía eléctrica para su funcionamiento (140 KWh/T x 20T)</b>	<b>2.800KWh x 0,09 U\$\$/KWh</b>	<b>US\$ 252</b>
<b>Consumo de BIOMASA de la caldera CS950 a biocombustible (250 Kg/hora x 20 horas)</b>	<b>5.000Kg x U\$\$ 224/T de pellet</b>	<b>US\$ 1.120,00</b>
<b>Consumo eléctrico de la caldera a BIOMASA (1.5 KW x 20 horas)</b>	<b>30KWh x 0.09 U\$\$/KWh</b>	<b>US\$ 2.70</b>
<b>Calorías a generar por la caldera de BIOMASA en 4 días (1.080.000 Kcal/h x 5 horas x 4 días)</b>	<b>21.600.000KCal</b>	<b>N/A</b>
<b>CONDICION FINAL</b>	<b>COSTO DE GESTION</b>	<b>US\$ 1.377,27</b>

Fuente: BIOMASS TECHNOLOGY, 2017 y KAHL, s.f.

Analizamos además, el flujo de caja, en un período de 6 años, considerando la inversión a realizar en la línea para pelletizado, por un total de US\$ 440.000,00 según la cotización del Ing. Matías Wietz de la firma IPeCo, distribuidores de la línea KAHL para Latinoamérica, una nueva nave industrial por US\$ 21.000,00, según evaluación propia de NEWSAN S.A., costos de seguros, fletes a Ushuaia y capacitación del personal, dos ingenieros y cinco operarios, por un total de US\$ 8.000,00. Del mismo modo consideramos la inversión a realizar en una caldera alimentada a pellets PASQUALICCHIO MARINA CS950, por un total de US\$ 127.600,00, más un total de US\$ 15.000,00 por equipos electrónicos y de control, incluyendo la capacitación de un ingeniero y dos técnicos de mantenimiento por US\$ 5.000,00, según la cotización de la firma BIOMASS TECHNOLOGY, de Santiago de Chile, representante de este producto para todo Latinoamérica. A partir del año 2, todos los gastos del párrafo 2.1 pasan a ser ganancia, ya que con la línea de pelletizado en funcionamiento y con la caldera a Biomasa instalada y ya trabajando a régimen, tal gasto ya no deberá ser realizado.

Así mismo se contempla un gasto recurrente de US\$ 4/T para consumible y repuestos, los cuales se incluyen en el punto 4 del cálculo de TIR-VAN y en el flujo de caja (Correo electrónico con el Ing. Matías Wietz de IPeCo de fecha 05/04/2018).

El proyecto analizado representa una atractiva oportunidad de inversión, con una tasa de retorno del 10% anual en dólares, sumamente atractiva en comparación con el rendimiento obtenido al invertir en bonos soberanos argentinos con cotización en la mencionada moneda. Adicionalmente, un período de repago de cuatro años permite al inversor recuperar su inversión en un plazo muy conveniente.

Se adjunta a continuación el flujo de caja y el cálculo de la TIR y VAN, con los datos mencionados, para un período de 6 años, en la Figura 5.3:



## 5.4 ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PROYECTO

### 5.4.1 OBJETIVO DEL ACV

El objetivo del A.C.V. (Análisis del Ciclo de Vida) es determinar cuál es la alternativa tecnológica de aprovechamiento energético más favorable para la empresa NEWSAN S.A. analizando los procesos de:

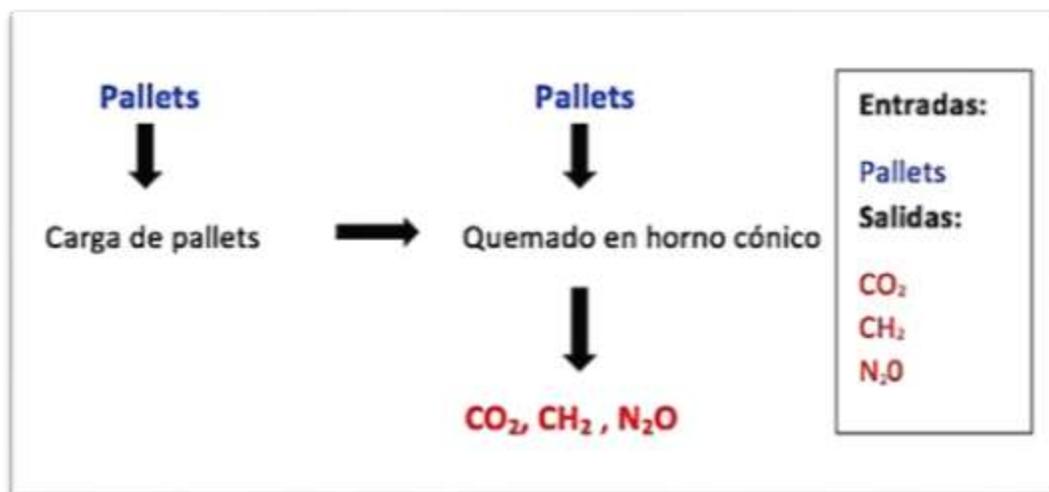
1. Incineración
2. Caldera humotubular
3. Pelletizadora
4. Caldera de Biomasa

Mediante el A.C.V. en el que hemos considerado como indicador el potencial de calentamiento global, (efecto invernadero), se presentará en los Capítulos siguientes, el inventario del ACV donde se mostrará el análisis de cada proceso, la evaluación de Impacto del Ciclo de Vida (EICV), en donde cuantificamos el CO<sub>2</sub> equivalente de cada proceso y la interpretación del ACV en donde explicaremos si el resultado del análisis nos arroja un impacto ambientalmente positivo o negativo, en base a la propuesta del proyecto y la comparación del escenario actual y el escenario final.

### 5.4.2 ANALISIS DEL PROCESO DE INCINERACIÓN

La incineración a cielo abierto en instalaciones del Aserradero de Lago Escondido, comienza con la carga de pallets en horno cónico de ladrillo refractario, luego su quemado a cielo abierto, terminando con la liberación de gases en la chimenea superior, donde el aserradero, además de quemar los residuos no productivos de sus procesos en la madera de lenga, los utiliza como secaderos de madera, para remover la importante humedad residual de la madera de ésta madera y permitir su uso en el ámbito de la construcción, tal cual lo observado en la Figura 5.4:

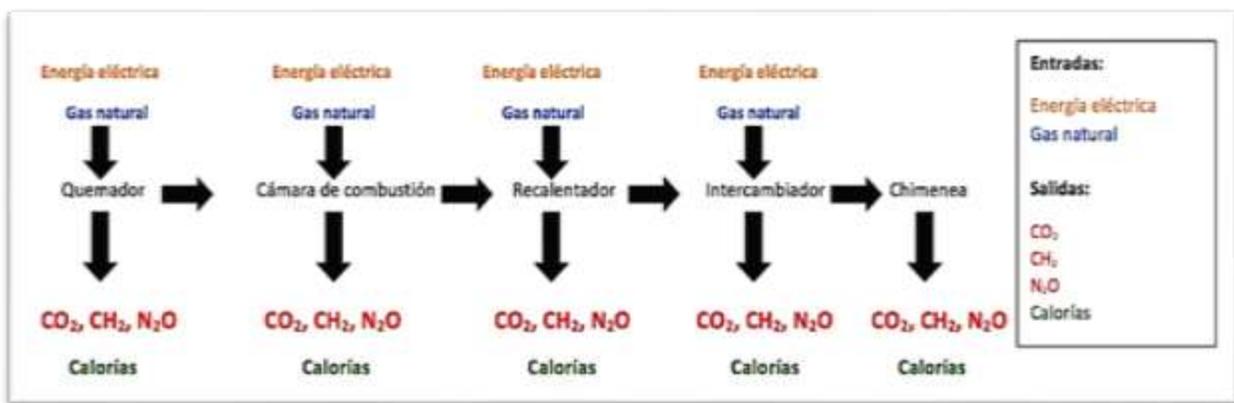
Figura 5.4: FLUJOGRAMA del proceso de INCINERACION



### 5.4.3 ANALISIS DEL PROCESO DE CALDERA HUMOTUBULAR

El proceso consiste en la generación de humos que circulan por dentro de tubos, mientras que el agua se calienta en un intercambiador de calor y evapora en el exterior de ellos. Todo este sistema está contenido dentro de un gran cilindro que envuelve el cuerpo de presión. Los humos salen de la caldera a temperaturas superiores a 70°C de forma que se evita la condensación del vapor de agua que contienen, evitando así problemas de formación de ácidos y de corrosión de la caldera. Al evacuar los humos calientes, se producen pérdidas de energía con la consiguiente bajada del rendimiento de la caldera. La caja de humos (colector de humos), es la parte de la caldera donde confluyen los gases de la combustión en su recorrido final, que mediante un tramo de conexión conducen a la chimenea (ver Figura 5.5).

Figura 5.5: FLUJOGRAMA de la caldera HUMOTUBULAR



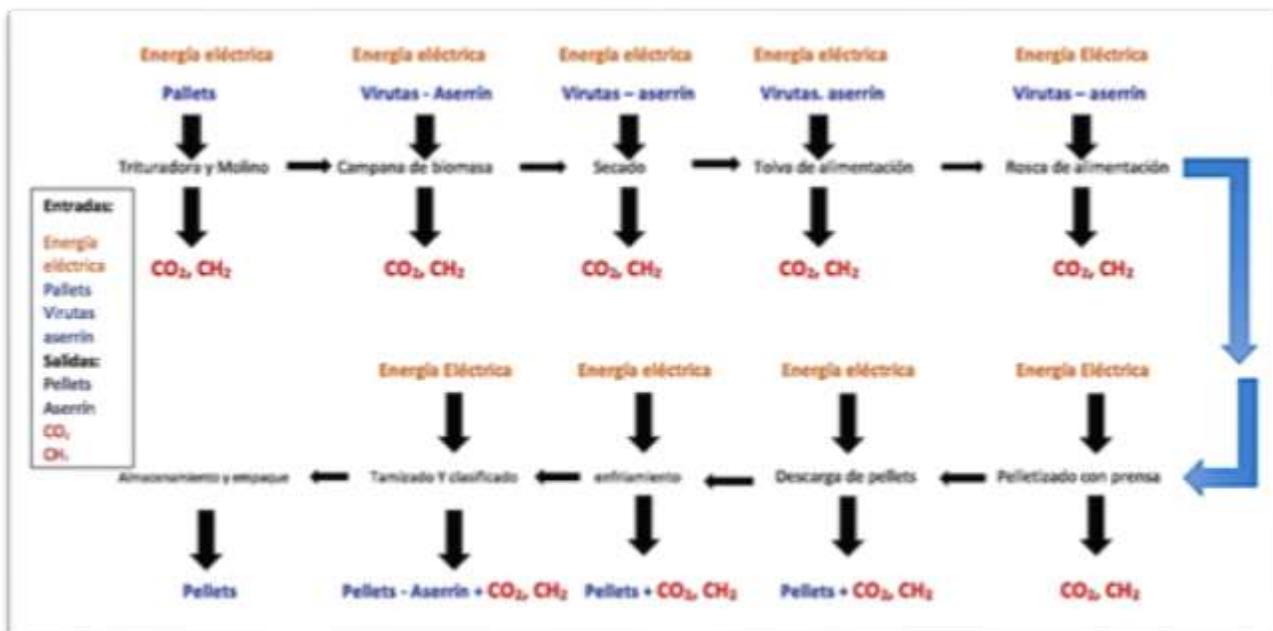
Fuente: Elaboración propia

### 5.4.4 ANÁLISIS DEL PROCESO DE PELLETIZADO

La primera etapa es el proceso de molienda y trituración, donde los clavos o elementos metálicos de sujeción son separados automáticamente de la madera y captados por un “lecho magnético” (Trampa magnética) que posee la máquina. Dicho residuo metálico, una vez recolectado, es tratado como residuo común. Luego, la materia prima que contenga una humedad superior al 20% deberá ser secada o mezclada con un material más seco para reducirla. Luego el proceso de pelletizado se lleva a cabo mediante un sistema de rodillos que ejercen presión sobre la materia prima, previamente tratada, situada sobre una matriz metálica con orificios con medidas milimétricas de diámetro, el producto pasa por varios rodillos que ejercen una gran compresión sobre la materia prima, obligándolos a pasar por los orificios que posee la matriz; este proceso es de vital importancia, ya que realiza una transformación de la materia prima en la que adquiere las características físico/químicas más importantes del producto final, una vez formados los pellets, se enfrían de forma suave para evitar que se produzcan fisuras, para ello se emplea un enfriador de contraflujo instalado después de la

pelletizadora, el enfriado de los pellets se realiza mediante aire, como se muestra en la Figura 5.6 (Bricoblog, 2013):

Figura 5.6: FLUJOGRAMA del proceso de PELLETIZADO

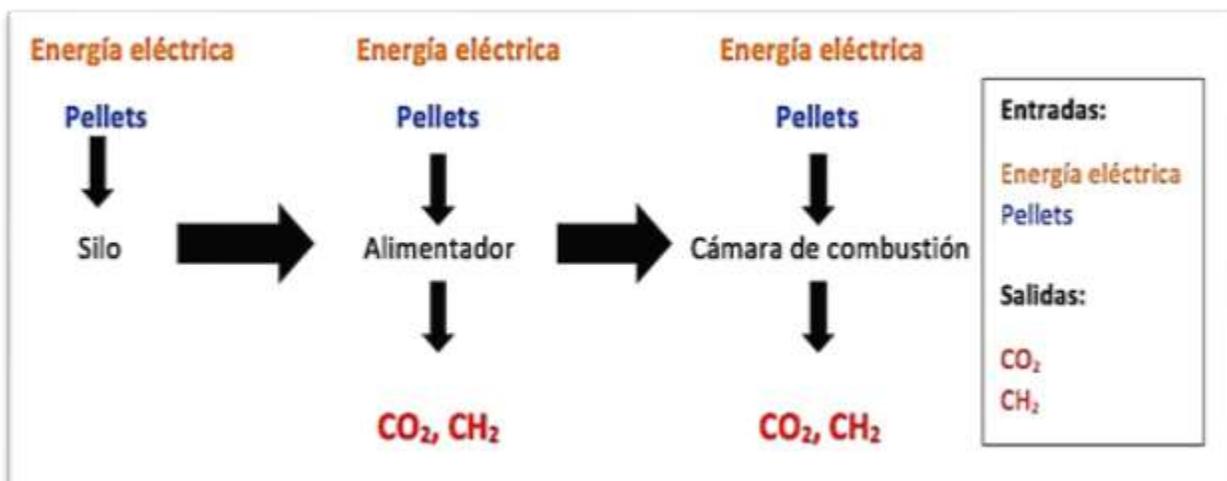


Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.5 ANÁLISIS DEL PROCESO DE CALEFACCIÓN CON CALDERA A BIOMASA

En este proceso, los pellets se almacenan en silos desde donde se hacen avanzar en forma intermitente hacia la cámara de combustión, gracias a un sistema compuesto de dos tornillos sin fin, accionados por un motoreductor y un potente motor eléctrico. El pellet emerge en el quemador desde la parte inferior, al nivel donde se desarrolla la combustión, se inyecta aire mediante un ventilador. La gestión de toda la máquina es controlada por una central electrónica, que hace la operación completamente automática, tanto el motoreductor y el ventilador de aire de la combustión son controlados por esta unidad la que determina la cantidad de combustible que debe llegar al quemador, como la cantidad de aire necesario para obtener una combustión óptima. La central también controla la bomba de circulación, comandando la caldera la circulación de agua según las condiciones de operación (BIOMASS TECHNOLOGY, 2017).

Figura 5.7: FLUJOGRAMA del proceso de caldera a BIOMASA



Fuente: Elaboración propia

## 5.5 EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)

Para estimar las emisiones de GEI, el abordaje metodológico general consiste en combinar la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana (denominados datos de la actividad o DA, los cuales pueden ser estadísticos o paramétricos) con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria. Se los denomina factores de emisión (FE). Por consiguiente, la ecuación básica es:

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

Los datos de porcentajes de emisiones de efecto invernadero son un aproximado al cálculo real de cada proceso evaluado en este informe (Ministerio de Medio Ambiente de Chile, 2013).

Para efectos de un buen entendimiento y utilización de los factores de emisión, se entenderá como factor de emisión aquel valor promedio que relaciona la cantidad de un contaminante liberado a la atmósfera con la actividad asociada a la liberación de este contaminante, y se expresa generalmente como el peso del contaminante dividido por una unidad de peso o volumen (ISTAS, 2016).

### Ecuación General

$$E = A * Fe$$

Donde E, es la emisión, A es la tasa de actividad y Fe es el factor de emisión.

Todos los factores de emisión entregados en el presente documento corresponden a porcentajes aproximados de impactos asociados a cada proceso, esto para poder dar mayor claridad sobre el estudio realizado, con el objeto de facilitar la utilización de los factores de emisión, éstos serán presentados en tablas de acuerdo al combustible, y los distintos equipos que lo utilicen. Sin embargo, es importante enfatizar que los factores de emisión corresponden a cada equipo en particular (Ministerio de Medio Ambiente de Chile, 2016).

Se presenta una base de datos donde se especifican todas las emisiones de gases de efecto invernadero generados en cada uno de los procesos de cada alternativa, dado que el análisis del ACV del proyecto se enfoca al calentamiento global.

Para la evaluación del impacto del ACV de los procesos actuales y los procesos de la propuesta de mejora cuantificamos la emisión de GEI determinadas en la etapa de inventario del ACV en donde se desglosan las entradas y salidas de cada proceso. calculando la emisión de CO<sub>2</sub>eq equivalente de cada uno de ellos, mostrado en la Tablas 5.2 y 5.3:

**Tabla 5.2**

*Evaluación de emisiones de CO<sub>2</sub>eq para el escenario inicial (Actual)*

<b>ESCENARIO INICIAL (actual)</b>		
Incineración:	$20.000\text{Kg} \cdot (1/750\text{Kg}/\text{m}^3) \cdot (1\text{T CO}_2\text{eq}/\text{m}^3)$	26,70T
Movimiento de pallets en Planta (Moto elevadores)	$28,50\text{KWh} \cdot (0,385 \text{ Kg CO}_2\text{eq}/\text{KWh}) \cdot (10^{-3}\text{T}/\text{Kg}) =$	$1,10 \times 10^{-2}\text{T}$
Traslado de Pallets Al aserradero y regreso del camión	$20.000\text{Kg} \cdot (1/750\text{Kg}/\text{m}^3) \cdot (1\text{viaje}/72\text{m}^3) \cdot (80\text{L}_{\text{gasoil}}/\text{viaje}) \cdot (10,6\text{KWh}/\text{L}) \cdot (0,2628 \text{ Kg CO}_2\text{eq}/\text{KWh}) \cdot (10^{-3}\text{T}/\text{Kg}) =$	$8,2 \times 10^{-2}\text{T}$
Caldera Humotubular (por 59,76KWh)	$59,76\text{KWh} \cdot (0,385 \text{ Kg CO}_2\text{eq}/\text{KWh}) \cdot (10^{-3}\text{T}/\text{Kg}) =$	$2,30 \times 10^{-2}\text{T}$
Caldera Humotubular: (por 5119m <sup>3</sup> de Gas Natural)	$5.119\text{Nm}^3 \cdot (10,7056\text{KWh}/\text{Nm}^3) \cdot (0,2016\text{Kg CO}_2\text{eq}/\text{KWh}) \cdot (10^{-3}\text{T}/\text{Kg}) =$	11,05T
<b>TOTAL:</b>		<b>37,86T</b>

Fuente: (Fondo Europeo de Desarrollo Regional, s.f.) y Correo electrónico enviado por Juliana Mossi, Analista de Gestión Ambiental de NEWSAN S.A., 14/12/2017.

Los pellets que no se queman en la caldera a BIOMASA (considerar que se generan 1T/h y se consumen 250Kg/h), al margen de estar fuera de esta consideración del impacto ambiental de la unidad de Gestión, se almacenan y preservan para formar un “colchón” de stock que permita asegurar el funcionamiento de la caldera de BIOMASA y la calefacción ininterrumpida, en caso de una parada de máquina de la línea pelletizadora para mantenimiento o por falla, así como dejar abierta la posibilidad a NEWSAN S.A. de evaluar una nueva línea de negocio basado en la comercialización del pellet.

**Tabla 5.3***Evaluación de emisiones de CO<sub>2</sub>eq para el escenario final (propuesto)*

<b>ESCENARIO FINAL (Propuesto)</b>		
Movimiento de pallets en Planta (Motoelevadores)	28,50KWh.(0,385 Kg CO <sub>2</sub> eq/KWh).(10 <sup>-3</sup> T/Kg) =	1,10 x 10 <sup>-2</sup> T
Pelletizadora: (por 24.800KWh)	24.80KWh.(0,385 Kg CO <sub>2</sub> eq/KWh).(10 <sup>-3</sup> T/Kg) =	9,55T
Caldera por BIOMASA: (por 30,00KWh)	30,00KWh.(0,385 Kg CO <sub>2</sub> eq/KWh).(10 <sup>-3</sup> T/Kg) =	1,15 X 10 <sup>-2</sup> T
Caldera por BIOMASA: (por 5,000Kg pellet consumido)	5,000Kg.(1,83 Kg CO <sub>2</sub> eq/Kg) =	9,15T
<b>TOTAL:</b>		<b>18,72T</b>

Fuente: (Fondo Europeo de Desarrollo Regional, s.f.)

Se elige el CO<sub>2</sub> como el equivalente al total de los gases de efecto invernadero porque, a pesar de tener un potencial de calentamiento mucho menor que el de otros gases, como el metano o los óxidos nitrosos, es el que más crecimiento ha experimentado en la atmósfera terrestre y el más abundante en porcentaje de todos ellos. Dicha medida de CO<sub>2</sub> equivalente es usada para calcular la Huella de Carbono de un individuo, producto, actividad o servicio. De esta manera se puede cuantificar un impacto ambiental atendiendo a la categoría de calentamiento global provocado por la emisión de gases de efecto invernadero.

Recordemos que el nivel de CO<sub>2</sub> equivalente es la cantidad de CO<sub>2</sub> que se necesitaría para dar el mismo forzamiento radiactivo de los otros gases de efecto invernadero. Esta es una manera de incluir los efectos del CH<sub>4</sub>, del N<sub>2</sub>O y de otros gases de efecto invernadero de cada proceso evaluado.

Cabe destacar que el enfoque de nuestra propuesta de proyecto se basa en el impacto ambiental que genera la emisión de GEI de los procesos actuales de NEWSAN S.A. y los procesos de la propuesta de proyecto, cuya comparación se presenta en la Tabla 5.4:

**Tabla 5.4***Comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq para los estados inicial y propuesto*

<b>Comparación de Emisiones en CO<sub>2</sub>equiv. (Sobre la Unidad de GESTION=1000 Pallet)</b>			
<b>ESCENARIO INICIAL (actual)</b>		<b>ESCENARIO FINAL (propuesto)</b>	
Incineración: (por 20,000Kg de pallet)	26,70T	Pelletizadora: (por 24,800KWh)	9,55T
Transporte interno del pellet en Planta	1,10 x 10 <sup>-2</sup> T	Transporte interno del pellet en Planta	1,10 x 10 <sup>-2</sup> T
Transporte de 1000 pallets	8,2 x 10 <sup>-2</sup> T	N/A	0,00T
Caldera Humotubular: (por 59,76 KWh)	2.30 x 10 <sup>-2</sup> T	Caldera Biomasa: (por 5000Kg pellet)	9,15T

Caldera Humotubular: (por 5119m <sup>3</sup> de Gas)	11,05T	Caldera Biomasa: (por 30KWh)	1,15 X 10 <sup>-2</sup> T
<b>TOTAL:</b>	<b>37,86T</b>	<b>TOTAL:</b>	<b>18,72T</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.6 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

En función de lo analizado en los cuatro procesos nombrados y dado el hecho que, utilizaremos pellets (residuos de tipo forestal), en el nuevo proceso en estudio y considerando también los datos contundentes que la reducción de gases de efecto invernadero de la materia prima es elevada por encima del 80% respecto a la alternativa fósil del proceso actual, podemos definir que, el riesgo de no alcanzar una elevada reducción de GEI es menor que el riesgo señalado para procesos con combustible fósil, debido a que las fases típicas de la transformación consumirán menos energía que el proceso de caldera humotubular con gas natural (Jiménez Moscoso, 2016).

Según el análisis de impacto de ACV y los cálculos mostrados de CO<sub>2</sub> equivalente podemos concluir que con respecto a la propuesta de pelletizadora y caldera de Biomasa, que ambos procesos generan un impacto ambiental positivo conforme a las emisiones al aire generadas por CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de tipo neutras, las que no contribuyen al efecto invernadero dado que la pelletizadora y la caldera de biomasa producen 18,72T de CO<sub>2</sub> equivalente a diferencia de la etapa actual que produce 37,86T de CO<sub>2</sub> equivalente, generando como resultado del proceso final propuesto un impacto ambiental positivo.

## 5.7 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En función de los plazos de entrega de los equipamientos seleccionados, su transporte vía marítima a la ciudad de Ushuaia, la capacitación de los técnicos involucrados en el proceso, la capacitación de los ingenieros involucrados en los planes de mantenimiento preventivo de todo el equipamiento, la puesta en marcha y calibración de todo el proceso, etc., se realiza la siguiente planificación GANTT para el proyecto, a lo largo de un plazo de 18 meses, la cual se adjunta en la Figura 5.8 (Correo electrónico enviado por Matías Wietz de IPeCo, 09/02/2018), (Correo electrónico enviado por Biomass Technology, 12/02/2018).

**Figura 5.8 PROGRAMACIÓN de la ejecución del proyecto**

TAREA	FASE	DISTRIBUCION DE TAREAS																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Reuniones previas de coordinación	1	■																	
Aceptación de la propuestas de equipos seleccionados	2		■																
Colocación de órdenes de compra de equipos	3		■	■															
Inicio de obras civiles y nave para la línea de producción	4			■	■	■	■												
Capacitación del personal a intervenir en el nuevo proceso	5					■	■												
Arribo de los equipos y puesta en marcha de la línea de producción	6						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Arribo de las calderas y adaptación de los sistemas	7						■	■	■	■									
Puesta a punto del sistema completo	8																	■	
Comienzo del acopio de pellets y su utilización	9																	■	
Corroboración de los equilibrios energéticos supuestos	10																	■	■
Corroboración de las variables ambientales evaluadas	11																		■
Ejecución del plan de mantenimiento semestral requerido	12											■						■	
Incorporación a los manuales de procesos y ciclos de mejora	13																		■

Nota: Distribución de las tareas y puesta en marcha de las mismas a lo largo de un período de 18 meses de implementación.

## CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

- A los efectos de analizar la factibilidad técnica, económica y ambiental del escenario que le hemos propuesto a NEWSAN S.A., se utilizan los contactos y entrevistas con las empresas más representativas a nivel mundial en la producción y uso de Biomasa, para analizar los equipamientos disponibles, sus precios, características, volúmenes de producción, consumos energéticos, plazos de entrega, etc., para seleccionar los equipos más adecuados para los volúmenes de producción que requiere NEWSAN S.A.
- En base a los valores de lo erogado en el escenario actual para el traslado, procesado y consumo de gas, versus los costos del equipamiento seleccionado y el proceso final propuesto, se observad sensibles ventajas económicas que surgen de comparar las Tablas 4.5 con la 5.1.
- Calculando la TIR y VAN del proyecto, se evalúa el flujo de caja, la viabilidad y la conveniencia financiera del proyecto.
- A través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se verifican los marcados beneficios ambientales que implica la implementación de nuestra propuesta, comparando los resultados explicitados en la comparación de emisiones de los estados inicial y final propuesto.

De este modo, se da satisfactoriamente respuesta al OBJETIVO PRINCIPAL de nuestro trabajo así como a los objetivos secundarios, a partir de la selección y características de los equipos necesarios de mejor calidad y disponibles de inmediato en el mercado internacional y se cumplen los objetivos propuestos por la empresa NEWSAN S.A.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AENOR (2011). *Agencia Europea de Normalización. Norma UNE-EN 14691-1 Certificación europea para combustibles sólidos en la cual se establecen especificaciones y propiedades para los pellets.*
- AENOR (2013). *Agencia Europea de Normalización. Norma UNE-EN 303-5, Estándares para calderas de combustible sólido.*
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (1998). *América Latina Frente a la Desigualdad. Informe de Progreso Económico y Social en América Latina. Washington D.C.*
- Biodisol (s.f.). *Los Biocombustibles.* <http://www.biodisol.com/que-son-los-biocombustibles-historia-produccion-noticias-y-articulos-biodiesel-energias-renovables/>
- BRICOBLOG (2013). *Tutorial básico para fabricar Pellets,* <https://www.bricoblog.eu>
- BIOMASS TECHNOLOGY (2017). *Calefacción a partir de la Biomasa. Estufas a pellets. Calderas a pellets.* <http://biomass.cl>
- Carrillo Parra, A., Rutiaga Quiñones, J.G. (2015). *Biocombustibles sólidos. Monterrey México: Informe de investigación Universidad Autónoma de Nuevo León Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.*
- CEAMSE (2010). *Reporte anual de la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado.*
- Consejo Deliberante de la Ciudad de Ushuaia (2012). *Ordenanza Municipal N°4124. Evaluación de impacto ambiental (EIA) y Evaluación del impacto visual y paisajístico (EIVP).*
- Cortines, F. (2017). *Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Análisis Comparativo de Impactos Ambientales de Tecnologías de Generación Eléctrica en un Contexto Regional Mediante Análisis de Ciclo de Vida, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería industrial.*
- Delgado, G., Bereisa, M., Días, D., Oscar, D. (2014). *Diseño de la ingeniería básica de una planta productora de pellets elaborados a partir de biomasa forestal. Trabajo de grado presentado ante la Universidad Católica Andrés Bello.*

- ENGIRSU (2005). *Estrategia Nacional para La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*.  
*Ministerio de Salud y Ambiente. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.*
- EUROPALET (2017). *Comercialización de pallets industriales*, <http://www.europalet.com>
- Fernández, J. (s.f.). *Máquinas Térmicas*. *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. Ingeniería Electromecánica.*
- Fondo Europeo de Desarrollo Regional (s.f.). *Unión Europea. Cálculo automático de emisiones totales en relación a los consumos energéticos de sus instalaciones*.  
<https://www.camarazaragoza.com/wpcontent/uploads/2012/10/calculoemisiones.xls>
- González, G. (2010). *Residuos Sólidos Urbanos en Argentina – Situación Actual y Alternativas futuras*.
- Gobierno de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur* (s.f.).  
<http://www.tierradelfuego.gov.ar>
- Gottau, V. (2010). *Análisis de los efectos ambientales generados por los residuos electrónicos: alternativas de negocio viables que reviertan su impacto en el ecosistema*. Buenos Aires. *Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudios de Posgrado*
- IDAE (2008). *Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. Biomasa: Industria*.  
*Madrid*. <http://www.idae.es>
- IEA (2017). *International Energy Agency. Bioenergy and biofuels*. <http://iea.org>
- INDEC (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. Proyecciones de población a futuro*.
- ISO (2008). *International Standard Organization. Normas ISO 9001:2008 Sistemas de Gestión de Calidad*
- ISO (2015a). *International Standard Organization. Normas ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de Calidad*
- ISO (2004). *International Standard Organization. Norma ISO 14001:2004 Normas de Gestión Ambiental*

- ISO (2015b). *International Standard Organization. Norma ISO 14001:2015 Normas de Gestión Ambiental*
- ISO (2006a). *International Standard Organization. Norma ISO 14040:2006 Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida*
- ISO (2006b). *International Standard Organization. Norma ISO 14044:2006 Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida*
- ISO (2005c). *International Standard Organization. Norma ISO 17025:2005 Laboratorios de Calibración de Instrumentos.*
- ISO (2011). *International Standard Organization. Norma ISO 50001:2011 Sistema de Gestión de la Energía.*
- ISTAS (2016). *Instituto Sindical sobre Trabajo, Ambiente y Salud. Artículo sobre cambio climático y sus efectos.*
- Jiménez Moscoso, T.N. (2016). *Evaluación ambiental de alternativas tecnológicas de aprovechamiento energético de residuos forestales. Santiago de Chile: Memoria para obtención de título de ingeniera civil química.*
- KAHL (s.f.). *Plantas granuladoras para madera. Amandus Kahl GmbH & Co. <http://akahl.de>*
- Kapelbi (s.f.). *El pellet. <http://www.kapelbi.com/pellet>*
- Leiva, E. (2016). *Publicación docente de Máster en Ingeniería y Gestión Medioambiental, Escuela de Organización Industrial, Madrid.*
- Legislatura de la Provincia de Tierra del Fuego (1992). *Ley Provincial N°55 Preservación, conservación, defensa y mejoramiento del medio ambiente. D.P. Nro.2327. Publicación B.O.P. 30/12/92. Artículo 1°.*
- Lope, C. (2009). *Tesis Doctoral, Desarrollo de la Herramienta Integrada “Análisis de Ciclo de Vida –Input Output” Para España y Aplicación a Tecnologías Energéticas Avanzadas, Universidad Técnica de Madrid.*
- Martin, F.M. (2001). *Biocombustibles de origen vegetal. Editorial AENOR. Asociación española de normalización y certificación. ISBN: 9788481432725*

- Maslatón, C., Miño, A., Ladrón González, A. (2007). *Instituto Nacional de Tecnología Industrial de la República Argentina. Pellets de Madera para usos energéticos*, p.7
- Mele, J., Iturralde, J. (2018). *Tesis para graduación como Ingenieros Industriales, Tratamientos de Residuos Urbanos en Ushuaia y Potencial reciclado de vidrio*, Universidad Nacional de Tierra del Fuego.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2013). *Publicación del Sistema Nacional de Inventarios de Efecto Invernadero*. Gobierno de Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile, (2016). *Manual de consultas sobre factores de emisión*. División de Salud Ambiental. Departamento de programas sobre Ambiente. Gobierno de Chile.
- Municipalidad de Ushuaia (2002). Carta Orgánica. *Principios del régimen Municipal. Declaraciones, derechos, deberes y garantías*. Artículos 78° al 88°.
- NEWSAN S.A. (2011). *Manual de Gestión Integrada de NEWSAN S.A., MG-0001 V.01*.
- NEWSAN S.A. (2017). *Manual de Gestión Integrada de NEWSAN S.A., MG-0001 V.04*.
- NEWSAN S.A. (2016). *Reporte de Sustentabilidad*, p.24.
- NEWSAN S.A. (s.f.). <http://www.newsan.com.ar>
- OHSAS (2007). *Occupational Health and Safety Assesment Series. Norma OHSAS 18001:2007 Sistema de Gestión y de Seguridad en el Trabajo*.
- Olivier, S. (1988). *Ecología y Subdesarrollo en América Latina. Siglo XXI, México*.
- Pérez, R. (2007). *Problemática Ambiental de Palpalá. Cuadernos de la Facultad Nro.2*, Universidad Nacional de Jujuy.
- PNUMA (2010). *Informe anual de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*.  
<http://www.pnuma.org/deat1/publicaciones.html>
- PNUMA (2013). *Informe anual de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. . Desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*.  
[http://www.pnuma.org/educamb/eventos\\_documentos.php](http://www.pnuma.org/educamb/eventos_documentos.php)

Prince, A. (s.f.). *No Todo lo que No reluce No es Oro. La Basura informática en Buenos Aires, amenaza u Oportunidad.* <http://princeconsulting.biz>

Rodríguez, G. (1999). *Operación de Calderas Industriales.* Editorial: ECOE, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

SAyDS (2012). *Reporte de anual de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Artículo 18 de la Ley N° 25.675.*

Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina (1992). Ley Nacional N°24.051 *Residuos peligrosos. Generación, manipulación, transporte y tratamiento.*

Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina (2004). Ley Nacional N°25.916 *Gestión de residuos domiciliarios.*

Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina (2002). Ley Nacional N°25.612 *Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios.*

Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina (2002). Ley Nacional N°25.675 *Ley general del ambiente.*

TOYOTA INDUSTRIES (s,f.). *TOYOTA División material handling. Autoelevadores eléctricos.* <http://toyota-industries.com.ar>

Yánquez, G.G. (2012). *Diseño de una planta de pelletización.* España.

Zanni, E. (2004). *Patología de la madera: degradación y rehabilitación de la madera.* Córdoba, Brujas: Editorial Brujas.

## ANEXO 1: Carta FORMAL de autorización de NEWSAN SA.



Sr. Director Académico

Programas Internacionales de Magister

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT del Estado de Chile:

De mi mayor consideración:

En mi carácter de GERENTE DE CALIDAD y MEDIO AMBIENTE de la empresa NEWSAN S.A. de sus plantas de producción de la ciudad de Ushuaia, Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, dejo constancia que ésta empresa autoriza a los maestrantes María Loreto Sagredo, John Anderson Cardona Hernández y Pablo Eduardo Lerzo, a realizar su Trabajo FINAL de MAGISTER en la temática del aprovechamiento productivo de los "Pallets" que acompañan como embalaje a la materia prima con que trabaja esta empresa en sus procesos y se recibe vía contenedor desde el exterior.

Asimismo, los estudiantes mencionados están autorizados a utilizar datos, tablas, estadísticas y toda otra información que esta empresa comparta con ellos con la finalidad mencionada.

Esta empresa reconoce y acepta que el trabajo a realizar por el equipo de maestrantes es una tarea de DIAGNOSTICO, para el diseño de un PROYECTO, sin que exista obligación alguna de la ejecución real del mismo.

Sin más, saluda a Ud. atentamente con el mas distinguido respeto,

  
Facundo Bianciotto  
Gerente de Calidad  
Newsan