

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y
Agrimensura

Escuela de Posgrado y Educación Continua



**“PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE BIOMASA
INDUSTRIAL PARA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA”**



Tesis presentada para optar al grado de
Magister en Energía para el Desarrollo Sostenible

Presentada por

Alumno: Ing. Aldo Edgardo Amprimo

Director: Dr. Miguel Ángel Lara

Codirector: Ing. Enrique Dreifuss

Rosario, 2022

INDICE

DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTOS	8
RESUMEN.....	9
PALABRAS CLAVES	9
ABSTRACT	10
KEYWORDS.....	10
1 INTRODUCCION.....	11
2 ENFOQUE METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION	12
2.1 PROBLEMA DE INVESTIGACION	12
2.2 OBJETIVOS DE INVESTIGACION	12
2.3 MARCO TEORICO	13
2.4 GASIFICACION DE BIOMASA	18
2.5 PLANTEAMIENTO CUANTITATIVO.....	20
2.6 JUSTIFICACION	21
2.7 ALCANCES	24
3 DESARROLLO del PROYECTO	24
3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	24
3.2 ETAPAS DEL PROYECTO.....	25
3.3 GESTIONES	26
3.4 PROFESIONALES INTERVINIENTES	27
3.5 TAREAS PREPARATORIAS - EDIFICIO	28
3.6 TRASLADO DE MATERIALES y MANO DE OBRA.....	28
3.7 CONSTRUCCION del EDIFICIO	29
3.8 INSTALACION DE MAQUINAS Y EQUIPOS	30
3.9 INTERCONEXION A RED DE BAJA TENSION	31
3.10 DESCRIPCION DEL AREA DE INFLUENCIA	33
3.11 SITUACION ACTUAL DEL EMPLAZAMIENTO.....	33
3.12 AREA DE INFLUENCIA DIRECTA	33
3.13 AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA.....	35
3.14 IMPACTO SOCIO ECONOMICO	37
3.15 CONTEXTO DEL PROYECTO EN EL PREDIO.	37
3.16 SECTORES RELACIONADOS	40
3.17 TECNOLOGIA ADOPTADA.....	41
3.18 DESCRIPCION DEL PROCESO	47
3.19 ANALISIS CUANTITATIVO DEL PROCESO	47

3.20	APROVECHAMIENTO DE CALOR RESIDUAL.....	51
3.21	MATERIA PRIMA - BIOMASA.....	54
3.22	ACONDICIONAMIENTO DE LA BIOMASA	59
3.23	GENERACION Y AHORRO DE EMISIONES.....	63
3.24	LAYOUT TENTATIVO DE LA INSTALACION.....	66
3.25	ENCENDIDO INICIAL.....	68
3.26	AGUA DE RED-UNIDAD DE TRATAMIENTO GAS DE SINTESIS	68
3.27	AIRE AMBIENTE.....	69
3.28	RESIDUOS GENERADOS Y EMISIONES.....	70
4	MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES.....	73
4.1	MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO OPERATIVO	73
4.2	MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE DENSIFICACION.....	74
4.3	MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE GASIFICACION Y GENERACION.	77
4.4	MANTENIMIENTO DE TABLEROS DE MANIOBRA Y MEDICION.....	78
5	TAREAS DE DESMONTAJE Y ABANDONO	79
6	ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO	80
6.1	DETALLE DE INVERSIONES	81
6.2	ACTIVOS FIJOS.....	82
6.3	ACTIVOS INTANGIBLES.....	82
6.4	CAPITAL DE TRABAJO.....	83
6.5	ANALISIS DE DEPRECIACION	84
6.6	COSTOS DE OPERACIÓN.....	86
6.7	INGRESOS DEL PROYECTO	87
6.8	ANALISIS DEL FLUJO DE FONDOS.....	89
6.9	ESTUDIOS DE SENSIBILIDAD.....	90
7	MARCO LEGAL - NORMATIVAS APLICABLES.	92
7.1	AMBITO INTERNACIONAL	92
7.2	AMBITO NACIONAL.....	93
7.3	AMBITO PROVINCIAL	93
8	ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL	94
8.1	LISTA CHEQUEO DE ACTIVIDADES	94
8.2	CUENCA HIDROLOGICA.....	97
8.3	AGUA SUBTERRANEA.....	99
8.4	DESCRIPCION CLIMATOLOGICA	99
8.5	REGIMEN DE VIENTOS	102
8.6	RELEVAMIENTO DE SUELOS.....	103
8.7	RELEVAMIENTO DE FLORA Y FAUNA	105
9	MEDIO ANTROPICO.....	106

9.1	LOCALIZACION GEOPOLITICA	106
9.2	EDUCACION Y SALUD	107
9.3	INDICADORES SOCIO ECONOMICOS	108
9.4	DATOS DE POBLACION	109
10	RESIDUOS DE OPERACIÓN.....	111
10.1	NORMATIVA NACIONAL DE RESIDUOS PELIGROSOS	111
11	ANALISIS CUANTITATIVO DE IMPACTOS AMBIENTALES	115
11.1	IMPACTOS ABSOLUTOS POR FACTORES AMBIENTALES	116
11.2	ANALISIS DE IMPACTO - DETALLE POR FACTOR.....	116
12	DETALLE DE IMPACTOS POR FASES.....	120
12.1	FASE DE OBRA DE CONSTRUCCION E INSTALACION.	120
12.2	FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	121
12.3	FASE DE CIERRE Y ABANDONO.....	122
12.4	EMISION DE GASES DE ESCAPE DE MOTORES	125
12.5	PROCESAMIENTO DE BIOMASA- TRITURACION.....	126
12.6	GENERACION DE RESIDUOS OPERATIVOS	127
12.7	ENCENDIDO INICIAL DEL REACTOR.	128
12.8	DESMONTAJE DE EQUIPOS Y ACOMETIDAS.....	128
12.9	IZAJE Y TRASLADO DE EQUIPOS	129
13	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	129
14	REFERENCIAS.....	131
15	ANEXOS.....	133
15.1	ANEXO I.....	133
15.2	ANEXO II.....	135
15.3	ANEXO III.....	137
15.4	ANEXO IV.....	137

INDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Unidad modular de generación por gasificación Syngasmart.	16
Figura 2:	Etapas del proceso de gasificación.	19
Figura 3:	Potencia instalada por región y tecnología.	23
Figura 4:	Reporte online de generación actual por tecnología.	23
Figura 5:	Ubicación del predio de la empresa donde se ubicará la instalación.	25
Figura 6:	Etapas del Proyecto.	26

Figura 7: Camino ingreso a sector eco-isla.	29
Figura 8: Container del reactor y tablero principal.	31
Figura 9: tablero eléctrico de la unidad de generación y pantalla HMI.	32
Figura 10: Pantalla de la Pc de control general de parámetros del motor de Gas.	32
Figura 11: Zona de Influencia directa.	35
Figura 12: Barrio San Miguel junto al predio de la empresa.	36
Figura 13: Area indirecta afectada establecida.	36
Figura 14: Detalle de la Eco-isla en la planta Fabril.	38
Figura 15: Pallet de madera standard europeo construido en pino.	39
Figura 16: Aspecto de los residuos de madera disponibles en la planta.	40
Figura 17: Pallets descartados y cajas del mismo material.	40
Figura 18: Ubicación de Eco-isla, planta de efluentes y edificios productivos.	41
Figura 19: Triturador de Embalajes UNTHA LR-1400.	43
Figura 20: Esquema de un Reactor de lecho fluidizado.	44
Figura 21: Etapas en un reactor de gasificación.	45
Figura 22: Módulos 2 y 3 del equipo de gasificación analizado.	46
Figura 25: Esquema gasificador y unidad de tratamiento de gas de síntesis.	52
Figura 26: Pallet normalizado según DIN EN 13698.	55
Figura 27: Dimensiones generales pallet 1200x800mm.	55
Figura 28: Sello de madera de embalaje tratada.	56
Figura 29: Ubicación edificio de procesamiento y generación de energía.	67
Figura 30: Equipo UNTHA LR1400.	68
Figura 31: Diagrama esquemático del proceso de gasificación y filtrado.	69
Figura 32: Sistema de corte de madera y accionamiento.	75
Figura 33: Detalles constructivos y aspecto general del equipo.	76
Figura 34: Características técnicas del equipo seleccionado.	77
Figura 35: Variación de TIR versus inversión porcentual.	90
Figura 36: Variación de VAN versus inversión porcentual.	91
Figura 37: Variación de TIR versus precio de EE.	91
Figura 38: Variación del VAN versus precio de EE.	92
Figura 39: Delta del río Paraná.	98
Figura 40: Ubicación de la localidad de Granadero Baigorria.	98
Figura 41: Zonas Climatológicas de la provincia de Santa Fe.	100
Figura 42: Localización de la ciudad de Granadero Baigorria.	101
Figura 43: datos Estación Climatológica Aeropuerto Islas Malvinas.	101
Figura 44: Datos bioclimáticos de Rosario.	102
Figura 45: Rosa de los vientos para la zona de trabajo.	103

Figura 46: Tipología de suelos en la provincia de Santa Fe.	104
Figura 47: Vista aérea de las zonas clasificadas por el INTA.	104
Figura 48: Vista coloreada de las zonas clasificadas por el INTA.....	105
Figura 49: Departamentos del área del Gran Rosario.....	107
Figura 50: Definiciones de Indicadores y conformación del AGR.....	109
Figura 51: Evolución demográfica de Granadero Baigorria.	110
Figura 52: Escala de Impactos adoptada.	115
Figura 53: Impactos absolutos por Factores.	116
Figura 54: Distribución porcentual de factores ambientales impactados.....	116
Figura 55: Detalle de impactos en factor ambiental Agua.	117
Figura 56: Detalle de impactos en factor ambiental Suelo.	118
Figura 57: Detalle de impactos en factor ambiental Aire.....	118
Figura 58: Detalle de impactos en factor ambiental biota.	119
Figura 59: Detalle de impactos a nivel socio cultural.	119
Figura 60: Detalle de impactos en factor Socio Económico.	119
Figura 61: Detalle de Impactos en la fase de obra de construcción e instalación.....	120
Figura 62: Detalle de Impactos en la fase de operación y mantenimiento.	121
Figura 63: Detalle de Impactos en la fase de cierre y abandono de operaciones.	122
Figura 64: Detalle de Impactos absolutos en las actividades del proyecto.	124
Figura 65: Muestreo recomendado sobre calidad del gas de síntesis.	126
Figura 66: Equipo de aspiración de polvos combustibles CAMFIL.	126

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro comparativo gasificación y combustión.....	17
Tabla 2: Resumen de parámetros operativos.	49
Tabla 3: Motor TEDOM 100KWe.....	51
Tabla 4: Listado de modelos de motores cogeneración de Calor y Energía.....	51
Tabla 5: Consumos relevados en equipo de lavado blocks de cilindros.	53
Tabla 6: Datos de análisis aproximado de biomasas, carbones y RSU.	57
Tabla 7: Análisis último de biomasas y carbones.	57
Tabla 8: Registro de residuos de Madera.....	58
Tabla 9: Análisis de PCI / Humedad.....	59
Tabla 10: Poder Calorífico inferior y Humedad relativa promedio.	59
Tabla 11: Norma Austríaca para Virutas de Madera.....	62
Tabla 12: Autoconsumo de energía eléctrica.....	64

Tabla 13: Resumen de consumos mensuales de energía eléctrica.....	64
Tabla 14: Balance energético y emisiones.....	65
Tabla 15: Composición orientativa de syngas.....	70
Tabla 16: Composición Cenizas Gasificación Maderas	71
Tabla 17: Composición aproximada del Biochar.....	71
Tabla 18: Composición de los residuos TARS según temperaturas y procesos asociados.....	72
Tabla 19: Tareas de mantenimiento equipo de trituración.....	74
Tabla 20: Tareas asociadas al equipo de gasificación y generación de energía.....	78
Tabla 21: Resumen de inversiones y actividades.....	81
Tabla 22: Cuadro resumen de activos fijos.....	82
Tabla 23: Activos Intangibles	83
Tabla 24: Estimación Capital de Trabajo.....	84
Tabla 25: Valor de rescate y Vida útil Estimada.....	85
Tabla 26: Tabla de Depreciación.....	86
Tabla 27: Detalle de Costos Operativos.....	87
Tabla 28: Datos Tarifas Energía en Latinoamérica al 2019.....	88
Tabla 29: Detalle de Ingresos.....	88
Tabla 30: Resultados flujo de fondos precio regional.....	89
Tabla 31: Análisis de flujo de fondos bajo precio local EE.....	90
Tabla 32: Resumen de posibles riesgos.....	94
Tabla 33: Tabla de Chequeo de Actividades y Posibles Impactos.....	97
Tabla 34: Resumen de datos poblacionales de Granadero Baigorria.....	107
Tabla 35: Indicadores básicos de Nivel de Empleo Gran Rosario.....	108
Tabla 36: Indicadores de nivel de empleo. aglomerados Urbanos de Argentina.....	108
Tabla 37: Evolución del empleo en Gran Rosario.....	109
Tabla 38: Población de algunas ciudades del AGR.....	110
Tabla 39: Impactos absolutos por Actividades	123
Tabla 40: Actividades con impactos a considerar.....	125

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi numerosa familia, amigos, docentes y toda persona interesada y entusiasmada en el aprovechamiento energético de residuos.

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa y mis hijos, a mi padre, quienes me acompañaron y acompañan siempre en mis iniciativas y proyectos.

A los docentes de la maestría, especialmente a mi director de tesis, por el especial seguimiento y constancia en sus recomendaciones y asesoramiento profesional brindado en todo el transcurso del desarrollo del proyecto.

A mi codirector de tesis y docente de la materia “Energía de la Biomasa”, el cual, a través de las clases dictadas logró atraer mi atención hacia los aspectos térmicos involucrados en el aprovechamiento de residuos de biomasa.

A mis compañeros de estudio en la maestría, con los cuales compartimos el entusiasmo al investigar nuevos y desafiantes temas.

A las empresas tanto locales como extranjeras que posibilitaron el acceso a la información y en algunos casos, a las instalaciones. Especial mención a Industrias Savini SRL, quienes me permitieron presenciar la puesta en marcha y operación del equipo de gasificación modular de origen italiano utilizado en este proyecto.

A todas aquellas personas que de alguna manera dedicaron su tiempo y colaboración para que pudiera avanzar y concretar este trabajo.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación está orientado al aprovechamiento de los residuos de biomasa (madera de embalajes) en el contexto de una industria metalmecánica, representativa de cualquier industria similar. La utilización de los residuos para generación de energía forma parte de los esfuerzos que se necesitan para hacer frente al contexto actual de incremento de población, las necesidades energéticas asociadas y el cuidado del planeta. De todos los recursos renovables, la biomasa constituye el único que puede ser convertido en subproductos sólidos, líquidos y gaseosos a través de variados procesos de conversión. Las condiciones comerciales planteadas desde hace algunos años vinculadas al equilibrio de la balanza comercial, ha incrementado notablemente el desarrollo y puesta en marcha de operaciones de ensamble en la industria local. Toda operación de ensamble involucra reunir componentes de diversos orígenes, lo cual incluye el empaque/embalaje para el tránsito ya sea marítimo, terrestre o aéreo. La madera descartada de los embalajes es utilizada como combustible en un proceso de gasificación, el cual alimenta, a través de los compuestos volátiles generados (CO, CO₂, CH₄, H₂), un equipo de generación de energía eléctrica (Motor de combustión + Generador eléctrico). El relevamiento de materia prima disponible permite seleccionar un equipo de generación de energía eléctrica por gasificación, de una potencia instalada (100 KW-e) importante. En forma conjunta con la producción de energía eléctrica, se dispone (150-160KW-h) de energía térmica, la cual puede aprovecharse concretamente para el calentamiento de las cubas de los equipos de lavado de piezas. El proceso planteado requiere la adecuada preparación de la biomasa disponible, en un tamaño-geometría adecuado a los requerimientos del reactor de gasificación. La solución adoptada consiste en un equipo de astillado de madera, sistemas de transporte de material y un silo de almacenamiento temporario para garantizar el suministro continuo a la planta de gasificación. En base a la inversión determinada, el proyecto muestra un período de repago de 7.7 años bajo una tasa del 12.2%, lo cual es favorable desde el punto de vista económico y financiero, permitiendo cubrir el 17% de la energía total anual consumida en la planta. Finalmente se compara la generación anual frente a una planta fotovoltaica de la misma potencia instalada.

PALABRAS CLAVES

Energías Renovables, Biomasa, Gasificación, Cogeneración, Gas de síntesis.

ABSTRACT

This research project is aimed at the use of biomass waste (Industrial wood packaging) in the context of a metalworking industry, representative of any similar industry. The use of waste for energy generation is part of the efforts needed to face the current context of population increase, the associated energy needs and the care of the planet. Of all renewable resources, biomass is the only one that can be converted into solid, liquid and gaseous by-products through various conversion processes. The commercial conditions raised for some years linked to the balance of trade, has significantly increased the development and start-up of assembly operations in the local industry. Every assembly operation involves bringing together components from a variety of sources, including packaging for sea, land or air transit. The wood discarded from the packaging is used as fuel in a gasification process, which feeds, through the volatile compounds generated (CO, CO₂, CH₄, H₂), an electric power generation equipment (Combustion engine + electric generator). The survey of available raw material allows to select an equipment for the generation of electrical energy by gasification, of an important installed capacity (100 KW-e). In conjunction with the production of electrical energy, thermal energy is available (150-160KW-h), which can be used specifically for heating the tanks of the parts washing equipment. The proposed process requires the adequate preparation of the available biomass, in a size-geometry appropriate to the requirements of the gasification reactor. The solution adopted consists of wood chipping equipment, material transport systems and a temporary storage silo to ensure continuous supply to the gasification plant. Based on the investment determined, the project shows a repayment period of 7.7 years under a rate of 12.2%, which is favorable from the economic and financial point of view, allowing to cover 17% of the total annual energy consumed in the plant. Finally, the annual energy generation is compared against a photovoltaic plant of the same installed capacity.

KEYWORDS

Renewable Energy, Biomass, Gasification, Cogeneration, Syngas.

1 INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación nace en el contexto de una empresa local metalmecánica, en la cual, debido a los cambios en la normativa de contenido local, ha visto incrementado el volumen de residuos de embalajes de madera y otros componentes que forman parte integrante de los mismos.

A fin de gestionar la acumulación y el destino de los embalajes y pallets segregados del proceso, la mencionada industria debe proceder al retiro de tales componentes, a través de la contratación de una empresa local de reciclado.

La situación actual de programas de reducción de costos de insumos y materiales, normativas de impacto ambiental de los procesos y la sustentabilidad global del negocio, han enmarcado el presente estudio del aprovechamiento de los residuos específicos de biomasa industrial (pallets y cajones y madera) a fin de cogenerar energía eléctrica y calor para beneficio de la propia planta.

A partir de esta situación se plantea como problema de investigación la viabilidad de instalación de una planta de cogeneración a partir de la biomasa disponible.

El proyecto seleccionado, permitirá a la mencionada industria, cubrir un porcentaje del consumo interno de energía eléctrica mediante una fuente renovable. La tecnología seleccionada para aprovechar los residuos de madera, denominada Gasificación, genera también calor residual, el cual puede aprovecharse internamente. Cabe destacar que los residuos de biomasa-madera (materia prima) se generan en el ámbito de los procesos de mecanizado y montaje dentro de la propia planta y que por tal motivo no hay costos de transporte a considerar. Es importante destacar que los mencionados residuos de madera suelen estar en contacto con aceites anticorrosivos, motivo por el cual no podrían tener otro destino que su transformación.

La tecnología seleccionada está ampliamente desarrollada en otros países para potencias instaladas del entorno de 20-200KW, particularmente adaptado a industrias donde existe un subproducto biomásico aprovechable. Los residuos del proceso de gasificación con los cuales habrá que trabajar en su utilización/tratamiento posterior son habitualmente residuos carbonosos también denominados char ó biochar, cenizas, condensados y material particulado. A diferencia de los procesos de combustión directa de biomasa, los gases de escape del motor de combustión (motor a gas) no contienen material particulado de importancia y pueden ajustarse para el cumplimiento con niveles de emisiones Tier 3 y Tier 4 mediante un sistema adecuado de tratamiento de gases de escape.

Finalmente, el desarrollo del proyecto brindará los elementos necesarios para la tramitación de la licencia ambiental requerida para cogeneración de energía a partir de fuentes renovables, sin inyección al sistema interconectado nacional.

2 ENFOQUE METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION

2.1 PROBLEMA DE INVESTIGACION

El problema de investigación está centrado en analizar la factibilidad/viabilidad de instalación de una planta de cogeneración de energía basada en gasificación, que utilice los residuos de madera de embalajes disponibles, convenientemente triturados y densificados. La energía obtenida deberá ser aprovechada dentro del establecimiento fabril a fin de cubrir parte de su demanda interna.

2.2 OBJETIVOS DE INVESTIGACION

A continuación, enumeramos los objetivos específicos del proyecto de investigación:

- Evaluar tecnologías de gasificación disponibles para aprovechamiento de biomasa industrial en *pequeña escala*. (20 a 200KW-e).
- Caracterizar el residuo/combustible, mediante la determinación del poder calorífico, así como también su contenido de humedad (biomasa).
- Relevar datos históricos anuales de residuos de madera segregada por la operación de la planta (disponibilidad del recurso).
- Analizar energías y masas involucradas en el proceso, utilizando datos proporcionados por el fabricante del equipo, fuentes empíricas ó bibliográficas y/o provenientes de instalaciones similares.
- Presupuestar en el mercado local ó extranjero, un generador por gasificación apropiado a las necesidades relevadas (Potencia instalada en correspondencia con recursos disponibles).
- Plantear acondicionamiento (trituración) y almacenamiento de los residuos de madera para el abastecimiento de la instalación seleccionada.

- Calcular energía anual a cogenerar (térmica y eléctrica) y evaluar cobertura del consumo anual promedio de la planta.
- Evaluar económica y financieramente el proyecto.
- Realizar análisis de impacto ambiental.
- Generar recomendaciones y conclusiones.

2.3 MARCO TEORICO

Según lo mencionado en un informe de la Cámara Argentina de Energías Renovables, existen en nuestro país varios ejemplos de empresas que han incursionado en el aprovechamiento de residuos industriales de biomasa con fines energéticos. El primer caso para destacar por su magnitud es el de la empresa Cervecería Quilmes, (plantas industriales de Corrientes y Zárate) donde la utilización de biomasa permitió reducir el consumo anual de energías no renovables en más de 80%.

Como segundo ejemplo se describe el caso de la empresa láctea Manfrey, ubicada en la provincia de Córdoba, la cual posee también un equipo de gasificación. En un artículo publicado en Octubre del 2016 (Diario San Francisco, 2016), se describe la inminente incorporación de un gasificador de biomasa forestal (chips de eucaliptos) para alimentar la caldera principal, la cual provee de vapor de servicio a muchos de los procesos productivos.

Existen también ejemplos de utilización de los residuos agrícolas de caña de azúcar (bagazo) como combustible en las calderas de los ingenios azucareros.

A partir de la información publicada en la página web del programa PROBIOMASA (FAO, 2020), pueden mencionarse estudios vinculados a aprovechamiento de residuos foresto-industriales realizados en las provincias de Entre Ríos, Misiones, Corrientes y Córdoba.

En el caso de la provincia de Entre Ríos, el estudio arroja la disponibilidad energética de entre 710.000/840.000 t/año de residuos foresto-industriales y 100.00 tn/año de cáscara de arroz, planteando el desarrollo de la Central San Salvador - 7,5 MW – cáscara de arroz – generación de energía eléctrica por medio de combustión directa en lecho fluidizado/grilla vibrante, Central Villaguay – 2 MW – cáscara de arroz – cogeneración por medio de combustión en grilla vibrante, Central Concordia – 25 MW – residuos foresto-industriales – generación de energía eléctrica por medio de gasificación

y combustión y por último, la central Federación – 25 MW – residuos foresto-industriales – generación de energía eléctrica por medio de gasificación y combustión.

En el caso de la provincia de Córdoba, existen proyectos de sustitución parcial ó total de combustibles fósiles para la reducción de emisiones (Mecanismos de desarrollo limpio) entre los cuales puede destacarse el proyecto AGD – General Deheza, Cogeneración - 10 MW. (183.000 Tn/año de cáscara de girasol y maní), el cual reducirá 585.760,9 Tn CO₂ en 21 años.

Por otra parte, los estudios realizados en las provincias de Misiones y Corrientes permitieron identificar y seleccionar sitios aptos para la implementación de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de biomasa para abastecer poblaciones rurales dispersas para las que no existe suministro por red. Podemos mencionar el de la Central de generación en San Antonio Isla (Corrientes) – 10 Kw – generación de energía eléctrica mediante gasificación con residuos foresto-industriales, Central en picada Unión (Misiones) – 20 Kw - generación de energía eléctrica mediante gasificación con residuos foresto-industriales, Proyecto PINDO – Puerto Esperanza, Misiones – Cogeneración –4 MW, aportara excedentes a la red. (102.000 Tn/año de residuos foresto-industriales), reducirá 491.127 Tn CO₂ en 21 años, Proyecto Don Guillermo – S. de Liniers, Misiones – Cogeneración – 3 MW (residuos foresto-industriales), reducirá 102.489 Tn CO₂ en 7 años.

Por otro lado, la Facultad Regional de San Rafael de la Universidad Tecnológica realizó un estudio sobre carozos de aceitunas, transformándolas en briquetas cuyo poder calorífico (4.844 calorías por kg) es superior a la leña en muchos casos. Para este proyecto fueron utilizados residuos agroindustriales, carozos de aceitunas y de frutas, agroforestales, como ramas hojas provenientes de la poda urbana.

Dado que las experiencias locales mencionadas, tanto de combustión como de gasificación corresponden a volúmenes de biomasa del orden de miles de toneladas anuales, se formalizaron consultas a empresas principalmente europeas a fin de disponer de información técnica específica sobre equipos de gasificación para volúmenes reducidos de biomasa (1000 toneladas anuales).

Se contactó por ejemplo a la empresa BURKHARDT (Burkhardt Energy & Building Technology, 2020), quien fabrica y comercializa desde el año 2010, equipos de gasificación que operan con pellets de madera, con potencias instaladas desde 50KW

hasta 180KW. En el caso particular de este fabricante, los equipos operan con combustible densificado y normalizado bajo la normativa europea EN Plus A1, lo cual provee ventajas de eficiencia por encima de los valores promedios del mercado. El uso de pellets tiene también ventajas térmicas (humedad máxima residual del 10% y por lo tanto sin requerimiento de secado previo) y operativas en el almacenamiento (tamaño reducido de silos), transporte y alimentación regular del reactor. Cada kg masa de pellets bajo la normativa mencionada posee un contenido energético de 5KW-h. La empresa menciona en su cartera de clientes, un aeropuerto alemán abastecido por medio de un conjunto de generadores eléctricos operando bajo gasificación de biomasa. En el caso hipotético de adquirir un equipo de gasificación que opere con pellets en lugar de chips, la principal desventaja es el costo de la instalación de peletizado, inviable para los volúmenes de biomasa a procesar.

A fin de disponer de alguna cotización presupuestaria de referencia, se contactó mediante el formulario de requerimientos a una empresa manufacturera de *plantas de peletizado* pero no se recibió la respuesta formal de la misma.

A fin de evaluar otras opciones, actuales, se contactó a una empresa italiana de equipos de generación de energía por ciclo orgánico Rankine, ZUCATTO Energy (Zucatto Energy , 2019), la cual provee equipos de aprovechamiento de fuentes térmicas de baja temperatura. Como fuente de generación térmica, las instalaciones ofrecidas disponen de calderas de biomasa para generación de agua sobrecalentada. Luego mediante un intercambiador adecuado, vaporiza un fluido orgánico caloportador para accionar un equipo de moto-generación [turbina+generador eléctrico]. Dentro de los ejemplos de instalaciones suministradas bajo esta tecnología, se indica una fábrica que aprovecha *pallets descartados de madera* siendo éste un ejemplo bastante cercano al objetivo buscado.

Otra de las firmas contactadas es una empresa de origen también italiano RESET International (RESET, RESET - SyngSmart®, 2020), la cual tiene patentados conjuntos modulares de generación de energía por gasificación desde bajas potencias hasta 200KW eléctricos.

Para ejemplificar una instalación de gasificación modular de generación de energía y calor, de diseño reciente, se adjunta un esquema ilustrativo de la firma antes mencionada (figura 1)

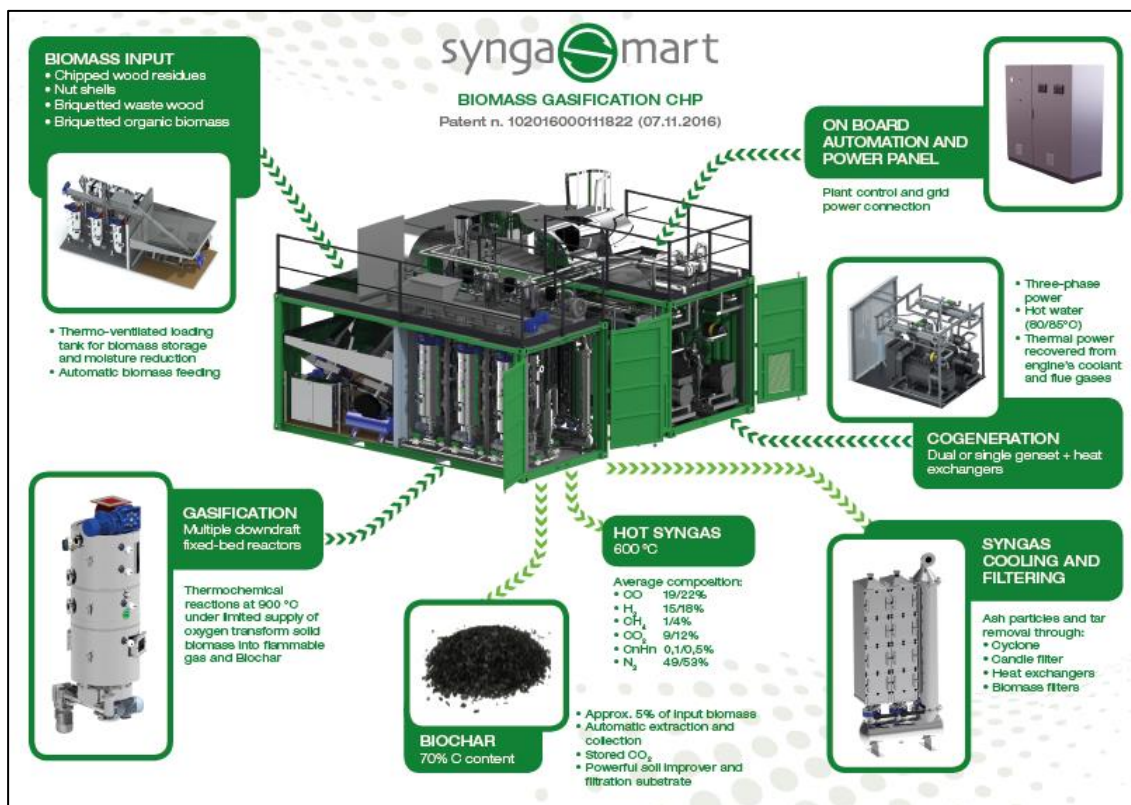


Figura 1: Unidad modular de generación por gasificación Syngasmart.

Fuente: RESET- Italy.

En resumen, los procesos disponibles para la generación de energía a partir de la biomasa son básicamente dos: gasificación y combustión. Desde el punto de vista operativo, el proceso de gasificación tiene una complejidad mayor que una planta de combustión. Sin embargo, en los últimos años, las plantas de gasificación han recibido una actualización importante a nivel de automatización lo cual resuelve de manera favorable el control del proceso.

A nivel de rendimiento global, el proceso de gasificación muestra ventajas respecto al proceso de combustión.

Desde el punto de vista ambiental, el proceso de gasificación muestra también algunas ventajas en las emisiones que deben administrarse. En la tabla siguiente se resumen debilidades y fortalezas de las tecnologías analizadas.

Cuadro Comparativo de Tecnologías de Conversión		
	Fortalezas- Ventajas	Debilidades- Desventajas
Combustión directa	Sistemas probados, simples y de costo efectivo conveniente.	Emisiones de Nox, CO y particulado más elevadas.
	Equipamiento ampliamente disponible y muy extendido.	Conversión ineficiente cuando se aprovecha solamente energía mecánica. Algunos diseños con aprovechamiento de energía térmica.
	Alta flexibilidad en contenido de humedad y tamaño de partículas.	Requiere agua si se utiliza una turbina de vapor. No requiere agua en ciclos Rankine de compuestos orgánicos donde la condensación se realiza por enfriadores adiabáticos.
	Operación y tecnología de mediana complejidad.	
Gasificación	Emisiones reducidas en Nox, CO y material particulado.	Tecnología aún no ampliamente disponible. Algunos sistemas aún en fase de desarrollo y demostración.
	Conversión más eficiente de la biomasa.	Requerimiento de tamaño uniforme de partículas y bajo contenido de humedad.
	No requiere agua de enfriamiento. Enfriamiento del motor a gas en ciclo cerrado.	Operación y tecnología de elevada complejidad.

Tabla 1: Cuadro comparativo gasificación y combustión.

Consultando el manual de Gasificación de Biomasa y Pirólisis-Diseño Práctico (Basu, 2010), podemos enumerar ventajas adicionales para la tecnología de gasificación,

1. Para un volumen determinado de biomasa procesada, el volumen de gas de síntesis, obtenido es mucho menor respecto al generado en una planta de combustión directa. A menor volumen menor es el tamaño del equipo implicado y menores los costos totales.
2. El gas de síntesis puede ser utilizado en una gama más amplia de aplicaciones que su precursor el combustible sólido. En muchos procesos industriales especiales se requiere de un gas de las características del gas de síntesis.
3. Los residuos sólidos de una planta de gasificación son más reducidos que los generados en una instalación de combustión.
4. Para la generación de electricidad en una zona ó sitio remoto, una planta de gasificación modular que posea un motor de combustión acoplado a un generador es una buena solución. Para un sistema basado en combustión se necesita una caldera ó generador de vapor, una turbina y un sistema de condensación siendo este conjunto de potencia más voluminoso que el sistema de gasificación.
5. Si solamente se necesita energía térmica, la mejor solución podría ser un sistema de combustión aún para escalas pequeñas.

En función de lo analizado y las ventajas/desventajas enumeradas, la selección apunta a un *sistema de gasificación modular* para el aprovechamiento energético de los residuos de madera. La escala-tamaño debería ajustarse a la disponibilidad promedio de madera.

Por último, a través de un sitio web dedicado a energías renovables (Energía Estratégica, 2016), se localizó un fabricante de equipos destinados principalmente a la industria aceitera, quien, en el año 2015, realizó la importación de una instalación de gasificación del tipo modular fabricada por la firma italiana Piroflamegas (Piroflamegas, 2016). Dicho proveedor, ubicado en la provincia de Santa Fe, dispone de la representación técnica y comercial de los equipos en Argentina. Luego de contactar al proveedor, se tuvo conocimiento de la existencia de la planta de gasificación utilizada como base en el presente estudio, ubicada en el Parque Industrial de la ciudad de Pérez.

2.4 GASIFICACION DE BIOMASA

Los procesos que permiten efectuar la conversión termoquímica de la biomasa pueden agruparse en: combustión, pirólisis, gasificación y licuefacción. A través de la ruta termoquímica se obtienen gases los cuales son sintetizados en compuestos químicos o utilizados directamente.

El proceso de gasificación de biomasa fue aplicado desde los inicios del siglo XIX para cubrir necesidades de alumbrado y calefacción. El mismo tiene lugar bajo condiciones de reducción con oxígeno agregado en cantidades por debajo de los niveles estequiométricos requeridos para una combustión completa (Basu, 2010).

Dentro de los agentes gasificantes utilizados para realizar el aporte del oxígeno necesario podemos mencionar el vapor de agua, el oxígeno puro y el aire ambiente. El tipo de agente gasificante utilizado determina el poder calorífico del gas de síntesis resultante.

La biomasa que ingresa al reactor como material sólido particulado, es convertido en una mezcla de gases con calidad y consistencia necesarias para ser aprovechados, en este caso, para operación de un motor de combustión.

La mencionada mezcla de gases con capacidad remanente de oxidación suele recibir variadas denominaciones en la bibliografía existente:

- Gas de madera. (Wood gas)
- Gas de síntesis. (Syngas)

- Gas pobre.
- Gas de gasógeno.

La composición básica del gas de síntesis es: CO, H₂, CH₄ y H₂O.

El proceso de gasificación se caracteriza habitualmente por la *tasa de conversión* del carbono (residente en el combustible alimentado) en gas de síntesis producido. Según la bibliografía consultada, los valores de eficiencia de conversión habitualmente oscilan en el rango de 60 a 80%.

Las cuatro etapas del proceso de gasificación comprenden el *precalentamiento de la biomasa* (reducción de la humedad libre ó en equilibrio), *pirólisis*, *oxidación* (combustión) y *gasificación*. Las últimas dos comprenden específicamente las reacciones gas-sólido y las reacciones en fase gaseosa (Figura 2).

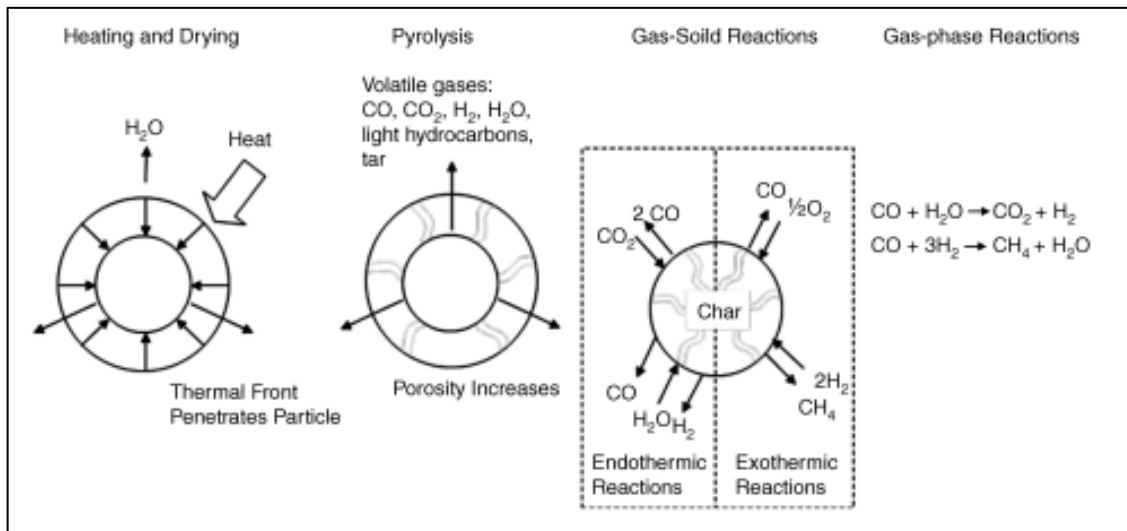


Figura 2: Etapas del proceso de gasificación.

Fuente: Thermochemical Conversion of Biomass. Conversion on Fuels, Chemicals and Power. Robert Brown. John Wiley and Sons. Página 49.

La biomasa posee normalmente valores elevados de humedad. En el caso de las plantas y árboles, la humedad es absorbida a través de la raíz desde el suelo y transferida a las hojas donde se transforma parcialmente mediante la fotosíntesis. La parte restante es liberada al medio ambiente mediante el proceso de transpiración.

El contenido de humedad de la biomasa a utilizar es un dato importante en una planta de gasificación, ya que sustrae parte de la energía que producen las reacciones exotérmicas reduciendo por lo tanto la energía neta disponible.

La humedad puede presentarse bajo dos formas: humedad adquirida o externa y la humedad en condiciones de equilibrio ó interna. La humedad externa se ubica sobre el contenido de humedad de equilibrio y normalmente reside en el exterior de las paredes de las células (humedad macro). La humedad de equilibrio se ubica en el interior de las células. La humedad de equilibrio está relacionada con la humedad relativa del aire ambiente. La normativa más utilizada para la determinación del contenido de humedad corresponde al standard ASTM D-871-82 para el caso de maderas según (Basu, 2010). El proceso de calentamiento y secado comienza en la superficie exterior de la partícula de biomasa progresando luego hacia el centro. Apenas la partícula ingresa al reactor, la temperatura exterior se eleva rápidamente estableciéndose un delta de T° con el interior. Cuanto mayor sea el tamaño de la partícula, tanto mayor será el tiempo requerido para que el interior de la misma alcance las condiciones de calentamiento y secado. Como consecuencia de lo anterior, cada reactor tiene un tamaño de partícula especificado a fin de cumplir con las condiciones de diseño.

De acuerdo con lo mencionado en (Overend, Milne, & Mudge, 1985) el proceso de pirólisis consiste en la descomposición térmica rápida de las partículas sólidas lignocelulósicas en ausencia de oxígeno comenzando a temperaturas superiores a los 225-300°C y completándose al alcanzarse los 400-500°C. El proceso es acompañado por la liberación de compuestos volátiles, incluyendo agua producto de la descomposición química de la biomasa, gases no condensables y residuos sólidos carbonosos porosos denominados char ó biochar.

2.5 PLANTEAMIENTO CUANTITATIVO

Para el desarrollo del presente estudio, utilizaremos un enfoque cuantitativo que permita relacionar la masa de residuo de biomasa ingresada, las conversiones de energía y la energía neta total aprovechable. Con el resultado anterior podremos determinar la cobertura de cogeneración, sobre el consumo promedio anual eléctrico de la planta.

Dentro de las variables a estudiar podemos mencionar, la masa de residuos de madera disponible promedio (mensual, diaria y anual), la tasa de conversión en energía eléctrica y energía térmica, las pérdidas y los volúmenes de subproductos generados (cenizas, biochar, tars, material particulado, condensados) por el proceso por unidad de masa ingresada.

2.6 JUSTIFICACION

El aprovechamiento de residuos industriales constituye parte de los esfuerzos que se necesitan para hacer frente al contexto actual de incremento de población, las necesidades energéticas asociadas y el cuidado del planeta. De todos los recursos renovables, la biomasa constituye el único que puede ser convertido en subproductos sólidos, líquidos y gaseosos a través de variados procesos de conversión, siendo la cuarta fuente de energía a nivel mundial.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto está orientado al *aprovechamiento de los residuos industriales de biomasa* (madera) en el contexto de una industria metalmecánica, representativa de cualquier industria similar de la zona. El residuo de madera es un elemento común a empresas que operan con procesos productivos de ensamble como así también dedicadas al fundido y mecanizado de piezas en general.

Las condiciones comerciales planteadas desde hace algunos años vinculadas al equilibrio de la balanza comercial, ha incrementado notablemente el desarrollo y puesta en marcha de operaciones de ensamble en la industria. La disponibilidad anual de biomasa, en la forma de pallets y embalajes de madera, ha alcanzado niveles de 1300 toneladas, siendo proporcional a los volúmenes de producción. Los residuos generados son retirados diariamente por una empresa contratada a tal fin.

Toda operación de ensamble involucra reunir componentes de diversos orígenes, lo cual incluye el empaque/embalaje para el tránsito ya sea marítimo, terrestre ó aéreo. Los embalajes no retornables utilizados en la industria metalmecánica están contruidos con madera de pino libre de nudos, cepillada y tratada, generada a partir de forestaciones de carácter industrial, incluyendo también films plásticos, sunchos metálicos y/o plásticos y elementos metálicos de sujeción tales como clavos, tornillos y grampas.

Dado que habitualmente se utilizan aceites preventivos base solvente para proteger a las piezas embaladas de la corrosión marítima, la biomasa de los residuos considerados se ubica dentro de la categoría residuos peligrosos bajo la normativa de la provincia de Santa Fe. Debido a lo anterior, dicha madera no debe/debería comercializarse para otros usos. Bajo las condiciones planteadas, el aprovechamiento energético de este residuo peligroso aparece como una alternativa viable desde el punto de vista ambiental.

Es importante mencionar la coexistencia de embalajes retornables basados en polímeros de ingeniería, los cuales se utilizan para la logística interna de componentes dentro de la planta. (Racks con frentes desmontables, colapsables, racks de traslado de piezas, láminas separadoras de PE etc).

Desde el punto de vista del tipo de fuente de energía involucrada (generación con muy baja intermitencia) podemos mencionar las siguientes ventajas:

- Es una forma de generación de energía “programable”, que puede operar entre 6000 a 7000 horas anuales, a diferencia de la solar y eólica.
- Permite adoptar sistemas modulares de generación, de baja potencia instalada, lo cual tiene como ventaja inversiones acotadas y “foot print” reducido.
- La biomasa contiene oxígeno, lo cual la hace muy atractiva como combustible, como reactivo y como fuente de obtención de otros productos químicos.
- Utiliza un residuo gratuito generado en la propia planta, donde no hay costos de transporte asociados, contribuyendo a un esquema económico circular.
- Evita los costos asociados a la disposición de la madera por terceros.
- Ahorra emisiones de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono) al tratarse de una tecnología de carbono neutro.
- Se enmarca perfectamente bajo la ley 26.190, decreto reglamentario 531/2016, modificada luego por ley 27.191, según el Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica y los beneficios fiscales declarados en la normativa. Dada la fecha tentativa de ejecución del proyecto, corresponde a la etapa II del régimen de fomento del período 2018-2025.

Si observamos el contexto actual de la *región litoral* de nuestro país, la disponibilidad de recursos foresto-industriales han direccionado y facilitado el estudio e instalación de plantas de generación de energías renovables, tal como se muestra en el informe de potencia instalada por región y por tecnología de la sección de energías renovables de la empresa CAMMESA (CAMMESA SA - Potencia Instalada por región y Tecnología, 2022).

Las bioenergías muestran el desarrollo más importante en nuestra región con 10MW de potencia instalada (2021) y solamente 2MW a nivel de energía hidráulica. Ver figura 3.

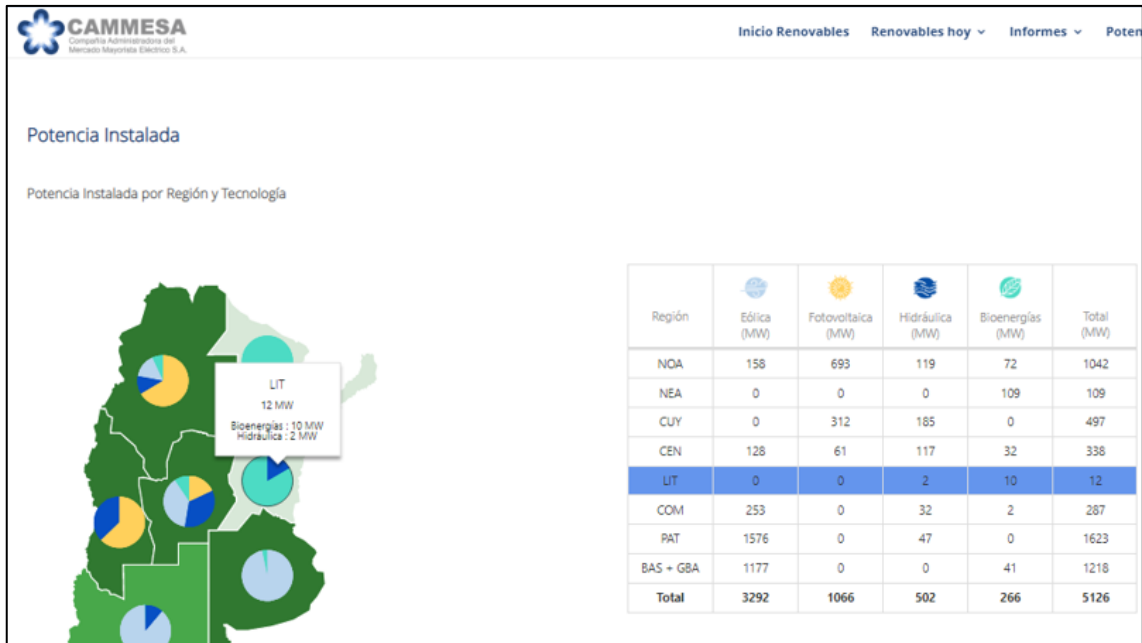


Figura 3: Potencia instalada por región y tecnología.

Fuente: CAMMESA. Compañía administradora del mercado eléctrico mayorista SA.

A nivel nacional, la participación en la cobertura de la demanda a través de las *bioenergías* ha crecido a punto tal que la potencia instalada reportada actual es del orden de los 121 MW, tal cual se muestra en el siguiente reporte instantáneo de CAMMESA. (CAMMESA SA Generación Real, 2022) Ver figura 4.

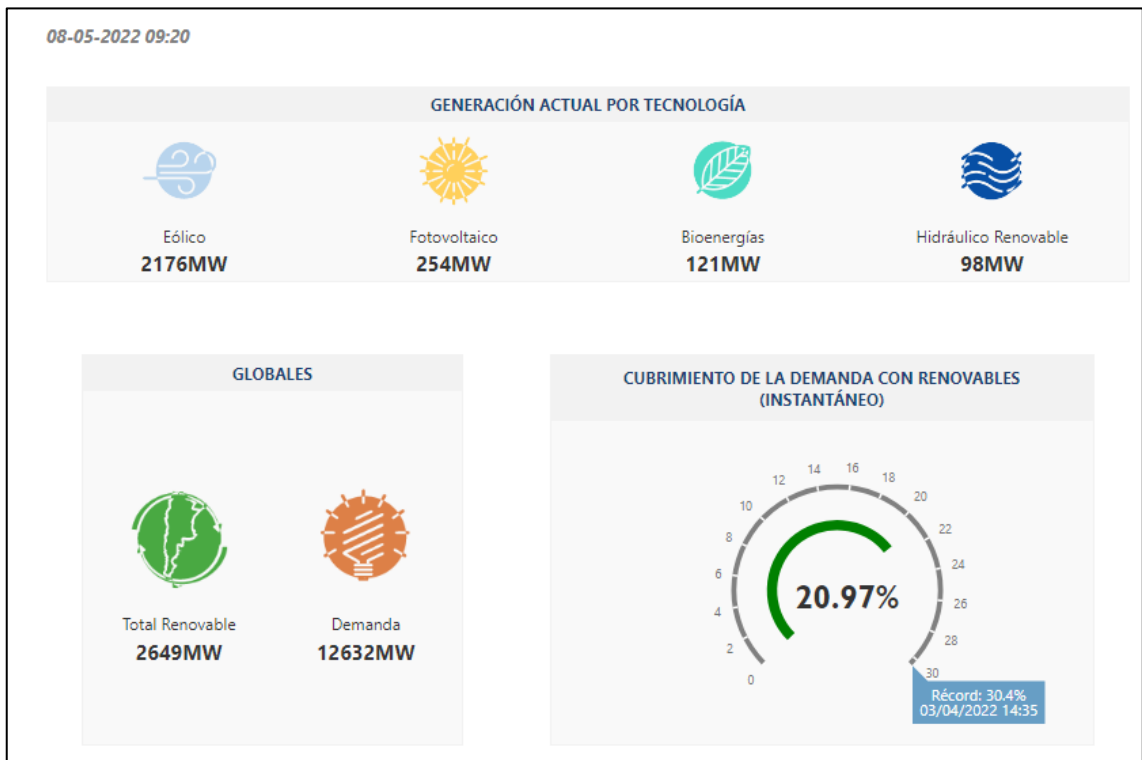


Figura 4: Reporte online de generación actual por tecnología.

Fuente: CAMMESA. Compañía administradora del mercado eléctrico mayorista SA.

Por tanto, el aprovechamiento de biomasa, en este caso industrial, está alineado con el progreso de las bioenergías a nivel nacional, justificando ampliamente el desarrollo del proyecto planteado.

2.7 ALCANCES

El presente estudio se limitará al aprovechamiento energético de *residuos de madera*, sin incluir otros residuos disponibles en la misma planta. Se utilizará el proceso de conversión denominado *gasificación*, bajo una potencia instalada menor a 200KW-e.

El aporte de cogeneración eléctrica se realizará en la red interna de baja tensión.

Dado que el proceso rechaza energía térmica, se evaluará su aprovechamiento dentro de la planta a fin de elevar el rendimiento global de la instalación.

3 DESARROLLO del PROYECTO

3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

La empresa donde se propone instalar la planta de gasificación y generación de energía se ubica en la ciudad de Granadero Baigorria, del departamento Rosario. Linda al Norte con el barrio San Miguel, al Oeste con la Autopista a Santa Fe, el barrio Correo hacia el Este como así también con la Ruta Nacional Nº11 la cual se ubica a (5) cuadras. El predio de la empresa dispone de 60 hectáreas (en rojo el contorno del predio en figura 2) y las coordenadas geográficas son las siguientes: (ver figura 5)

Latitud: -32.86613 Sur

Longitud: -60.709688 Oeste

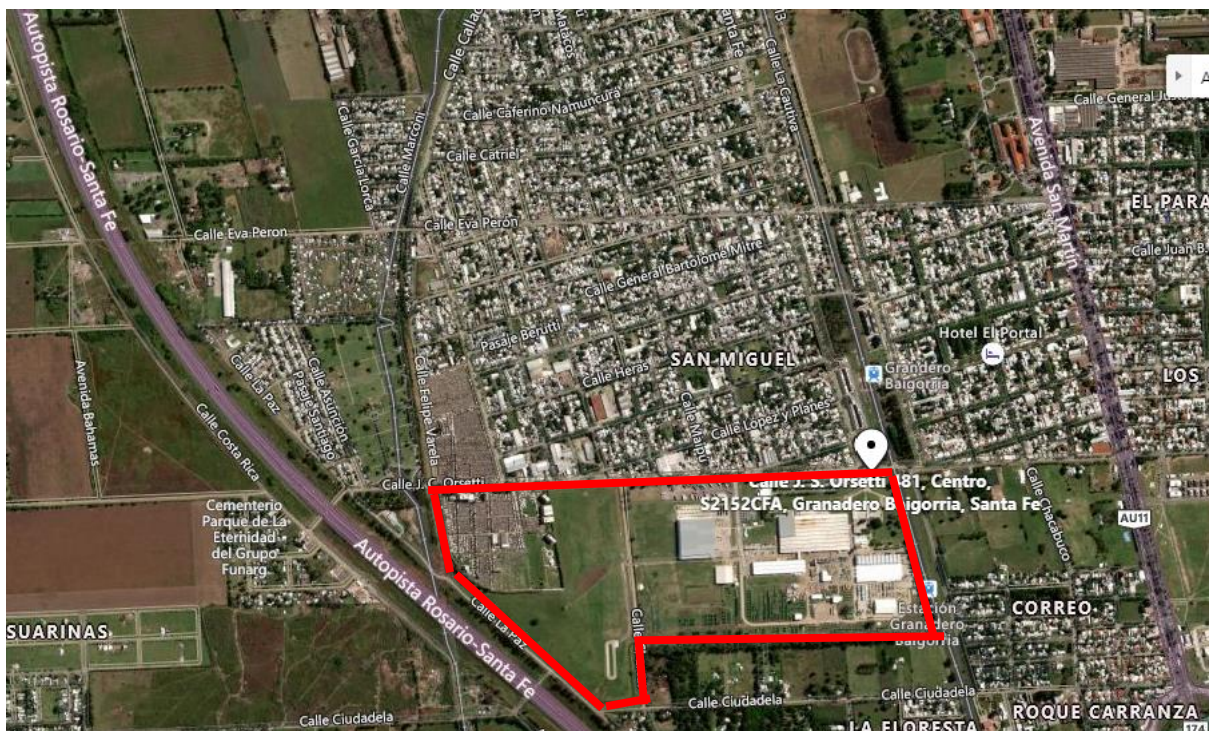


Figura 5: Ubicación del predio de la empresa donde se ubicará la instalación.

El acceso se lleva a cabo a través de la Ruta Nacional N°11, doblando a la izquierda por calle Juan Orsetti. Apenas se cruza la vía de ferrocarril se accede a la portería de la empresa a mano izquierda. La salida se efectúa por la misma vía de ingreso, en dirección contraria.

3.2 ETAPAS DEL PROYECTO

Según la *normativa interna* de la compañía, todo proyecto debe circular a través de seis etapas formales. Las tres etapas iniciales comprenden desde el planteo/generación de la idea/concepto, descripción de ventajas, desventajas, matriz de decisión, análisis de riesgos, cotizaciones presupuestarias, simulaciones virtuales, factibilidad técnica, análisis de impacto ambiental, factibilidad económica y financiera (análisis del flujo de caja). Finalizan con la *aprobación ó rechazo/on hold del mismo*.

Si resulta factible desde todo punto de vista, sigue la conformación de un equipo de trabajo, donde su primera tarea consistirá en realizar la planificación de los recursos necesarios, así como también la generación de las órdenes de compra respectivas.

Las etapas siguientes implican la instalación física (obras en piso de planta) y los posteriores ensayos de puesta en marcha e inicio de operaciones (ramp-up).

Para complementar las fases anteriores, deberíamos incluir la vida útil operativa de la instalación y su mantenimiento como así también la fase final de finalización de operaciones-desmontaje y baja contable. (figura 6)

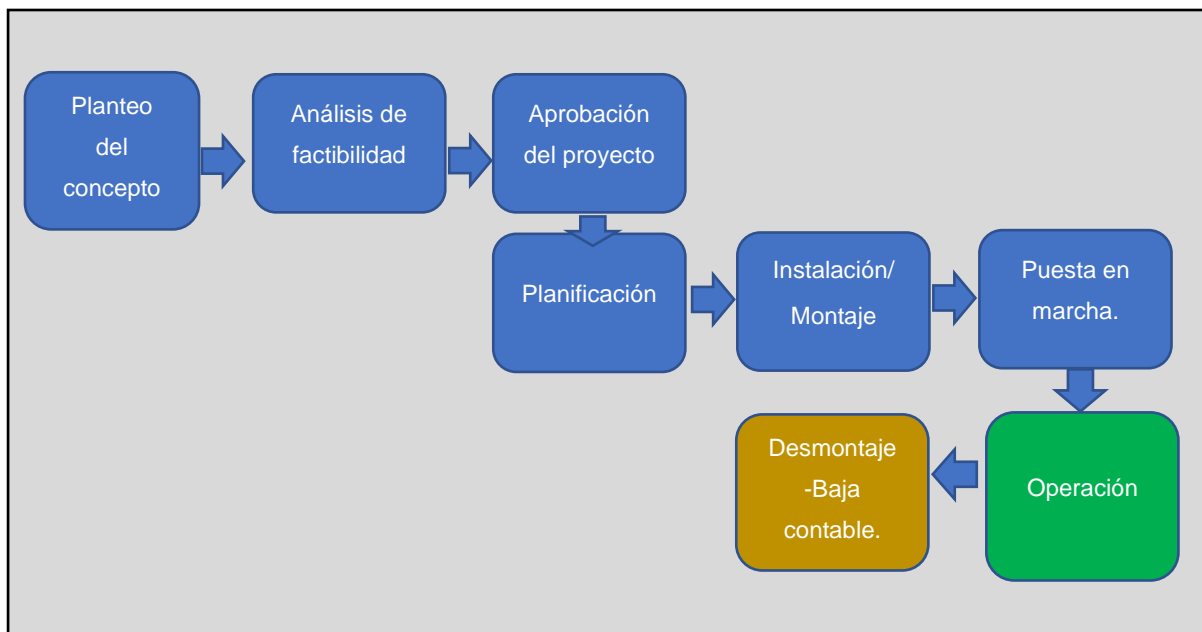


Figura 6: Etapas del Proyecto.

Dentro de las razones que podrían justificar el *abandono y posterior desmontaje de la instalación*, la de mayor relevancia, podría ser la falta/reducción significativa de disponibilidad de materia prima (Madera-biomasa) por un *cambio de estrategia* de la compañía; por ejemplo, cierre de operaciones de mecanizado y/o ensamble que implique una reducción importante de piezas y materiales junto a sus embalajes asociados.

3.3 GESTIONES

Disponiendo de la aprobación formal del anteproyecto por parte de los responsables de la compañía, deberá concretarse la propuesta documentada del mismo, según lineamientos establecidos en el decreto 0101, de la ley de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable 11.713. Los puntos principales a incluir son los siguientes:

- Idea – Estudio de prefactibilidad- Diseño, (concepto técnico)
- Concreción, desarrollo, construcción y Materialización del mismo.
- Modo previsto de operación de la instalación.
- Obras de clausura y/o desmantelamiento al final de su ciclo operativo.
- Obras de post-clausura y/o post desmantelamiento.

Deberá avanzarse con el estudio de impacto ambiental (objeto del presente trabajo) a fin de tramitar el certificado ambiental restringido.

También corresponderá la tramitación del permiso de edificación y la presentación del anteproyecto ante los consejos de ingeniería respectivos.

3.4 PROFESIONALES INTERVINIENTES

Como nómina de los profesionales/empresas intervinientes en este proyecto, podemos mencionar,

- Ingeniero/a-responsable ambiental a cargo del EIA. (A cargo también de los contactos legales)
- Ingeniero/a Civil responsable de obras del edificio.
 - *Empresa contratista de Ing de obras civiles-construcciones metálicas.*
 - *Empresa proveedora equipo de gasificación.*
 - *Empresa proveedora de insumos eléctricos.*
 - *Empresa proveedora equipo de trituración, transportadores y silo.*
- Ingeniero/a de planta a cargo de acometidas de servicios. (agua, aire, agua red de incendios)
- Ingeniero/a dto eléctrico a cargo del conexionado eléctrico general de la planta.
- Dto compras indirectas. (Gestión de órdenes de compra).
- Administrador del proyecto (Project Manager)
- Responsable de seguridad e higiene industrial.
- Responsable de mantenimiento.
- Ingeniero/a de Manufactura- Líder técnico del proyecto.

En cursiva, empresas (terceros) contratados. Resto de los integrantes formando parte del plantel permanente de la empresa metalmeccánica donde se instalará la planta propuesta.

3.5 TAREAS PREPARATORIAS - EDIFICIO

Habiéndose predefinido el sector a ocupar con la instalación, el mismo requerirá ser delimitado y cercado por la empresa que resulte adjudicataria de la obra de edificación del edificio. En el manual de contratista de la empresa, se indica el detalle sobre como efectuar el cerramiento correspondiente. Las tareas previas de limpieza y reordenamiento del sector serán ejecutadas por la empresa con personal propio (habitualmente gente de ingeniería de planta y personal contratado).

El manual del contratista y el pliego de ingeniería correspondiente a la obra a ejecutar, refieren también las normas de seguridad, las condiciones de desarrollo ambientales, el destino de los residuos generados y las responsabilidades a las que debe ajustarse el proveedor seleccionado (corresponsabilidad ambiental y ejecución segura de tareas).

3.6 TRASLADO DE MATERIALES y MANO DE OBRA.

El ingreso de materiales necesarios para la obra del edificio se realizará por las calles internas de planta, las cuales también se describen en el pliego de Ingeniería. El acceso corresponde a la portería N°2 (indicada en el esquema adjunto), donde se lleva a cabo el control de ingreso a proveedores y contratistas. El personal operativo junto a su supervisión, ingresarán también por la citada portería, habiendo cumplimentado la presentación anticipada de la documentación.

Indicado en rojo, la trayectoria de acceso al sector de la obra. (figura 7)



Figura 7: Camino ingreso a sector eco-isla.

3.7 CONSTRUCCION del EDIFICIO

El edificio consistirá en una estructura metálica tipo celosía, con columnas, refuerzos horizontales, vigas y correas, revestido externamente mediante una envolvente de chapa metálica zincada. El mismo se levantará sobre el contrapiso de H⁰ A⁰ existente. A modo de ejemplo, se adjunta una foto interior de un edificio similar al requerido. (edificio Gasificador Industrias Savini).

Luego de finalizada la etapa de construcción, se instalarán los servicios necesarios como ser:

- Iluminación interior.
- Aire comprimido.
- Energía Eléctrica.
- Conexionado de tierra.
- Agua de red.
- Desagüe industrial.
- Desagües pluviales.
- Desagües cloacales (de requerirse una oficina en su interior).

- Conexión de red de incendio.

El monto de inversión considerado para el edificio incluye los ítems descriptos.

3.8 INSTALACION DE MAQUINAS Y EQUIPOS

Luego de finalizada la ejecución del edificio el próximo paso es la instalación del equipo de trituración, los transportadores de material ya procesado (chips de madera) y el silo de almacenamiento. Para ello se procederá a la demarcación sobre la losa de hormigón de las posiciones de los anclajes. El método de sujeción de los equipos consistirá en varillas roscadas con tuercas y arandelas y fijación química. Se utilizará un taladro con impacto para el perforado del hormigón y una aspiradora para la limpieza de los agujeros realizados.

El transporte de los equipos se realizará mediante camión tipo semirremolque y la descarga en el sitio de obra mediante grúa y perchas adaptadas con sus eslingas de izaje. Solo se permitirán empresas que acrediten disponer de la documentación en regla y vehículos que no presenten fugas de aceite y dispongan de tratamiento de gases de escape. (Tier 2 – Tier 3)

El proveedor de los equipos de densificación transporte y acumulación de biomasa ejecutará también el proceso de supervisión de la instalación y el proceso de puesta en marcha.

El paso siguiente es la recepción e instalación de los contenedores (2 unidades) que alojan el gasificador, planta de tratamiento de gas de síntesis y el equipo de generación de energía. Para ello el traslado se ejecutará mediante camión (2 unidades) y la descarga mediante izaje con grúas (2 unidades) y perchas respectivas.

Acto seguido el proveedor de la unidad de gasificación, con personal propio, realizará el conexionado de todos los subconjuntos ubicados en los contenedores. También ubicará el sistema de abastecimiento de la biomasa (tornillo de transporte) desde el silo a la tolva de ingreso del reactor de gasificación. (figura 8)

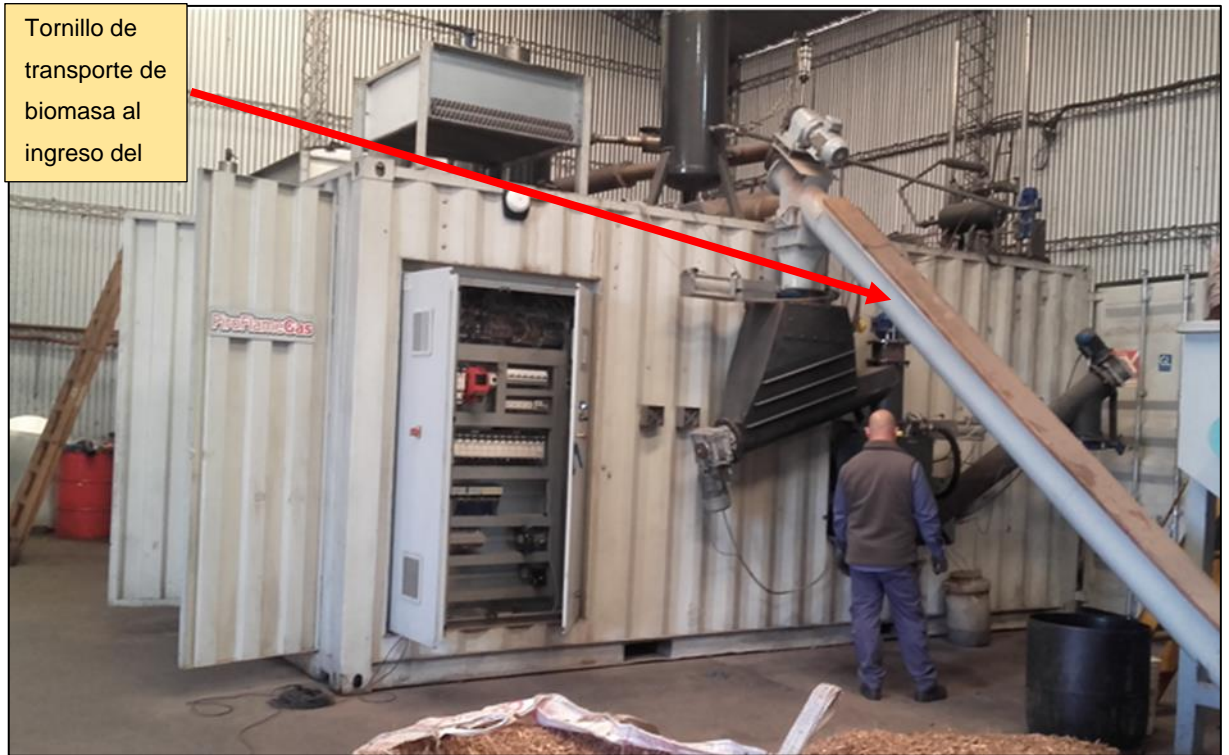


Figura 8: Container del reactor y tablero principal.

3.9 INTERCONEXION A RED DE BAJA TENSION

El módulo de generación de energía posee en su interior el tablero eléctrico que permite entre otros parámetros, visualizar la potencia aparente y las RPM del motor-generador. En la figura siguiente se muestra el panel HMI ubicado en la parte superior del mencionado gabinete. (figura 9)



Figura 9: tablero eléctrico de la unidad de generación y pantalla HMI.

La pantalla que corresponde a la unidad de generación muestra varios parámetros de proceso como puede verse a continuación en la figura siguiente, obtenida durante un ensayo productivo. (figura 10)

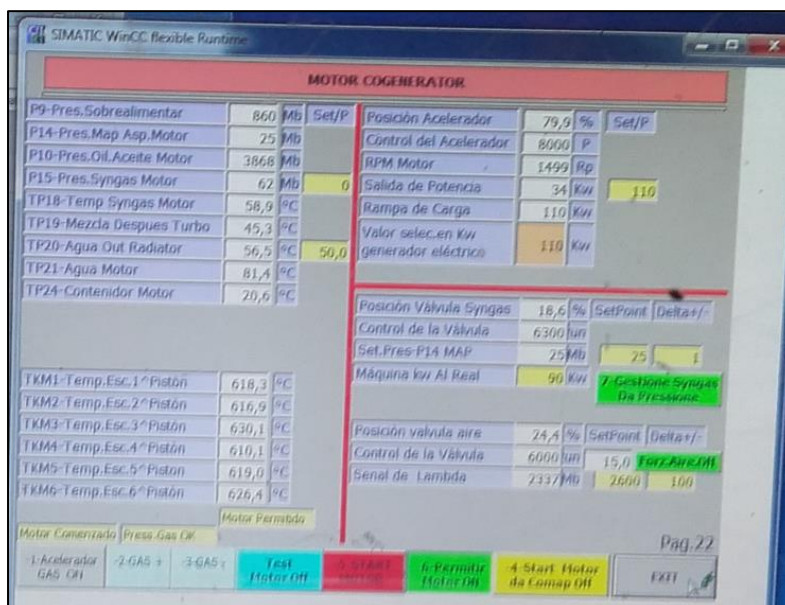


Figura 10: Pantalla de la Pc de control general de parámetros del motor de Gas.

Fuente: Instalación Industrias Savini.

Nota: la captura de la pantalla fue tomada durante un ensayo de puesta en marcha de la planta de gasificación de biomasa utilizando de restos de poda urbana. En ese instante, el motor de combustión mostraba una salida de potencia 30KW.

Desde dicho tablero, deberá alimentar un tablero general de maniobra y medición, el cual permitirá suministrar energía a la red de baja tensión de la fábrica. Dicho tablero podrá ubicarse dentro del edificio de la planta de gasificación ó bien en otro sector a definir. Esta obra deberá llevarse a cargo bajo la responsabilidad del departamento de ingeniería de planta, sector eléctrico.

3.10 DESCRIPCION DEL AREA DE INFLUENCIA

A continuación, se describe el territorio afectado por la implementación del proyecto planteado a nivel de línea base (situación presente), área directa y área indirecta afectadas.

3.11 SITUACION ACTUAL DEL EMPLAZAMIENTO.

Para la instalación de la planta de gasificación y generación se ha elegido un sector dentro de la zona actual de almacenamiento temporario de residuos de la planta. La decisión obedece también a la cercanía de la playa de acumulación de madera. El sector mencionado posee contrapiso de hormigón armado formando parte única de las calles internas de la planta. Las calles de acceso están perfectamente delimitadas y señalizadas. Dicho sector dispone de un cerco perimetral, una zona techada posterior hacia el sur, la playa de acumulación de madera hacia el norte y un portón de acceso para el transporte que retira la madera acumulada. El sector posee también los siguientes servicios: energía eléctrica (3x 380V 50Hz), agua de red, acceso a red interna mediante wifi, red de datos, energía protegida y cercanía de conexión a red de agua de incendio. Actualmente existe una oficina contenerizada donde trabaja el personal administrativo del sector de residuos.

3.12 AREA DE INFLUENCIA DIRECTA

El área de influencia directa es el territorio donde pueden manifestarse significativamente los impactos del proyecto u obra sobre la totalidad del medio ambiente ó sobre algunos de sus componentes naturales, sociales u económicos, (naturales y antrópicos) derivados por ejemplo de los cambios asociados a las diferentes etapas del proyecto: transporte de materiales, acumulación, construcción y operación.

En la etapa de construcción, los materiales y equipos utilizarán las rutas internas existentes pre- establecidas dentro del predio. El ingreso de personal contratista se efectuará mediante los procedimientos establecidos vigentes.

Durante la fase de operación, el combustible será abastecido desde el mismo sector donde se acumula. La realización de las operaciones de mantenimiento tendrá el mismo carácter que cualquier otra operación similar dentro del predio, ejecutada por personal propio en conjunto con personal de la empresa/empresas proveedoras de los equipos. El retiro de los residuos, biochar y cenizas, se efectuará mediante el mismo tipo de vehículos que hoy retiran otros componentes. En el desmontaje y abandono de la obra, se ejecutarán las operaciones necesarias mediante empresas contratadas a tal efecto, sin afectar las instalaciones y edificios cercanos.

Dado que el emplazamiento definitivo del proyecto, la acumulación de los materiales de construcción y equipos operativos y el impacto socioeconómico y ambiental significativo tiene lugar en el interior de la planta puede considerarse que el área directa afectada se corresponde con la superficie del predio de la planta, limitada por las calles siguientes, (Figura 11)

- Calle Juan Orsetti al Norte.
- Límite cercado Sur de la planta, hacia calle Ciudadela.
- Avenida Buenos Aires hacia el Este.
- Calle La paz hacia el sector Oeste.

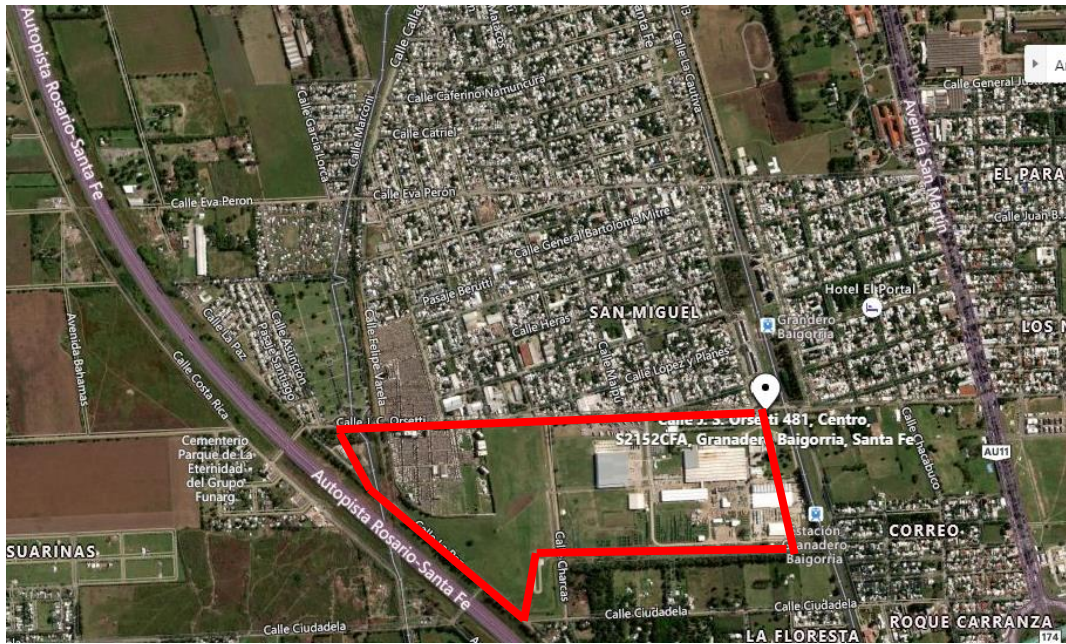


Figura 11: Zona de Influencia directa.

3.13 AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA

Se define como el espacio en el que, por medio de un componente que ha sido afectado previamente por el proyecto, se impactan a otros componentes cuya relación con la implementación del proyecto es mínima o aparentemente inexistente. Dado que el proyecto reduciría la demanda de energía de la planta desde su conexión a la red de media tensión, habría también en alguna medida, beneficio en la disponibilidad de energía en la zona del barrio San Miguel, de la ciudad de Granadero Baigorria. El mencionado barrio ha sido indicado, incluyendo el predio de la empresa, en la figura 12 siguiente.

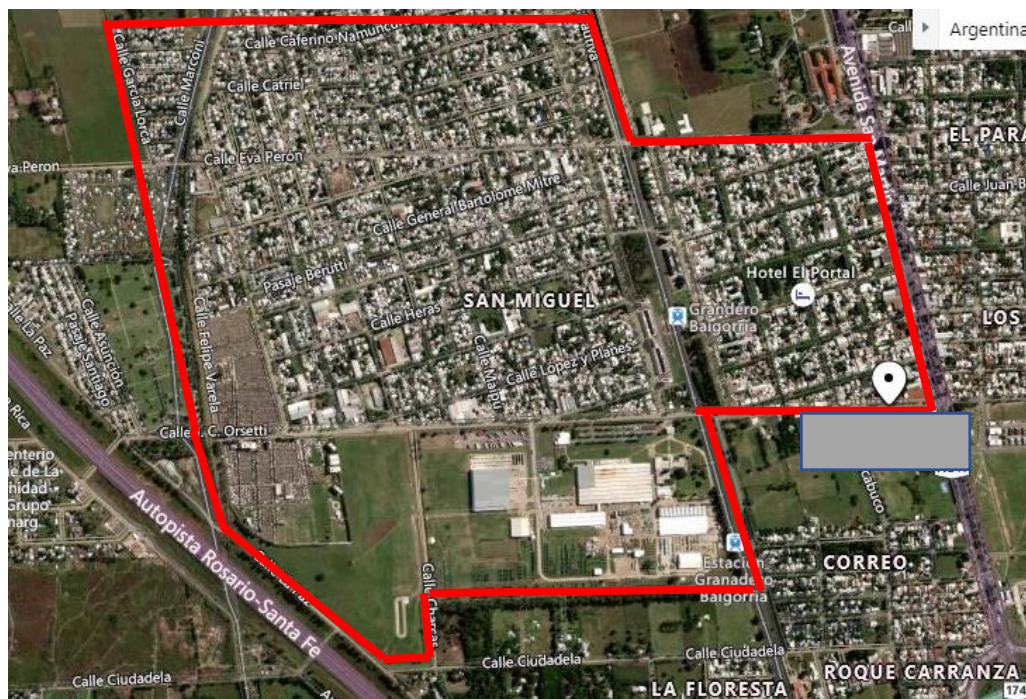


Figura 12: Barrio San Miguel junto al predio de la empresa.

Por lo tanto, podemos concluir que el *área indirecta afectada* por el proyecto comprende la ciudad de Rosario y localidades cercanas, como Puerto San Martín, San Lorenzo, Villa Gobernador Gálvez, Funes, Roldán, en un radio de aproximadamente de 40 KM. (figura 13)

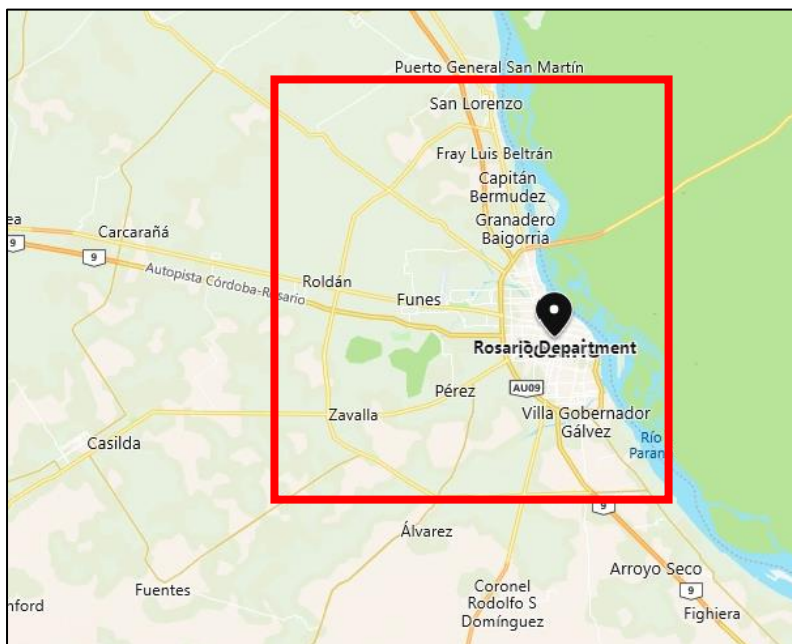


Figura 13: Área indirecta afectada establecida.

3.14 IMPACTO SOCIO ECONOMICO

El impacto social y económico del proyecto, a nivel de mano de obra involucrada puede resumirse,

- Mano de obra de la instalación y mantenimiento de la planta de gasificación, cuyo proveedor es de la localidad de Villa Gobernador Gálvez.
- Mano de obra para el montaje del edificio de operación, a cotizar por empresas que se ubican en el gran Rosario.
- Empresas de retiro de residuos de operación, ubicadas también en la zona del Gran Rosario.
- Empresas contratadas para las operaciones de descarga mediante equipos de elevación. (ubicadas en zona Sur de Rosario)
- Generación, desarrollo y capacitación de expertos técnicos dentro de los departamentos de la empresa, tanto a nivel de ingeniería, mantenimiento y compras, al participar con su propio personal en las distintas etapas del proyecto. Tal como ocurre con cualquier otro proyecto de instalaciones de fabricación.
- Generación de un punto de referencia concreto, en el ámbito de energías renovables y economía circular, que puede propiciar instalaciones similares en empresas metalmecánicas tal cual ocurre por ejemplo en países tales como Italia, Alemania, España.
- Factibilidad de diseño de instalaciones de gasificación donde pueden procesarse residuos aportados por varias empresas, con generación de puestos de trabajo.

3.15 CONTEXTO DEL PROYECTO EN EL PREDIO.

La operación de la planta comprende la fabricación de tractores, cosechadoras, cabezales de recolección-trilla, montaje de motores de uso agrícola y mecanizado de componentes principales de motor. En el mismo emplazamiento, coexisten los edificios administrativos, almacenamiento de materiales, almacenamiento de repuestos, usina de energía (Soporte en situaciones de cortes), comedor general, Eco-isla y un sector destinado al tratamiento de efluentes.

En el sector denominado eco-isla, se localizan los residuos de madera de embalajes y pallets, materia prima a ser utilizada como combustible para el equipo de gasificación. La ubicación en un sector central de la planta, facilita la recolección de los residuos desde los edificios generadores. El acceso al sector de los vehículos de transporte, se realiza por las calles internas ubicadas al sur del predio. El ingreso y salida de dichos vehículos se lleva a cabo por la portería #1, dado que se efectúa el pesaje del vehículo vacío versus cargado y la verificación de la documentación asociada. (manifiestos, documentación del vehículo etc)

La eco-isla presenta un sector cubierto (techado metálico) donde se almacenan aquellos residuos que no pueden quedar expuestos a la intemperie (viruta metálica, cartones y papeles, residuos peligrosos etc) mientras que la madera se ubica en la intemperie. La zona de ubicación del edificio cubierto a construir, necesario para albergar la etapa de densificación de biomasa (trituración y almacenaje), y los contenedores de los equipos que componen la unidad de gasificación y generación de energía eléctrica se indica en el sector recuadrado en rojo en la figura 14 adjunta.



Figura 14: Detalle de la Eco-isla en la planta Fabril.

La recuperación de los residuos de fábrica se realiza a través de contenedores ubicados dentro de cada edificio, identificados según las normas establecidas por el departamento de medio ambiente.

Personal asignado traslada los contenedores hasta la playa de acumulación donde se procede al vaciado. Luego el mismo personal retorna los mismos a los lugares especificados.

El 95% del residuo se obtiene desde los edificios de maquinado y ensamble de motores y ensamble de tractores, cosechadoras y cabezales de trilla.

Como referencia se mencionan las fuentes principales que suministran la madera a utilizar,

- Pallets standard donde se reciben las piezas fundidas en bruto que luego se maquinan.
- Contenedores de madera con tapa, donde se reciben piezas listas para ensamble.
- Separadores de madera ubicados entre los distintos niveles de piezas fundidas.
- Cajas de madera de los repuestos adquiridos de las máquinas productivas.
- Embalajes de piezas de repuesto de equipos agrícolas.

Como ejemplo de un pallet estandarizado de transporte de piezas fundidas para mecanizado, se adjunta la siguiente figura 15. En las figuras 16 y 17 se muestra el material habitualmente disponible en la playa de acumulación.



Figura 15: Pallet de madera standard europeo construido en pino.



Figura 16: Aspecto de los residuos de madera disponibles en la planta.



Figura 17: Pallets descartados y cajas del mismo material.

3.16 SECTORES RELACIONADOS

A continuación, se muestra la ubicación relativa de los edificios donde principalmente se generan los desechos de madera, la ubicación de la eco-isla y la planta de tratamiento de efluentes. (Figura 18)



Figura 18: Ubicación de Eco-isla, planta de efluentes y edificios productivos.

3.17 TECNOLOGIA ADOPTADA

Tal como se mencionó en la descripción de los objetivos, la propuesta de aprovechamiento de biomasa se basa en un proceso termo-químico denominado gasificación, el cual produce una mezcla de gases combustibles llamado *syngas*, *gas de síntesis* y en bibliografía antigua, mencionado como *gas pobre*, en alusión a su poder calorífico más reducido respecto a combustibles fósiles. La mencionada mezcla de gases con capacidad remanente de oxidación, luego de etapas de acondicionamiento, ingresa como combustible a un motor ciclo Otto, el cual acciona un generador eléctrico. El gas de síntesis muestra dentro de su composición los compuestos volátiles siguientes: CO, CO₂, CH₄, e H₂.

Las partes constituyentes de una instalación de Gasificación para generación de energía eléctrica y aprovechamiento de calor pueden resumirse en:

- Playa de acumulación de materia prima (madera).
- Trituración – densificación- Acondicionamiento de tamaño.
- Almacenamiento – Silo.
- Reactor de Gasificación, donde se lleva a cabo el proceso de pirólisis.
- Oxidación catalítica (dentro del propio reactor, mediante Dolomita).
- Tratamiento del gas de síntesis bajo las siguientes etapas:
 - Enfriamiento.
 - Filtración.
 - Neutralización.
 - Lavado (Scrubber)
 - Filtrado de partículas.
- Motor de combustión + Generador eléctrico.
- Aprovechamiento de energía térmica.
- Tratamiento de gases de escape.
- Celda de conexión a baja tensión.

La biomasa, en este caso particular, proveniente de pallets y embalajes de madera industriales, requiere ser sometida a un proceso de reducción de tamaño y posterior trituración, a fin de adquirir la geometría promedio requerida para ser alimentada al reactor - gasificador. Los componentes metálicos que forman parte constructiva de los cajones y embalajes, como ser clavos y grampas, deben ser retirados de la biomasa por medio de separación magnética incorporada en el propio transportador de virutas hacia el silo de almacenamiento.

Como ilustración del proceso de reducción de tamaño y trituración, se adjunta una vista de un equipo cotizado para este proyecto en particular (figura 19). Consta de un rodillo de astillado, accionado por un motor eléctrico, con insertos de corte reemplazables, el cual produce virutas consistentes del tamaño requerido. (aprox 30mm x 10mm x 10mm en el caso particular del reactor considerado).

El equipo permite la carga de pallets completos (si dichas dimensiones no exceden las especificaciones de la boca de carga) y piezas de madera suelta. En el caso de cajones ó embalajes de madera, se requiere mano de obra manual de desmontaje previo.



Figura 19: Triturador de Embalajes UNTHA LR-1400.

Fuente: Distribuidor UNTHA de equipos de trituración - España.

A fin de asegurar la operación continua de la instalación durante las horas diarias previstas, se requiere de un silo de almacenamiento de virutas de madera, el cual también desacopla la etapa previa de reducción de tamaño y trituración, la cual opera solamente las horas diarias requeridas.

El reactor de gasificación constituye el componente más importante de la instalación. Técnicamente hay dos tipos básicos de reactores: de *lecho fijo* y de *lecho fluído*. En el caso de la instalación analizada, se utiliza un reactor de *lecho fluidizado* a partir del cual se obtiene el gas de síntesis.

Las posibilidades ó formas de utilización posteriores del mencionado gas (syngas), son totalmente dependientes de su calidad. Dentro de los contaminantes básicos del gas pueden mencionarse partículas sólidas de biomasa no quemadas, álcalis, compuestos de nitrógeno, compuestos de azufre y cloro y por sobre todo los compuestos de alquitrán ó TARS.

El reactor de la instalación analizada posee una *matriz de dolomita* calcinada en el cielo del mismo, a fin de neutralizar (catalizar) los TARS antes de alcanzar el intercambiador primario de enfriamiento aire-gas. La presencia de TARS causa grandes inconvenientes en el uso posterior en un motor de combustión. Según se describe en el artículo de referencia (Lisy, Balás, Moskalik, & Stelcl, 2012), el valor límite de TARS está

habitualmente dentro del entorno de 10 a $100\text{mg}\cdot\text{Nm}^{-3}$. La influencia de la dolomita sobre los gases componentes del syngas, se describe con grado de detalle en la publicación referenciada (Orio, Corella, & Narvaez, 1997)

Sin embargo, en generaciones recientes de motores los límites se han reducido a valores inferiores a $50\text{mg}\cdot\text{Nm}^{-3}$ ó menos. Como referencia adicional, puede consultarse una tabla resumen de los valores límites de los contaminantes críticos de los motores de gas TEDOM en la siguiente cita. (Requirements for gaseous fuels for TEDOM engines, 2006).

Un reactor de *lecho fluidizado* tiene el esquema siguiente (figura 20), ingresando la biomasa combustible a un nivel medio sobre el lecho y en parte inferior, el agente gasificante, en este caso aire ambiente a baja presión precalentado. El gas de síntesis abandona el reactor por la parte superior.

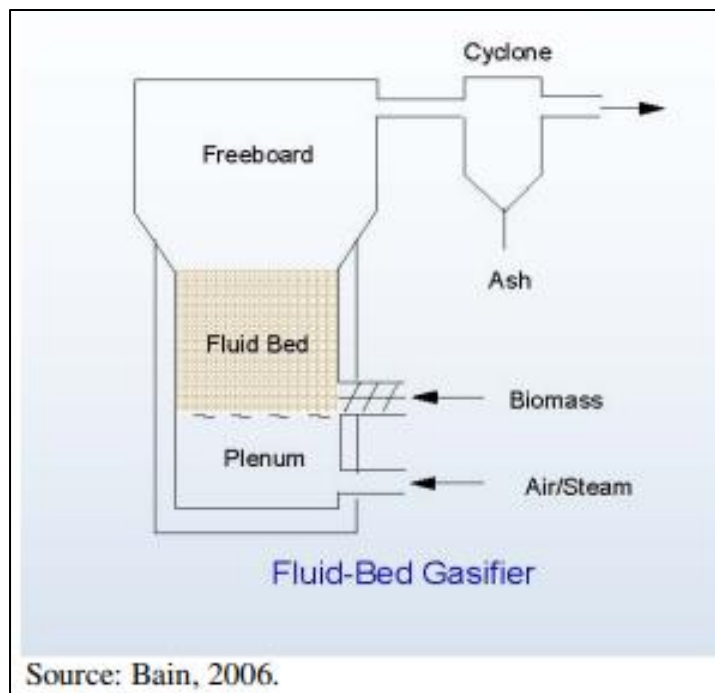


Figura 20: Esquema de un Reactor de lecho fluidizado.

Si nos referimos a las etapas termoquímicas que tienen lugar dentro del reactor, podríamos destacar las (4) principales: Secado, Pirólisis, Combustión y Gasificación. Las reacciones son en su mayoría endotérmicas con excepción de la combustión. (Figura 21)

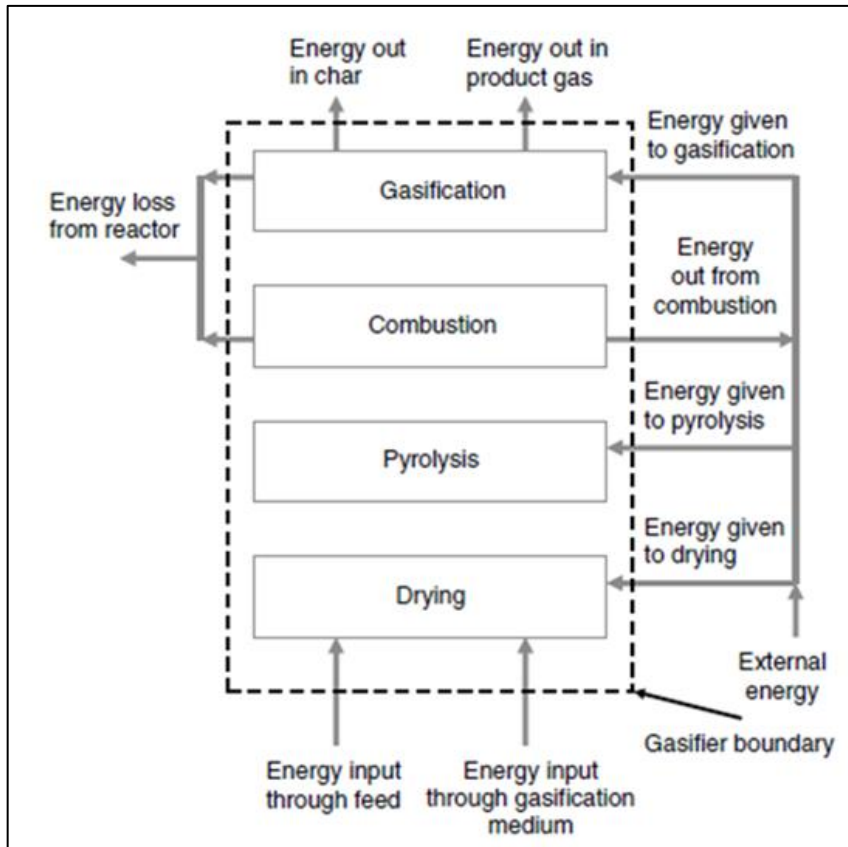


Figura 21: Etapas en un reactor de gasificación.

Dado que el proceso involucra etapas de enfriamiento (rechazo de calor), tanto en el sector de gasificación como en el enfriamiento del motor térmico, es factible el aprovechamiento del calor residual mediante intercambiadores. En la industria considerada, es factible utilizar dicha energía para el precalentamiento de soluciones de lavado en los equipos de limpieza de piezas maquinadas y componentes de motor. Como puntos importantes, que pueden influenciar el análisis de impacto ambiental, podemos mencionar:

- Presencia de temperaturas elevadas en el interior del reactor. (900°C)
- Generación de monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano pobre e hidrógeno, dentro del proceso. (Syngas).
- Generación de cenizas como subproducto del proceso (aprox. 2% de la masa de madera ingresada)
- Generación de compuestos hidrocarbonados de alto peso molecular, denominados tars, normalmente presentes en el agua de condensación residual del proceso y en los residuos carbonosos.
- Generación de Biochar (residuo carbonoso) como subproducto (aprox 5% de la masa de madera ingresada).

- Venteo bajo llama de syngas durante la etapa de puesta en marcha. (purgado de alimentación)
- Gases de escape catalizados del motor térmico.
- Generación de ruido debido a la operación del motor de combustión (mitigado por insonorización del equipo en el container)
- Generación de agua de Condensación (principalmente la humedad de la biomasa ingresada).
- Generación de Nitrógeno para limpieza de Syngas.
- Alimentación de energía eléctrica para autoconsumo de la propia instalación.
- Montaje de un edificio metálico sobre piso de hormigón armado existente.

Como referencia, el equipo de Gasificación elegido consiste en (3) módulos que son entregados en contenedores de 20 pies:

Módulo 1: Contenedor- silo de almacenamiento de biomasa densificada.

Módulo 2: Reactor, equipos auxiliares de tratamiento del syngas e intercambiadores de calor.

Módulo 3: Equipo de generación de energía, tablero de interconexión e intercambiador de calor.

Un detalle parcial del mismo se muestra en figura 22 siguiente.

Nota: algunos de los componentes de la etapa de tratamiento del gas de síntesis, deben alojarse en un contenedor especial dado su tamaño.



Figura 22: Módulos 2 y 3 del equipo de gasificación analizado

Fuente: Instalación Industrias Savini.

3.18 DESCRIPCION DEL PROCESO

Una planta de gasificación tiene asociado un proceso de cierta complejidad, dado que involucra procesos mecánicos, térmicos y químicos. El siguiente diagrama de flujo es un resumen simplificado del mismo. (figura 23).

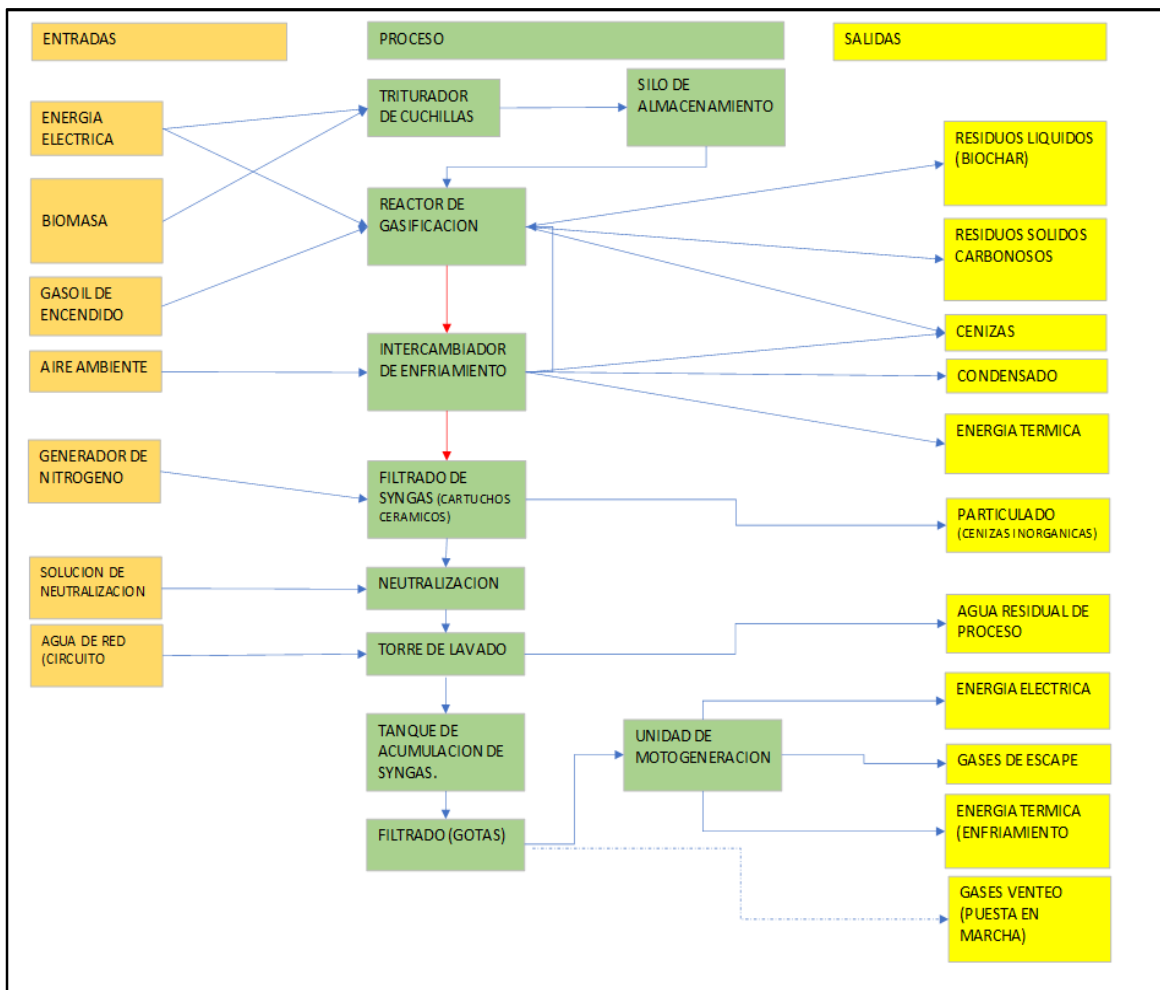


Figura 23: Diagrama de flujo del proceso.

3.19 ANALISIS CUANTITATIVO DEL PROCESO

Tomando como referencia el consumo de biomasa horario que posee una instalación comercial de gasificación de 100KWe de potencia instalada, se plantea el análisis de energías, rendimientos y materiales. Considerando algunos de los planteos de balance

de masas (materia) mostrados en el resumen referenciado (Chern, Walawender, & Fan, 1989) se decidió la ejecución de una tabla resumen general que incluya además las diferentes etapas de conversión de la energía hasta completar la estimación de generación de energía y calor.

Es importante resaltar que en los casos en que la información de la instalación no estaba disponible, se utilizaron datos empíricos o experimentales utilizando también como fuente las referencias adjuntas (Basu, 2010) y (Das, 1988).

Considerando las operaciones necesarias de mantenimiento y tareas afines, se contabilizan 312 días efectivos a los efectos del cálculo de generación.

La operación habitual de la planta de gasificación seleccionada requiere de aproximadamente (2) horas de detención diarias para efectuar labores de limpieza de subproductos, verificaciones y la ejecución de la rampa de reinicio de operación. Por lo tanto, se han considerado (22) horas diarias de operación totalizando 6864 horas anuales efectivas. (tabla 2)

RESUMEN DE PARAMETROS OPERATIVOS - PLANTA DE GASIFICACION 100KW-e				
Descripción del Item	Valor	Estim.	Dato Calc.	Unidad
Gasificador				
Energía promedio almacenada neta de biomasa (PCI = 3780 Kcal/Kg)	4.40		x	[KW-h/kg]
Energía no aprovechable (Pérdidas) ⁵	163		x	[KW-h]
Energía térmica aprovechable (Escape motor, Enfriamiento Motor y Enfriamiento SYNGAS) ⁵	157		x	[KW-h]
Eficiencia Energética instalación sin aprovechamiento de energía térmica	22%		x	
Eficiencia Energética instalación con aprovechamiento de energía térmica	57%		x	
Relación Biomasa/KW-e	1.02		x	[Kg/KW-e]
Consumo de Biomasa por hora.	102.0		x	[Kg/h]
Consumo de Biomasa por hora + pérdidas en densificación	122.4		x	[Kg/h]
Consumo de Biomasa diaria.	2693.4		x	[Kg/día]
Consumo anual de biomasa	840		x	[Ton/año]
Masa de humedad adquirida ingresada por hora/Kg biomasa	11.2		x	[Kg/Kg]
Energía alimentada al Gasificador	449		x	[KW-h]
Rendimiento del gasificador	0.78		x	
Masa de aire de gasificación/Kg biomasa seca.	1.27		x	[Kg/Kg]
Tasa de generación de Syngas/kg biomasa seca [Syngas Yield]	1.79		x	[Nm3/Kg]
Masa de agua a la salida del gasificador/Kg biomasa seca	18.7		x	[Kg/Kg]
Volumen teórico de syngas producido [Syngas Yield] ⁴	252		x	[Nm3/h]
Poder calorífico neto del syngas ³	5.00	x		[MJ/Nm3]
Tamaño nominal del Gasificador	350		x	[KW-h]
Energía entregada por el gasificador	1260		x	[MJ/h]
Energía entregada por el gasificador	320		x	[KW-h]
Motor ciclo Otto a Gas - TEDOM Cento 100				
Energía bruta requerida en el gas ingresante ⁶	312		x	[KW-h]
Energía neta requerida en el gas ingresante ⁶	298		x	[KW-h]
Eficiencia Mecánica Estimada	0.337	x		
Eficiencia Eléctrica neta ⁶	0.369		x	
Potencia nominal Motor TEDOM 100KWe	142.15		x	[HP]
Consumo de Syngas ⁶	29.8		x	[Nm3/h]
Energía neta disponible en cigüeñal ⁶	110.0		x	[KW-h]
Energía mecánica requerida Generador	105		x	[KW-h]
Rendimiento Generador Eléctrico	0.95		x	
Energía entregada por el Generador Eléctrico	100		x	[KW-h]
Parámetros Operativos Instalación				
Base de operación diaria.	22		x	[Hr/día]
Base de operación anual.	312		x	[días/año]
Horas totales de operación anuales	6864		x	[hr/año]
Efluentes Operativos:				
Residuos líquidos - condensados [vinagre de madera- Tars] ¹	55	x		[Kg/día]
Residuos sólidos - cenizas-particulado [3% biomasa ingresada] ⁸	67.34	x		[Kg/día]
Residuos sólidos carbonosos - Biochar [1.67Kg/100Kg biomasa seca] ⁷	44.98	x		[Kg/día]
Energía eléctrica anual estimada	686.40		x	[MW-h/año]
Energía Térmica anual aprovechable	1077.65		x	[MW-h Th/año]
Factor de servicio Instalación General	0.78		x	
<p>[1] Masa de condensado reportada por el fabricante para un equipo de 100KWe.</p> <p>[2] Monto presupuestario informado por el fabricante para el equipo de 100Kw e.</p> <p>[3] Valor energético del gas de síntesis extraído de Tabla 7.8, página 68, Handbook of Biomass Dow ndraft Gasifier Engine Systems 1985.</p> <p>[4] Calculado según cap. 6 Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design - Prabir Basu 2010</p> <p>[5] Según datos del fabricante del equipo de gasificación.</p> <p>[6] Valores suministrados por el fabricante del motor de gas.</p> <p>[7] Valor extraído de Tabla 7.8, página 68, Handbook of Biomass Dow ndraft Gasifier Engine Systems 1985.</p> <p>[8] Valor estimado por el fabricante del equipo, basado en el tipo de biomasa considerada.</p>				

Tabla 2: Resumen de parámetros operativos.

Según la tabla resumen anterior, se requieren al menos 900 Toneladas anuales de biomasa industrial para abastecer una instalación de gasificación de 100 KW-e.

En la figura 24 siguiente se muestra el aspecto del motor instalado en la planta de gasificación.



Figura 24: Motor a gas TEDOM 12L.

Fuente: Instalación Industrias Savini SRL.

En tabla 3 y en tabla 4 siguientes, se muestran las características correspondientes al motor actualmente comercializado dentro de la *unidad de CHP Cento 100*. (CHP TEDOM Engine Units, 2022)

BIOGAS basic technical data						
CHP Unit type	Electrical Output (kW)	Heat Output (kW)	Electrical Efficiency (%)	Heat Efficiency (%)	Total Efficiency (%)	Power input in fuel (kW)
Micro 30	20	41.8	29.5	62.0	91.5	67.7
Micro 30	30	59.0	30.9	60.7	91.6	97.1
Cento 80	83	121	35.0	50.9	85.9	237
Cento 100	106	143	36.4	49.2	85.6	291
Cento 120	124	165	36.9	49.2	86.1	336
Cento 160	166	217	37.8	49.5	87.3	439
Cento 180	182	224	39.1	48.1	87.2	465
Cento 200	200	245	39.2	48.1	87.3	510
Cento 210	210	241	40.4	46.5	86.9	519

Tabla 3: Motor TEDOM 100KWe

CHP - Natural gas and Biogas Specifications										
CHP Engine	Elec output	Heat output	Fuel Input (Net)	Fuel Input (Gross)	Gas consumption	Elec Efficiency (Net)	Elec Efficiency (Gross)	Heat Efficiency (Net)	Heat Efficiency (Gross)	Nitrous Oxide (Nox) at 5% O ₂
	kWe	kWt	kW	kW	m ³ /hour	100%	100%	100%	100%	mg/Nm ³
Micro 7 AP	6.5	16	241	26.70	2.55	27	24.34	66.3	59.92	250
Micro 20 AP	20	42	65.5	72.57	6.9	30.5	27.56	64.1	57.87	50
Micro 22 SP	22	45.2	70.5	78.11	7.5	31.2	28.16	64.1	57.86	50
Micro 25 SP	25	49.5	78.1	86.53	8.3	32.0	28.89	63.3	57.20	50
Micro 30 AP	30	59.4	93.8	103.93	9.9	32.0	28.87	63.3	57.15	50
Micro 33 SP	33	63.7	104.7	116.01	11.1	32.5	29.34	62.8	56.64	50
Micro 50 SP	50	88.5	146	161.77	15.5	34.2	30.91	60.6	54.71	50
Cento 70 ST	70	109	204	226.03	21.6	34.3	30.97	53.4	48.22	50
Cento 80 ST	85	141	252	279.22	26.7	33.7	30.44	56.0	50.50	50
Cento 80	81	120	231	255.95	24.4	35.1	31.65	51.9	46.88	500
Cento 100 ST	104	166	300	332.40	31.7	34.7	31.29	55.3	49.94	50
Cento 100	104	142	282	312.46	29.8	36.9	33.28	50.4	45.45	500
Cento 120 ST	124	182	357	395.56	37.8	36.6	33.01	53.7	48.45	50
Cento 120	125	177	343	380.04	36.3	36.4	32.89	51.6	46.57	500
Cento 130 ST	133	191	352	390.02	37	37.8	34.10	54.2	48.97	50

Tabla 4: Listado de modelos de motores cogeneración de Calor y Energía.

Fuente: Sitio web Motores TEDOM.

A nivel de emisiones contaminantes, los óxidos de nitrógeno denominados NO_x y el CO remanente son los más significativos. La composición del gas de síntesis alimentado y la relación estequiométrica seteada en el motor, condicionarán los valores de NO_x y CO a hallar en el escape.

3.20 APROVECHAMIENTO DE CALOR RESIDUAL

El sistema de gasificación posee un intercambiador de calor del tipo gas-gas donde se cumple la primera etapa del enfriamiento del gas de síntesis (650° a 300/400°C) antes

de ingresar al filtrado. Aire ambiente es insuflado en contracorriente para luego utilizarse como gasificante en el reactor.

En la etapa de filtrado, se utiliza una torre de velas ó cartuchos cerámicos donde se retienen partículas de dimensiones superiores a 5 micrones. Para efectuar la limpieza, se utiliza aire ambiente. El aire que egresa de este equipo puede utilizarse para aprovechamiento térmico (300°C aproximadamente). En la referencia adjunta, existe información de detalle del filtrado mencionado.

En la etapa siguiente de lavado (torre de lavado) el syngas es mezclado con una corriente de agua descendente a través de un depurador tipo Venturi – Scrubber. El agua de lavado operando en circuito cerrado con eventual reposición contiene energía térmica, la cual puede aprovecharse mediante un intercambiador. Ver figura 25.

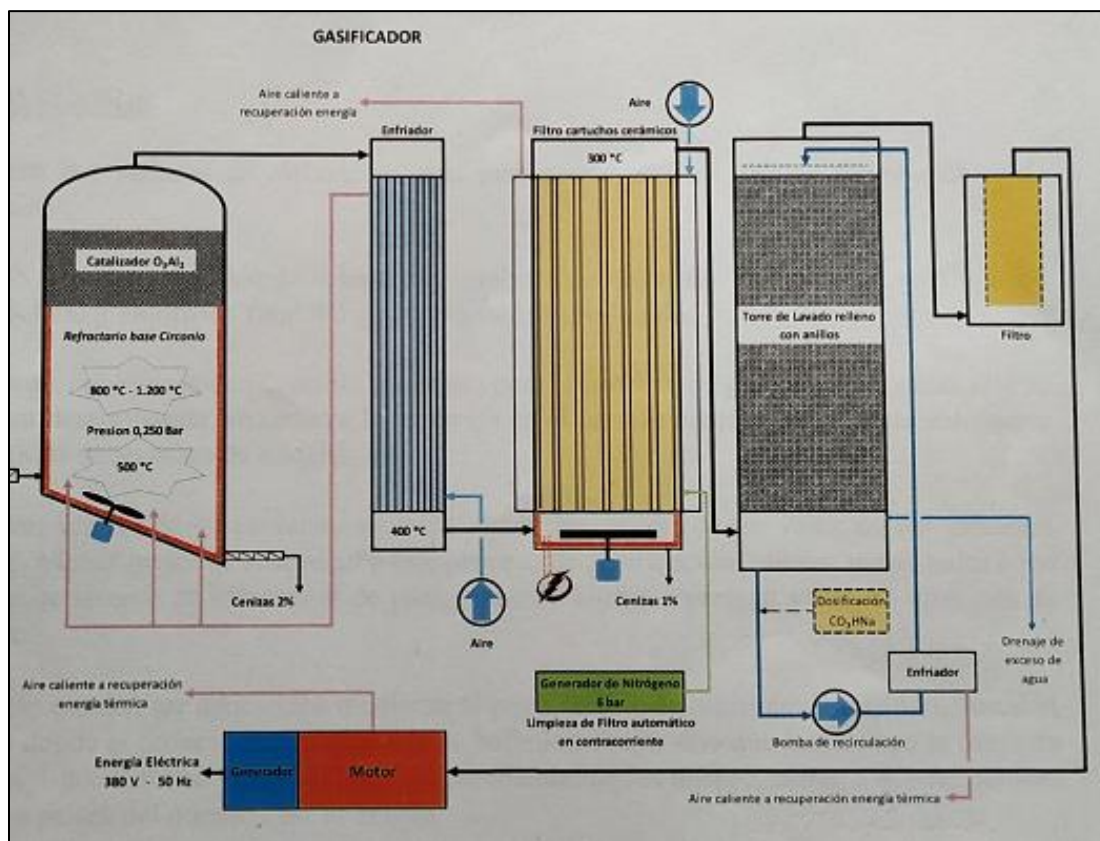


Figura 25: Esquema gasificador y unidad de tratamiento de gas de síntesis.

Fuente: Industrias Savini SRL- Manual Gasificador INSAV.

Existe también la posibilidad de aprovechar el calor rechazado por el motor de combustión en su sistema de enfriamiento y también la energía térmica de los gases de

escape. Las fuentes de energía térmica mencionadas pueden utilizarse para el secado de la biomasa antes de su ingreso al gasificador (eliminación parcial de humedad libre).

Dentro de la planta (edificio de maquinado) existen equipos de lavado de piezas los cuales disponen de una cuba de solución alcalina de gran volumen (5000 litros), en los cuales existiría la posibilidad de utilización del calor residual rechazado por la etapa de enfriamiento del gas de síntesis y por el intercambiador de la torre de lavado. La temperatura de la solución de lavado oscila entre los 50 a 60°C y se mantiene en ambos equipos mediante un sistema de termostatos.

Como ejemplo, se muestra en la tabla 5 siguiente, el relevamiento de consumos de uno de los equipos de lavado (máquina de lavado por Spray), donde puede verse el consumo medido de la unidad de calentamiento eléctrico.

Descripción consumidor	Función	Potencia nominal [HP]	Potencia nominal [Kw]	Corriente por fase I _{max} [A]	Tipo de conexión	Tiempo de funcionamiento [seg] por hora operación	Consumo estimado de EE [Kw-h]	Participación % en la Energía total consumida
Bomba principal de lavado #1	Suministra líquido a 6 Kg/cm ² en estación de lavado tapón y en estación	25	18.54	36	Δ	Permanente	20.14	21.38%
Bomba secundaria de lavado #2	Suministra líquido a 2,5 Kg/cm ² en estación de lavado tapón únicamente.	4.16	3.0	6.3	Δ	Permanente	3.73	3.96%
Resistencias de calentamiento de solución	Calentamiento de solución de lavado.	80	60	6.12	Δ	Permanente	60.00	63.68%
Resistencias calentamiento aire de secado (3x 4Kw)	Calentamiento de aire de secado.	16	12	4.5	Y	880	4.26	4.52%
Bomba de convección forzada	Recirculación continua de solución de lavado a tanque de calentamiento.	0.75	0.56	1.6	Y	Permanente	0.90	0.95%
Bomba de retorno de solución.	Retorna la solución proyectada sobre las piezas, desde el fondo de la cabina de lavado al tanque de solución.	1.5	1.12	2.75	Y	Permanente	1.54	1.63%
Extractor de vapor	Retira la solución evaporada en la cabina al exterior.	1.5	1.12	2.44	Y	Permanente	1.37	1.45%
Turbina de secado (2x)	Proyecta aire caliente sobre la pieza en la estación de enjuague y secado.	4	2.24	4.72	Y	880	1.29	1.37%
Extractor de virutas	Extrae los contaminantes decantados desde el fondo del tanque de solución.	0.125	0.09	0.56	Y	Permanente	0.32	0.34%
Reductor de elevación de barra transfer.	Accionamiento en elevación del sistema de transferencia de pieza	0.5	0.37	1.5	Y	384	0.0927	0.10%
Reductor giro de pieza	Acciona el dispositivo de giro de pieza en la 2da estación.	0.5	0.37	1.5	Y	2080	0.50	0.53%
Reductor de avance de barra transfer.	Accionamiento en traslación del sistema de transferencia de pieza	0.5	0.37	1.5	Y	320	0.0772	0.08%
Consumo tablero de							34.21	100.00%

Tabla 5: Consumos relevados en equipo de lavado blocks de cilindros.

El restante equipo de lavado presenta un consumo similar de aproximadamente 80KW. La potencia térmica total aprovechable está en el rango de 150 a 160KW y podría plantearse entonces su aprovechamiento mediante un *circuito de agua caliente a baja presión* que permita el calentamiento de las cubas de los equipos de lavado.

Por contactos realizados con otras plantas del mismo grupo, se confirmó la existencia de instalaciones similares de aprovechamiento de calor rechazado para el calentamiento de la solución en los equipos de lavado. (Unidad de producción de motores de México y en la unidad de fabricación de China).

También existe la posibilidad de utilización del calor rechazado en la calefacción ambiental (mediante un intercambiador agua-aire operando con agua caliente a baja presión, por ejemplo) del edificio de retoques de pintura, donde hoy se utiliza un equipo eléctrico tipo resistivo. Dicho edificio está ubicado al norte de la ecoisla.

3.21 MATERIA PRIMA - BIOMASA.

En el significado más general, el término biomasa refiere a cualquier material orgánico derivado de plantas u animales (Bain & Broer, 2011). Como fuente de energía sostenible y renovable, la biomasa es constantemente producida por la interacción de dióxido de carbono, aire, agua, tierra y la radiación solar con plantas y animales. Luego de la muerte de cualquier organismo viviente, los microorganismos descomponen la biomasa en sus constituyentes elementales tales como agua, dióxido de carbono liberando energía.

La biomasa incluye solamente especies biológicas vivientes ó que han muerto recientemente que pueden ser utilizadas como combustible ó formar parte de procesos químicos. Es importante aquí destacar que el término biomasa no comprende los materiales orgánicos que han sido transformados geológicamente a lo largo de períodos de tiempo extensos (millones de años) tales como el carbón bituminoso y el petróleo.

Dado que la combustión ó la acción de los microorganismos libera el dióxido de carbono absorbido por la planta en su pasado más reciente, el procesamiento térmico-químico de la biomasa no incrementa el inventario global de CO₂ de nuestra atmósfera. Por este motivo, el proceso propuesto en este estudio para el aprovechamiento de la madera (biomasa) se considera dentro de las *tecnologías de carbono neutral*.

La mayor parte de la biomasa es de origen ligno-celulósica. Los constituyentes principales son (3) polímeros orgánicos: la lignina, la hemicelulosa y la celulosa. En el caso de un árbol, la composición está formada principalmente, por estructuras celulósicas ligadas por lignina (agente aglomerante).

En el caso concreto de los procesos analizados dentro de la planta, los pallets de madera se encuadran dentro de la normativa DIN-EN 13698 debido a que provienen de proveedores ubicados en la comunidad económica europea. De los materiales de

construcción especificados, la madera de pino (conífera) es la más utilizada. Las dimensiones de los mencionados pallets bajo el standard mencionado son las siguientes: 1200mm por 800mm de lado bajo una altura total de 144mm.

En las figuras 26 y 27 siguientes, se presenta una vista explotada del montaje de los pallets.

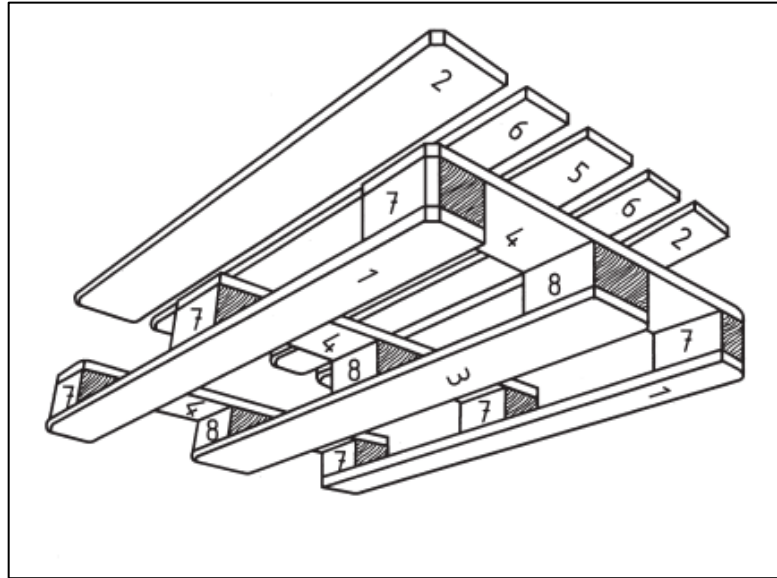


Figura 26: Pallet normalizado según DIN EN 13698.

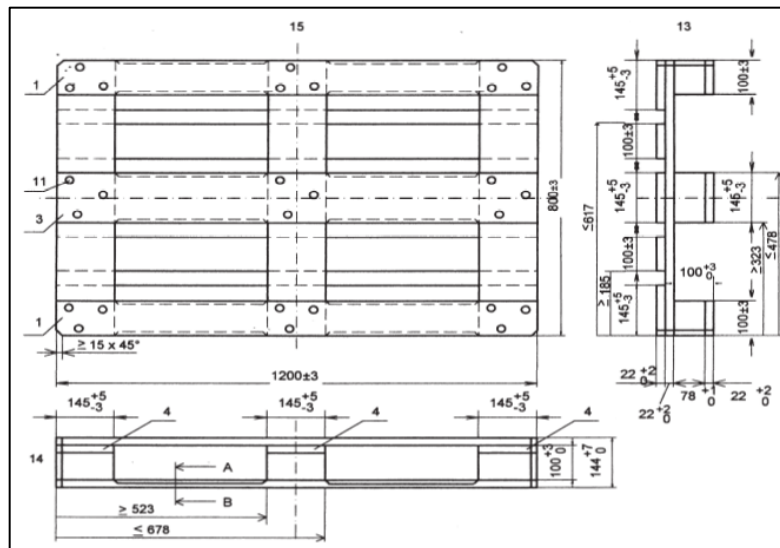


Figura 27: Dimensiones generales pallet 1200x800mm.

Muy a menudo, sobre el pallet ó tarima se ubican dos niveles de piezas motivo por el cual se presentan también separadores de la misma especie de madera. Los componentes fundidos en hierro gris, tales como cabezas de cilindros y blocks de

cilindros se reciben como castings en los pallets mencionados y forman parte del 80% de los residuos de biomasa-madera considerada. El volumen restante de residuos de madera está constituido por embalajes y cajones fabricados también madera de pino.

Los pallets ó tarimas de madera son elegidos para el transporte de piezas de peso importante debido a su resistencia y durabilidad frente al manipuleo. (una fundición de cabeza de cilindros tiene un peso comprendido entre 65 a 100Kgs mientras que un block de cilindros en bruto pesa entre 160 y 200Kgs). Otra ventaja es que son reparables y cuando han alcanzado el fin de su vida útil pueden utilizarse como fuente de celulosa ó para fines energéticos como es el objetivo del presente trabajo.

Es importante notar es que la madera utilizada en la construcción de los embalajes recibe un tratamiento térmico de secado a horno (56°C @ 30 minutos, identificado como HT) y *desinfección fitosanitaria* para evitar la introducción de plagas.

El mencionado proceso de tratamiento queda identificado sobre algunas de las piezas de madera mediante un sello particular. (Certificación de embalajes CATEM). En la figura siguiente se muestra el sello utilizado por nuestro país. Las siglas IPPC responden a la convención internacional de protección fitosanitaria. (ver ejemplo en figura 28)

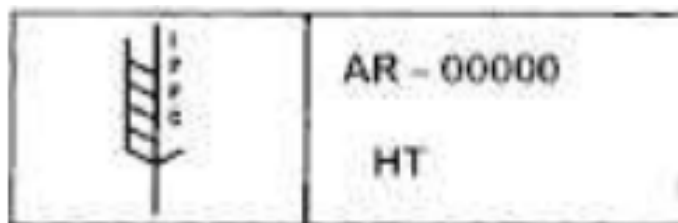


Figura 28: Sello de madera de embalaje tratada.

Dado que los residuos de madera – biomasa- se utilizarán como alimentación del proceso de gasificación, es necesario caracterizar las propiedades de la biomasa a través del análisis aproximado, el análisis último y el poder calorífico.

A partir de la bibliografía consultada (Bain & Broer, 2011), se muestran en las tablas siguientes, valores de referencia de análisis aproximado (volátiles, carbón fijo y cenizas-Tabla 6) y análisis último (elementos constitutivos – tabla 7) de algunos *tipos de biomasa y otros combustibles*, dentro de los cuales se ubica la *madera de pino ponderosa* habitualmente utilizada en los embalajes.

Table 3.1 Proximate analysis data (dry weight basis) for selected solid fuels and biomass [9]. Reprinted from *Biomass Gasification: Principles and Technology*, M. Graboski and R. Bain, *Properties of biomass relevant to gasification*, Copyright (1981), with permission from Elsevier

	Analysis (wt%)			Ref.
	Volatile matter (VM)	Fixed carbon (FC)	Ash	
<i>Coals</i>				
Pittsburgh seam	33.9	55.8	10.3	[10]
Wyoming Elkol	44.4	51.4	4.2	
Lignite	43.0	46.6	10.4	
<i>Oven-dry woods</i>				
Western hemlock	84.8	15.0	0.2	[11]
Douglas fir	86.2	13.7	0.1	
White fir	84.4	15.1	0.5	
Ponderosa pine	87.0	12.8	0.2	
Redwood	83.5	16.1	0.4	
Cedar	77.0	21.0	2.0	
<i>Oven-dry barks</i>				
Western hemlock	74.3	24.0	1.7	[11]
Douglas fir	70.6	27.2	2.2	
White fir	73.4	24.0	2.6	
Ponderosa pine	73.4	25.9	0.7	
Redwood	71.3	27.9	0.8	
Cedar	86.7	13.1	0.2	
<i>Municipal refuse and major components</i>				
Nat=I Ave. Waste	65.9	9.1	25.0	[12]
Newspaper (9.4%)	86.3	12.2	1.5	
Paper boxes (23.4%)	81.7	12.9	5.4	
Magazine paper (6.8%)	69.2	7.3	23.4	
Brown paper (5.6%)	89.1	9.8	1.1	
<i>Selected biomass</i>				
Almond wood	77.28	15.94	6.78	[13]
Red oak sawdust	86.22	13.47	0.31	
Hybrid poplar	84.81	12.49	2.70	
Alfalfa stems	78.92	15.81	5.27	
Wheat straw, Denmark	69.80	12.29	10.78	
Wheat straw, OR	81.24	17.06	4.32	
Rice straw	65.47	15.86	18.67	
Willow	85.23	13.82	0.95	
Sugar cane bagasse	85.61	11.95	2.44	
Switchgrass, MN	82.94	14.37	2.69	
Bana Grass	73.44	16.68	9.88	

Tabla 6: Datos de análisis aproximado de biomásas, carbones y RSU.

Table 3.2 Ultimate analysis (dry basis) of selected biomass and coals

Material	C	H	N	S	O	Cl	Ash	HHV ^a (MJ/kg)
West Kentucky No. 11 coal	74.4	5.1	1.5	3.8	7.9	—	7.3	31.24
Wyoming Elkol coal	71.5	5.3	1.2	0.9	16.9	—	4.2	29.50
Lignite	64.0	4.2	0.9	1.3	19.2	—	10.4	24.86
Rice straw	39.2	5.1	0.6	0.1	35.8		19.2	15.18
Wheat straw	43.20	5.00	0.61	0.11	39.40		8.90	16.71
Animal waste	42.7	5.5	2.4	0.3	31.3		17.8	17.13
Bagasse	44.80	5.35	0.38	0.01	39.55		11.27	17.33
Sudan grass	44.58	5.35	1.21	0.01	39.18		8.65	17.39
Switchgrass, Columbus, OH	46.68	5.82	0.77	0.19	37.57	0.03	8.97	18.02
Switchgrass, Krutinger 2	44.97	5.10	0.69	0.09	42.43	0.024	6.72	18.13
Alfalfa pellets	45.60	5.50	2.70	0.21	36.99	0.39	9.00	18.29
Oak, tan	48.67	6.03	0.06	0.04	44.99		0.20	18.93
Poplar, hybrid	50.18	6.06	0.60	0.02	40.44	0.01	2.70	18.98
Willow - SV1-1yr	47.94	5.84	0.63	0.06	44.43	<0.01	1.10	19.32
Pine, ponderosa	49.25	5.99	0.06	0.03	44.36		0.29	19.66
Pine bark	52.3	5.8	0.2	0.0	38.8		2.9	20.38
Lignin, mulberry	61.00	5.20	1.5	0.60	27.50		1.90	25.23
Lignin, poplar	63.40	5.70		1.57	27.20		1.60	25.99
Corn stover	49.62	5.35	0.80	0.05	38.13	0.12	5.99	18.40
DDGS ^b	50.29	6.47	3.63	0.67	34.69	0.16	4.25	20.68

^aHigher heating value.
^bDistiller's dried grains with solubles.

Tabla 7: Análisis último de biomásas y carbones.

A partir de los datos mensuales de acumulación de residuos, se muestra un resumen de los volúmenes de madera-biomasa disponibles en la planta para el proyecto.

Considerando los (3) últimos años de la tabla como representativos, se obtiene un volumen promedio de 1329 Toneladas anuales, (tabla 8) lo cual cubre ampliamente el requerimiento de 900 toneladas/año.

Residuos de Madera de Embalajes en Playa de desechos.									
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Mes		Unidad de medida [Ton]							
Noviembre		43,4	67,1	101,6	59,3	55,1	75,4	146,0	162,1
Diciembre		48,4	85,2	150,8	64,5	46,4	84,7	135,9	150,9
Enero		24,1	61,8	128,9	45,4	21,6	61,5	84,6	93,9
Febrero		36,2	67,8	83,1	86,3	49,8	78,7	123,3	136,9
Marzo		42,7	81,6	115,3	96,4	68,7	168,2	137,5	152,6
Abril		29,8	111,3	78,5	90,3	71,0	135,8	115,8	128,6
Mayo		32,4	100,9	68,1	69,0	42,8	148,6	84,3	93,6
Junio		27,5	70,4	55,6	50,9	44,4	96,5	80,2	89,1
Julio		25,1	69,2	57,0	46,3	53,9	147,6	72,6	80,6
Agosto		29,3	118,2	61,6	60,8	68,5	146,3	104,9	116,4
Septiembre		36,3	136,9	70,7	72,2	72,6	129,5	59,8	66,3
Octubre		62,7	103,3	47,3	52,4	87,7	163,7	65,3	72,5
Total anual		437,9	1073,6	1018,6	793,6	682,5	1436,3	1210,3	1343,4

Tabla 8: Registro de residuos de Madera.

A fin de conocer la calidad de la biomasa disponible, se llevó a cabo en forma anticipada, el análisis del poder calorífico y contenido de humedad a través de la contratación de los servicios del IFIR (Conicet Rosario).

Para concretar lo anterior se tomaron (16) muestras de madera de diferentes ubicaciones en la playa actual. (8) muestras a partir de trozos de madera ubicadas en la parte superior del acumulado y otras (8) muestras ubicadas en la parte inferior. Los resultados del análisis se resumen en la tabla 9 y en tabla 10.

En la siguiente tabla se muestran las humedades de cada muestra tras análisis.

Muestra	H%
1	14,15
2	14,07
3	10,73
4	10,71
5	8,85
6	8,67
7	14,15
8	12,37
Promedio muestras sector inferior	11,7125
9	11,04
10	10,94
11	8,71
12	8,67
13	9,39
14	9,59
15	12,23
16	12,18
Promedio muestras sector superior	10,34375
Promedio total	11,03
Desvió STD	1,6138853

Tabla 9: Análisis de PCI / Humedad.

El poder calorífico neto obtenido es de 3780 Kcal/Kg de biomasa con un contenido de humedad relativa del 11%. En el anexo 4, se muestra el informe completo.

Del conjunto de muestras analizadas se informa el valor medio del poder calorífico neto 3780 kCal/kg (incluida humedad), la humedad y el residuo luego del proceso. El Calor latente vaporización del agua es de 2257 kJ/kg.

Muestras	Area agua/masa	Procesos exotérmicos	Proporción	Calor equivalente total [kJ/kg]	Perdida de masa a 550°C	Humedad
M1	275	2079	7,56	14806	>99%	9,1
M2	225	1970	8,76	17504	>99%	8,2
M3	287	2205	7,68	15083	98,90%	9,4
PCI Valor medio	15800	±	1300,00	kJ/kg	Residuo	humedad
	3780	±	310	kCal/kg	<1%	9,0±0,5)%

Resultados según muestras:

Poder calorífico neto= 3780 ± 310 kCal/kg

Humedad= 11 ± 1.62 % H

Tabla 10: Poder Calorífico inferior y Humedad relativa promedio.

3.22 ACONDICIONAMIENTO DE LA BIOMASA

El manejo adecuado de los residuos de biomasa adquiere importancia cuando los comparamos con los combustibles líquidos y los gases. Tanto líquidos como gases se deforman continuamente bajo las tensiones tangenciales adoptando la geometría del

recipiente que los contiene y fluyendo fácilmente bajo el efecto de la gravedad cuando son más pesados que el aire.

Cuando consideramos combustibles sólidos, si bien pueden soportar tensiones tangenciales, no pueden fluir fácilmente. La naturaleza fibrosa de la biomasa y su geometría condicionan los sistemas de preparación, almacenamiento y transporte de la biomasa.

Los principales problemas mencionados en las plantas de procesamiento de biomasa con fines energéticos se refieren a incidentes vinculados a los sistemas de manejo y almacenamiento.

Un sistema típico de generación de energía a partir de biomasa comprende al menos seis etapas:

- Recolección.
- Transporte.
- Preparación/adecuación de tamaño.
- Almacenamiento.
- Alimentación.
- Conversión.

En este caso particular, la biomasa se presenta bajo la forma de pallets, separadores, tablas y cajones. La vinculación de los diversos componentes se hace a través de clavos, grampas y en algunos pocos casos, mediante tornillos.

Los métodos de recolección de biomasa varían dependiendo del tipo y de la fuente. Es común utilizar residuos forestales en plantas de gasificación. En ese caso, vehículos especiales (carretones, vagones de ferrocarril) transportan los residuos lignocelulósicos hasta la ubicación de la planta. Allí es temporariamente almacenada y preparada según se requiera. La biomasa ajustada en tamaño, almacenada en silos es luego alimentada/dosificada en una tasa determinada a la tolva de preingreso del gasificador. Típicamente la biomasa produce una masa reducida de cenizas, pero a menudo se mezcla con sustancias/partículas extrañas. Este hecho condiciona el proceso específico de separación/preparación

En el caso planteado de la industria, la recolección se inicia desde los puntos de generación de los diferentes procesos productivos desde los cuales, una empresa de limpieza traslada contenedores identificados como “madera” a un sector denominado “Isla Ecológica”. Allí se concentra la acumulación a granel.

La siguiente etapa requerida es el ajuste de tamaño/geometría y la separación de los materiales extraños, como por ejemplo tornillos, clavos y grampas. (elementos metálicos de unión).

Todo reactor de gasificación requiere biomasa en un tamaño compatible con su diseño térmico (intercambio de calor) y el flujo previsto. Al revisar las especificaciones de equipos de gasificación europeos, los biocombustibles deben cumplir normativas. Por ejemplo, puede mencionarse la norma ISO-DIN 17225-1 Solid Biofuels como así también la norma austríaca ONORM.

Una geometría común de biomasa muy utilizada en sistemas de gasificación con un alto grado de automatización son los pellets. En este caso la normativa aplicable corresponde al estándar EN Plus A1. Las principales ventajas mencionadas en las especificaciones de plantas alimentadas con este combustible son las siguientes:

- Permite trabajar con sistemas de transporte, almacenamiento y alimentación compactos y confiables. En muchos casos, sistemas neumáticos de transporte.
- Valores de eficiencia de transformación conversión de biomasa elevados y asegurados.
- Valores reducidos de cenizas. (ausencia de materias extrañas).
- Reducción de paradas de planta por problemas de atascamiento en los sistemas de dosificación.

Las desventajas de transformar la biomasa disponible en pellets, corresponde al *consumo de energía* asociado al proceso de peletización y la *inversión de capital* necesaria, solo justificable por encima de ciertos volúmenes diarios de biomasa y/o potencia instalada. Bajo estas condiciones no aplica al proyecto bajo estudio.

En el caso de chips de madera (nuestro caso) los estándares están generalmente más desarrollados en aquellos países con aprovechamientos históricos de biomasa. Uno de los estándares con mayor aplicación/uso para "Wood chips" está basado en la normativa austríaca y cubre cuatro áreas:

- Tamaño de partículas y límites máximos (área y longitud)
- Contenido de humedad.
- Densidad del material.
- Contenido de cenizas.

El tamaño de partículas relaciona el área de la viruta de madera en milímetros cuadrados y abarca rangos desde G30 (viruta pequeña) a un tamaño G150 (viruta grande) .

Como resultado del procesamiento de los residuos de madera se tendrá una coexistencia de diferentes granulometrías. Es por dicho motivo que el standard especifica los contenidos porcentuales de las mallas ó tamaños a fin de lograr una clasificación adecuada al propósito.

Es universal aceptado que las partículas de tamaño pequeño incrementan significativamente el rendimiento global energético del proceso de gasificación pero también se reportan incrementos de costos de las instalaciones. Este hecho está asociado a la energía necesaria para obtener la reducción de tamaño requerida. Por el otro lado, si bien un incremento de tamaño reduce los costos iniciales y operativos de densificación, se incrementa el tiempo empleado en el proceso de extracción de los compuestos volátiles, tal cual se menciona en (Alauddin, 2010)

En la tabla 11 siguiente, se muestran especificaciones relacionadas al standard ONORM para combustibles tipo VIRUTA de MADERA. **(Europe Forestry, 2017)**

AUSTRIAN ONORM STANDARDS – SPECIFICATIONS AND PROPERTIES FOR WOODCHIP						
Size Classification						
Chip Designation	Maximum % Particulate Size				Maximum Extremes	
	<4%	<20%	60–100%	<20%	Area cm ²	Length cm
G30	<1mm	1–3mm	3–16mm	> 16mm	3	8.5
G50	<1mm	1–6mm	6–32mm	> 32mm	5	12
G100	<1mm	1–11mm	11–63mm	> 63mm	10	25
G120	<1mm	1–63mm	63–100mm	> 100mm	12	30
G150	<1mm	1–100mm	100–130mm	> 130mm	15	40
Moisture Content Classification						
Chip Designation	Moisture content in % (wet basis)		MC Definition			
W20	<20		Air dried			
W30	20–30		Undercover store			
W35	30–35		Limited undercover stored			
W40	35–40		Wet			
W50	40–50		Green			

Tabla 11: Norma Austríaca para Virutas de Madera.

El requerimiento de la planta de gasificación considerada en este estudio especifica alimentación de biomasa de un *tamaño G30* donde:

- Partículas menores a 1mm hasta un 4%.
- Partículas entre 1 y 3mm hasta un 20%.
- Partículas entre 3 y 16mm 60 a 100%.
- Partículas mayores a 16mm menor a 20%
- Longitudes de virutas no mayor a 85mm.
- Sección transversal no mayor a 3cm².

Dado que la madera que utilizaremos es de la especie PINO, especial atención deberá prestarse a la presencia de resinas que, bajo el secado de ingreso, podría producir condiciones de atascamiento en la tolva de recepción del reactor.

3.23 GENERACION Y AHORRO DE EMISIONES

El proceso de cogeneración interna permite substituir consumos de energía eléctrica suministrada por la red externa (EPE), lo cual trae como ventaja una *reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera*.

Según el último informe disponible en la página web del Ministerio de Energía de nuestro país, el factor de emisión asociado a la matriz de generación correspondiente al período 2019 es 0,428 Toneladas de CO₂ por cada MW-h producido.

Al realizar el balance de generación neta de energía, debemos considerar y restar el autoconsumo de energía eléctrica de la propia planta de gasificación, los consumos asociados a la preparación y transporte de biomasa y los servicios eléctricos del edificio de operación (iluminación principalmente).

A partir de los manuales y/o especificaciones de los diferentes equipos, se contabilizó la potencia instalada individual sobre la base de horas de operación requeridas. El autoconsumo diario de energía eléctrica de la operación de gasificación se muestra en la tabla 12 siguiente, (326.7 KW-h).

Autoconsumo de Energía Eléctrica		
Operación del equipo de Gasificación. (7% de su generación)	154.00	[KW-h/día]
Preparación de la biomasa - Trituración (incluye aspirador de polvos)	65.50	[KW-h/día]
Transporte de la biomasa al Silo	6.00	[KW-h/día]
Alimentación desde silo a tolva ingreso Gasificador	66	[KW-h/día]
Edificio de operación - Iluminación led de 200W x 8 artefactos.	35.2	[KW-h/día]
Total consumo de energía de la planta de Gasificación	326.7	[KW-h/día]

Tabla 12: Autoconsumo de energía eléctrica.

El consumo de energía de la planta, en el período analizado, alcanzó los 7186 MW-h. En la tabla 13 siguiente se muestra el detalle de la información relevada de los consumos mensuales, así como también el precio asociado indicado en las facturas.

CONSUMOS DE ENERGIA DE LA PLANTA				
Período analizado		2018/2019		Precio factura
Mes		Kw-Hora	Total AR\$/mes	AR\$/Kw-h
Enero		684,596	\$ 1,841,947.00	2.691
Febrero		684,775	\$ 1,988,237.00	2.903
Marzo	1	620,893	\$ 1,849,986.00	2.980
Abril	2	646,409	\$ 1,893,537.00	2.929
Mayo	3	587,141	\$ 1,713,056.00	2.918
Junio	4	525,293	\$ 1,796,716.00	3.420
Julio	5	619,064	\$ 1,779,274.00	2.874
Agosto	6	628,826	\$ 2,608,792.00	4.149
Septiembre	7	614,520	\$ 2,561,134.00	4.168
Octubre	8	559,687	\$ 2,381,296.00	4.255
Noviembre	9	602,900	\$ 2,533,679.00	4.202
Diciembre	10	611,758	\$ 2,563,822.00	4.191
Enero	11	460,071	\$ 2,433,958.00	5.290
Febrero	12	709,800	\$ 4,074,817.00	5.741
Marzo	13			
Promedio de consumo mensual [KW-h]		598,864		4.736
Total acumulado anual [KW-h]		7,186,362		
Total acumulado anual [MW-h]		7,186		

Tabla 13: Resumen de consumos mensuales de energía eléctrica.

En la tabla 14 siguiente, se muestra el balance de energías en *base anual* y el ahorro de emisiones. Se incluye la energía térmica aprovechable como sustitución de los consumos eléctricos que reemplazaría, considerando las pérdidas inevitables en los intercambiadores y ductos mediante un coeficiente de rendimiento del 60%.

BALANCE ENERGETICO	
Energía total bruta anual entregada a red interna de Baja Tensión. ¹	686.4 [MW-hr/año]
Energía consumida por la propia instalación ²	-101.9 [MW-hr/año]
Energía Neta a aportar a red interna de BT	584.5 [MW-hr/año]
Energía Térmica - Calor aprovechable (Rendimiento 60%) ³	646.6 [MW-hr/año]
Energía total cogenerada (Térmica+Eléctrica)	1231.1 [MW-hr/año]
Consumo Anual de Energía Eléctrica de la planta	7186.4 [MW-hr/año]
Porcentaje de cobertura por cogeneración	17%
AHORRO DE EMISIONES DE CO ₂	
Factor de Emisión período 2019 - Matriz Eléctrica Argentina	0.428 [ton CO ₂ /MW-h]
Ahorro total de emisiones de CO ₂	527 [ton CO ₂ /año]
[1] Dato calculado extraído de tabla 2	
[2] Calculado en tabla 12 y extrapolado a base anual.	
[3] Se considera un rendimiento del 60% debido a pérdidas de calor en los intercambiadores.	

Tabla 14: Balance energético y emisiones.

En base a lo anterior, del consumo anual de la planta (7186 MW-h), podrían substituirse 1231 MW-h (17%) mediante la implementación de la planta de gasificación, en correspondencia con un ahorro de 527 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Aquí es importante destacar que en general, las emisiones de los equipos de generación eléctrica que operan con gases de bajo poder calorífico *son menores* a aquellas que se tienen en equipos operando bajo combustibles líquidos y sólidos. Un análisis muy completo de las emisiones de los sistemas de gasificación pudo verse en la cita adjunta. (Whitty, R. Zhang, Eddings, & G., 2008)

A nivel de emisiones en la generación, los contaminantes significativos en motores de gas operando con gases de bajo PCI, corresponden a óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) remanente y en menor medida, material particulado (PM).

Según lo mostrado en la cita adjunta (Fiorea, Magi, & Viggiano, 2020), los compuestos de óxidos de nitrógeno NO_x y NO₂ tienen relevancia en los gases de escape de motores de ignición por chispa alimentados por gas de síntesis, debido a las elevadas temperaturas de combustión producto de la presencia de H₂ y de CO. Cabe también mencionar que los motores de gas especificados en las unidades modulares de gasificación poseen sistemas de tratamiento de gases de escape. (Selective non-catalytic reduction (SNCR) and selective catalytic reduction (SCR)). El CO₂ aportado por el motor de combustión no contribuye al presupuesto global de GEI por haber sido absorbido por la biomasa en su crecimiento (tecnología de carbono neutral)

3.24 LAYOUT TENTATIVO DE LA INSTALACION

A fin de determinar la superficie mínima del edificio de gasificación y generación de energía, necesitamos contabilizar los siguientes equipos/instalaciones:

- Contenedor de 20 pies del gasificador- tratamiento del syngas.
- Contenedor de 20 pies de la unidad de generación de energía.
- Superficie para ubicación de componentes operativos de la unidad de tratamiento de gas de síntesis.
- Superficie para ubicación de los recipientes de recolección de biochar, cenizas y condensados.
- Contenedor de 20 pies con los tornillos de transporte en su base (silo de virutas de madera)
- Equipo de trituración de madera. (Triturador UNTHA).
- Extractor de polvos del equipo de trituración.
- Tornillos transportadores de conexión entre el triturador y el silo y entre el silo y el receptor de viruta.
- Pasillos de mantenimiento.
- Oficina del técnico de control.

La superficie demandada por las instalaciones indicadas anteriormente alcanza los 1000m² aproximadamente.

Dado que la acumulación de madera se produce en el sector norte de la ecoisla, a fin de mantener cercanía de los procesos, elegimos la zona tentativa para la ubicación del edificio de la instalación, el sector contiguo en dirección Este, cuya superficie aproximada es de 54m de largo por 20 metros de ancho. Este sector se muestra en la figura siguiente. En dicha zona se dispone de desagües pluviales, cloacales y alimentación de energía eléctrica. Se dispone de aire comprimido en la construcción cercana del túnel de retoques de pintura. (ver figura 29)

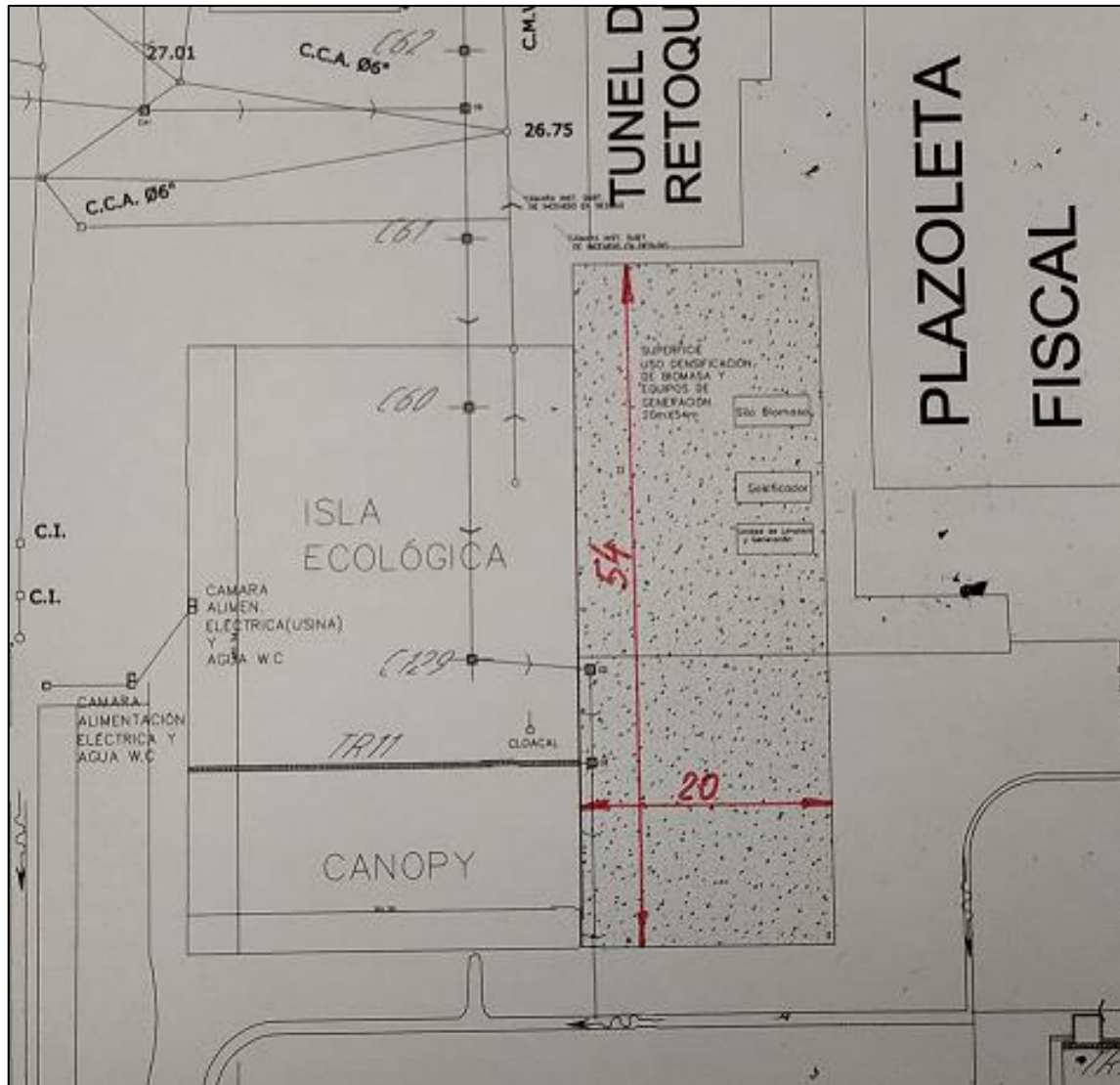


Figura 29: Ubicación edificio de procesamiento y generación de energía.

En la figura 30 siguiente se muestran las vistas del equipo de trituración de madera marca UNTHA modelo LR1400. Los pasillos de mantenimiento mínimos son de 500mm. Cabe mencionar que el sistema de transporte (tornillo transportador cerrado) de las virutas producidas por el equipo hacia el silo contenedor dispone de un *separador magnético* para los clavos y grampas metálicas que poseen los pallets y cajones a procesar.

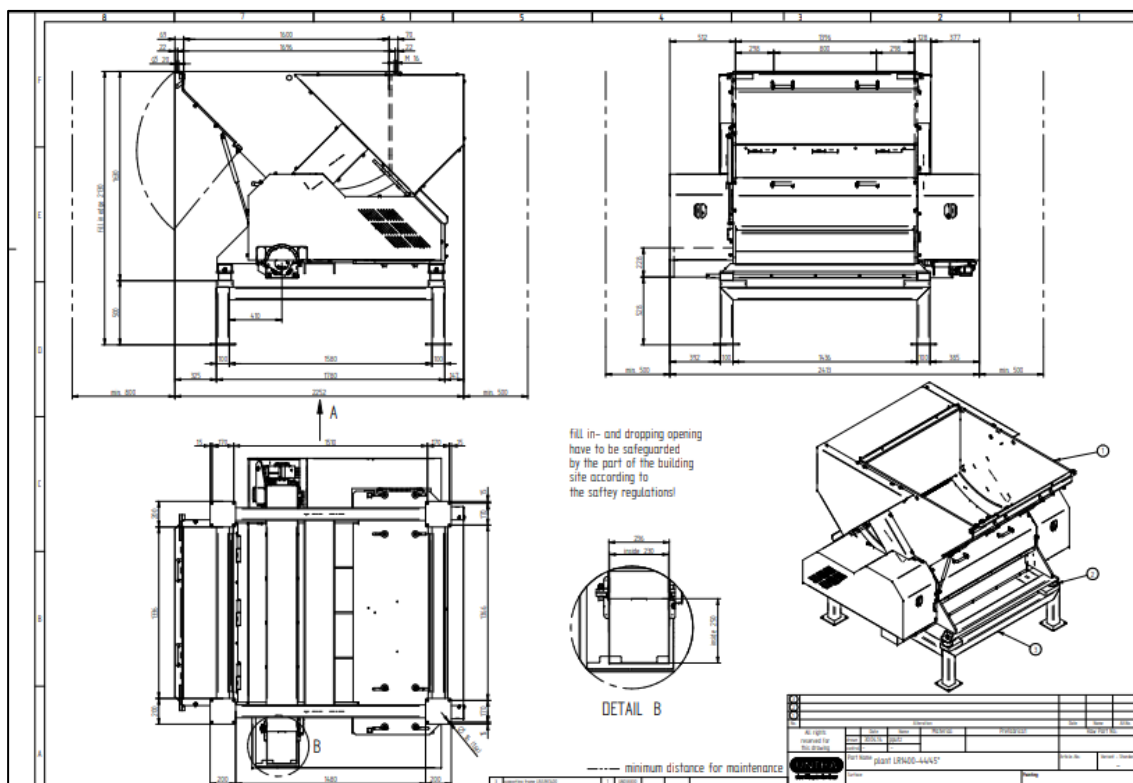


Figura 30: Equipo UNTHA LR1400.

Fuente: Cotización suministrada por el distribuidor UNTHA en España.

3.25 ENCENDIDO INICIAL

Para la puesta en marcha del reactor, se utiliza un pequeño quemador de gasoil, el cual aporta la energía mínima necesaria para la combustión de una cantidad inicial de biomasa. Luego de iniciado el proceso, el mismo continúa por sus propios medios debido a la energía que generan las reacciones exotérmicas dentro del reactor.

3.26 AGUA DE RED-UNIDAD DE TRATAMIENTO GAS DE SINTESIS

Dentro de la etapa de limpieza húmeda, se utiliza agua de red para el llenado del *circuito cerrado* (Torre de lavado), con eventual reposición de la misma, por ejemplo al efectuarse una limpieza del sistema ó reposición por fuga-rotura de algún componente. (ver figura 31)

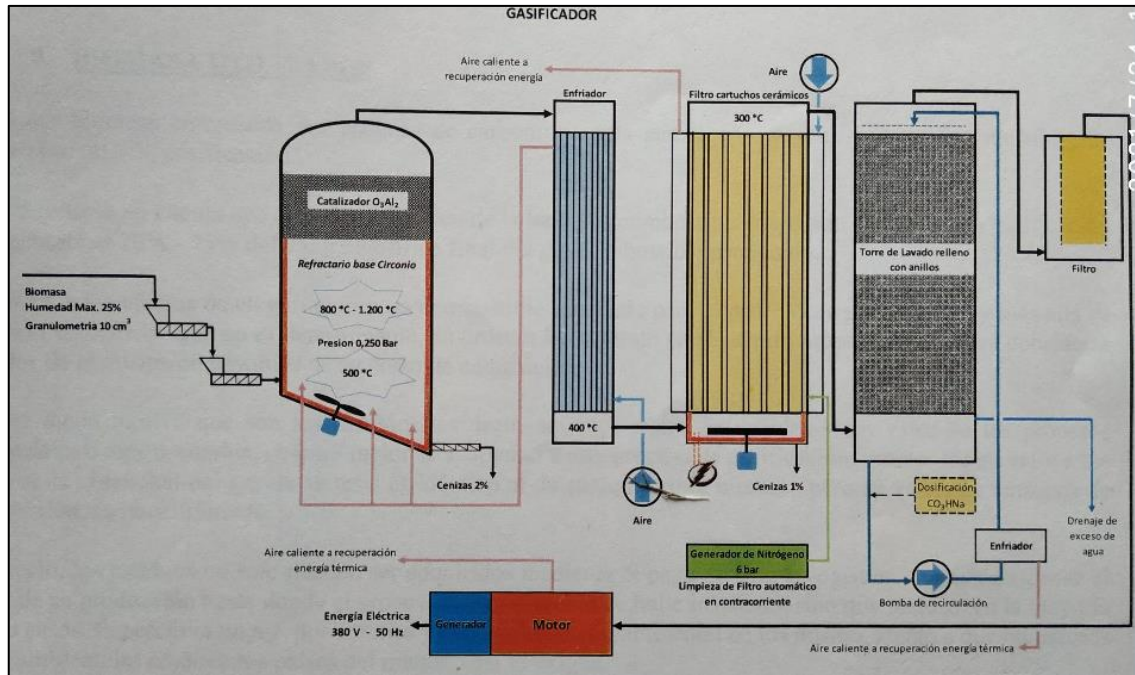


Figura 31: Diagrama esquemático del proceso de gasificación y filtrado.

Fuente: Industrias Savini SA – Manual de Gasificador INSAV.

El intercambiador de calor para enfriamiento del motor de combustión interna, opera en circuito cerrado a base de etilenglicol y agua desmineralizada.

3.27 AIRE AMBIENTE

La instalación de gasificación utiliza *aire ambiente precalentado* como gas de gasificación en el interior del reactor. Un soplador centrífugo aspira aire ambiente y lo entrega en contra corriente, al *intercambiador de enfriamiento* del gas de síntesis que abandona el reactor. La masa de aire caliente que abandona el intercambiador ingresa al reactor de gasificación en el tercio inferior. El consumo teórico aproximado de aire ambiente es de 1,27 Kg masa de aire por cada Kg de biomasa ingresada. (proceso de pirólisis con defecto de aire)

El proceso también requiere de la instalación de un *generador de nitrógeno* a partir de *aire ambiente*, para efectuar operaciones de limpieza en el sector de filtrado del syngas. El mismo equipo auxiliar utiliza *aire ambiente* para el enfriamiento adicional del gas de síntesis (cartuchos cerámicos de filtrado), el cual puede tener aprovechamiento posterior.

3.28 RESIDUOS GENERADOS Y EMISIONES.

Como referencia, el syngas que produce el reactor podría tener la siguiente composición promedio, (Tabla 15)

Composición Syngas @ 600°C	
Compuestos	% Vol
CO	19-22
H ₂	15-18
H ₂ O	4-5
CH ₄	1-4
CO ₂	9-12
C _n H _n	0,1-0,5
N ₂	49-53

Tabla 15: Composición orientativa del syngas.

Fuente: (Basu, 2010)

Los residuos asociados directamente a la operación del reactor están formados principalmente por las cenizas, residuos carbonosos/semilíquidos denominados Biochar y productos de alto peso molecular denominados Tars.

Luego del proceso de generación del gas de síntesis dentro del reactor, se lleva a cabo la fase de acondicionamiento-tratamiento del mismo. Principalmente se segregan aquí cenizas livianas y partículas de residuos carbonosos que abandonan el reactor a través del flujo del syngas. También se generan condensados, producto de los procesos de enfriamiento y lavado del syngas.

En resumen, los residuos de la instalación son los siguientes:

Residuos inorgánicos (Cenizas): a partir de la combustión de biomasa. El volumen aproximado puede variar entre el 0.9 al 3% de la masa de madera consumida. Están caracterizadas como de PH básico, no corrosivas y de baja concentración en metales pesados.

En la tabla 16 siguiente se muestra la composición porcentual en masa de la ceniza típica proveniente de la gasificación de madera forestal:

Compuestos	Composición % de masa de Cenizas
Al ₂ O ₃	32
TiO ₂	6.2
Fe ₂ O ₃	14
CaO	2.8
MgO	17
Na ₂ O	2.7
K ₂ O	2.8
P ₂ O ₅	4.7
SO ₃	6.3

Tabla 16: Composición Cenizas Gasificación Maderas

Fuente: (Basu, 2010)

Biochar – Residuo de tipo carbonoso, denominado también biocarbón siendo ligeramente ácido a alcalino. Es utilizado como regulador del PH y mejorador orgánico de suelos de cultivos (fijación de nutrientes). Contribuye como secuestrante de carbono al ser incorporado al suelo. La composición del *análisis aproximado* típica a partir de residuos de madera de pino varía según la temperatura de pirólisis. Para la temperatura de trabajo especificada (800°C) en este proyecto, dicha composición podría ser:

Materia volátil 6%

Cenizas 14.5%

Carbón fijo 79.4%

A partir de un reporte técnico publicado sobre el biochar proveniente de un equipo de gasificación modular (RESET, Analisis di un campione di Biochar proveniente da un impianto di gassificazione di biomasse di tecnologia SynaSmart®, 2020) la composición elemental del biochar puede aproximarse mediante la tabla 17 siguiente.

Composición Biochar	
Compuestos	Valor
pH	11,3
Conductibilidad eléctrica	5,0 mS/cm
Humedad	2,76%
Nitrógeno Total	516 mg/Kg
Fósforo total	340 mg/Kg
Potasio total	4,3 g/Kg
Calcio total	10,6 g/Kg
Magnesio total	2,20 g/Kg
Sodio total	216 mg/Kg
Plomo total	<1,0 mg/Kg
Cadmio total	<1,0 mg/Kg
Cromo Hexavalente	<1,0 mg/Kg
Cobre total	10,4 mg/Kg
Zinc total	11,8 mg/Kg
Niquel total	5,35 mg/Kg
Mercurio Total	<1,0 mg/Kg
Carbono total	68,5 %
Calcáreos totales	9 g/Kg
Cenizas	6,4 %

Tabla 17: Composición aproximada del Biochar.

- **Tars:** con esta denominación se refiere a aquellos subproductos de la gasificación, condensables a temperatura ambiente, de elevado peso molecular (C_nH_n).

En el proceso seleccionado, el diseño del reactor (lecho fluidizante), las elevadas temperaturas especificadas (+800°C) y la presencia de un agente catalizador (Orio, Corella, & Narvaez, 1997) favorecen el craqueo de los alquitranes. Como ejemplo de composición de los “tars” según la temperatura de operación del reactor se adjunta la tabla 18 siguiente.

Conventional Flash Pyrolysis (450°–500°C)	High-Temperature Flash Pyrolysis (600°–650°C)	Conventional Steam Gasification (700°–800°C)	High-Temperature Steam Gasification (900°–1000°C)
Acids Aldehydes Ketones Furans Alcohols Complex Oxygenates Phenols Guaiacols Syringols Complex Phenols	Benzenes Phenols Catechols Naphthalenes Biphenyls Phenanthrenes Benzofurans Benzaldehydes	Naphthalenes Acenaphthylenes Fluorenes Phenanthrenes Benzaldehydes Phenols Naphthofurans Benzanthracenes	Naphthalene* Acenaphthylene Phenanthrene Fluoranthene Pyrene Acephanthrylene Benzanthracenes Benzopyrenes 226 MW PAHs 276 MW PAHs
* At the highest severity, naphthalenes such as methyl naphthalene are stripped to simple naphthalene.			

Tabla 18: Composición de los residuos TARS según temperaturas y procesos asociados.

- **Material Particulado:** durante las etapas de trituración, transporte por tornillos de elevación y almacenamiento, se desprende material particulado de biomasa. El material particulado suspendido y confinado, bajo determinadas condiciones es susceptible de deflagración motivo por el requerirá sistemas adecuados de aspiración. Este material particulado se recupera del extremo inferior de la tolva del aspirador de Polvos.
- **Polvos:** material particulado que acompaña al flujo del gas de síntesis, formado por pequeñas partículas de cenizas volantes. El proceso de filtrado retiene este componente y lo deposita en bolsas de retención.

- *Agua de condensación:* A la salida del reactor, el gas de síntesis presenta humedad elevada (aportada por el combustible como humedad adquirida y la humedad absoluta del aire de gasificación) la cual es condensada durante la fase de enfriamiento en los intercambiadores gas/aire. Asumiendo una tasa de consumo diario de biomasa base seca de 2743Kg/día (3083 Kg en base húmeda), el fabricante reporta un estimado de 55 Kg de condensado. Esta masa líquida requiere disposición y tratamiento adecuados por su posible contaminación con hidrocarburos tipo TARS.
- *Gases de Escape:* El motor de combustión interna (a gas) genera un flujo de gases de escape. En todas las instalaciones evaluadas, existe una unidad de tratamiento de gases la cual es atravesada por los mismos antes de su emisión a la atmósfera.

4 MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES

4.1 MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO OPERATIVO

La construcción metálica y sus servicios asociados requerirán las tareas habituales asociadas a cualquier nave industrial. La vida útil suele plantearse en 40 años.

- El reemplazo eventual de algún paño de envolvente metálica.
- Reemplazo de luminarias inteligentes tipo led. (poco probable salvo por daño provocado por contaminación por ingreso de agua de lluvia por ejemplo).
- Pintado eventual de columnas tipo celosías.
- Verificación y control anual de equipos extintores manuales.
- Reemplazo de sprinklers en caso necesario o eventual.
- Mediciones de resistencia de puesta a tierra de todos los equipos y la estructura metálica.
- Tareas de limpieza diarias.
- Reposición de elementos consumidos del kit antiderrames.
- Recolección diaria de residuos comunes y peligrosos.

4.2 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE DENSIFICACION.

El equipo de trituración que permite preparar la biomasa en la geometría adecuada (astillas) tiene especificado un plan de mantenimiento básico asociado a su diseño. El equipo seleccionado es el modelo LR1400 de la firma UNTHA (UNTHA Productos LR1000/1400, 2020). En la tabla 19 se describen las tareas de mantenimiento del equipo y en las figuras 32 y 33 siguientes las características constitutivas y despiece de la misma.

TAREAS DE MANTENIMIENTO Y SERVICIO			
Equipo de Trituración			
Descripción de Tareas	Frecuencia	Tiempo estimado requerido	Presencial-remoto
Revisión de estado de fillos de corte de los insertos.	Diaria	30 minutos	Presencial
Recambio de fillos de corte	100 horas	1 hora	Presencial
Revisión de tensión de correas de accionamiento unidad de corte	Mensual	30 minutos	Presencial
Revisión sistema hidráulico de empuje	Mensual	1 hora	Presencial
Revisión de aislaciones de motores eléctricos.	Anual	1 hora	Presencial
Revisión de tablero eléctrico.	Anual	1 hora	Presencial
Revisión de desgaste de criba-rejilla.	Semestra	1 hora	Presencial
Revisión de ajuste anclajes a piso.	Anual	30 minutos	Presencial
Revisión de tornillos de transporte de virutas-astillas.	Semestra	1 hora	Presencial
Medición de consumo de motores eléctricos.	Anual	1 hora	Presencial

Tabla 19: Tareas de mantenimiento equipo de trituración.

Soluciones técnicas convincentes



Carcasa de la máquina

- Construcción maciza soldada de 20mm continua también en el área de la tolva
- Se puede hacer una ejecución especial con inclinación de 45° para la trituración de palés y madera maciza de gran diámetro
- Ampliación de la abertura del mecanismo cortador de 1,050 mm a 1,600 mm con la inclinación de 45°
- Puerta de servicio integrada para hacer el mantenimiento con eficacia



Cojinetes del rotor

- Cojinete rebajado en la carcasa de la máquina (espacio de mamparo)
- Rodamientos de soporte abridado pesados de hasta 22 kW; a partir de 30 kW, pesados rodillos a rótula. Se utilizan rodamientos de alta calidad con una larga vida útil



Unidad motriz

- El engranaje va apoyado con un soporte del par de giro con pretensión de resortes de disco
- Los impactos y las vibraciones se amortiguan óptimamente
- La máquina marcha más suave y con menos vibraciones
- A partir de 30 kW se utilizan amortiguadores elásticos
- A partir de 30 kW se utiliza una transmisión por correa trapezoidal de 5 estrias
- A partir de 37 – 44 kW se usa un accionamiento doble (2 motores, 2 engranajes)



Placas cortadoras reversibles, soporte de las placas cortadoras reversibles

- Cuchillas biseladas y huecas con asiento de ajuste en unión por forma en los soporte de las placas cortadoras reversibles
- Corte por presión progresiva con lo que se necesita menos fuerza y se obtiene mayor rendimiento de paso
- Soporte de las placas cortadoras reversibles intercambiable
- Con anillo tórico para impedir que penetre la humedad

Control con desconexión por material perturbador

- Control LOGO de Siemens
- La caja de mando está conectada fijamente a la máquina con un cable de 4 m
- La detección de material perturbador integrada de serie desconecta automáticamente la trituradora si el rotor agarra un objeto que no pueda triturarse (por ejemplo: un gato de rosca, un tornillo, etc.) con lo que se evita en gran medida que se generen daños.
- Otros componentes de control: sistema automático de marcha atrás (si se sobrecarga el motor); sistema de desconexión automática (si la máquina marcha en vacío)
- Contacto exento de potencial integrado de serie para una unidad de evacuación del propietario (aspiración, cinta transportadora, tornillo sinfin de transporte, etc.)



Figura 32: Sistema de corte de madera y accionamiento.




Figura 33: Detalles constructivos y aspecto general del equipo.

Fuente: Distribuidor UNTHA de España.

En la figura 34, se muestran las especificaciones técnicas correspondientes al modelo seleccionado LR1400 (recuadrado) y al modelo inmediato anterior LR1000. Cabe mencionar que el equipo seleccionado puede procesar hasta 10m³/hora y por lo tanto la operación en nuestra planta será discreta. El modelo seleccionado permite ingresar pallets completos en su boca de carga.

TIPO DE MÁQUINA DIMENSIONES	LR1000	LR1400
W (mm)	1.630/2.010	2.030/2.406
W1 (mm)	1.000	1.400
H (mm)	1.630	1.645
D (mm)	1.704	1.704
D1 (mm)	1.030	1.030



DATOS TÉCNICOS		LR1000	LR1400
Capacidad nominal	kW	22/30/2 x 18,5	30/2 x 22/2 x 30
Capacidad nominal del sistema hidráulico	kW	1,1/1,1/1,5	1,5/1,5/1,5
Capacidad nominal del transportador helicoidal	kW	0,55	0,55
Diámetro del rotor	mm	300	300
Velocidad del rotor	r. p. m.	98	98
Cantidad de accesorios intercambiables	uds.	27/34	38/76/114
Abertura de alimentación	mm	1000 x 1050/1600 ^{*)}	1400 x 1050/1600 ^{*)}
Diámetro del transportador helicoidal	mm	200	200
Diámetro de las boquillas de aspiración	mm	250	250
Velocidad de aspiración necesaria	m/s	28	28
Sección tubular recomendada	mm	250	250
Peso	kg	2.400 - 2.700	2.800 - 3.300
Nivel de presión sonora específica del lugar de trabajo LPA 1 m	dB (A)	aprox. 82	aprox. 82
Diámetro de la criba	mm	15 - 40	15 - 40
Capacidad de producción ^{*)}	srn/h	Hasta 8	Hasta 10

*) Depende del tipo de material y el diámetro de la criba
*) Con basidor de la máquina a 45°

dimensiones en mm

Figura 34: Características técnicas del equipo seleccionado.

4.3 MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE GASIFICACION Y GENERACION.

En la siguiente tabla se muestran las principales tareas de mantenimiento a efectuar sobre la unidad de gasificación y generación. Algunas tareas (diarias y semanales) serán ejecutadas regularmente por el operador de fábrica asignado a la operación de la planta mientras que las tareas más específicas serán contratadas a la empresa proveedora de la instalación. (ver tabla 20 siguiente)

TAREAS DE MANTENIMIENTO Y SERVICIO			
Descripción de Tareas	Frecuencia	Tiempo estimado requerido	Presencial-remoto
Inspección de parámetros, particularmente relacionados al gas de síntesis. Presión y Temperatura.	Diaria- 3X	1 hora	Remoto
Inspección visual de fugas, y niveles.	Diaria 1X		
Verificación de volúmenes de llenado de recipientes de subproductos: Biochar, cenizas, polvos.	Diaria y según requerimiento.	1 hora	Presencial
Verificación de parámetros operativos del generador.	Diaria		Remota
Inspección general del reactor de gasificación	Semanal	1 hora	Presencial
Limpieza de cenizas aglomeradas (licuadas) en el extremo inferior del reactor. Requiere evacuar el contenido del gasificador. Limpieza general interior.	Cada 4 a 6 semanas	1 hora	Presencial
Cambio de aceite y filtro en el motor de combustión. Inspección general de fugas y deterioros.	cada 500 horas	2 horas	Presencial
Reajuste de luz de válvulas, inspección de operación de componentes como ser turbo, encendido, termostato, válvula waste gate, bujías de encendido etc. Reemplazo filtro de aire.	cada 1000 horas	2 horas	Presencial
Inspección de la unidad de tratamiento de gas de síntesis. Intercambiador de enfriamiento, equipo de lavado, unidad de secado, generador de nitrógeno.	cada 1000 horas	1 hora	Presencial
Reemplazo de cartuchos cerámicos de filtrado.	cada 10.000 horas	2 horas	Presencial

Tabla 20: Tareas asociadas al equipo de gasificación y generación de energía.

4.4 MANTENIMIENTO DE TABLEROS DE MANIOBRA Y MEDICION.

El mantenimiento general del tablero de maniobra como así también el tablero de control ubicado dentro del container de generación consiste en la revisión mensual de las conexiones y bornes, a fin de puntos calientes mediante termografía, limpieza interior y verificación de resistencia de puesta a tierra (anillo de puesta a tierra del edificio metálico y los equipos).

A lo largo de su vida útil podrá requerirse la actualización del panel HMI, reemplazo por obsolescencia de equipos de medición, actualización de contactores y relays de seguridad.

5 TAREAS DE DESMONTAJE Y ABANDONO

El desmontaje y posterior abandono de la instalación/proyecto podría producirse por los motivos que se mencionan a continuación.

- Vida útil agotada de algún componente crítico del cual no sea factible ya su reemplazo/reposición.
- Por obsolescencia de la tecnología utilizada.
- Falta de disponibilidad de biomasa en cantidad suficiente; por ejemplo si debido a cambios en la estrategia de negocios se reducen notablemente los embalajes y cajones de madera.
- Cambio y/o modificación de parámetros de emisiones ambientales.
- Cambios en la legislación que de alguna forma afecte la rentabilidad del proyecto.

Cualquiera sea el motivo, el primer paso para avanzar en el cierre de las operaciones, es el agotamiento gradual de la biomasa acumulada dentro del proceso, el material acumulado en el silo y el corte del todo procesamiento y abastecimiento nuevo. A medida que el combustible remanente haya sido procesado en el reactor de gasificación, se producirá la reducción de potencia en el motor de combustión hasta su total detención. Bajo estas condiciones, se efectuará el purgado bajo llama del gas de síntesis remanente en las cañerías, sistema de tratamiento (filtrado) y tanque de almacenamiento. De esta forma se logra asegurar que no haya emisiones de gas de síntesis crudo a la atmósfera.

Se procederá a la recolección y disposición de los residuos acumulados (cenizas, biochar, polvos, agua de condensación) en los respectivos puntos de acumulación. Esta etapa se completa en forma previa a la desconexión de servicios por la posible necesidad de actuación de algún mecanismo de carga-vaciado.

Se procederá luego a desconectar desde el tablero de maniobra, la alimentación a la red de baja tensión de fábrica mediante los procedimientos especificados para maniobras eléctricas.

Se desconectarán de los servicios de fábrica (aire comprimido, agua de red, energía eléctrica etc) los equipos de trituración, transporte y almacenamiento de biomasa. Acto seguido se efectuará el mismo procedimiento sobre los equipos de gasificación y generación de energía eléctrica.

Se retirarán los fluidos tales como el lubricante del cárter del motor de combustión, el refrigerante de enfriamiento, los fluidos de los intercambiadores de calor, el combustible

de encendido inicial y cualquier otro que pudiera estar involucrado. Los flúidos bajo la categoría residuos peligrosos se enviarán a la planta de procesamiento contratada para su combustión. Los aceites de motor utilizados se enviarán a la planta que produce grasas de uso metalúrgico, tal cual se lleva a cabo en la actualidad.

A partir del manual de servicio/mantenimiento, se listará la secuencia de las operaciones de desmontaje. Se efectuará una reunión de planificación de actividades con el personal operativo involucrado (personal interno y contratados) , a fin de evaluar los riesgos de cada tarea-actividad prevista, los elementos de izaje-maipuleo requeridos y las medidas de mitigación que correspondan. Se redactará un pliego de contratación para los trabajos que impliquen el uso de dispositivos de izaje -grúas a través de empresas contratistas.

Luego de aprobada la secuencia de tareas, se ejecutará un relevamiento fotográfico de cada módulo ó componente que se desconecte-desmante, a fin de facilitar su reconexión-montaje futuro. Se obturarán todos los conductos y acoples con tapones de modo tal que no se produzcan fugas durante su posterior traslado y/o maniobras de izaje. Los cableados de interconexión, se identificarán y precintarán en forma conveniente para facilitar su conexión futura y evitar también cualquier riesgo de enganche.

Aquellos componentes metálicos de la instalación que no formen parte de un proceso de reventa, serán dispuestos mediante el procedimiento interno de residuos de scaps. (empresas a cargo del procesamiento y certificación de los residuos metálicos de gran envergadura; bases de máquinas obsoletas, desechos de piezas mecanizadas, descartes metálicos de desmontajes de obras etc).

Finalmente, el edificio de la instalación podrá tener otro uso asignado en forma momentánea ó permanente, conservando los servicios que se requieran en su interior (energía eléctrica, aire comprimido, iluminación, red de incendio etc). En caso contrario, se desmontarán los servicios y luego la envolvente metálica y columnas del mismo, entregando a disposición final los componentes resultantes. El desmontaje del edificio será ejecutado mediante una empresa contratista. Bajo estas condiciones, el sitio de obra podrá mostrar la misma situación que presentaba originalmente antes de la implementación del proyecto.

6 ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO

6.1 DETALLE DE INVERSIONES

La instalación de una planta de gasificación, aún de baja potencia instalada como es el caso que nos ocupa, requiere la inversión de capital en la adquisición/construcción de varios subconjuntos los cuales comprenden desde los equipos de adecuación de biomasa hasta el edificio donde se alojarán los módulos de la usina de generación.

La vida útil operativa de una planta de gasificación se define entorno a los 20 años asumiendo la ejecución de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo adecuados.

La tabla 21 siguiente describe el detalle global de inversiones distribuido en un período de 12 meses que corresponde al año cero donde se produce la inversión e instalación.

Item del proyecto	Período 0											
	M #1	M #2	M #3	M #4	M #5	M #6	M #7	M #8	M #9	M #10	M #11	M #12
Colocación de OC del equipo de Gasificación.												
Avance de obra construcción del Equipo de Gasificación.												
Arribo e instalación del equipo de Gasificación dentro del edificio.												
Instalación del equipo de Gasificación.												
Instalación de BT,												\$ 7.500
Expensas asociadas a Capital												\$ 3.470
Intercambiadores de Calor (2 unidades)												\$ 100.000
Equipo de Gasificación							\$ 225.000			\$ 90.000	\$ 45.000	\$ 90.000
Estudio de Impacto Ambiental												
Ingeniería de los equipos de densificación de biomasa												
Colocación de OC de los equipos de densificación de biomasa.												
Arribo Silo de Biomasa												
Arribo e Instalación de los equipos de Densificación de Biomasa.												
Biomasa					\$ 4.000	\$ 8.100	\$ 40.500	\$ 32.400	\$ 30.000			
Ingeniería Civil del edificio de operación.												
Construcción del edificio.												
Instalaciones de los servicios (Energía Eléctrica, aire comprimido, agua)												
Edificio de Operación.	\$ 43.200			\$ 259.200			\$ 129.600					
Período 0	\$ 43.200			\$ 259.200	\$ 4.000	\$ 8.100	\$ 395.100	\$ 32.400	\$ 30.000	\$ 190.000	\$ 55.970	\$ 90.000
												\$ 1.107.970

Tabla 21: Resumen de inversiones y actividades.

6.2 ACTIVOS FIJOS

Dentro de los activos fijos, debe considerarse el edificio de operación de la instalación. Si bien existen en el mundo equipos que pueden ubicarse a la intemperie, dentro de contenedores aislados especiales que forman parte del suministro, en este caso particular el diseño a adquirir requiere ubicarse bajo el techo de una nave industrial.

De acuerdo con el estudio realizado, el edificio se ubicaría adyacente a la playa actual de acopio de residuos de madera, con una superficie tentativa de 1100m². Dentro de este edificio, también se ubicarían los siguientes equipos: Triturador de embalajes, transportador de virutas hacia el silo, el silo de almacenamiento, el transportador de entrega a la tolva de recepción del reactor de gasificación y el tablero eléctrico de conexión a red de BT.

Como parte del capital de los activos fijos, se han incluido los gastos de transporte (logística desde empresa proveedora hasta la planta fabril), gastos de instalación y puesta en marcha (Grúas de descarga, mano de obra contratada, técnico en higiene y seguridad). La cotización disponible es bajo condición mercadería nacionalizada.

A continuación, en tabla 22 se presenta un resumen de los ítems mencionados y considerados, donde la inversión total alcanza los 1104K USD e incluye los intercambiadores de calor necesarios para el aprovechamiento de energía térmica.

Conceptos (Fixed Assets)	Monto anual
Equipo de gasificación y generación de energía eléctrica	\$ 450.000,0
Equipo de trituración de biomasa (UNTHA LR1400)	\$ 81.000,0
Transportadores de virutas (2 unidades)	\$ 10.000,0
Silo de acumulación de chips de biomasa (10m3)	\$ 20.000,0
Edificio de operación de la instalación (50x30m x 20m de altura) 1500m ²	\$ 432.000,0
Celda de maniobra y conexión a baja tensión de fábrica	\$ 7.500,0
Expensas asociadas a bienes de capital.	\$ 3.470,0
Intercambiador de Calor para Gasificador (Energía Térmica)	\$ 45.000,0
Intercambiador de calor para aprovechamiento de energía térmica.	\$ 55.000,0
Inversión inicial total	\$ 1.103.970,0

Tabla 22: Cuadro resumen de activos fijos.

6.3 ACTIVOS INTANGIBLES

Dentro de los activos intangibles ó nominales, podríamos considerar la realización del estudio de impacto ambiental, y la ingeniería de diseño requerida para el layout del edificio de operación. Para el propósito de este trabajo, se considera el estudio de

impacto ambiental únicamente, ya que la construcción del edificio incluirá la ingeniería de diseño. Ver detalle en tabla 23 siguiente. El plan de mantenimiento anual incluye las actualizaciones que pudiera sufrir el software de operación.

ACTIVOS INTANGIBLES	Monto anual
Evaluación de Impacto ambiental	\$ 4,000.0
Ingeniería de Edificio de Operación	
Renovación Licencias de software de operación	
total	\$ 4,000.0

Tabla 23: Activos Intangibles

6.4 CAPITAL DE TRABAJO

Distribuyendo los gastos operativos anuales en forma mensual, se establece un flujo de caja estimado. Dado que el pago de la factura de energía eléctrica consumida es a mes vencido (30 días), habría que cubrir los gastos correspondientes al mes #1 antes de percibir los ingresos por cogeneración de energía eléctrica.

Dicho monto alcanza los 2578 USD. Ver detalle en tabla 24 siguiente.

ESTIMACION CAPITAL DE TRABAJO												
Flujo de Caja Mensual Periodo 1	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Costos de disposición de cenizas y residuos semisólidos (Biochar)	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3	-\$ 137.3
Mano de obra Mantenimiento programado de la unidad de gasificación.						-\$ 2,000.0						-\$ 2,000.0
Mano de obra tercerizada de mantenimiento de los equipos de densificación de biomasa.	-\$ 383.3				-\$ 383.3				-\$ 383.3			
Reposición programada de componentes del sistema de filtrado de syngas. (proporcional a un año)						-\$ 933.0						
Mano de obra de operador (10hs/día)	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8	-\$ 919.8
Consumo propio de Energía eléctrica de operación de los equipos de la planta.	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7	-\$ 906.7
Lubricantes y repuestos - mantenimiento del motor térmico de generación de energía.	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2	-\$ 54.2
Impuesto Inmobiliario superficie cubierta en explotación industrial	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7	-\$ 176.7
Porcentaje a cuenta de imprevistos (5%)		\$ 830.0						\$ 830.0				
Flujo de gastos mensuales	-\$ 2,577.8	-\$ 1,364.5	-\$ 2,194.5	-\$ 2,194.5	-\$ 2,577.8	-\$ 5,127.5	-\$ 1,364.5	-\$ 2,194.5	-\$ 2,577.8	-\$ 2,194.5	-\$ 2,194.5	-\$ 4,194.5
Ingresos por ahorro de energía consumida		\$ 15,324.7	\$ 15,324.7	\$ 15,324.7	\$ 15,324.7	\$ 15,324.7	\$ 15,324.7	\$ 15,324.7	\$ 15,324.7	\$ 15,324.7	\$ 15,324.7	\$ 15,324.7
Flujo Neto	-\$ 2,577.8	\$ 13,960.2	\$ 13,130.2	\$ 13,130.2	\$ 12,746.9	\$ 10,197.2	\$ 13,960.2	\$ 13,130.2	\$ 12,746.9	\$ 13,130.2	\$ 13,130.2	\$ 11,130.2

Tabla 24: Estimación Capital de Trabajo.

6.5 ANALISIS DE DEPRECIACION

Se decide utilizar el método de *depreciación lineal*, aceptando que los bienes involucrados proveen sus servicios de manera uniforme. La tasa de depreciación se determina entonces como la inversa de la vida depreciable definida para cada ítem.

Como mencionamos antes, la vida útil considerada para una planta de energía de este tipo es de 20 años, lo cual coincide con las estimaciones del proveedor del equipo de gasificación. Los restantes componentes tienen vidas estimadas menores de dicho valor con excepción del edificio, cuya vida se estima en 40 años.

Durante el período de vida útil, deben ejecutarse trabajos de reemplazos de componentes críticos, tales como reacondicionamiento del motor de gas (en algunas instalaciones de 200KW hay (2) motores operando en paralelo), reacondicionamiento del reactor, recambio de intercambiadores de calor etc.

Para un detalle mayor, se adjunta tabla de depreciación que forma parte de análisis económico del proyecto, donde pueden verse la vida útil estimada, y el valor de rescate para diferentes ítems. (Tabla 25 y tabla 26).

Vida del proyecto estipulada: 20 Años	INVERSION		
	Período 0		
	2020	Depreciación Dn	Valor de Rescate
Inversiones - Subtotales			
Equipo de gasificación y generación de energía eléctrica	\$ 450.000	\$ 18.000	\$ 90.000
Equipo de trituración de biomasa (UNTHA LR1400)	\$ 81.000	\$ 4.050	\$ 40.500
Transportadores de virutas (2 unidades)	\$ 10.000	\$ 500	\$ 5.000
Silo de acumulación de chips de biomasa (10m3)	\$ 20.000	\$ 833	\$ 10.000
Edificio de operación de la instalación (50x30m x 20m de altura) 1500m2	\$ 432.000	\$ 5.400	\$ 216.000
Celda de maniobra y conexión a baja tensión de fábrica	\$ 7.500	\$ 313	\$ 3.750
Expensas asociadas a bienes de capital.	\$ 3.470	\$ 145	\$ 1.735
Estudio de Impacto ambiental (Intangible)			
Capital de Trabajo			
Intercambiador de calor para aprovechamiento de energía térmica del gasificador.	\$ 45.000	\$ 1.500	\$ 22.500
Intercambiador de calor para aprovechamiento de energía térmica del motor térmico	\$ 55.000	\$ 1.833	\$ 27.500
Inversiones - Totales por período	\$ 1.103.970	\$ 32.574	
Depreciación (Amortización lineal)	Costos de Depreciación	Total	Vida útil Estimada
Equipo de gasificación y generación de energía eléctrica		\$ 360.000	20
Equipo de trituración de biomasa (UNTHA LR1400)		\$ 40.500	10
Transportadores de virutas (2 unidades)		\$ 5.000	10
Silo de acumulación de chips de biomasa (80m3)		\$ 10.000	12
Edificio de operación de la instalación (50x30m x 20m de altura) 1500m2		\$ 108.000	40
Celda de maniobra y conexión a baja tensión de fábrica		\$ 3.750	12
Expensas asociadas a bienes de capital.		\$ 1.735	12
Estudio de Impacto ambiental			
Intercambiador de calor para aprovechamiento de energía térmica del gasificador.		\$ 36.000	15
Intercambiador de calor para aprovechamiento de energía térmica del motor térmico		\$ 22.000	15
Subtotal		\$ 586.985	

Tabla 25: Valor de rescate y Vida útil Estimada.

Proyecto Aprovechamiento Energético de Biomasa Industrial											
CALCULO DE GASTOS DE DEPRECIACION- (lineal)											
Vida del proyecto estipulada: 20 Años	INVERSION										
	Período 0	Período 1	Período 2	Período 3			Período 19	Período 20			
	2020	2021	2022	2023			2039	2040	Depreciación Dn		
									Valor de Rescate		
Inversiones - Subtotales											
Equipo de gasificación y generación de energía eléctrica	\$ 450,000								\$ 18,000	\$ 90,000	
Equipo de trituración de biomasa (UNTHA LR1400)	\$ 81,000								\$ 4,050	\$ 40,500	
Transportadores de virutas (2 unidades)	\$ 10,000								\$ 500	\$ 5,000	
Silo de acumulación de chips de biomasa (10m3)	\$ 20,000								\$ 833	\$ 10,000	
Edificio de operación de la instalación (50x30m x 20m de altura) 1500m2	\$ 432,000								\$ 5,400	\$ 216,000	
Celda de maniobra y conexión a baja tensión de fábrica	\$ 7,500								\$ 313	\$ 3,750	
Expensas asociadas a bienes de capital.	\$ 3,470								\$ 145	\$ 1,735	
Estudio de Impacto ambiental (Intangible)	\$ 4,000										
Capital de Trabajo	\$ 2,578										
Intercambiador de calor para aprovechamiento de energía térmica del gasificador.	\$ 45,000								\$ 1,500	\$ 22,500	
Intercambiador de calor para aprovechamiento de energía térmica del motor térmico	\$ 55,000								\$ 1,833	\$ 27,500	
Inversiones - Totales por período	\$ 1,110,548								\$ 32,574		
Depreciación (Amortización lineal)		Montos de Depreciación							Total	Vida útil Estimada	
Equipo de gasificación y generación de energía eléctrica		\$ 18,000	\$ 18,000	\$ 18,000				\$ 18,000	\$ 18,000	\$ 360,000	20
Equipo de trituración de biomasa (UNTHA LR1400)		\$ 4,050	\$ 4,050	\$ 4,050						\$ 40,500	10
Transportadores de virutas (2 unidades)		\$ 500	\$ 500	\$ 500						\$ 5,000	10
Silo de acumulación de chips de biomasa (80m3)		\$ 833	\$ 833	\$ 833						\$ 10,000	12
Edificio de operación de la instalación (50x30m x 20m de altura) 1500m2		\$ 5,400	\$ 5,400	\$ 5,400				\$ 5,400	\$ 5,400	\$ 108,000	40
Celda de maniobra y conexión a baja tensión de fábrica		\$ 313	\$ 313	\$ 313						\$ 3,750	12
Expensas asociadas a bienes de capital.		\$ 145	\$ 145	\$ 145						\$ 1,735	12
Estudio de Impacto ambiental											
Intercambiador de calor para aprovechamiento de energía térmica del gasificador.		\$ 3,000	\$ 3,000	\$ 3,000						\$ 36,000	15
Intercambiador de calor para aprovechamiento de energía térmica del motor térmico		\$ 1,833	\$ 1,833	\$ 1,833						\$ 22,000	15
Subtotal		\$ 34,074	\$ 34,074	\$ 34,074				\$ 23,400	\$ 23,400	\$ 586,985	

Tabla 26: Tabla de Depreciación.

6.6 COSTOS DE OPERACIÓN

La operación de este tipo de plantas requiere de la presencia de un operador durante 10 horas diarias. La operación de la planta de energía, con el abastecimiento de combustible previsto es de 22 Hs/día a lo largo de 312 días/año. Es factible disponer de seguimiento de variables del proceso en forma remota, con notificaciones de eventos vía celular.

Se ha considerado una estimación del costo de disposición de los subproductos de la gasificación, si bien en otros países más avanzados (Unión Europea), dichos subproductos tienen un precio de mercado (ingresos). Las cenizas (residuos inorgánicos) son habitualmente utilizadas como material para la fabricación de ladrillos aislantes; mientras que los residuos carbonosos-líquidos se utilizan en aplicaciones agrícolas como fertilizantes.

Se ha incluido autoconsumo de energía de los propios equipos de la instalación de gasificación y densificación de biomasa. (tabla 27)

RESUMEN DE COSTOS OPERATIVOS - Base Anual		
Costo disposición de cenizas y biochar.	\$ 1,647	[usd]
Mano de obra de mantenimiento programado del Conjunto Gasificador.	\$ 4,000	[usd]
Costo mantenimiento de los transportadores de material densificado.	\$ 1,150	[usd]
Reposición programada de componentes del sistema de filtrado.	\$ 933	[usd]
Mano de obra de operación (10) Hs/día	\$ 11,037	[usd]
Costo de energía eléctrica de operación de la instalación ppiamente dicha.	\$ 10,880	[usd]
Lubricantes - Motor Térmico	\$ 650	[usd]
Impuesto Inmobiliario superficie cubierta en explotación industrial	\$ 2,120	[usd]
Imprevistos (5%)	\$ 1,660	[usd]
	\$ 34,077	[usd]

Tabla 27: Detalle de Costos Operativos.

6.7 INGRESOS DEL PROYECTO

Los *ingresos del proyecto* se han determinado considerando el aporte de energía eléctrica directamente a la red interna de baja tensión de la fábrica y la sustitución del consumo de energía eléctrica para el calentamiento de soluciones de lavado por calor (Basu, 2010) por los MW-h anuales *brutos* (sin descuento de autoconsumos) aportados por la instalación de gasificación.

Se destaca que, a fin de reducir el efecto de las distorsiones producto de los subsidios y ubicar el análisis bajo condiciones comparativas, se decidió utilizar el *valor promedio de la energía de uso industrial en la región (Latinoamérica)*.

El precio promedio regional utilizado en el estudio económico es de 13,26 AR\$/KW-h (equivalente a 0.1380 usd/KW-h), mientras que el precio promedio local relevado en las facturas disponibles fue de 4.75 AR\$/KW-h.

En tabla 28 se muestran los valores regionales (consumos industriales) al momento de realizar el estudio económico (BNamericas, 2019). En la misma puede observarse que tanto Paraguay como Argentina tienen valores muy por debajo del promedio regional. Los precios están expresados en *centavos de dólares americanos por KW-h*.

País	Tarifa (ctv.US\$/kW.h)
Paraguay	5,17
Argentina	8,57
Ecuador	10,09
Peru	11,79
Brazil	14,07
Chile	14,16
Colombia	14,4
Guatemala	14,65
Uruguay	16,93
Mexico	17,99
Costa Rica	19,92
El Salvador	21,41
Bolivia	21,58
Panama	23,41

Fuente: BNamericas con datos de Osinergmin.

Tabla 28: Datos Tarifas Energía en Latinoamérica al 2019.

El ingreso total acumulado *por ventas*, considerando el precio regional adoptado de 0,138 [usd/Kw-h] alcanza los 3.68M de USD en (20) períodos de operación según se muestra en tabla 29.

El tipo de cambio utilizado fue de 96,116 AR\$/usd.

Período	Energía Eléctrica Generada [Kw-h]	Energía Térmica Generada ($\eta=60\%$) [Kw-h]	Energía total Entregada [Kw-h]	Precio de Venta [usd/Kw-h]	Ingresos x Ventas [usd]
0					
1	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
2	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
3	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
4	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
5	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
6	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
7	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
8	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
9	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
10	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
11	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
12	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
13	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
14	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
15	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
16	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
17	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
18	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
19	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
20	686400	646589	1332989	0.1380	\$ 183,897
Ingreso total acumulado en 20 períodos					\$ 3,677,937

Tabla 29: Detalle de Ingresos.

6.8 ANALISIS DEL FLUJO DE FONDOS

El análisis del flujo de fondos, a lo largo de una extensión de (20) períodos, determinó que la tasa interna de retorno es levemente superior (12.12%) a la tasa de corte standard del 12%, mientras que el período de repago es de 7.7 años. Ver tabla 30 siguiente.

Proyecto Aprovechamiento Energético de Biomasa Industrial															
ANALISIS DE FLUJO DE FONDOS															
Montos en USD	Período 0	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	r	r	r	r	r	r	Período 19	Período 20
Vida Económica: 20 Años (Planta de Energía)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	#	#	#	#	#	#	2039	2040
Bienes - Activos Fijos															
Gastos por única vez															
Inversión (Act Fijo+Act Intang+Cap Trab)	\$ 1,110,548														
Depreciación		\$ 34,074	\$ 34,074	\$ 34,074	\$ 34,074	\$ 34,074	\$ 34,074	#	#	#	#	#	#	\$ 23,400	\$ 23,400
Gastos de Operación y Mantenimiento		\$ 34,077	\$ 34,077	\$ 34,077	\$ 34,077	\$ 34,077	\$ 34,077	#	#	#	#	#	#	\$ 34,077	\$ 34,077
Ingresos por Energía Generada		\$ 183,897	\$ 183,897	\$ 183,897	\$ 183,897	\$ 183,897	\$ 183,897	#	#	#	#	#	#	\$ 183,897	\$ 183,897
Utilidad Marginal (Pérdidas)(ingresos)		\$ 115,746	\$ 115,746	\$ 115,746	\$ 115,746	\$ 115,746	\$ 115,746	#	#	#	#	#	#	\$ 126,420	\$ 126,420
Impuestos a los ingresos (0%)															
Ingresos netos luego de Impuestos		\$ 115,746	\$ 115,746	\$ 115,746	\$ 115,746	\$ 115,746	\$ 115,746	#	#	#	#	#	#	\$ 126,420	\$ 126,420
Inversión, Ingresos Netos + Depreciación	-\$ 1,110,548	\$ 149,820	\$ 149,820	\$ 149,820	\$ 149,820	\$ 149,820	\$ 149,820	#	#	#	#	#	#	\$ 149,820	\$ 149,820
Tasa de Interés	12%														
Tasa Interna de Retorno TIR		12.12%	EVALUACION ECONOMICA												
Valor Actual Neto VAN		\$ 8,521.48	ANALISIS DE FLUJO DE FONDOS NETOS												
Flujo de caja acumulado	-\$ 1,110,548	-\$ 960,728	-\$ 810,909	-\$ 661,089	-\$ 511,269	-\$ 361,450	-\$ 211,630	#	#	#	#	#	#	\$ 1,736,025	\$ 1,885,845
Período de repago	7.7														

Tabla 30: Resultados flujo de fondos precio regional.

Con el objetivo de cuantificar el impacto del *precio local industrial de la energía* (AR\$ 4.75/KW-h) en la viabilidad del proyecto, se realizó el análisis del flujo de fondos, arrojando los siguientes resultados:

- TIR - Tasa interna de retorno negativa -4.81%.
- VAN negativo (- 873.031) usd.
- Período de repago superior a 20 años.

Bajo estas condiciones, los resultados obtenidos muestran la *no viabilidad del proyecto*, considerando el precio local subsidiado. (ver tabla 31)

Proyecto Aprovechamiento Energético de Biomasa Industrial																								
ANÁLISIS DE FLUJO DE FONDOS- PRECIO LOCAL AR\$ 4.75/KW-h																								
	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Perío do 4	Perío do 5	Perío do 6	Perío do 7	Perío do 8	Perío do 9	Perío do 10	Perío do 11	Perío do 12	Pe río do 13	Pe río do 14	Pe río do 15	Pe río do 16	Pe río do 17	Pe río do 18	Periodo 19	Periodo 20			
Montos en USD	2020	2021	2022	2023	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	2039	2040			
Vida Económica: 20 Años (Planta de Energía)																								
Bienes - Activos Fijos																								
Gastos por única vez																								
Inversión (Act Fijo+Act Intang+Cap Trab)	\$ 1,110,548																							
Depreciación		\$ 34,074	\$ 34,074	\$ 34,074	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	\$ 23,400	\$ 23,400		
Gastos de Operación y Mantenimiento		\$ 34,077	\$ 34,077	\$ 34,077	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	\$ 34,077	\$ 34,077	
Ingresos por Energía Generada		\$ 65,876	\$ 65,876	\$ 65,876	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	\$ 65,876	\$ 65,876	
Utilidad Marginal (Pérdidas)(Ingresos)		-\$ 2,275	-\$ 2,275	-\$ 2,275	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	\$ 8,398	\$ 8,398	
Impuestos a los ingresos (0%)																								
Ingresos netos luego de impuestos		-\$ 2,275	-\$ 2,275	-\$ 2,275	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	\$ 8,398	\$ 8,398	
Inversión, Ingresos Netos + Depreciación	-\$ 1,110,548	\$ 31,798	\$ 31,798	\$ 31,798	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	\$ 31,798	\$ 31,798	
Tasa de Interés	12%																							
Tasa Interna de Retorno TIR																								
Valor Actual Neto VAN																								
Flujo de caja acumulado	-\$ 1,110,548	-\$ 1,078,749	-\$ 1,046,951	-\$ 1,015,153	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	-\$ 506,379	-\$ 474,581

Tabla 31: Análisis de flujo de fondos bajo precio local EE.

6.9 ESTUDIOS DE SENSIBILIDAD

A fin de analizar el impacto de algunas variables en los resultados económicos y financieros, se analizó el impacto de variaciones porcentuales tanto del precio de *venta de la energía* como del *monto de inversión en activos fijos*.

Caso 1: Variación de la inversión en activos fijos frente a TIR y VAN.

En este análisis se consideraron variaciones discretas del 90, 95 y 110% del **valor total de los activos fijos**. Ver figuras 35 y 36.

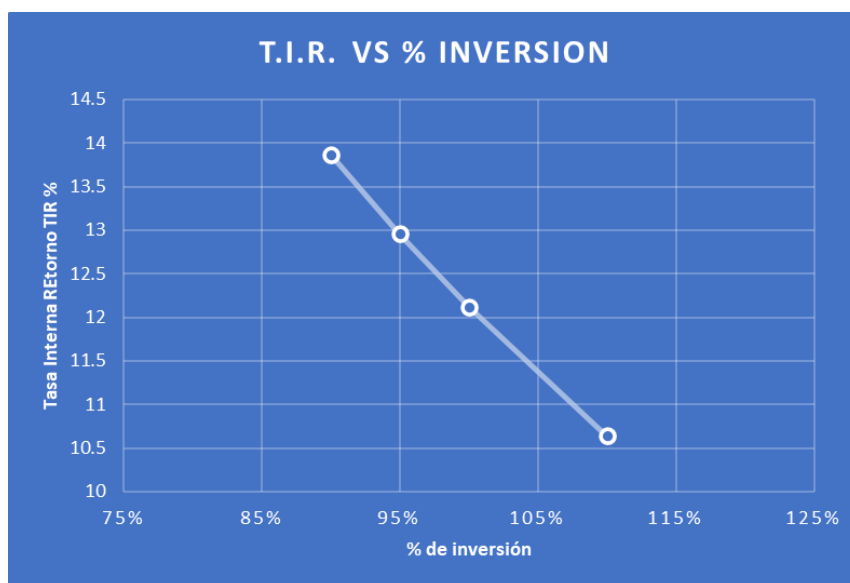


Figura 35: Variación de TIR versus inversión porcentual.

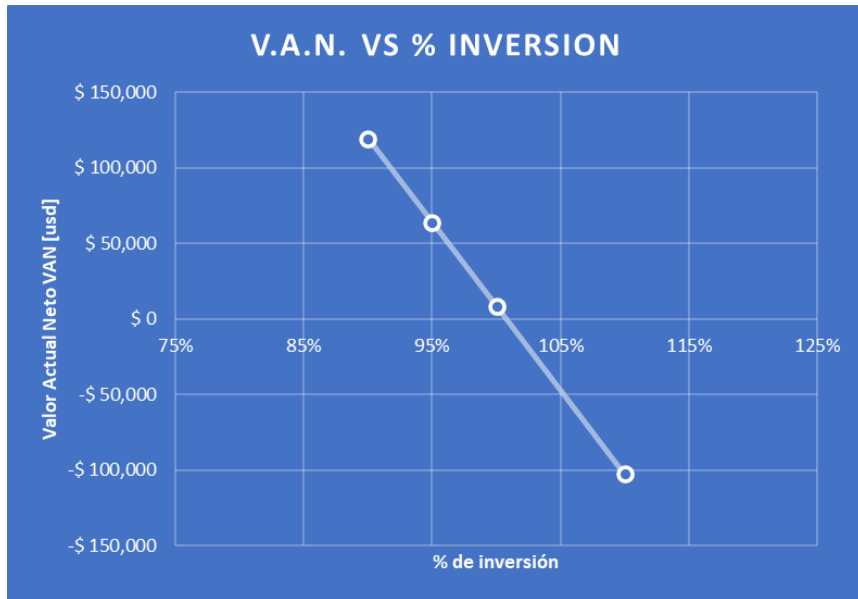


Figura 36: Variación de VAN versus inversión porcentual.

Caso 2: Variación del precio de venta de la energía (usd/Kw-h) frente a TIR y VAN.

En este análisis se consideraron variaciones discretas del 90, 95 y el 110% del valor promedio del precio de venta de la energía regional adoptado (0.1380 USD/Kw-h). Ver figuras 37 y 38.

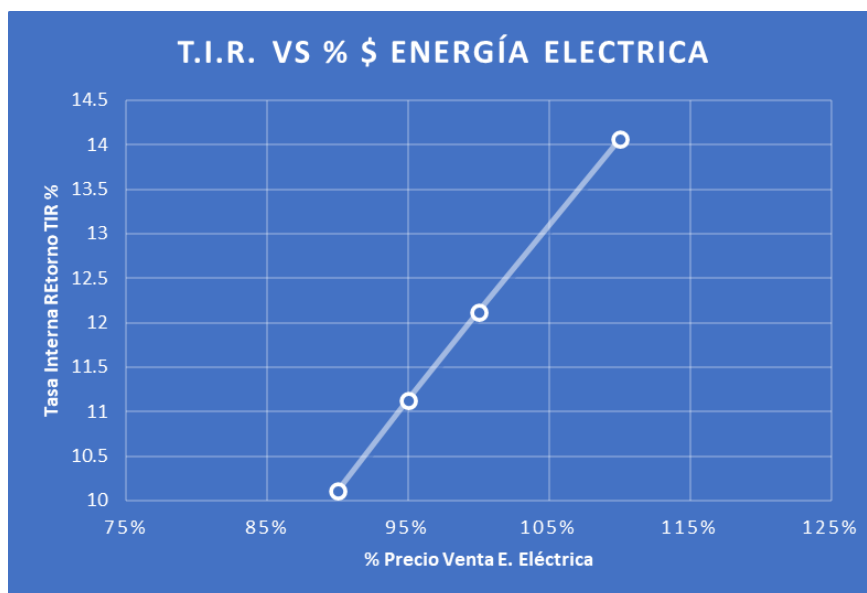


Figura 37: Variación de TIR versus precio de EE.

Si el valor del precio de la energía se reduce al 95% del valor regional de la energía considerado, la *tasa interna de retorno* cae por debajo del 12% mínimo (tasa de corte STD).

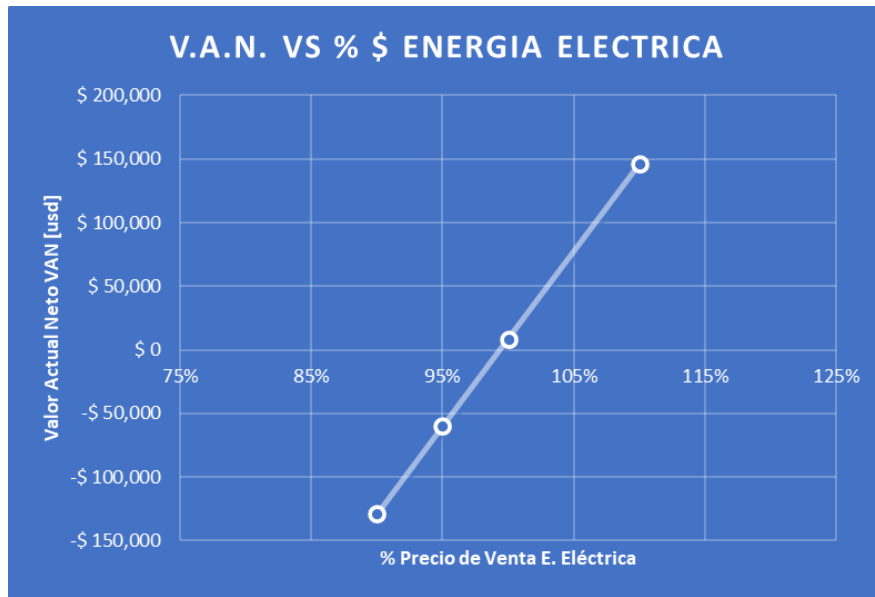


Figura 38: Variación del VAN versus precio de EE.

En el caso del VAN, muestra valores negativos para precios de energía eléctrica por debajo del valor considerado.

En resumen, las condiciones favorables para la viabilidad financiera y económica del proyecto son las siguientes:

- Precio mínimo de venta de la energía eléctrica: 0,1380 usd/KW-h.
- Monto total de inversión no superior a 1104K usd.
- Expectativa de vida útil económica: 20 años.
- Período de repago: 7.7 años.

7 MARCO LEGAL - NORMATIVAS APLICABLES.

7.1 AMBITO INTERNACIONAL

Dentro del documento de Naciones Unidas “**Agenda 2030 para el desarrollo Sostenible**” (Objetivos para el Desarrollo Sostenible-Argentina, 2020) podemos ubicar el objetivo número #7, que menciona “Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos”. En particular, el punto 7.2 solicita “*De aquí a*

2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas”, podría encuadrar el proyecto propuesto al reemplazar parte del consumo energético (7-8%) por generación interna propia a partir de una tecnología neutral de carbono.

El proyecto también conlleva una reducción de emisiones de dióxido de carbono, con lo cual contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero, que representan la causa del calentamiento global. (Ley 25.438, protocolo de Kyoto, al cual está adherido nuestro país).

7.2 AMBITO NACIONAL

Por otra parte, la legislación Argentina de Energías Renovables, ley 26.190/27.191, estableció para la fase II (2021-2025), un requerimiento de cobertura del 20% de su consumo energético mediante *fuentes renovables*.

Mediante la publicación de la resolución 281-E2017, se estableció cómo debía cumplirse ese requisito, así como también el funcionamiento del mercado a término de las energías renovables. (MATER).

De acuerdo con lo anterior, las opciones disponibles para poder cumplir con los valores límites establecidos son:

- Sistemas de compras conjuntas a través de CAMMESA, programa RenovAR.
- Determinación de un proveedor privado (PPA).
- Desarrollo de un proyecto de cogeneración-autogeneración.

El proyecto propuesto se enmarca en la última opción, mediante la co-generación de energía eléctrica y calor, a partir del uso de residuos de biomasa, propios de la planta.

7.3 AMBITO PROVINCIAL

Dentro de la provincia de Santa Fe, podemos mencionar la aplicación de las siguientes leyes,

- Decreto 101, Ley 11717, Impacto Ambiental.
- Ley 24.051 Ley de residuos peligrosos.
- Ley 12.503 Generación y Uso de Energías a partir de fuentes renovables.

- Norma IRAM 4062, que trata sobre la evaluación de ruidos molestos en el vecindario.

8 ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.

8.1 LISTA CHEQUEO DE ACTIVIDADES

Una planta de Gasificación presenta riesgos operativos que son comunes a las instalaciones de combustión, pero también cuestiones específicas. A fin de presentar un marco introductorio de los posibles riesgos asociados a las etapas de operación, se incluye una tabla resumen (tabla 32) basada en informaciones extraídas de la referencia adjunta. (Kasedde, 2009)

ETAPAS DEL PROCESO ->	Preparación de la biomasa	Sistema de transporte de biomasa densificada	Almacenamiento de Biomasa en Silo	Alimentación al Gasificador-reactor	Gasificador-reactor	Sistema de Enfriamiento del Gas de síntesis	Sistema de limpieza-lavado del Gas de síntesis	Utilización del Gas de síntesis en el Motor de combustión.	Utilización del Calor residual.
Cuestiones ambientales									
Generación de Material Particulado.	x	x		x		x	x		
Ruido Ambiental.	x	x		x	x				
Generación de Olores.	x				x				
Generación de Cenizas (Fracción Liviana)					x		x		
Generación de Cenizas (fracción inferior)					x				
Generación de Tars. (Hidrocarburos elevado peso molecular)						x	x	x	
Generación de Aguas de condensación residuales.						x	x	x	
Emisiones de Gases de Escape (Motor CI)									
Riesgos asociados									
Incendio	x	x	x	x	x	x		x	x
Explosión de Polvos (deflagración)	x	x	x	x	x				
Peligros mecánicos.	x	x		x	x			x	
Envenenamiento por Gases.					x	x	x	x	
Quemaduras					x	x		x	x
Espacio confinado- Riesgos respiratorios.			x		x				
Derrames de sustancias contaminantes					x		x		
Explosiones de Gas.					x	x		x	

Tabla 32: Resumen de posibles riesgos.

A continuación, se presenta la evaluación preliminar bajo el formato de lista chequeo de actividades, por etapas/fases y sus posibles impactos. Tabla 33.

Evaluación Preliminar - LISTA CHEQUEO de IMPACTOS - Proyecto Planta de Aprovechamiento de Biomasa Industrial.					
Actividades factibles de producir impactos	Componentes del sistema ambiental				
DESCRIPCION	Aire	Agua	Suelo	Factor Social	Descripción del impacto
1. OBRA DE CONSTRUCCION E INSTALACION.					
1.1- Delimitación y Cercado de zona de obra	x			x	Contaminación visual.Reducción de espacios-impacto social debido a reordenamiento del área. Restricción en la circulación de los operarios a través del sector. Contaminación del aire por material particulado al realizar operaciones de perforado del contrapiso. Generación de ruido.
1.2- Instalación de Obradores (Contenedores) de las empresas contratistas. Presencia de personal de trabajo.	x		x	x	Obligatoria instalación de un container por contratista para almacenamiento de herramientas y equipo de trabajo manual, en zona designada a tal efecto. Impactos y cambios en la estructura del suelo (terreno con pastos, compactación de suelo vegetal existente). Contaminación Visual. Impacto positivo para personal de la empresa (zona propia temporaria asignada). Uso de agua potable. Contaminación del aire por gases de los vehículos de transporte. Uso de las instalaciones sanitarias de fábrica y comedor general por parte del personal.
1.3- Transporte de materiales de construcción, equipos, máquinas, equipos de elevación al sitio de obra.	x		x	x	Ruidos molestos, emisión de gases contaminantes debido al uso de maquinaria de transporte y equipos de elevación. Uso de mano de obra. Operación sobre contrapiso existente de fábrica. Restricciones en la circulación interna por el cercado de seguridad del sector de trabajo.
1.4 - Instalación de estructuras (columnas, vigas y correas de soporte tipo celosía). Instalación de envoltorio metálica del techo y laterales.	x		x	x	Presencia de una nueva estructura (impacto visual). Generación de material particulado en operaciones de perforado del H ² A ^o para fijaciones mecánicas-químicas. Alteración de la circulación del aire. Alteración de la canalización del agua de lluvia. Uso de equipos de elevación (consumo de energía eléctrica y combustibles fósiles).
1.5 -Construcción de muro de mampostería perimetral para cierre inferior.	x		x	x	Impactos y cambios en la estructura del suelo (hormigonado). Generación de MP. Contaminación visual y auditiva. Contaminación del aire por el uso de vehículos accionados por combustibles fósiles. Uso de agua de red. Generación de escombros (restos de material de obra no utilizado).
1.6 - Instalación de acometidas de servicios varios. (agua de red, electricidad, aire comprimido etc)	x		x	x	Tendido aéreo de acometidas (impacto visual). Impacto en calidad de aire (MP) por operaciones de corte y roscado. Uso de mano de obra.
1.7- Almacenamiento transitorio de residuos generados durante la fase de instalación.				x	Ubicación de residuos de obra en containers. Contaminación visual.
1.8 -Instalación de Equipos de preparación de Biomasa.	x			x	Utilización de agua potable. Utilización de productos de limpieza que puede afectar el agua y suelo. Impactos en la calidad del aire (MP). Generación de olores.
1.9 - Instalación de Equipos de manipuleo de biomasa y misceláneos (transportadores de tornillo, Silo, extractores de polvos)	x		x	x	Contaminación visual. Uso de Mano de obra. Riesgo de derrame de productos.
1.10- Instalación de equipos de gasificación y generación de EE y Calor.	x			x	Generación de ruido y emisiones de gases de escape por el uso de vehículos de transporte y equipos de movimiento de cargas. (grúas). Generación de material particulado en operaciones de conexionado. Uso de mano de obra. Riesgo de incendio en operaciones de corte en caliente.
1.11- Operaciones de Instalación y conexionado de los equipos entre sí y a los servicios de fábrica.	x			x	Contaminación visual por el uso de equipos de elevación. (JLG, tijeras hidráulicas etc). Generación de residuos de instalaciones en obra. Riesgo de derrames.
1.12 - Instalación y conexionado tablero de maniobra a red interna de fábrica en BT.	x			x	Emisiones contaminantes por venteos. Contaminación por manejo inadecuado de residuos de operación. Contaminación de suelo de H ² A ^o por derrames.
1.13- Ensayos de puesta en marcha de los equipos. Ajuste de variables de proceso.	x			x	Venteo-combustión de gas de síntesis para purgado de aire en tuberías. Contaminación del aire. Riesgo de incendios, explosiones. Generación de olores. Generación de ruido a partir de la puesta en marcha del generador y del equipo de trituración de madera. Riesgo de contaminación por manejo inadecuado de los residuos.
1.14- Movilización y Presencia de Personal de trabajo durante el montaje	x			x	Uso de instalaciones sanitarias. Uso del comedor. Uso de vehículos de transporte (ruidos y gases). Uso de agua de red de fábrica.

Evaluación Preliminar - LISTA CHEQUEO de IMPACTOS - Proyecto Planta de Aprovechamiento de Biomasa Industrial.					
Actividades factibles de producir impactos	Componentes del sistema ambiental				
	Aire	Agua	Suelo	Factor Social	Descripción del impacto
2. OPERACION Y MANTENIMIENTO					
2.1-Emisión de gases de escape de motores durante Generación de energía.	x			x	Contaminación del aire por gases de escape. Ruidos Molestos. Generación de carga térmica al ambiente.
2.2 Procesamiento (trituration) de Biomasa	x		x	x	Contaminación de vías respiratorias (afectación del personal operativo), riesgo asociado a polvos combustibles (explosiones, incendios).
2.3 Recolección Residuos Cenizas (pesadas)	x	x		x	Riesgo de contaminación en manipuleo incorrecto. Dispositivos de recolección motorizados con almacenamiento en recipientes herméticos
2.4 Recolección Residuos de Biochar			x	x	Riesgo de contaminación en manipuleo incorrecto. Dispositivos de recolección motorizados con almacenamiento en recipientes herméticos
2.5 Generación de residuos operativos	x	x		x	Contaminación del aire, agua y suelo por manejo inadecuado de los recipientes de recolección, transporte y disposición final de residuos. Contaminación del aire, suelo, generación de MP y ruido por el uso de equipos de traslado y manipuleo . Riesgos personales asociados a manejo inadecuado de cargas y equipos.
2.6 Recolección Residuos MP cenizas volantes.	x	x		x	Riesgos asociados a maniobras inadecuadas: contaminación, derrames. Recipientes de recolección/instalaciones formando parte de los entregables de la planta.
2.7 Encendido diario inicial del Reactor.	x	x		x	Emissiones contaminantes por utilización de combustible líquido para el encendido inicial.
2.8 Venteo con llama en purgado cañería Syngas.	x	x		x	Contaminación del aire/ambiente por pérdidas ó venteos sin llama. Contaminación por productos de combustión sin tratamiento.
2.9 Recolección aceites en motores/Cajas reductoras.		x		x	Riesgos asociados a maniobras inadecuadas: contaminación, derrames. Recipientes de recolección/instalaciones formando parte de los entregables de la planta.
2.10 Recolección condensado de humedad/limpieza syngas.		x		x	Riesgos asociados a maniobras inadecuadas: contaminación, derrames. Recipientes de recolección/instalaciones formando parte de los entregables de la planta.
2.11 Traslado de personal de OP y M.	x			x	Emissiones contaminantes asociadas a transporte de personal/desplazamientos. Emissiones de aguas residuales. Uso de instalaciones de planta.
2.12 Generación de ruido y carga térmica.	x			x	Ruido asociado a operación de los motores de generación. Carga térmica asociada a la ventilación y generación de calor del reactor.
2.13 Acopio de Madera p/alimentación	x		x	x	Posible contaminación del aire y suelo por desprendimiento de partículas-virutas desprendidas. Cambio local de las condiciones de humedad.

Evaluación Preliminar - LISTA CHEQUEO de IMPACTOS - Proyecto Planta de Aprovechamiento de Biomasa Industrial.					
Actividades factibles de producir impactos	Componentes del sistema ambiental				
DESCRIPCION	Aire	Agua	Suelo	Factor Social	Descripción del impacto
3. CIERRE DE OPERACIONES Y ABANDONO.					
3.1- Agotamiento de biomasa procesada y acumulada.	x		x	x	Impactos similares a la operación diaria.
3.2 Recolección Remanente Residuos de Operación	x	x		x	Riesgos asociados a maniobras inadecuadas: contaminación, derrames. Recipientes de recolección/instalaciones formando parte de los entregables de la planta.
3.3 Desmontaje de equipos y acometidas	x	x	x	x	Derrames, contaminación de suelo aire y agua por manejo inadecuado, contaminación por el uso de vehículos de transporte accionados por combustibles fósiles.
3.4 Recolección de aceite en motores y cajas reductoras.		x		x	Derrames, contaminación de suelo y aire por manejo inadecuado, contaminación por el uso de vehículos de transporte accionados por combustibles fósiles.
3.5 Demolición cerco mampostería	x		x	x	Generación de Material Particulado y ruido.
3.6 Izaje y Traslado pesado equipos	x		x	x	Contaminación por ruidos de equipos de mov de materiales, equipos manuales, generación de material particulado (corte en caliente), gases de escape de vehículos de traslado de personal contratista, camiones y grúas.
3.7 Transporte y presencia de personal.	x			x	Emissiones debido al uso de combustibles fósiles.
3.8 Desmontaje edificio Const metálica.	x		x	x	Movimiento de camiones y equipos manejo de materiales para retiro de las instalaciones. Degradación de suelo. Transporte, con el consiguiente uso de combustibles fósiles. Ruidos molestos. Generación de MP.

Tabla 33: Tabla de Chequeo de Actividades y Posibles Impactos.

8.2 CUENCA HIDROLOGICA

El proyecto se ubica dentro de la ciudad de Granadero Baigorria, la cual está dentro de los límites de la cuenca denominada DELTA del PARANA. (Figura 39 y Figura 40).

8.3 AGUA SUBTERRANEA

La ciudad de Granadero Baigorria se ubica sobre el acuífero Puelche, el cual es una gran reserva de agua dulce de una extensión de 230.000Km², que pertenece a la región pampeana. Se ubica bajo las provincias de Buenos Aire, Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos. El acuífero Puelche subyace a la napa freática y al acuífero Pampeano, y se ubica en una profundidad de entre los 40 y 70 metros.

La recarga del mismo se produce a través del acuífero pampeano, por medio de recargas verticales descendentes, lo cual lo hace susceptible de recibir contaminación a través de precipitaciones.

Es importante mencionar que de todos los acuíferos, *es el único que posee agua potable.*

8.4 DESCRIPCION CLIMATOLOGICA

La ubicación del proyecto pertenece al subtropical húmedo o también denominado, clima Pampeano Templado, tal cual se muestra en el mapa siguiente bajo un color marrón claro, el cual contrasta con la zona del norte de Santa Fe, color marrón oscuro, la cual tiene un clima cálido y húmedo. Las cuatro estaciones están medianamente diferenciadas, con inviernos relativamente cortos y suaves. Los veranos se presentan cálidos y de elevada humedad. El riesgo de inundaciones está presente en las zonas más bajas de la ciudad de Rosario y alrededores, pero no hay antecedentes en la zona del proyecto. (Figura 41)

La posibilidad de tornados y tormentas severas existe, con un pico de frecuencia entre octubre y marzo. Estos fenómenos se generan por los encuentros de una masa húmeda y cálida del norte del país y el Pampero: fría y seca del sector sur argentino.

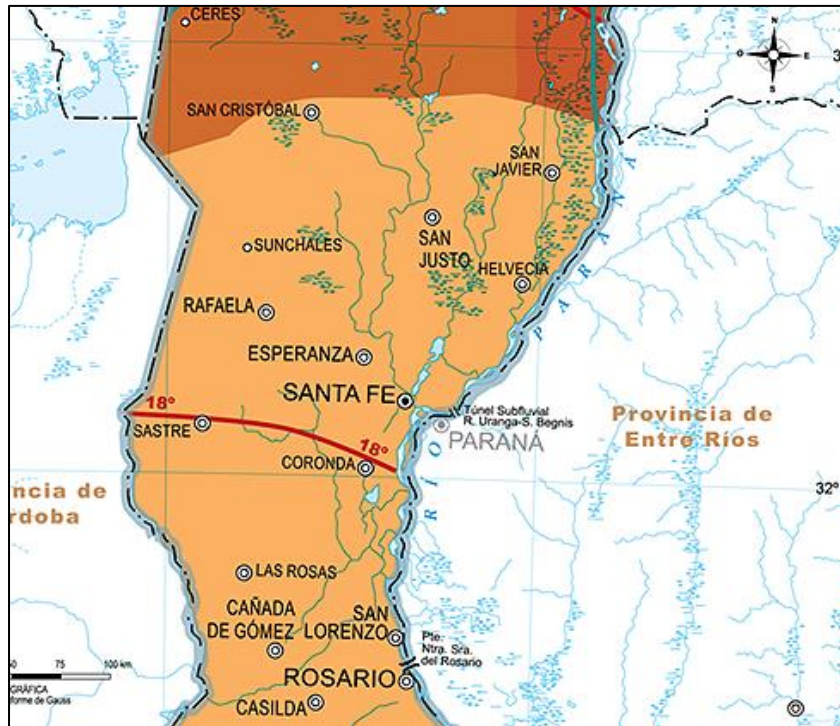


Figura 41: Zonas Climatológicas de la provincia de Santa Fe.

Considerando como fuente de datos meteorológicos el Aeropuerto Internacional Islas Malvinas en la cercanía de la Ciudad de Funes, se presentan a continuación los parámetros ambientales tales como: temperatura promedio, velocidad de vientos, régimen de precipitaciones, radiación solar global total, humedad relativa y presión atmosférica.

Las precipitaciones de mayor cuantía se presentan en los meses de Marzo y Diciembre. A continuación, ubicación global y datos climatológicos de diversas fuentes. (RETSscreen, 2020), (Czajkowski, Gomez, & A., n.d.) (Fig 42, 43 y 44)

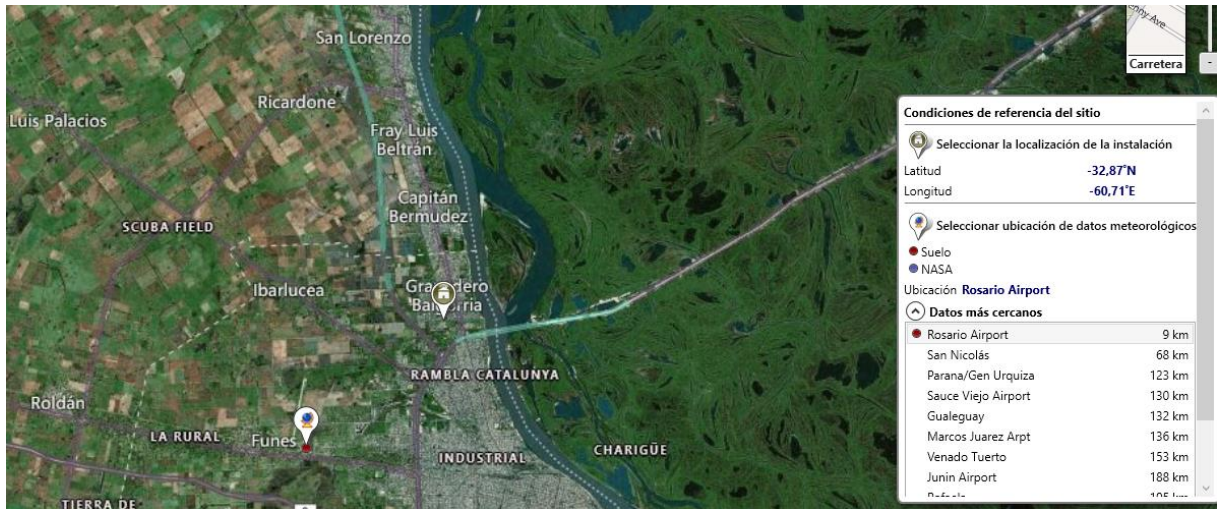


Figura 42: Localización de la ciudad de Granadero Baigorria.

Fuente: Google MAP

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Localización de la instalación	Fuente
Latitud		-32,9	-32,9	
Longitud		-60,8	-60,7	
Zona climática		3A - Templado - Húmedo		
Elevación	m	25	34	Suelo+NASA
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	0,9		Suelo - Mapa
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	32,8		Suelo
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	15,8		NASA

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Grados-días de calefacción 18 °C	Grados-días de refrigeración 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	24,6	68,1%	114,70	6,83	100,7	3,5	27,2	0	453
Febrero	23,1	72,6%	123,48	6,19	100,8	3,3	25,3	0	367
Marzo	21,4	76,3%	149,73	5,03	101,0	3,2	22,7	0	353
Abril	17,4	79,5%	115,80	3,83	101,2	3,2	17,9	18	222
Mayo	13,9	81,0%	52,70	2,83	101,3	3,2	13,8	127	121
Junio	11,1	82,2%	27,60	2,28	101,4	3,4	10,8	207	33
Julio	10,2	79,1%	23,56	2,47	101,5	3,7	9,9	242	6
Agosto	12,3	74,1%	34,41	3,36	101,5	3,9	12,2	177	71
Setiembre	14,4	69,7%	50,40	4,28	101,4	4,5	15,3	108	132
Octubre	18,0	70,9%	119,97	5,42	101,2	4,6	19,4	0	248
Noviembre	20,8	68,2%	114,30	6,50	100,9	4,3	22,7	0	324
Diciembre	23,4	67,2%	143,53	6,69	100,7	3,9	25,3	0	415
Anual	17,5	74,1%	1.070,18	4,63	101,1	3,7	18,5	879	2.746
Fuente	Suelo	Suelo	NASA	Suelo	Suelo	Suelo	NASA	Suelo	Suelo
Medido a					m	10	0		

Figura 43: datos Estación Climatológica Aeropuerto Islas Malvinas.

Fuente: Software Retscreen - Canadá.

DATOS BIOCLIMÁTICOS DE ROSARIO												
LOCALIDAD: ROSARIO AERO								PROVINCIA: SANTA FE				
LATITUD: 33			LONGITUD: 60.47 Oeste					ASNM: 27 m				
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
KT	0,58	0,58	0,55	0,55	0,52	0,49	0,49	0,52	0,53	0,54	0,56	0,56
HO	42,7	38,9	33,1	26,0	20,1	17,4	18,5	23,3	30,1	36,7	41,5	43,5
H (horiz)	24,8	22,6	18,2	14,3	10,5	8,5	9,1	12,1	15,9	19,8	23,2	24,4
H (lat-20)	24,3	22,8	19,2	16,0	12,3	10,2	10,7	13,8	17,1	20,3	22,9	23,7
H (lat-10)	23,4	22,5	19,6	17,0	13,5	11,4	11,9	14,8	17,7	20,2	22,3	22,7
H (lat)	22,1	21,8	19,6	17,7	14,5	12,4	12,8	15,6	18,0	19,8	21,2	21,3
H (lat+10)	20,4	20,7	19,2	18,0	15,1	13,0	13,4	16,0	17,8	18,9	19,7	19,6
H (lat+20)	18,5	19,1	18,4	17,9	15,4	13,4	13,7	16,0	17,3	17,8	18,0	17,7
Horas de sol	13,8	13,1	12,2	11,2	10,4	9,9	10,1	10,9	11,8	12,8	13,6	14,1
Temp. med.	23,9	23,0	20,7	17,0	13,8	10,4	10,4	11,1	13,8	17,0	20,0	22,8
Temp. max.	30,6	29,7	27,0	23,5	20,4	16,6	16,7	18,2	20,9	23,6	26,6	29,4
Temp. min.	17,3	16,6	15,0	11,5	8,3	5,4	5,5	5,3	7,4	10,6	13,3	16,0
Grados día (14°C)	0	0	1	13	56	122	126	109	53	14	2	0
Grados día (16°C)	0	1	4	33	91	173	179	160	88	34	6	1
Grados día (18°C)	1	2	13	63	139	230	238	217	134	65	18	3
Vel. viento	15	14	13	12	13	14	15	16	18	19	17	17
Punto de rocío	16,6	16,7	15,6	13,2	10,3	7,0	7,1	6,7	8,5	11,5	14,3	15,7
Tension vapor	19,4	19,5	18,2	15,8	13,2	10,8	10,7	10,3	11,6	14,1	16,8	18,3
Humedad relativa	68	70	76	80	82	83	82	78	74	74	72	68

Figura 44: Datos bioclimáticos de Rosario.

Fuente Arquinstal- FAU- UNLP.

8.5 REGIMEN DE VIENTOS

Dado que el proyecto requiere el diseño y construcción de un edificio con estructura y envolvente metálica, se adjunta la rosa de los vientos. El diseño de la construcción metálica incluirá la verificación de la carga provocada por los vientos en las direcciones preferentes. En la figura 45 siguiente se muestra la rosa de los vientos con las direcciones de mayor probabilidad y los rangos de velocidades.

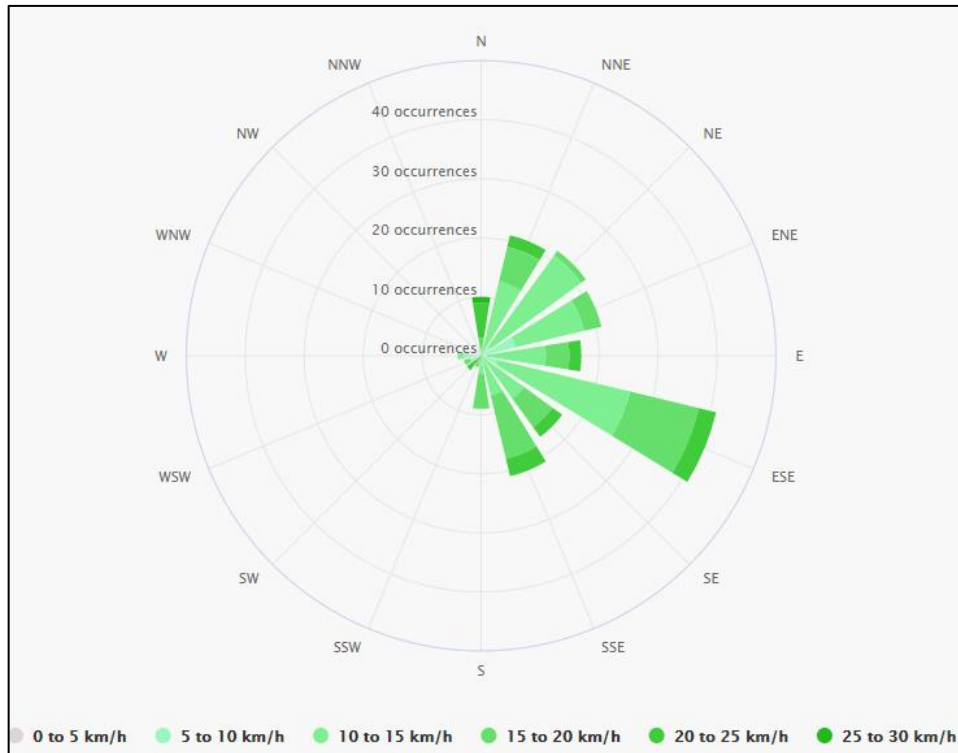


Figura 45: Rosa de los vientos para la zona de trabajo.

8.6 RELEVAMIENTO DE SUELOS

Si bien en la provincia de Santa Fe hay un predominio de suelos tipo Molisoles (suelos blandos), el tipo de suelo que predominaría en el sitio de la instalación es el denominado Entisol, el cual se ubica en los alrededores de valles fluviales (Valle fluvial del Río Paraná en este caso). Se caracteriza por la presencia de materiales depositados y/o arrastrados por vientos, precipitaciones y por la gravedad misma, siendo de baja consistencia y de baja productividad. Como característica adicional debe mencionarse la existencia de una pendiente pequeña del territorio en dirección Noreste-Sureste. (Figura 46)

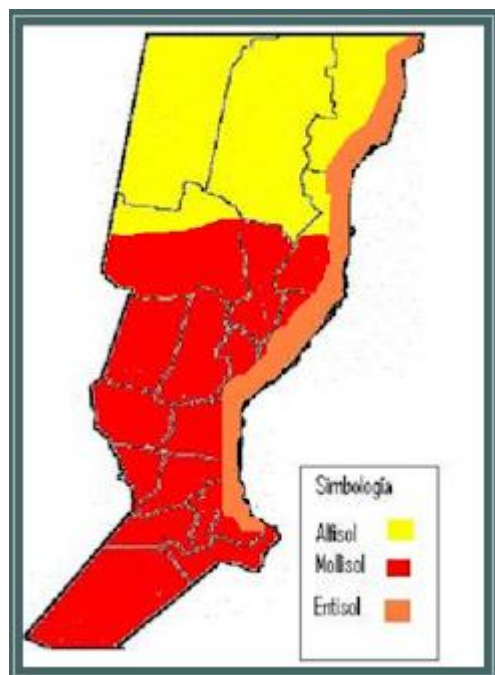


Figura 46: Tipología de suelos en la provincia de Santa Fe.

Desde el punto de vista de productividad de las tierras, la zona de instalación está incluida en la franja de código verde, caracterizada por “alta productividad” según el sistema de geo-evaluación del INTA. (INTA, 2014).

Ver figura 47 (modo relieve) y figura 48 (modo coloreado).



Figura 47: Vista aérea de las zonas clasificadas por el INTA.

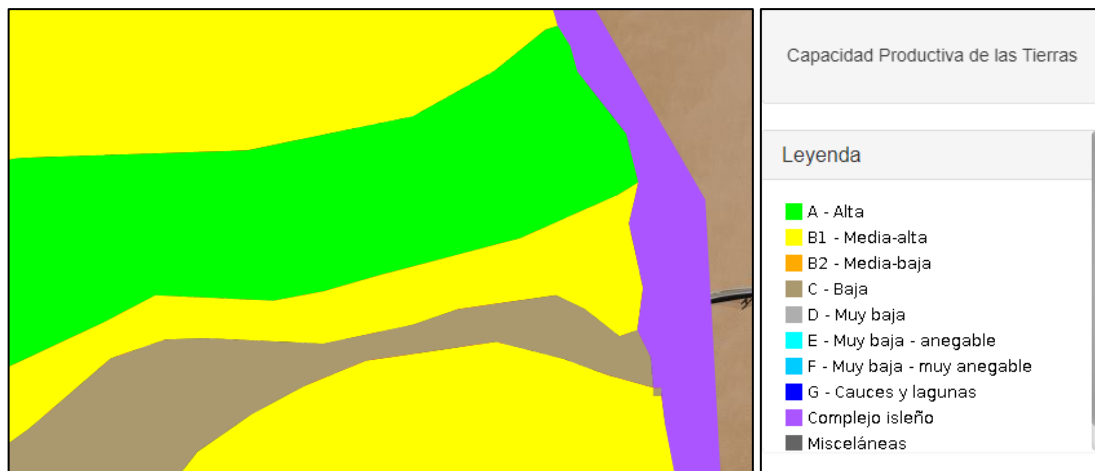


Figura 48: Vista coloreada de las zonas clasificadas por el INTA.

Fuente: INTA Argentina.

8.7 RELEVAMIENTO DE FLORA Y FAUNA

La flora puede considerarse dividida en dos regiones, la que se desarrolla a lo largo del río Paraná, y otra que pertenece al resto de la provincia.

La primera de ellas corresponde a la galería paranaense que incluye al complejo isleño de Misiones hasta la desembocadura en el Río de la Plata, pudiendo distinguirse las siguientes especies: ceibo, ubajay, curupí, laurel, timbó blanco. En la parte isleña propiamente dicha podemos mencionar el sauce criollo y el aliso del río. La paja de la isla ocupa los terrenos anegadizos y de grandes extensiones. (Biasatti, 2016)

La otra región se caracteriza en su parte oriental por las formaciones de quebrachales, que se interrumpe en forma más o menos brusca al pasar el sistema del Arroyo Golondrinas hacia el oeste, para penetrar en el área central donde el tapiz herbáceo domina casi con exclusividad.

Las condiciones autóctonas de la flora santafesina han sufrido cambios por la acción del avance de los cultivos, a lo que se ha sumado la introducción de árboles exógenos, como: paraíso, álamo, eucalipto, acacia, pino, plátano. En la pradera del sur reina el ombú interrumpiendo el interminable mar de pasturas verdes, mientras que a orillas de los ríos, crecen sauces, ceibales, aromitos, ombúes, laureles, aguaribayes y algarrobos. Entre las hierbas características de la región encontramos yuyo colorado, manzanilla, malva, verbena, alfilerillo, cepa caballo, abrojo, cicuta y cardo.

A nivel de fauna la región ha sufrido cambios antrópicos. En el pasado, los animales más comunes eran el venado, el zorrino, el ñandú, el peludo, la mulita, el zorro pampeano, la vizcacha, el puma y el gato de los pajonales. Actualmente entre las aves se destacan el chimango y el carancho, además del tero, el chajá y el loro. En el predio de la planta fabril, existe una colonia de Teros que se ubican en el sector Norte en la extensión de pasto ubicado próximo al estacionamiento vehicular.

Es importante mencionar, la existencia de avispas, las cuales ubican sus nidos en los vehículos en stock.

9 MEDIO ANTROPICO

A continuación, se describe el medio antrópico (modificado por el ser humano) que caracteriza a la ubicación del proyecto.

9.1 LOCALIZACION GEOPOLITICA

El proyecto se ubica dentro de la jurisdicción de la comuna de Granadero Baigorria, perteneciente al departamento Rosario, en la provincia de Santa Fe. Dicha ciudad se ubica sobre la margen derecha del Río Paraná, ubicándose a una distancia de 10-11Km del centro de la ciudad de Rosario. La comuna de Granadero Baigorria forma parte de un conjunto de localidades agrupadas denominada Aglomerado del Gran Rosario – AGR- constituido por las localidades indicadas en el mapa adjunto. (Figura 49)

La inclusión de algunas localidades varía según la fuente considerada (INDEC, DAMI, Municipalidad de Rosario). Representa en tercer conurbano más poblado de Argentina y el primero en la provincia de Santa Fe.



Figura 49: Departamentos del área del Gran Rosario

Fuente: Wikipedia.

9.2 EDUCACION Y SALUD

A partir de los datos del censo nacional de población, hogares y viviendas del año 2010, la tasa de alfabetización del departamento Rosario era de 98.4%, ligeramente superior a la tasa provincial del 98.2% (Población de 10 años o más).

Respecto de la cobertura de salud, el porcentaje de habitantes según datos del censo nacional año 2001, que poseían cobertura privada de algún tipo era del 48.6% para la comuna de Granadero Baigorria, ligeramente inferior al valor del 54.8% correspondiente al departamento Rosario. Ver tabla 34.

Población por cobertura por obra social y/o plan de salud privado o mutual.					
Departamento Rosario. Año 2001					
	Total Habitantes	%	Con cobertura	%	Sin Cobertura
Dpto Rosario	1.211.558	54,8	663.874	37,8	457.684
Granadero Baigorria	32.427	48,6	15.760	51,4	16.667

Tabla 34: Resumen de datos poblacionales de Granadero Baigorria.

Fuente: Informe poblacional sitio web Gobierno de la provincia de Santa Fe.

9.3 INDICADORES SOCIO ECONOMICOS

Los indicadores del mercado laboral del aglomerado Gran Rosario (AGR), donde se incluye la comuna de Granadero Baigorria, muestran un deterioro de las condiciones laborales en los trimestres analizados del 2020, respecto del 2019. La fuente de datos está basada en la Encuesta Permanente de Hogares del INDEC. Ver tabla 35.

Aglomerado Gran Rosario			
Indicadores Básicos			
Tasas	3° trim 2020	2° trim 2020	3° trim 2019
Actividad	46,5	43,0	46,3
Empleo	41,4	35,4	42,2
Desempleo	11,1	17,9	8,7
Subocupación	12,4	8,7	10,6

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la EPH del INDEC

Tabla 35: Indicadores básicos de Nivel de Empleo Gran Rosario.

Fuente: INDEC.

Si bien la pandemia ha contribuido al desmejoramiento de los indicadores, a nivel nacional, tenemos patrones similares. Ver tabla 36.

Todos los aglomerados urbanos			
Indicadores Básicos			
Tasas	3° trim 2020	2° trim 2020	3° trim 2019
Actividad	42,3	38,4	47,2
Empleo	37,4	33,4	42,6
Desempleo	11,7	13,1	9,7
Subocupación	13,4	9,6	12,8

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la EPH del INDEC

Tabla 36: Indicadores de nivel de empleo. aglomerados Urbanos de Argentina.

Fuente: INDEC

Si analizamos por actividad y tamaño de empresa, la actividad que mayor empleo impulsa es la construcción seguido por las actividades de transporte y comunicaciones. El proyecto propuesto, ocupará personal de empresas contratistas en el área de influencia directa e indirecta. (ver tabla 37)

En figura 50 se muestran las definiciones de las tasas así como las localidades componentes del AGR.

Aglomerado Gran Rosario		
Según actividad y tamaño de empresa		
Evolución del empleo	3° trim 2020 / 2° trim 2020	3° trim 2020 / 3° trim 2019
Índice base ago.01=100	-0,1%	-3,1%
Por rama de actividad		
Industria manufacturera	0,4%	-1,4%
Construcción	0,5%	-16,9%
Comercio, restaurantes y hoteles	-0,2%	-3,2%
Transporte, almacenaje y comunicaciones	-0,6%	-3,9%
Servicios financieros y a las empresas	-0,1%	-1,0%
Servicios comunales, sociales y personales	-0,6%	-0,2%
Por tamaño de empresa		
De 10 a 49 empleados	0,2%	-2,3%
Entre 50 y 199 empleados	-0,1%	-4,6%
200 y más empleados	-0,5%	-2,2%

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la EIL del MTEySS de la Nación.

Tabla 37: Evolución del empleo en Gran Rosario.

Tasa de actividad: calculada como porcentaje entre la población activa y la población total.
Tasa de empleo: calculada como porcentaje entre la población ocupada y la población total.
Tasa de desocupación: calculada como porcentaje entre la población desocupada y la población activa.
Tasa de subocupación: calculada como porcentaje entre la población subocupada y la población activa.
Fuente: Encuesta Permanente de Hogares (EPH), INDEC.
Aglomerado Gran Rosario (AGR): está conformado por las localidades de: Funes, Granadero Baigorria, Perez, Rosario, Soldini, Villa Gobernador Gálvez, Roldán, Capitán Bermúdez, Fray Luis Beltrán, Puerto General San Martín y San Lorenzo.
Fuente: Encuesta Permanente de Hogares (EPH), IPEC.

Figura 50: Definiciones de Indicadores y conformación del AGR.

Fuente: INDEC.

9.4 DATOS DE POBLACION

A partir de los datos del censo nacional del año 2010, la comuna de Granadero Baigorria era la cuarta localidad en cantidad de habitantes con casi 37.000 personas. Ver tabla 38.

Componente	Departamento	Censo 2010
Rosario	Rosario	948.312
Villa Gobernador Gálvez	Rosario	80.769
San Lorenzo	San Lorenzo	45.958
Granadero Baigorria	Rosario	36.994
Capitán Bermúdez	San Lorenzo	29.218
Pérez	Rosario	26.448
Funes	Rosario	23.281
Fray Luis Beltrán	San Lorenzo	15.176
Roldán	San Lorenzo	14.113
Puerto General San Martín	San Lorenzo	13.243
Soldini	Rosario	2.577
Total		1.236.089

Tabla 38: Población de algunas ciudades del AGR.

Fuente: Wikipedia.

Si embargo, según el último censo del año 2015, la población de la comuna de Baigorria asciende a 43000 habitantes. Ver figura 51.

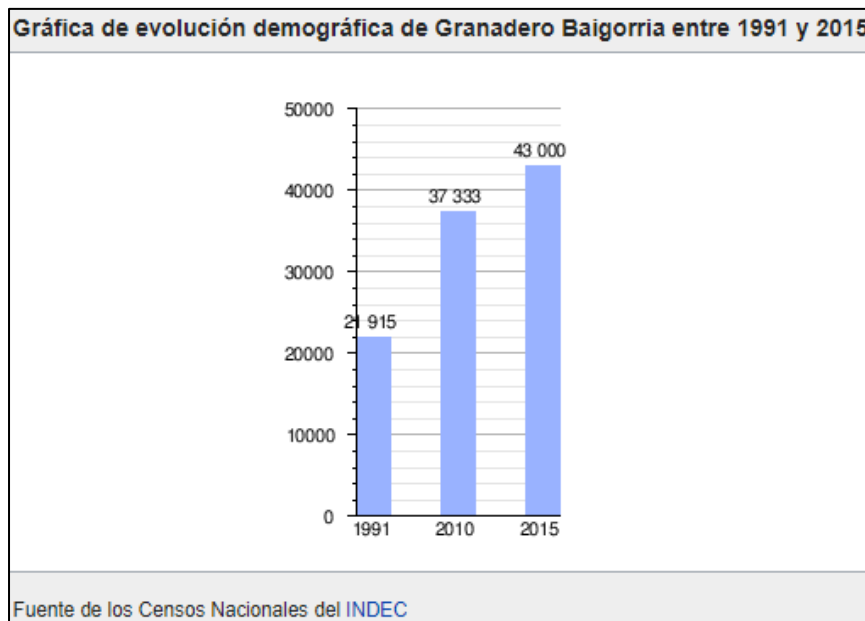


Figura 51: Evolución demográfica de Granadero Baigorria.

Fuente: Wikipedia.

10 RESIDUOS DE OPERACIÓN

10.1 NORMATIVA NACIONAL DE RESIDUOS PELIGROSOS

La ley de Residuos Peligrosos 24.051 (Decreto 831/93 -Ley 24.051- Argentina, 1993), promulgada en 1992, trata la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos. En su artículo 2, menciona:

Será considerado peligroso, a los efectos de esta ley, todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

En particular serán considerados peligrosos los residuos indicados en el Anexo I o que posean alguna de las características enumeradas en el Anexo II de esta ley.

Las disposiciones de la presente serán también de aplicación a aquellos residuos peligrosos que pudieren constituirse en insumos para otros procesos industriales.

Categorías de residuos sometidas a control - Anexo I- Anexo II.

En el caso específico de nuestra planta de gasificación, los subproductos principales del proceso de generación y tratamiento del syngas son los siguientes: *Biochar, Cenizas y humedad condensada.*

También debemos considerar la disposición final de los *aceites de lubricación* utilizado en los motores de combustión de generación de energía y el *aceite de lubricación* utilizado en las cajas reductoras de engranajes, presentes en el reactor, dispositivos de eliminación de cenizas y biochar, transportadores de tornillos para virutas de madera, accionamiento del triturador de biomasa etc.

En el caso del primer componente, *biochar*, internacionalmente se vende como mejorador de suelos así como también como material absorbente. En el caso de Argentina, debido a que la tecnología de gasificación aún no se ha extendido, no hay un mercado establecido para el mismo y su clasificación no está tampoco categorizada dentro de la normativa vigente. Como medida preventiva, debería disponerse como residuo peligroso en base a la normativa 24.051.

En el caso de las *cenizas*, correspondería tomar muestras y realizar ensayos de lixiviación, para determinar el contenido de metales pesados ó hidrocarburos. Si tomamos como referencia ensayos similares en biomasa utilizada en procesos de

combustión, los resultados muestran la ausencia de metales pesados en el lixiviado. En forma preliminar y hasta tanto se efectúen ensayos específicos sobre las cenizas de gasificación, debería disponerse como residuo peligroso en base a la normativa 24.051.

En las etapas de limpieza y secado del syngas se genera humedad, la cual podría estar potencialmente contaminada con hidrocarburos tipo Tars. Bajo estas condiciones debe disponerse como residuo peligroso.

La empresa por lo tanto debería agregar los (4) residuos principales operativos, a su lista de residuos peligrosos. Luego basándose en toma de muestras y análisis podría modificarse tal designación/clasificación.

A partir del anexo I de la citada ley bajo las categorías sometidas a control, podríamos establecer la siguiente clasificación preliminar:

Cenizas en cualquiera de sus presentaciones y Biochar/residuos carbonosos: Y11 Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico.

Nota: El proceso de Pirólisis es una de las etapas dentro del reactor de gasificación.

Agua de condensación con contaminación de hidrocarburos: Y9 Mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.

Aceites utilizados en motores y reductores: Y9 Mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.

Los aceites usados ya se disponen como residuos peligrosos dentro de la operación normal de la industria en la cual se ubicará la planta de gasificación.

El artículo 12, obliga a la confección de un manifiesto, bajo las siguientes condiciones, La naturaleza y cantidad de los residuos generados, su origen, transferencia del generador al transportista, y de éste a la planta de tratamiento o disposición final, así como los procesos de tratamiento y eliminación a los que fueren sometidos, y cualquier otra operación a realizarse, quedará documentada en un instrumento que llevará la denominación de "manifiesto".

El artículo 13, menciona los campos obligatorios que deberá tener el manifiesto, Sin perjuicio de los demás recaudos que determine la autoridad de aplicación el manifiesto deberá contener:

a) Número serial del documento;

- b) Datos identificatorios del generador, del transportista y de la planta destinataria de los residuos peligrosos, y sus respectivos números de inscripción en el Registro de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos;
- c) Descripción y composición de los residuos peligrosos a ser transportados;
- d) Cantidad total -en unidades de peso, volumen y concentración- de cada uno de los residuos peligrosos a ser transportados; tipo y número de contenedores que se carguen en el vehículo de transporte;
- e) Instrucciones especiales para el transportista y el operador en el sitio de disposición final;
- f) Firmas del generador, del transportista y del responsable de la planta de tratamiento o disposición final.

Resolución ENRE 121/2018 (Resolución ENRE 121/2018, 2018).

Considerando que el objetivo de la instalación es la cogeneración de energía para uso interno, no sería aplicable la resolución ENRE 121/2018.

Sin embargo, dado que la instalación utiliza un *motor de combustión interna*, consideramos que la misma puede utilizarse como referencia los anexos I y II, de la mencionada resolución.

Es necesario aquí hacer dos aclaraciones importantes:

- El ENRE 121/2018 establece parámetros a medir según el combustible utilizado, pero no menciona la mezcla de gases que constituye el gas de síntesis.
- La resolución ENRE 121/2018 es de cumplimiento obligatorio para los agentes del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), que se encuentren registrados como generadores, autogeneradores o cogeneradores disponiendo de motores de combustión interna instalados en centrales térmicas y destinadas a la generación de energía eléctrica para su comercialización.

Los anexos disponibles en la resolución son los siguientes:

ANEXO I: Procedimiento para la medición y registro de emisiones a la atmósfera en motores de combustión interna.

ANEXO II: Medición de material particulado total- Guía de Cálculo.

Según el Anexo I, los parámetros a evaluar son:

Monóxido de Carbono (CO)

Hidrocarburos Totales (HCT)

Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Dióxido de Azufre (SO₂)

Material Particulado Total (MPT) *

Oxígeno (O₂).

Nota: en el ítem 1.4 del Anexo I, debido a que el motor de combustión interna opera con una mezcla gaseosa diferente del Gas Natural, queda exceptuado de la medición de Material Particulado Total.

Como complemento de los parámetros anteriores, también deberán registrarse los parámetros siguientes del efluente gaseoso:

Contenido de humedad (B_{ws})

Velocidad (V_s)

Temperatura (t_s).

La presentación de los resultados de las mediciones se hace según el formato especificado en el mismo anexo como así también la extracción y toma de muestras.

La resolución ENRE 12/2012.

Esta resolución de fecha anterior a la 121/2018, en su artículo 2, aprueba también un conjunto de PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN Y REGISTRO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA bajo la forma de un ANEXO.

En el capítulo 3 del anexo, se muestra el cálculo del límite permisible de un contaminante, cuando se combustionan 2 o más combustibles en forma simultánea.

También se menciona la normativa EPA e IRAM aplicable a la toma de muestras, EPA-40 CFR, Pt. 60 App. A, Meth 1 - IRAM 29230. Ubicación y cantidad de agujeros. EPA-40 CFR, Pt. 60 App. A, Meth 2 - IRAM 29231. Determinación de velocidad y caudal volumétrico del gas dentro de la chimenea.

EPA-40 CFR, Pt 60 App. A, Meth 3 - IRAM 29232. Análisis del gas de escape para determinar CO₂, O₂, exceso de aire y peso molecular seco.

EPA-40 CFR, Pt 60 App. A, Meth 4 - IRAM 29233. Determinación del contenido de humedad en el gas de chimenea.

FRECUENCIA DE LAS MEDICIONES.

Según el artículo 5 de la resolución 121/2018, las mediciones deberán realizarse bajo el siguiente esquema,

“Los equipos que entren en servicio comercial con posterioridad a la fecha de publicación de la presente Resolución, deberán realizar la primera determinación dentro de los sesenta (60) días corridos a partir de la puesta en servicio comercial del equipo. C. A partir de los monitoreos requeridos en los puntos A o B -según corresponda- la frecuencia de las mediciones será anual para cada equipo en servicio comercial. D. En caso de que se trate de motores de combustión interna que dispongan de alguna tecnología que no cuente con antecedentes en el MEM, el ENRE podrá establecer una mayor frecuencia de monitoreo, por un lapso que será definido por este Ente en función de los resultados obtenidos en las primeras determinaciones y hasta tanto se recopile suficiente información.”

11 ANALISIS CUANTITATIVO DE IMPACTOS AMBIENTALES

En forma separada, se adjunta la matriz de evaluación cuantitativa de las actividades de las etapas sobre los factores ambientales. (Espinosa, 2021)

Se adoptó la ecuación de importancia siguiente, tomando como referencia estudios de impactos ambientales cuantitativos sobre plantas de generación de energía por *combustión de biomasa*. (FAO, 2020)

$$I = +/- [3 I + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

La escala que se adoptó para realizar la ponderación numérica del impacto es la que se adjunta a continuación. (Figura 52)

Tipo de Impacto	Escala
Impacto Positivo	> 0
Impacto Compatible	0 / -500
Moderado	-500 / -1000
Severo	-1000 / -2500
Crítico	-2500 / -5000

Figura 52: Escala de Impactos adoptada.

11.1 IMPACTOS ABSOLUTOS POR FACTORES AMBIENTALES

A continuación, se muestra el resumen de los impactos absolutos por cada factor ambiental y su valoración según la escala anterior adoptada. Ver figura 53.

Factor Ambiental	Impacto Absoluto	%	Valoración
Agua	2736	24,1	
Suelo	-482	4,2	
Aire	-3111	27,4	
Biota	-3347	29,5	
Socio - Cultural	11	0,1	
Socio - Económico	1669	14,7	
Impacto Absoluto Total	-2524	11356	

Figura 53: Impactos absolutos por Factores.

Composición porcentual, de los factores ambientales impactados. (Figura 54)

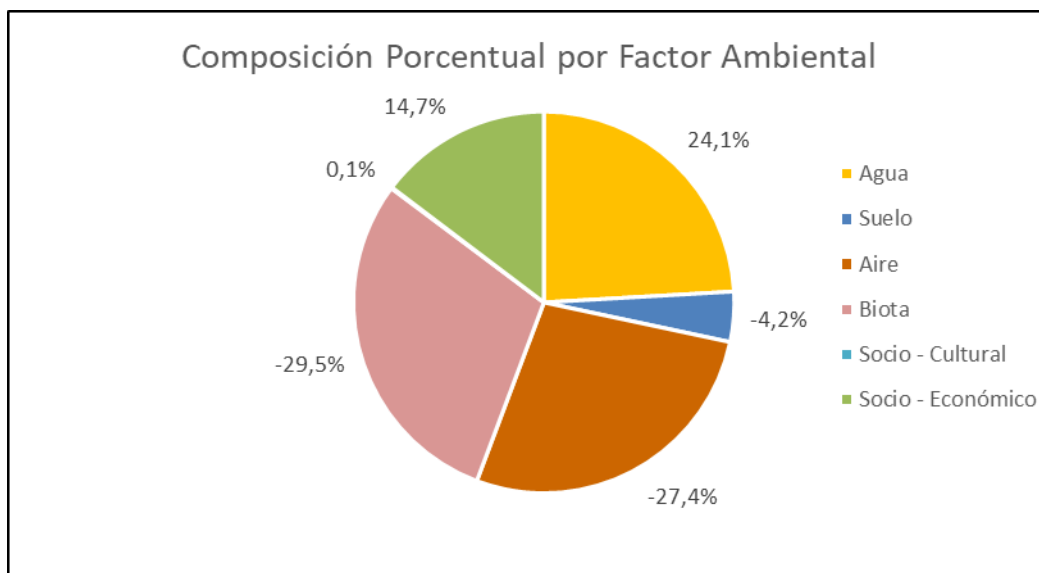


Figura 54: Distribución porcentual de factores ambientales impactados.

11.2 ANALISIS DE IMPACTO - DETALLE POR FACTOR

En las figuras siguientes, se presenta el detalle de impactos en el *medio físico*.

En figura 55, recurso agua.

En figura 56, recurso suelo.

En figura 57, recurso aire.

En figura 58, recurso biota.

En figura 59, medio socio cultural.

En figura 60: medio socio económico.

Medio Físico: Agua	Impacto Absoluto	%	Valoración	Tipo de Impacto	Escala
Agua Superficial Relleno	654	23,9		Impacto Positivo	> 0
Agua Subterránea Relleno	672	24,6		Impacto Compatible	0 / -500
Agua Superficial Entorno	702	25,7		Moderado	-500 / -1000
Agua Subterránea Entorno	708	25,9		Severo	-1000 / -2500
Impacto Absoluto Total	2736			Crítico	-2500 / -5000

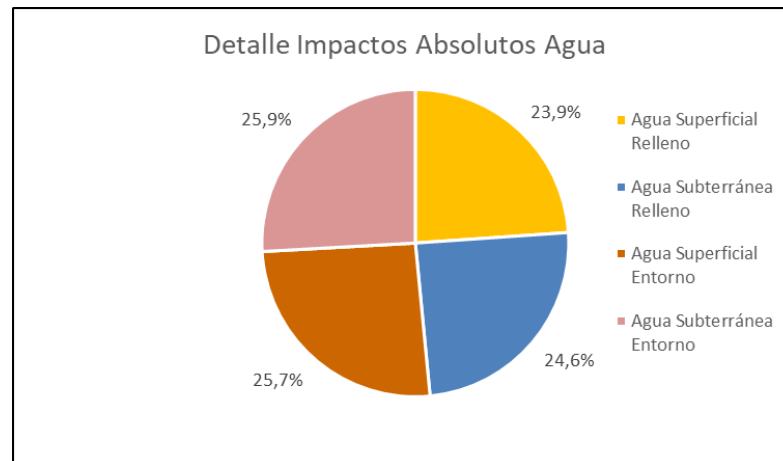


Figura 55: Detalle de impactos en factor ambiental Agua.

Medio Físico: Suelo	Impacto Absoluto	%	Valoración	Tipo de Impacto	Escala
Topografía	-24	4,98		Impacto Positivo	> 0
Estabilidad de pendiente	0	0,00		Impacto Compatible	0 / -500
Hundimiento	-33	6,85		Moderado	-500 / -1000
Composición	0	0,00		Severo	-1000 / -2500
Erosión	0	0,00		Crítico	-2500 / -5000
Uso del suelo	-33	6,85			
Valores geológicos	0	0,00			
Vibraciones	-392	81,33			
Impacto Absoluto Total	-482				

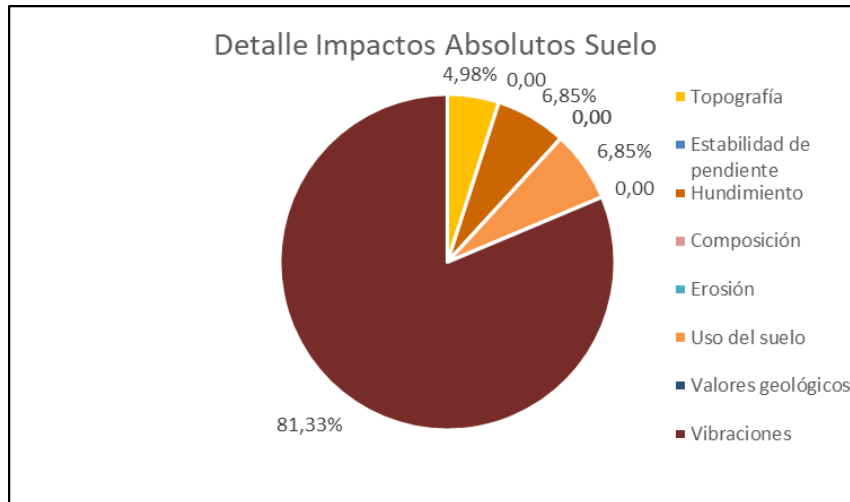


Figura 56: Detalle de impactos en factor ambiental Suelo.

Medio Físico: Aire	Impacto Absoluto	%	Valoración
Calidad de aire	-1445	46,4	Moderado
Vientos	-57	1,8	Impacto Compatible
Microclima	-41	1,3	Impacto Compatible
Visibilidad	-559	18,0	Moderado
Humedad Relativa	-25	0,8	Impacto Compatible
Ruido	-984	31,6	Moderado
Impacto Absoluto Total	-3111		

Tipo de Impacto	Escala
Impacto Positivo	> 0
Impacto Compatible	0 / -500
Moderado	-500 / -1000
Severo	-1000 / -2500
Crítico	-2500 / -5000

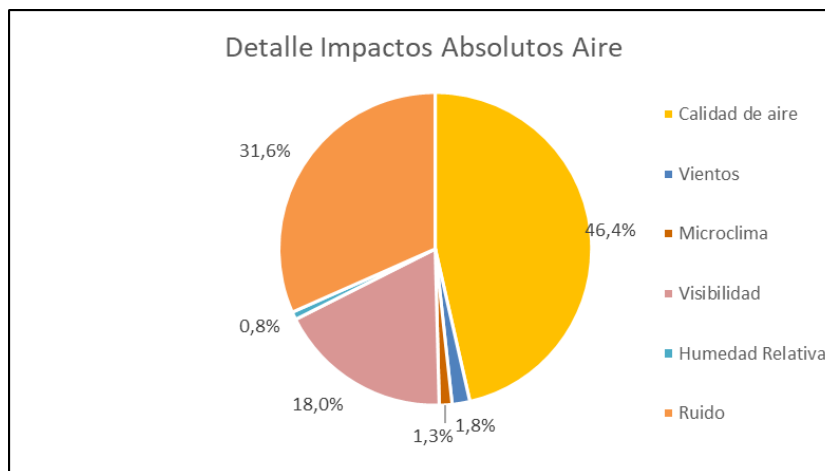


Figura 57: Detalle de impactos en factor ambiental Aire.

Medio Físico: Biota	Impacto Absoluto	%	Valoración
Pertub. vida silvestre	-1279	38,2	Moderado
Emigraciones	-592	17,7	Moderado
Inmigraciones	-592	17,7	Moderado
Cobertura vegetal	-40	1,2	Impacto Compatible
Biodiversidad	-296	8,8	Impacto Compatible
Arboles	-137	4,1	Impacto Compatible
Paisaje	-411	12,3	Impacto Compatible
Impacto Absoluto Total	-3347		

Tipo de Impacto	Escala
Impacto Positivo	> 0
Impacto Compatible	0 / -500
Moderado	-500 / -1000
Severo	-1000 / -2500
Crítico	-2500 / -5000

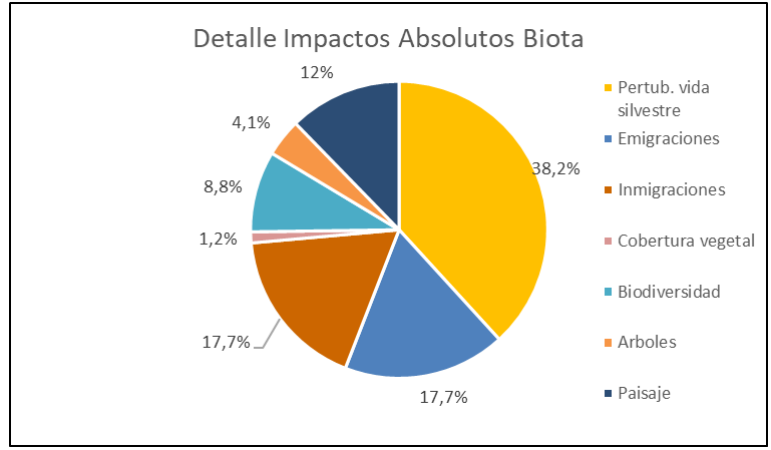


Figura 58: Detalle de impactos en factor ambiental biota.

Medio Socio Cultural	Impacto Absoluto	%	Valoración
Valores Históricos	0	0	
Sentimiento barrio	0	0	
Hábitos	0	0	
Enfermedades	11	100	
Activ. Recreativa	0	0	
Impacto Absoluto Total	11		

Tipo de Impacto	Escala
Impacto Positivo	> 0
Impacto Compatible	0 / -500
Moderado	-500 / -1000
Severo	-1000 / -2500
Crítico	-2500 / -5000

Figura 59: Detalle de impactos a nivel socio cultural.

Medio Socio Económico	Impacto Absoluto	%	Valoración
Valor terreno	511	30,62	
Generación empleos	1158	69,38	
Densidad Población	0	0,00	
Gas	0	0,00	
Energía Eléctrica	0	0,00	
Agua Potable	0	0,00	
Telefonía	0	0,00	
Impacto Absoluto Total	1669		

Tipo de Impacto	Escala
Impacto Positivo	> 0
Impacto Compatible	0 / -500
Moderado	-500 / -1000
Severo	-1000 / -2500
Crítico	-2500 / -5000

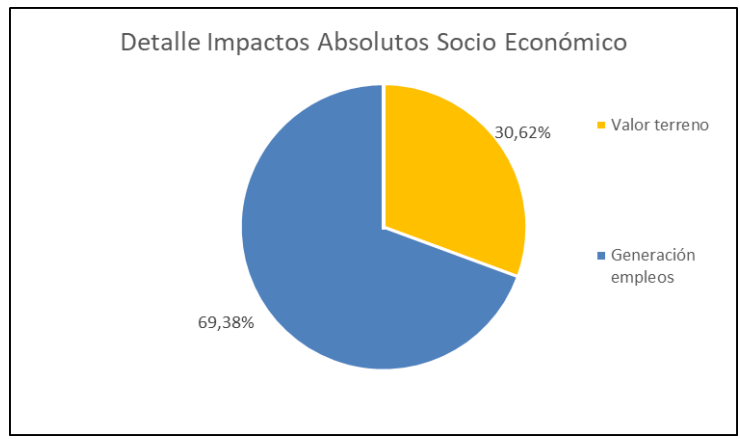


Figura 60: Detalle de impactos en factor Socio Económico.

12 DETALLE DE IMPACTOS POR FASES.

12.1 FASE DE OBRA DE CONSTRUCCION E INSTALACION.

En figura 61, se muestran los impactos absolutos asociados las actividades previstas para la fase de obra de construcción e instalación de la planta de gasificación.

Fase: Obra Const. e Inst.	Impacto Absoluto	%	Valoración	Tipo de Impacto	Escala
Cercado de zona de Obra	-224	6,77		Impacto Positivo	> 0
Instalación de Obradores en Exterior.	-398	12,02		Impacto Compatible	0 / -500
Transporte Materiales y Maq. Y Equipos	-155	4,68		Moderado	-500 / -1000
Instalación de Estructuras metálicas.	-285	8,61		Severo	-1000 / -2500
Const Mampostería de cierre inferior	-191	5,77		Crítico	-2500 / -5000
Instalación acometidas de servicios	-193	5,83			
Almacenam. Transit. Residuos Obra	-213	6,43			
Instalación Equipos Prep. Biomasa	-288	8,70			
Instalación de Equipos de manipuleo de biomasa y miscela	-386	11,66			
Acopio de Equipos en zona Cercana	-318	9,60			
Instal. Eq. Gasificación Generación EE/Q	-67	2,02			
Conexionado Tablero Maniobra Red BT	58	1,75			
Ensayos de Puesta en Marcha Ajuste Variables	-408	12,32			
Movilización y Presencia Personal.	-127	3,84			
Impacto Absoluto Total	-2720	3311			

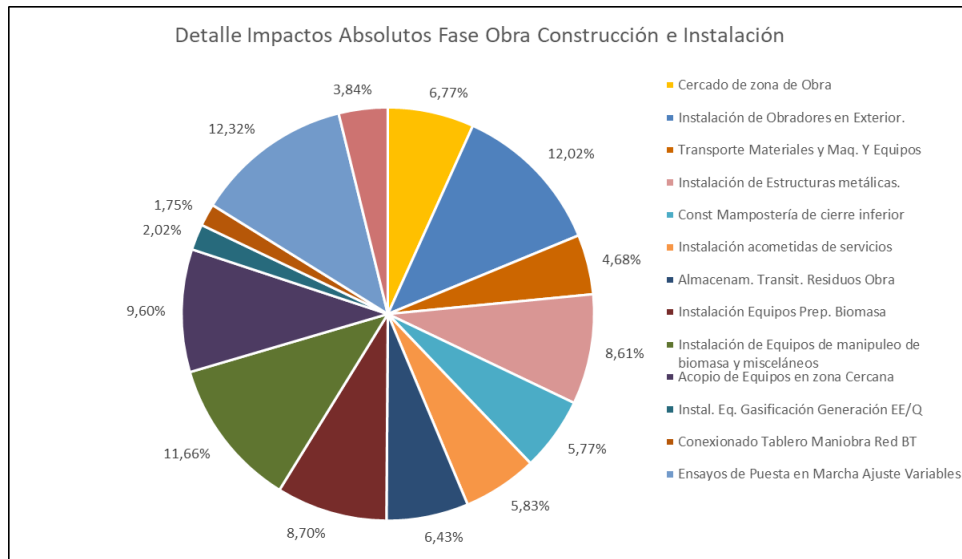


Figura 61: Detalle de Impactos en la fase de obra de construcción e instalación.

12.2 FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En la figura 62 siguiente, se presenta el detalle de impactos absolutos correspondiente a las actividades consideradas para la fase de Operación de la planta y el mantenimiento regular.

Fase: Operación y Mantenimiento	Impacto Absoluto	%	Valoración	Tipo de Impacto	Escala
Emisión Gases Escape Motores	-713	4,9		Impacto Positivo	> 0
Procesamiento (trituración) de Biomasa	-570	3,9		Impacto Compatible	0 / -500
Recolección Residuos Cenizas (pesadas)	1283	8,8		Moderado	-500 / -1000
Recolección Residuos de Biochar	1256	8,6		Severo	-1000 / -2500
Generación de residuos operativos	-2394	16,4		Crítico	-2500 / -5000
Recolección Residuos MP cenizas volantes.	1239	8,5			
Encendido diario inicial del Reactor.	-1684	11,5			
Venteo con llama en purgado cañería Syngas.	-1551	10,6			
Recolección aceites en motores/Cajas reductoras.	1608	11,0			
Recolección condensado de humedad/limpieza syngas.	1352	9,3			
Traslado de personal de OP y M.	-312	2,1			
Generación de ruido y carga térmica.	-395	2,7			
Acopio de Madera p/alimentación	-248	1,7			
Impacto Absoluto Total	-1129	14605			

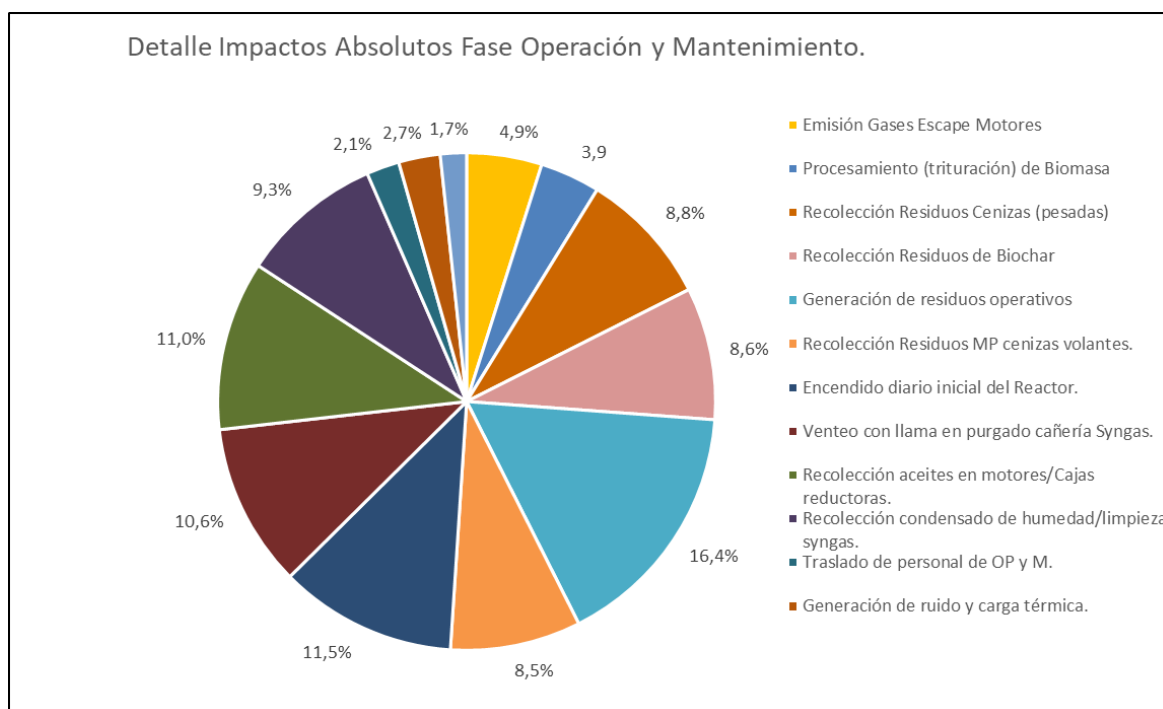


Figura 62: Detalle de Impactos en la fase de operación y mantenimiento.

12.3 FASE DE CIERRE Y ABANDONO

En la figura 63, se muestran los impactos absolutos asociados a las actividades que corresponden a la fase de cierre de operaciones y abandono de obra (desmontaje).

Fase: Cierre Operaciones y Abandono	Impacto Absoluto	%	Valoración	Tipo de Impacto	Escala
Agotamiento Biomasa Residual.	-141	2,8		Impacto Positivo	> 0
Recolección Remanente Residuos de Operación	1394	27,5		Impacto Compatible	0 / -500
Desmontaje de equipos y acometidas	-1081	21,3		Moderado	-500 / -1000
Recolección de aceite en motores y cajas reductoras.	1522	30,0		Severo	-1000 / -2500
Demolición cerco mampostería	71	1,4		Crítico	-2500 / -5000
Izaje y Traslado pesado equipos	-515	10,2			
Transporte y presencia de personal.	-105	2,1			
Desmontaje edificio Const metálica.	244	4,8			
Impacto Absoluto Total	1389	5073			

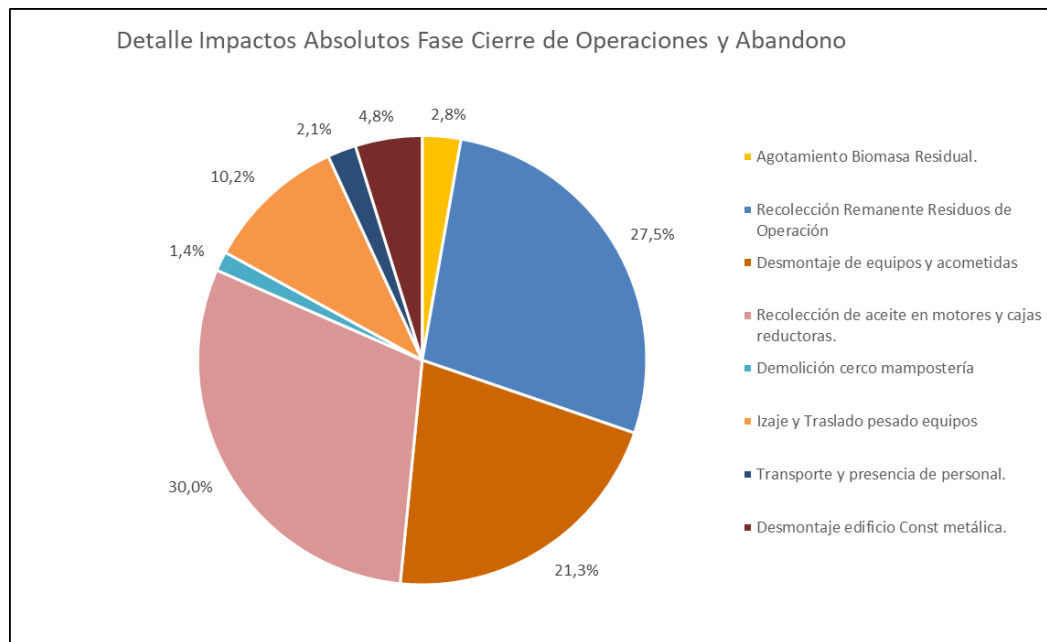


Figura 63: Detalle de Impactos en la fase de cierre y abandono de operaciones.

En la tabla 39 siguiente se resumen todas las actividades principales del proyecto, la evaluación numérica y porcentual del impacto absoluto y la clasificación de impactos según la escala adoptada. En la figura 64, se grafica la misma información.

Impactos Absolutos por Actividades	Impacto Absoluto	%	Valoración	Tipo de Impacto	Escala
Cercado de zona de Obra	-224	0,97		Impacto Positivo	> 0
Instalación de Obradores en Exterior.	-398	1,73		Impacto Compatible	0 / -500
Transporte Materiales y Maq. Y Equipos	-155	0,67		Moderado	-500 / -1000
Instalación de Estructuras metálicas.	-285	1,24		Severo	-1000 / -2500
Const Mampostería de cierre inferior	-191	0,83		Crítico	-2500 / -5000
Instalación acometidas de servicios	-193	0,84			
Almacenam. Transit. Residuos Obra	-213	0,93			
Instalación Equipos Prep. Biomasa	-288	1,25			
Instalación de Equipos de manipuleo de biomasa y miscela	-386	1,68			
Acopio de Equipos en zona Cercana	-318	1,38			
Instal. Eq. Gasificación Generación EE/Q	-67	0,29			
Conexión Tablero Maniobra Red BT	58	0,25			
Ensayos de Puesta en Marcha Ajuste Variables	-408	1,77			
Movilización y Presencia Personal.	-127	0,55			
Emisión Gases Escape Motores	-713	3,10			
Procesamiento (trituration) de Biomasa	-570	2,48			
Recolección Residuos Cenizas (pesadas)	1283	5,58			
Recolección Residuos de Biochar	1256	5,46			
Generación de residuos operativos	-2394	10,41			
Recolección Residuos MP cenizas volantes.	1239	5,39			
Encendido diario inicial del Reactor.	-1684	7,33			
Venteo con llama en purgado cañería Syngas.	-1551	6,75			
Recolección aceites en motores/Cajas reductoras.	1608	6,99			
Recolección condensado de humedad/limpieza syngas.	1352	5,88			
Traslado de personal de OP y M.	-312	1,36			
Generación de ruido y carga térmica.	-395	1,72			
Acopio de Madera p/alimentación	-248	1,08			
Agotamiento Biomasa Residual.	-141	0,61			
Recolección Remanente Residuos de Operación	1394	6,06			
Desmontaje de equipos y acometidas	-1081	4,70			
Recolección de aceite en motores y cajas reductoras.	1522	6,62			
Demolición cerco mampostería	71	0,31			
Izaje y Traslado pesado equipos	-515	2,24			
Transporte y presencia de personal.	-105	0,46			
Desmontaje edificio Const metálica.	244	1,06			

Tabla 39: Impactos absolutos por Actividades

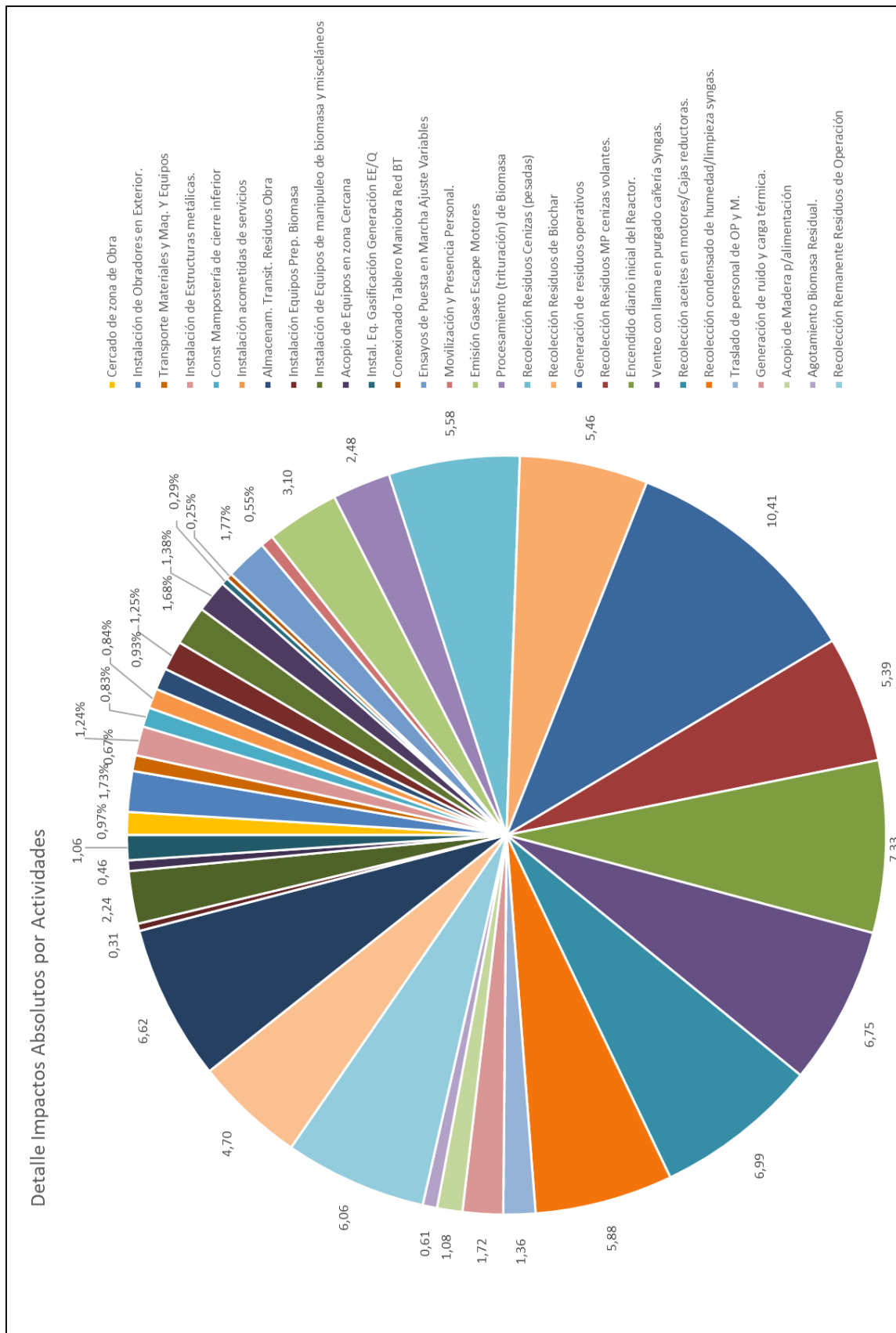


Figura 64: Detalle de Impactos absolutos en las actividades del proyecto.

El plan de gestión ambiental contemplará el manejo de las actividades que presentan impactos moderados, severos y críticos según la clasificación propuesta precedente. Del conjunto total de actividades se extractan las siguientes a mitigar (tabla 40)

Emisión Gases Escape Motores	-713	3,10	
Procesamiento (trituración) de Biomasa	-570	2,48	
Generación de residuos operativos	-2394	10,41	
Encendido diario inicial del Reactor.	-1684	7,33	
Venteo con llama en purgada cañería Syngas.	-1551	6,75	
Desmontaje de equipos y acometidas	-1081	4,70	
lzaje y Traslado pesado equipos	-515	2,24	

Tabla 40: Actividades con impactos a considerar.

12.4 EMISION DE GASES DE ESCAPE DE MOTORES

Los motores especiales utilizados en este tipo de instalaciones disponen de catalizadores/unidades de post-tratamiento de modo tal que cumplen con la normativa de emisiones Tier III y en algunos casos, Tier IV. Las instalaciones de gasificación son fabricadas actualmente en países de la comunidad económica europea (Italia, Alemania, España) en los cuales la normativa aplicable a emisiones es muy estricta. Cabe mencionar que Argentina no posee aún normativa específica en este tema.

Es recomendable realizar el control de la composición del syngas alimentado a los motores durante la fase de puesta en marcha y durante la operación regular. La composición promedio del gas alimentado tiene impacto en los gases de escape (emisiones) y en la vida útil de los componentes del motor.

A modo de ejemplo, se incluye en figura 65, una breve descripción del muestreo del gas de síntesis en motores de marca GUASCOR-SIEMEMS (Siemens Guascor Gas Engines Overview, 2018). En el caso de gasificación aplica el proceso termoquímico.

3.4. – SAMPLING FREQUENCY

For all the specified types of gas, the sampling frequency will be determined as follows:

Project Phase: At least one complete analysis shall be made for each application.

Start-up Phase: During the first year, analysis shall be made at least every six months for natural gas, every three months for landfill and digester gas, and every month for gases resulting from thermochemical processes.

Operation Phase: Once the gas properties have been found stable (one year without relevant variations), the following minimum analysis program can be established: once a year for natural gas, once every six months for landfill and digester gas, once every three months for gas from thermochemical processes.

The intervals of the above analysis program may be increased, provided the stability of the supplied fuel gas has been demonstrated.

Figura 65: Muestreo recomendado sobre calidad del gas de síntesis.

Fuente: Manual de motores GUASCOR.

12.5 PROCESAMIENTO DE BIOMASA- TRITURACION.

El proceso de adecuación de tamaño de la biomasa genera material particulado. A fin de mitigar la contaminación y reducir los riesgos potenciales asociados a la deflagración de polvos confinados, se requiere la instalación de un sistema de aspiración de polvos. Un equipo aplicable se muestra en la figura 66 adjunta.



Figura 66: Equipo de aspiración de polvos combustibles CAMFIL.

Fuente: CAMFIL FARR Inc- U.S.

Se trata de un aspirador de polvos por vacío basado en un soplador centrífugo, el cual se vincula al triturador mediante un conducto metálico conductivo. La colección del material particulado se produce en el interior de la tolva, donde se produce la separación del contaminante por medio de filtros tipo cartuchos reemplazables. En la parte posterior

el material colectado se transfiere a un recipiente de disposición final. Dicho contenido puede disponerse como residuo no peligroso a través de un contratista habilitado. (Camfil Clean Air Solutions | Camfil, 2020)

12.6 GENERACION DE RESIDUOS OPERATIVOS

La planta de gasificación y generación de energía incorpora los equipos necesarios para la disposición final de los residuos operativos tales como las cenizas pesadas, cenizas volantes, biochar y condensados (barros de condensación).

Para la disposición final de las cenizas pesadas, se dispone de un sistema de extracción mecánico en la parte inferior del reactor (base). Dicho sistema transfiere mediante un tornillo de transporte las cenizas sólidas acumuladas a un recipiente de acero inoxidable. El llenado se efectúa por su parte superior.

Para la disposición final de las cenizas volantes (livianas) la instalación contempla un colector de polvos tipo bolsa la cual se reemplaza por una nueva. La bolsa de colección llena podría disponerse junto con la ceniza pesada bajo la misma clasificación de residuo peligroso. Otros puntos de recolección de cenizas existen en la parte inferior de los intercambiadores de calor.

Es recomendable verificar la presencia/instalación de sensores de nivel que permitan determinar el nivel máximo a fin de procurar el mantenimiento a tiempo del mismo. Dicho indicador/sensor deberá cablearse al tablero principal de mando de la instalación.

Los residuos carbonosos denominados Biochar se recolectan también en recipientes cerrados, en forma similar a las cenizas. También aquí es importante contar con sensores de nivel a fin de procurar el vaciado a tiempo.

El agua de condensación se reutiliza dentro del circuito cerrado de lavado. Sin embargo, el volumen de condensación se incrementa durante la operación debido a la humedad aportada por la biomasa, de modo tal que debe preverse su disposición final. En los equipos analizados existe un recipiente de recolección final. En función del análisis de muestras, podría confirmarse la posibilidad de ser ingresada a la planta de tratamiento de efluentes de la industria como *residuo industrial*.

En todos los casos donde exista un recipiente de recolección final de residuos, es recomendable adquirir/construir un juego mínimo de 2 recipientes a fin de posibilitar el bucle de retorno de estos por medio de la empresa que presta el servicio de disposición final.

Es fundamental incluir en el presupuesto del proyecto, el entrenamiento del personal operativo de la empresa afectado al proyecto, a fin de respetar los lineamientos establecidos para este tipo de instalaciones termoquímicas.

12.7 ENCENDIDO INICIAL DEL REACTOR.

Cada jornada operativa se inicia mediante la fase de encendido del reactor. El mismo se lleva a cabo mediante un quemador pequeño de combustible líquido, el cual enciende un volumen reducido de biomasa triturada. Este proceso acontece dentro del reactor. El proceso de puesta en marcha requiere luego del suministro de biomasa adicional hasta completar la alimentación horaria prevista.

Al mismo tiempo que se ajustan las variables operativas en sus valores de referencia, es necesario proceder al venteo de la línea de alimentación del syngas al depósito que precede al/los motores de combustión. A fin de evitar las emisiones de monóxido de carbono y metano a la atmósfera, la operación de venteo se efectúa bajo la presencia de una llama que permite combustionar el volumen de gases purgado.

Es recomendable investigar las opciones disponibles para la captura de los productos de combustión del venteo y su posible reintroducción al proceso.

12.8 DESMONTAJE DE EQUIPOS Y ACOMETIDAS.

Durante la fase de cierre y abandono de la instalación, se requiere el desmontaje y retiro de canalizaciones de servicios, así como también el desmontaje de los ductos que vinculan internamente los equipos de gasificación. A fin de evitar riesgos de contaminación por fugas, toda línea a desmontar debe en primer lugar drenarse adecuadamente y disponerse su contenido según corresponda. Deberá también disponerse en la cercanía de la obra, de los kits de contención de derrames (arcilla absorbente y paños cilíndricos).

Las etapas básicas del plan de desmontaje podrían ser las siguientes:

- Redacción del plan de tareas de desmontaje, especificando equipos necesarios y metodología a utilizar.

- Elaboración del pliego de desmontaje incluyendo la lista de tareas anterior y los requisitos de seguridad y ambientales necesarios.
- Asignación del proveedor seleccionado.
- Procedimiento interno de *energía cero*, de todas las energías implicadas, antes de iniciar el plan de desmontaje (colocación de candados de bloqueo de las diferentes empresas contratadas)
- Ejecución del plan de desmontaje.
- Retiro de equipos de la instalación ó traslado interno a sitio designado.

12.9 IZAJE Y TRASLADO DE EQUIPOS

A fin de reducir/mitigar las emisiones de los vehículos de movimiento de materiales, deberán incluirse en el pliego de ingeniería una cláusula/recomendación sobre el tipo de vehículo a ingresar a la planta. En muchos casos es factible, cuando se trata de grúas y camiones, solicitar equipos con motores que cumplan normativa de emisiones. No se permite actualmente el ingreso de vehículos con pérdida de lubricantes ni tampoco equipos con emisiones elevadas producto de su estado de desgaste. La empresa se reserva el derecho de ingreso de cualquier vehículo al predio de la planta que no reúna las condiciones adecuadas.

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función del estudio efectuado, es factible desde el punto de vista económico y financiero, el aprovechamiento local interno de los residuos de madera, siempre y cuando se considere el *precio de la energía promedio regional*. Si consideramos el precio actual local, la tasa de retorno se reduce a niveles inferiores a la tasa de corte y el proyecto no resulta viable.

La inversión requerida en activos fijos, incluyendo el edificio de operación, alcanza los 1.10 M de dólares, con un período de repago de 7.7 años. El plazo de instalación de la planta, incluyendo la obra del edificio de operación es de 12 meses.

El relevamiento de la materia prima disponible permite operar con holgura un equipo de gasificación de 100KWe de potencia instalada, aportando a la red interna 1231 MW-h/año de energía neta, con un ahorro de 527 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Se requiere el aprovechamiento de la energía térmica rechazada (aprox 157KW) por la planta de gasificación, para que el proyecto sea rentable.

Desde el punto de vista de la intermitencia de la fuente, la planta de gasificación presenta ventajas en cuanto a la capacidad de generación en base anual, cuando la comparamos con una planta fotovoltaica de similar potencia instalada. (figura 67)

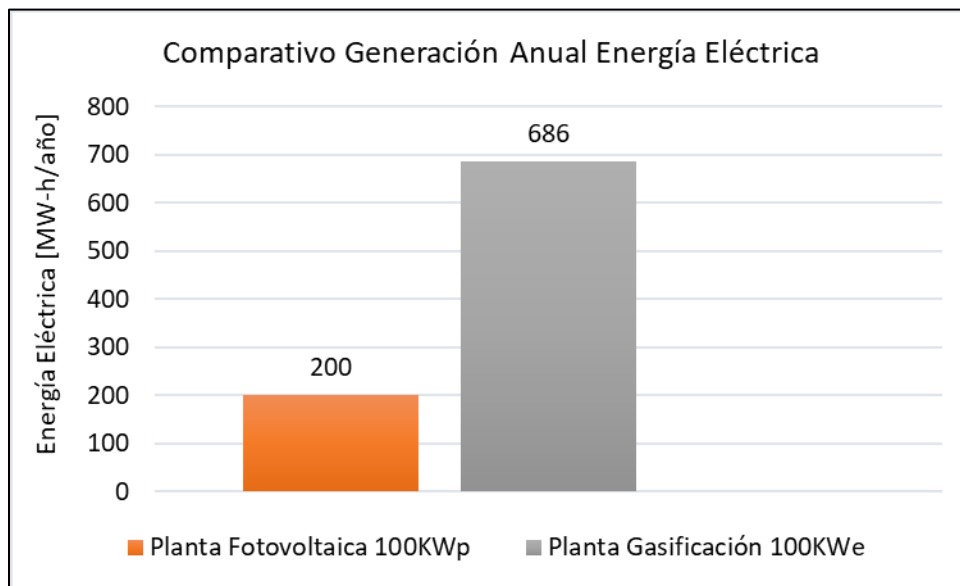


Figura 67: cuadro comparativo de generación anual.

A través de los contactos establecidos con diversos fabricantes de equipos, principalmente en Italia, se concluye que en contextos donde el precio de la energía no se encuentra distorsionado, las plantas de baja potencia de aprovechamiento energético de residuos de biomasa por gasificación son redituables.

En forma paralela, se confirma también que debido al incremento de la corresponsabilidad ambiental que ya existe en Europa principalmente, las fábricas y plantas aprovechan en forma interna todo residuo que su propio proceso genera.

El presente estudio presenta las condiciones de factibilidad y las instalaciones mínimas indispensables para convertir un residuo en recurso, en el caso real de una planta industrial.

14 REFERENCIAS

- Decreto 831/93 -Ley 24.051- Argentina.* (Mayo de 1993). Recuperado el 10 de 2021, de Decreto Reglamentario Ley de Residuos Peligrosos: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-831-1993-12830/actualizacion>
- Alauddin, Z. (2010). Gasification of lignocellulosic biomass in fluidized beds for renewable energy development: a Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5-6. doi:10.1016/j.rser.2010.07.026
- Bain, R. L., & Broer, K. (2011). Gasification. En R. C. Brown, *Thermochemical Processing of Biomass: Conversion into Fuels, Chemicals and Power* (págs. 47-77). John Wiley & Sons.
- Basu, P. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design.* (A. Press, Ed.) Elsevier.
- Biasatti, N. R. (2016). Santa Fe Las Ecorregiones. Su conservación y las Areas protegidas de Santa Fe- Ministerio de Medio Ambiente de Santa Fe. Santa Fe, Argentina.
- BNamericas.* (2019). Obtenido de BNamericas- Develop your latin America business: www.bnamericas.com
- Burkhardt Energy & Building Technology.* (2020). Obtenido de Burkhardt: www.burkhardt-gmbh.com
- Camfil Clean Air Solutions | Camfil.* (2020). Obtenido de Camfil Productos: <https://www.camfil.com/es-es/products/dust-fume-and-mist-collectors>
- CAMMESA SA - Potencia Instalada por región y Tecnología.* (2022). Obtenido de CAMMESA SA: <https://cammesaweb.cammesa.com/potencia-instalada/>
- CAMMESA SA Generación Real.* (2022). Obtenido de CAMMESA SA- Compañía Administradora Mercado Eléctrico Mayorista SA: <https://cammesaweb.cammesa.com/generacion-real/>
- Chern, S. M., Walawender, W. P., & Fan, L. T. (1989). Mass and Energy Balance Analyses of a Downdraft. *Biomass - Elsevier Science Publishers Ltd, England.*, 127-151.
- CHP TEDOM Engine Units.* (2022). Obtenido de <https://www.tedom.com/en/chp-units/>

- Czajkowski, J., Gomez, & A., C. (s.f.). *Arquinstal Datos Bioclimáticos*. Obtenido de Arquinstal FAU UNLP Argentina: www.arquinstal.com.ar/atlas/datos/
- Das, T. R. (1988). *Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems*. Golden Colorado U.S.: SERI, Solar Energy Reserch Institute.
- Diario San Francisco*. (2016). Obtenido de Diario San Francisco DSF: <https://www.diariosanfrancisco.com.ar/manfrey-construyo-gasificador-biomasa-alimentar-la-caldera/>
- Energía Estratégica*. (2016). Obtenido de Energía Estratégica: <https://www.energiaestrategica.com/>
- Espinosa, A. (2021). Material de Clase- Estudios de Impacto Ambiental. Rosario.
- Europe Forestry*. (2017). Obtenido de Wood Chip Size Guide - ONORM M7 133.: <http://www.europeforestry.com/wp-content/uploads/2017/06/Chip-size-guide-EF.compressed.pdf>
- FAO. (2020). Guía para realizar estudios de Impacto Ambiental de Proyectos Bioenergéticos. Buenos Aires, Argentina. doi:<https://doi.org/10.4060/ca8760es>
- FAO, S. d.-M.-A. (2020). *Energía derivada de Biomasa*. Obtenido de Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa - PROBIOMASA: <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/biomasa.php>
- Fiorea, M., Magi, V., & Viggiano, A. (2020). Internal combustion engines powered by syngas: A review. *Applied Energy*, 13-14.
- INTA. (2014). *Mapa de Suelos - INTA*. Obtenido de Mapa de Suelos de Santa Fe.: <http://www.geointa.inta.gob.ar/2014/05/22/mapa-de-suelos-de-la-provincia-de-santa-fe/>
- Kasedde, H. (2009). *Hazard and Safety Evaluation of Gasifier Installations in Uganda*. Sweden: Royal Institute of Technology .
- Lisy, M., Balás, M., Moskalik, J., & Stelcl, O. (2012). Biomass Gasification - Primary Methods For Eliminating Tars. *Acta Politécnica*, Vol. 52.
- Objetivos para el Desarrollo Sostenible-Argentina*. (2020). Obtenido de Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: <https://www.argentina.gob.ar/politicassociales/ods/institucional/agenda2030>
- Orio, A., Corella, J., & Narvaez, I. (1997). Performance of Different Dolomites on Hot Raw Gas Cleaning from Biomass gasification with air. *American Chemical Society*, 3800-3808.
- Overend, R., Milne, T., & Mudge, L. (1985). *Fundamentals of Biomass Conversion*. England.

Piroflamegas. (2016). Obtenido de <http://www.piroflamegas.com>

Requirements for gaseous fuels for TEDOM engines. (2006).

RESET. (2020). *Analisi di un campione di Biochar proveniente da un impianto di gassificazione di biomasse di tecnologia SynaSmart®*. RESET.

RESET. (2020). *RESET - SyngSmart®*. Obtenido de https://www.reset-energy.com/wp-content/uploads/2022/04/Reset_eng.pdf

Resolución ENRE 121/2018. (2018). Obtenido de Ministerio de Economía - Energía - ENRE:
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/resenre1212018_anexo_i.pdf

RETScreen. (2020). *RETScreen Expert Software*. Obtenido de Natural Resources Canada: <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-and-publications/tools/modelling-tools/retscreen>

Siemens Guascor Gas Engines Overview. (2018).

UNTHA Productos LR1000/1400. (2020). Obtenido de UNTHA SHREDDING TECHNOLOGY: <https://www.untha.com/es/productos/lr10001400>

Whitty, K. J., R. Zhang, H., Eddings, & G., E. (2008). EMISSIONS FROM SYNGAS COMBUSTION. *Combustion Science & Technology*. doi:doi:10.1080/00102200801963326

Zucatto Energy . (2019). Obtenido de Zucatto Energy - CHP Organic Cycle Units: www.zucattoenergia.it

15 ANEXOS

15.1 ANEXO I

Se adjunta a continuación el póster científico presentado en las Jornadas de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Universidad Nacional de Rosario año 2021.

UTILIZACION CIRCULAR DE RESIDUOS DE BIOMASA EN LA INDUSTRIA METALMECANICA



Ing Aldo E. Amprimo
Ing Esteban Gorfuss
Dr Miguel A. Lora

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO – ESCUELA DE POSGRADO DE EDUCACION CONTINUA
MAESTRIA EN ENERGIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

2022

01 INTRODUCCION

El objetivo principal presenta de reducir de estas operaciones en la industria, la sostenibilidad ambiental del diseño y aprovechamiento de residuos y el marco legal actual ha motivado al estudio del perfil de uso de residuos de biomasa industrial para obtener energía eléctrica y calor residual aprovechables.



Residuos de biomasa de carpenterías



Residuos de biomasa a partir de un proceso de serraje



Planta de energía en la ciudad

El proyecto planteado corresponde a una industria local, representante de cualquier otra empresa metalmeccánica, donde se ha incrementado de manera constante la disponibilidad de residuos, aceites y aceites de motor, a fin de gestionar dichos residuos, la industria debe considerar el reciclaje.

02 METODOLOGIA

La investigación comenzó con el relevamiento de la zona a partir de los registros fiscales, a fin de obtener la masa de materia orgánica generada. Se determinó también el poder calorífico y contenido de humedad de la especie vegetal utilizada en la fabricación de muebles.

En la siguiente etapa se realizaron estimaciones preliminares de ingresos térmicos de especies de gasificación. A partir de los requerimientos térmicos de alimentación de biomasa, se seleccionó la tecnología adecuada de alimentación y alimentación.

Actualmente las tecnologías disponibles para la planta de gasificación y generación se presentan en un formato modular lo que reduce los requerimientos de superficie de instalación por unidad de potencia instalada considerando la parte

de acondicionamiento del mismo conjunto. Con los datos obtenidos se pudo plantear el caso de negocio, considerando el edificio necesario para su operación.

A partir del anteproyecto, se realizó el estudio de impacto ambiental y el análisis de riesgos, beneficios y rentabilidades. Se analizó la cobertura parcial del consumo interno de energía mediante la instalación de una planta de 1000kW de potencia instalada, donde también se usó calor residual para ser aprovechado. Se seleccionó luego la ubicación más apropiada dentro del sector de estudio y después de realizar, a fin de estudiar las operaciones de manipulación de material sólido en condiciones de la zona.

FASE 1:
Análisis Energético y Disponibilidad de Biomasa

FASE 2:
Evaluación Técnica de Tecnología Disponibles. Comparativas con la Situación de Argentina, Italia y Alemania.

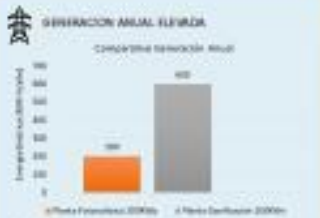
FASE 3:
Trabajo de campo de sitio de estudio. Estudio de impacto ambiental y estudio preliminar topográfico y geotécnico.

FASE 4:
Selección del equipo de gasificación y generación de energía. Ubicación preliminar de las instalaciones.

FASE 5:
Presentación formal del proyecto para su aprobación.

FASES DE DESARROLLO DEL PROYECTO

04 CONCLUSIONES



03 RESULTADOS

- 600 a 700 MW-h/año ~ 8% demanda anual
- 600 MW-h/año - Energía Térmica
- 58% Eficiencia energética combinada
- TR = 1.7% / VAN = 8.3K USD @ 0,15 USD/MW-h
- Escalabilidad a otras industrias
- Subproductos: biochar/coque
- Disponibilidad elevada: 6000 a 7000 h/año
- Contribución a una economía circular



AmprimoAldo@unro.com

Certificamos que Amprimo, A.; Dreifuss, E.; Lara, M. han participado como EXPOSITORES en las XV Jornadas de Ciencias, Tecnología e Innovación de la Universidad Nacional de Rosario.

El título del trabajo presentado fue “**APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE GASIFICACIÓN PARA LA UTILIZACIÓN CIRCULAR DE RESIDUOS DE BIOMASA EN UNA INDUSTRIA METALMECÁNICA DE LA ZONA DEL GRAN ROSARIO**”.

Rosario, noviembre de 2021

15.2 ANEXO II

Fotos adicionales durante la visita al equipo de gasificación PIROFLAMEGAS (Fuente: Industrias Savini SRL)



Filtro final de partículas antes del ingreso al motor de combustión.



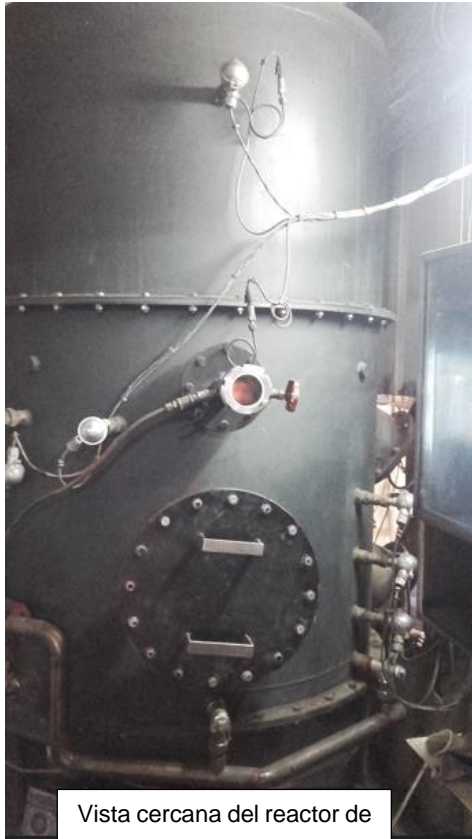
Aspecto de la unidad de generación de energía dentro del container.



Aspecto del sistema de alimentación (tolva) previsto para la carga de virutas de madera durante el ensayo. En el piso, virutas de poda urbana acondicionadas al tamaño requerido por el gasificador.



Al fondo, aspecto de la unidad de filtrado por cartuchos cerámicos (velas) para el gas de síntesis.



Vista cercana del reactor de gasificación.



Visor que permite observar la zona de gasificación de la biomasa sobre el lecho fluidizado.

15.3 ANEXO III

Se adjunta extracto de tabla del Factor de Emisión Matriz Argentina utilizado en el estudio para el cálculo de las emisiones correspondientes a la energía adquirida.

Estimación del Factor de Emisión de Argetnina de acuerdo con la "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" (1) Version 7 de las Naciones Unidas

		2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	
Margen de Operación	Simple OM	0.4282	0.4635	0.4770	0.5107	0.5227	0.5172	0.5192	
Margen de Construcción		0.3440	0.4122	0.3950	0.4286	0.3958	0.4287	0.4311	
Margen Combinado	$W_{OM} = 0,75$ $W_{BM} = 0,25$	Simple OM	0.4071	0.4507	0.4565	0.4902	0.4910	0.4951	0.4972
	$W_{OM} = 0,5$ $W_{BM} = 0,5$	Simple OM	0.3861	0.4379	0.4360	0.4696	0.4592	0.4729	0.4752

15.4 ANEXO IV

Se adjunta el análisis del poder calorífico y humedad de las muestras de madera provenientes de la playa de acumulación de residuos (Ecoisla) realizado en el **Laboratorio de Energías Alternativas IFIR- Conicet Rosario.**



Fecha de medición: 27 de MAYO de 2019 Hora: 10:40 hs.

INSTRUMENTOS:

- A) Balanza de laboratorio SCALTEC SBA41 d=0.001g.
- B) Estufa de precisión SANJOR serie SL-DB Control SR-4510.
- C) Test por conductividad %h LIGNOMAT Tester1 V1.2.
- D) Pocket Weather Tracker KESTREL NIELSEN-KELLFMAN 40000NV.
- E) TGA/SDTA851 Módulo: TGA/SDTA851e/SF/1100 °C

Análisis de muestras de Maderas.

Análisis del poder calorífico y humedad de muestras de madera aportadas por John Deere, en el marco del proyecto de generación de energía por medio de aprovechamiento de biomasa existente.

Para el análisis de humedad por Análisis gravimétrico, la composición del muestreo se compone de ocho muestras inferiores y ocho superiores. Para el caso del TGA (E) se tomaron tres muestras: inferiores, superiores y ambas, de manera aleatorias sobre el total de muestras por subgrupo recogidas en forma de aserrín.

En la siguiente tabla se muestran las humedades de cada muestra tras análisis.

Muestra	H%
1	14,15
2	14,07
3	10,73
4	10,71
5	8,85
6	8,67
7	14,15
8	12,37
Promedio muestras sector inferior	11,7125
9	11,04
10	10,94
11	8,71
12	8,67
13	9,39
14	9,59
15	12,23
16	12,18
Promedio muestras sector superior	10,34375
Promedio total	11,03
Desvió STD	1,6138853

Humedad por Análisis gravimétrico.

Mediante la utilización del horno (B) las dieciséis muestras fueron sometidas a 48 hs en una atmosfera de 60 °C, luego a 80 °C por 120 hs. El seguimiento de las muestras determinó el final de la experiencia. Finalizado el análisis se constató con el equipo medidor de humedad en madera por conductividad (C) en las muestras secas sea de 0%. Datos suministrado por la estación meteorológica de mano (D): Temperatura dentro del laboratorio 19,7 °C, Humedad Ambiente 63,6%, Punto de Roció 12,6 °C, Punto de Evaporación 15,4 °C, Presión atmosférica 1009,3 hPA.

En la siguiente tabla se muestran las humedades de cada muestra tras análisis.

Muestra	H%
1	14,15
2	14,07
3	10,73
4	10,71
5	8,85
6	8,67
7	14,15
8	12,37
Promedio muestras sector inferior	11,7125
9	11,04
10	10,94
11	8,71
12	8,67
13	9,39
14	9,59
15	12,23
16	12,18
Promedio muestras sector superior	10,34375
Promedio total	11,03
Desvió STD	1,6138853

Según la tabla la media muestral es de 11.3 % de humedad y el desvío estándar muestral es de 1.614 % de humedad. Por lo que podemos inferir que el 99.8 % de las muestras tienen una humedad igual o inferior a 17%. Por lo que el promedio poblacional esta entre 9.4% H y 12.6% H con una confianza del 68.26%.

Reporte de análisis DSC-DTA/TG.

Muestra y parámetros de análisis

Nombre: Madera

Rango de temperatura: 25°C - 600°C

Atmósfera normal

Se obtuvieron los resultados de la entalpía específica del proceso de quemado utilizando un calorímetro DSC (TA-60) y un equipo de análisis termogravimétrico DTG-60H (E).

Del conjunto de muestras analizadas se informa el valor medio del poder calorífico neto 3780 kCal/kg (incluida humedad), la humedad y el residuo luego del proceso. El Calor latente vaporización del agua es de 2257 kJ/kg.

Muestras	Area agua/masa	Procesos exotérmicos	Proporción	Calor equivalente total [kJ/kg]	Perdida de masa a 550°C	Humedad
M1	275	2079	7,56	14806	>99%	9,1
M2	225	1970	8,76	17504	>99%	8,2
M3	287	2205	7,68	15083	98,90%	9,4
PCI Valor	15800	±	1300,00	kJ/kg	Residuo	humedad
medio	3780	±	310	kCal/kg	<1%	(9,0±0,5)%

Resultados según muestras:

Poder calorífico neto= 3780 ± 310 kCal/kg

Humedad= 11 ± 1.62 % H