



PLANTA GENERADORA DE ENERGIA MEDIANTE LA INCINERACION CONTROLADA DE RSU

Departamento: INGENIERÍA INDUSTRIAL

***Cátedra:* PROYECTO FINAL**

***Docente:* Santangelo, Juan.**

***Alumnos:* Melano, Brenda**

Sacson, Santiago

Vergini, Silvana



RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto desarrollado consiste en la evaluación de la instalación de una Planta de generación de energía mediante la incineración controlada de RSU ubicada en el predio de la planta del CEAMSE en Ensenada.

El principal objetivo del proyecto es la reducción del volumen de residuos de los vertederos, ayudando a solucionar el grave problema medioambiental de emisiones tóxicas y aguas de filtración que se producen en los mismos. Así mismo, se aprovechará el calor desprendido por la incineración de los residuos para producir energía eléctrica mediante un ciclo de Rankine.

La planta se ha diseñado para cubrir la producción de residuos de los municipios de La Plata, Ensenada, Berisso, Magdalena y Brandsen.

Los residuos que lleguen a la planta serán incinerados en una línea de combustión directa con una capacidad de 62 ton/hora. La capacidad total de incineración de la planta diseñada es de 525.000 ton/año.

El funcionamiento de la Planta de incineración con tecnología de parrilla es el siguiente: los residuos son depositados en foso de almacenamiento durante un periodo máximo de 5 días. Posteriormente, dos pulpos se encargan de llenar las tolvas de alimentación de los hornos donde se producirá la incineración.

La planta posee un horno de parrilla en el que están dispuestos una serie de rodillos gracias a los cuales los residuos atraviesan el horno de un extremo al otro. Durante su recorrido, los residuos son secados, desgasificados y posteriormente quemados. La combustión se produce mediante inyección de aire, con un exceso del 80%.

Con el objetivo de reducir la emisión de furanos y dioxinas, el diseño del horno garantiza una estancia mínima de los gases de combustión de 2 segundos a una temperatura de 850° C. Los gases se tratarán mediante un tren de limpieza. Posteriormente, serán emitidos a la atmósfera a través de una chimenea.



La Planta está diseñada para cumplir la normativa vigente en cuanto a la emisión de efluentes a la atmósfera.

Por otra parte, los gases de combustión a la salida del horno se aprovechan para calentar el agua de una caldera. El vapor generado impulsará un grupo turbogenerador, que generará energía eléctrica.

La planta tiene capacidad para producir hasta 32 MW en forma de energía eléctrica que exporta al Sistema Interconectado Nacional.

En cuanto a emisiones, la planta emite un total de 34 ton/h de gases a la atmósfera y 5 ton/h en forma de escorias y cenizas.

Los ingresos de la Planta provendrán de dos fuentes principalmente. Por una parte, por el canon por tonelada tratada cobrada a los municipios, y por otra, por la venta de la energía eléctrica producida, al que habrá que sumar la prima correspondiente por la generación de electricidad a partir de recursos renovables.

Tomando un canon por tonelada tratada de 35 U\$/ton y 130 U\$ por MW inyectado a la red, se prevé un Pay-back de 6 años con una tasa de retorno de 17,24%, permitiendo que los inversores tengan un retorno del 21,98% y un valor actual de los flujos de inversión que superen los USD 9.000.000

Se planteó una estructura de capital 50-50, 50% del capital de inicio será tomado por una deuda financiera a 10 años y el 50% restante será aportado por los accionistas del proyecto.

El presupuesto total incluyendo el diseño, construcción y puesta en funcionamiento de la Planta de incineración de residuos sólidos urbanos con Tecnología de parrilla y recuperación energética es de U\$s 109.412.256.

Se puede considerar que las plantas de incineración son una solución factible al sistema de gestión y tratamiento de residuos promovido por el Estado, y supone, además, la entrada de manera competitiva en el mercado energético de una nueva forma de producción de energía que generará sin ninguna duda numerosos puestos de trabajo durante su construcción y funcionamiento.



Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	1
FUNDAMENTACIÓN	7
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	8
ESTUDIO DE MERCADO	9
RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.....	10
GESTION INTEGRAL DE RSU	10
RSU A NIVEL MUNDIAL	11
FACTORES CAUSANTES DEL AUMENTO.....	12
RSU EN ARGENTINA	15
ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE RSU	17
PLANTAS WASTE TO ENERGY	28
ENERGIA ELECTRICA EN ARGENTINA.....	37
CONCLUSIÓN.....	48
ESTUDIO TECNICO	49
ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO	50
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	50
ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES (AMBA)	50
ANÁLISIS.....	55
INGENIERIA DE PROYECTO	57
TECNOLOGÍAS DE INCINERACIÓN	57
PROCESO PRODUCTIVO	57
DESCRIPCION Y DIMENSIONAMIENTO	71
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	71
DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA	77
PLANIFICACIÓN.....	91
PROCESO PRODUCTIVO Y DETALLES DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE INCINERACIÓN CONTROLADA	97
ESTACIÓN 1: RECEPCIÓN DE MP.....	97
ESTACIÓN 2: INCINERACIÓN Y COMBUSTIÓN.....	101
ESTACIÓN 3: TRANSFERENCIA DE CALOR Y GENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA.....	113
ESTACIÓN 4: SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES	132
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	139
BALANCES DE MASA Y ENERGIA	140



PLANOS/ LAY-OUT:.....	144
SERVICIOS AUXILIARES	147
SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES GASEOSAS	147
RRHH/ ORGANIGRAMA	149
ESTUDIO LEGAL.....	152
PUBLICIDAD, RELACIONES PUBLICAS Y PROMOCION	157
DISPOSICION Y CONTROL DE CONTAMINANTES.....	157
Gestión de las cenizas de la incineración	158
SEGURIDAD E HIGIENE.....	160
ANÁLISIS DE RIESGOS	161
EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA.....	162
EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA	163
RENTABILIDAD DEL PROYECTO.....	170
CONSTRUCCION DE ESCENARIOS	171
PUNTO DE EQUILIBRIO.....	172
CONCLUSION	173
FUENTES DE INFORMACION.....	175
ANEXOS	176
ANEXO I	177
ANEXO II	180
ANEXO III	184
ANEXO IV.....	187
ANEXO V.....	188
ANEXO VI.....	201
ANEXO VII.....	229
NOMENCLATURA.....	232



Índice de Figuras y tablas

- Figura 1: Población mundial. Fuente: Naciones Unidas
Figura 2: Evolución de la cantidad de habitantes y proyección hasta el año 2100
Figura 3: Corte de un relleno sanitario
Figura 4: Guía de la economía circular
Figura 5: Gestión de los RSU en países europeos
Figura 6: Ejemplo de planta de Pirolisis
Figura 7: Ejemplo de planta de Gasificación
Figura 8: Comparación entre las tres tecnologías de Termovalorización
Figura 9: Datos relevantes energía eléctrica en argentina
Figura 10: Grafico de la evolución de la potencia instalada desde el año 2002 al año 2018
Figura 11: Distribución de potencia instalada por región
Figura 12: Potencia instalada distribución por tecnología
Figura 13: Potencia instalada por año y por tipo de generación
Figura 14: Evolución de potencia instalada y tipo de generación
Figura 15: Comparación entre los distintos tipos de energía
Figura 16: distribución de la demanda 2018 en argentina
Figura 17: Evolución del precio monódico medio (con transporte) en paso mensual año actual vs años anteriores [\$/MWh]
Figura 18: Gestión actual de los Residuos Sólidos Urbanos del AMBA
Figura 19: Toneladas en cada centro de transferencia. Las Estaciones de Transferencia operadas por CEAMSE son Colegiales, Pompeya, Flores, Zavaleta y Almirante Brown.
Figura 20: Mapa de los 33 municipios en que opera CEAMSE
Figura 21: Imagen satelital de la planta de CEAMSE de ensenada.
Figura 22: Planta de incineración de RU
Figura 23: vista de los procesos principales de una planta de incineración controlada de RSU
Figura 24: Ejemplo de equipo con parrillas móviles de rodillos
Figura 25: ejemplo de horno de lecho fluidizado
Figura 26: Filtro de mangas
Figura 27: precipitador electrostático
Figura 28: lavador de Venturi
Figura 29: Cantidad de toneladas de RSU que ingresaron al CEAMSE provenientes de distintos municipios en el periodo 2009-2017
Figura 30: Toneladas de RSU generados en los periodos 2009-2017
Figura 31: Composición de RSU
Figura 32: Componentes de los RSU, Porcentaje (%) en peso (base seca)
Figura 33: Sistema de conversión de energía de la planta
Figura 34: Parámetros y condiciones de diseño
Figura 35: diagrama de evolución de temperatura en el condensador
Figura 36. Diagrama de evolución de temperaturas en el regenerador cerrado
Figura 37: Diagrama ciclo Rankine
Figura 38: condiciones de operación de la planta
Figura 39 a: cálculo de RSU necesarios para garantizar la continuidad del funcionamiento de la planta
Figura 39 b: cálculos de días de stock equivalente para la fosa de recepción
Figura 40: Equipos recolectores que ingresaran los RSU a la planta
Figura 38: cálculo de RSU necesarios para garantizar la continuidad del funcionamiento de la planta
Figura 39: cálculos de días de stock equivalente para la fosa de recepción
Figura 40: Equipos recolectores que ingresaran los RSU a la planta
Figura 41: recepción de camiones
Figura 42: ejemplo de fosa de recepción cargada de RSU
Figura 43: Modelos de puente grúas utilizados para tratar los RSU desde la fosa a la tolva
Figura 44: esquema de horno de tipo parrillas móviles
Figura 45 a: esquema de equipos principales de la planta
Figura 45 b: esquema de equipos principales de la planta
Figura 46: Extractor de ceniza de brazo móvil
Figura 47: esquema de equipo de separación de cenizas
Figura 48: separación de metales de las cenizas de incineración
Figura 49: equipo que se utilizara para separar metales de las cenizas de incineración.
Figura 50: Distribución de temperatura y velocidad de los gases
Figura 51: Planta de incineración operando
Figura 52: Sistema de tratamiento agua de alimentación caldera
Figura 53: Ablandador
Figura 54: modelos de turbinas de vapor



Figura 55: imagen turbina de vapor

Figura 56: partes componentes de turbina

Figura 57: imagen generador

Figura 58: DIAGRAMA ACTUAL DE PLANTA GENERADORA FUENTE BARRAGAN

Figura 59: Diagrama de conexión de los Transformadores 132/15Kv con sala de maniobras.

Figura 60: Proceso SNRC

Figura 61: Reactor SRC

Figura 62: Filtro de manga

Figura 63: Diagrama estación 4

Figura 64: Layout de la planta

Figura 65: modelos de plantas de Incineración de RSU

Figura 66: Sistema de monitoreo continuo

Figura 67: Equipo para monitoreo de emisiones

Figura 68: Organigrama

Figura 69: Análisis FODA

Tabla 1: Generación de RSU por país y proyección para el año 2025. Fuente: Informe de ambiente 2016

Tabla 2: Producción per cápita promedio por rango poblacional

Tabla 3: Producción per cápita y total por provincia

Tabla 4: Generación total y producción per cápita por Regiones Geográficas

Tabla 5: Separación de Residuos. Fuente: Informe del estado del ambiente

Tabla 6: Tabla comparativa entre los tres tipos de Tecnologías

Tabla 7: Energía generada anual en GWh a partir de biomasa. Fuente: Elaboración propia en base a CAMMESA

Tabla 8: Energía generada anual en GWh a partir de Biogás

Tabla 9: Variación Generación Neta por fuente de generación mensual de los últimos 3 años

Tabla 10; comparación de hornos que suelen utilizarse en plantas de este tipo

Tabla 11: comparación entre equipos para tratamiento de gases

Tabla 12: Datos técnicos caldera

Tabla 13: datos técnicos turbina

Tabla 14: datos técnicos generador

Tabla 15: Constitución del caudal másico de gas

Tabla 16: Detalle de gases ácidos

Tabla 17: eliminación de compuestos indeseables

Tabla 18: Eficiencia del ciclo



FUNDAMENTACIÓN

El proyecto está incentivado por la actual situación de la gestión de los RSU sumado a la urgencia energética que presenta la región.

Los residuos sólidos urbanos en Argentina van casi en su totalidad a rellenos sanitarios, los cuáles se estima que colapsarán en los próximos 5 años, por lo que es esencial contar con otras alternativas para el tratamiento de los mismos. Este año se modificaron los plazos que establecía La Ley de basura cero, para disminuir por etapas la basura destinada a relleno sanitario, prohibiendo para 2028 la disposición final de materiales tanto reciclables como aprovechables.

A su vez la Legislatura porteña aprobó recientemente la incineración de residuos mediante la Termovalorización, un proceso para quemar basura y recuperar la energía de la combustión.

Si bien la incineración es algo que en los últimos años no ha sido aceptada por parte de los ambientalistas, los avances tecnológicos permiten volver a considerar este proceso como una solución viable y sustentable para el tratamiento de residuos.

El fomento por la generación de energía renovable, sumado a los lineamientos de la Ley de basura cero y la aprobación de la incineración de residuos son fundamentos suficientes para considerar la viabilidad de una planta de incineración controlada de residuos sólidos urbanos que suministre energía a la red del sistema eléctrico interconectado. Lo que implicaría una solución integral a las dos problemáticas mencionadas.

El proyecto se alinea a un sistema de gestión de RSU en el cual lo primordial es minimizar la generación e incinerar sólo los residuos que no sean reciclables



OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

Instalar una planta de Incineración controlada de RSU en la Provincia de Buenos Aires con el fin de generar energía eléctrica, la cual será suministrada al Sistema Interconectado Nacional.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Reducir la cantidad de residuos que actualmente se destinan a relleno sanitario, resultando un beneficio para la sociedad y el medio ambiente.
 - Aportar en el desarrollo de energías Renovables.
 - Conectar la energía generada con la red nacional
 - Suministrar la energía generada.
 - Aprovechar la energía generada como fuente de energía del mismo proceso.
 - Reducir al mínimo las fuentes contaminantes del proceso bajo los límites establecidos por la normativa vigente.
 - Comercializar metales recuperados de las cenizas de incineración.
- Garantizar las condiciones de seguridad e higiene tanto para las personas que trabajan en la planta como para la comunidad local.

ALCANCE

En el presente proyecto se pretende realizar el estudio de mercado de la Termovalorización de los residuos sólidos urbanos, analizar la tecnología a utilizar y la localización que permita optimizar la gestión de los residuos de la región y la conexión de la planta al Sistema Interconectado Nacional. Realizar la evaluación económico-financiera del proyecto y de su sustentabilidad en el tiempo.



ESTUDIO DE MERCADO



RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

El Residuo Sólido Urbano (RSU) o residuo urbano es aquel que es sólido y que se genera en los núcleos urbanos o en sus zonas de influencia: domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios. El residuo sólido urbano no comprende los catalogados como peligrosos, aunque se pudieran producir en los anteriores lugares o actividades.

GESTION INTEGRAL DE RSU

La gestión integral de residuos sólidos (GIRS) se considera una disciplina asociada a la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y/o transporte y disposición final de los residuos sólidos, para su correcto control, y en armonía con principios de higiene y salud pública, económicos, de ingeniería y de las consideraciones ambientales para responder de manera adecuada a las expectativas públicas.

La GIRS comprende las acciones, normativas financieras, operacionales y de planificación, que una administración debe desarrollar basándose en criterios sanitarios, ambientales, sociales y económicos para recolectar, tratar y disponer los residuos generados en su territorio. Por este motivo, gestionar los RSU de una manera integral significa manipularlos correctamente desde la generación hasta la disposición, utilizando las tecnologías más compatibles con la realidad local, dándoles un destino final ambientalmente seguro, tanto en el presente como en el futuro.

Cada municipio debe buscar su propio modelo de gestión, y tener presente que la cantidad y la calidad de los residuos sólidos generados por cada municipio es principalmente en función de su población, economía y grado de urbanización.

La gestión de los residuos sólidos conlleva a diversas problemáticas:

- Tendencia demográfica creciente



- Aumento de la generación de residuos
- Requerimientos de espacio físico, tecnológicos y presupuestarios para una correcta gestión.
- Impacto ambiental

En los países latinoamericanos se identifica un desarrollo reciente de marcos normativos exigentes desde un punto de vista ambiental, en lo que respecta a la gestión de residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos, los cuales muchas veces no coinciden con la realidad socioeconómica o presupuestaria de muchos sitios.

Un ejemplo de ello son los basurales a cielo abierto, donde se efectúa la disposición final de los residuos de la mayoría de las ciudades y municipios de Latinoamérica y más precisamente de Argentina siendo muy pocos los rellenos sanitarios en donde se realiza una disposición correcta y controlada desde el punto de vista del bienestar social y ambiental.

RSU A NIVEL MUNDIAL

La gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es un tema que ha venido tomando mayor relevancia en las últimas décadas.

A raíz de los diferentes movimientos ambientales, genera que los objetivos planteados en la regulación de su Tratamiento y Disposición sean cada vez más rigurosos.

La gestión inadecuada de los mismos se convirtió en uno de los mayores problemas no solo medioambientales, sino también de salud y económicos a nivel mundial. Cada año se generan entre 7000 y 10000 millones de toneladas de residuos urbanos en todo el planeta y alrededor de 3000 millones de personas carecen de acceso a instalaciones controladas de gestión de residuos.



Uno de los principales problemas es que los métodos habituales para su disposición final se encuentran colapsados debido a que el proceso utilizado es lento y el volumen de los residuos está en constante crecimiento.

Tanto en la Unión Europea como en Estados Unidos, se han adoptado jerarquías de manejo de los residuos sólidos. La primera opción es evitar producir el residuo, la siguiente alternativa debe ser la recuperación de materiales (reutilización y reciclaje), la tercera opción debe ser el tratamiento, dejando como última opción los rellenos sanitarios.

FACTORES CAUSANTES DEL AUMENTO

Existen diversos motivos por los cuales se registra un aumento sostenido de la producción de residuos sólidos, haciendo de ellos un problema para la sociedad.

Entre ellos se encuentran:

- Crecimiento demográfico
- Concentración de la población en núcleos urbanos
- Nivel de vida y Poder adquisitivo
- Utilización de productos desechables

➤ **Crecimiento demográfico**

Desde 1950, la población mundial se ha duplicado y en la actualidad el número de habitantes ronda los 7.600 millones. Las estimaciones más recientes de las Naciones Unidas indican que para el año 2020 la población mundial será de 8.000 millones de personas.

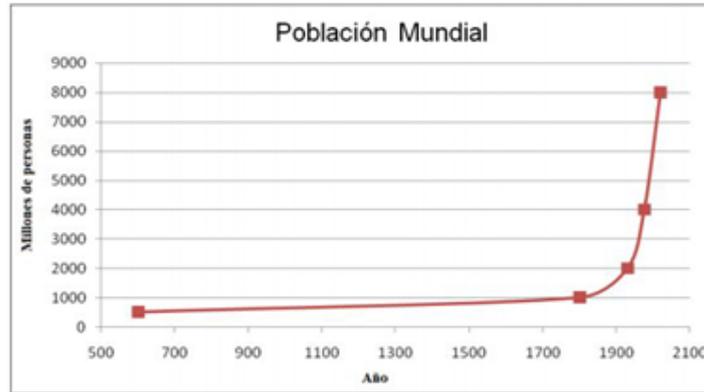


Figura 1: Población mundial. Fuente: Naciones Unidas

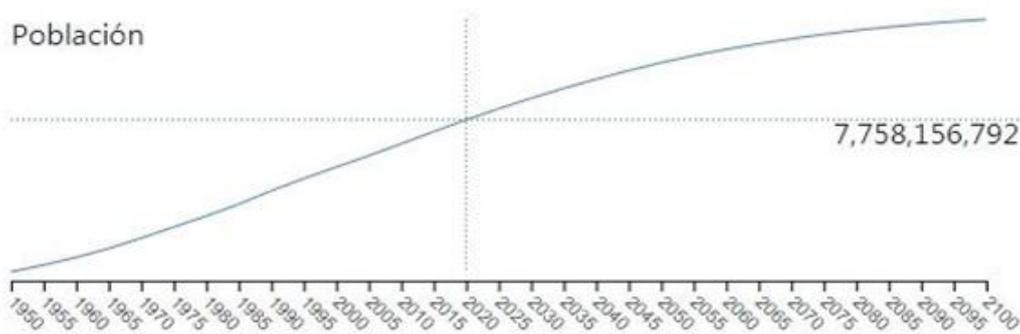


Figura 2: Evolución de la cantidad de habitantes y proyección hasta el año 2100

➤ Concentración de la población en núcleos urbanos

Estimaciones realizadas por las Naciones Unidas, predicen que en el año 2020 un 58,3% de la población mundial será urbana. Si bien la población mundial se está duplicando, la población urbana se está triplicando en todo el mundo. De continuar esta tendencia, en los próximos años más de la mitad de la población del planeta vivirá en áreas urbanas.

Este fenómeno de urbanización varía notablemente según la región. Los países latinoamericanos son los que tienen mayor proporción de su población en áreas urbanas. Hay que considerar que una parte de la población, que anteriormente vivía en zonas rurales y tendía a revalorizar y autoconsumir sus residuos como nuevas materias primas, ha emigrado a las ciudades.

La reutilización de residuos no es una práctica que se realice en la ciudad, con lo que la producción de basuras por habitantes se eleva todavía más.



➤ **Nivel de vida y Poder adquisitivo**

A medida que aumenta el nivel de vida de las sociedades, se genera un cambio en los hábitos de consumo.

Actualmente los consumidores prefieren aquellos productos que prioricen la comodidad, como ocurre con los productos desechables. El eje del sistema capitalista consiste en el interjuego producción-consumo, siendo procesos que se influyen mutuamente. Cuando se activa la rueda de consumo se acelera la producción en masa lo cual disminuye los costos de los bienes. Esto beneficia tanto a los productores como a los consumidores, quienes aumentan notablemente el consumo dado que con la misma cantidad de dinero se puede acceder a una mayor cantidad de productos.

En los sectores que presentan estabilidad económica, la gente tiende a priorizar la comodidad sobre la funcionalidad. Los bienes más durables no generan los beneficios que generan los desechables.

➤ **Utilización de productos desechables**

La sociedad, acostumbrada a la utilización de ciertos tipos de materiales, se encontró de pronto sumergida en una propuesta de nuevos productos los cuales le hacían la vida más cómoda. En los últimos años, la penetración de los productos desechables se volvió inevitable al desarrollarse nuevos procesos y productos, disminuyendo los costos de las empresas y aumentando la comodidad de los consumidores.

Los productos plásticos fueron rápidamente reemplazando a los productos realizados con madera, vidrio y metal. Hoy en día prácticamente todos los envases se realizan con plásticos. Entre un 14 y un 20% de los residuos urbanos son plásticos, los cuales requieren de un proceso mucho más complejo que el vidrio y el metal para ser reciclados. La producción mundial de plásticos se ha incrementado en los últimos 50 años de prácticamente cero a casi 100 millones de toneladas por año.



RSU EN ARGENTINA

Según el informe del estado del ambiente 2016, desarrollado por el Ministerio de Ambiente y desarrollo sustentable, en la República Argentina se generan actualmente 45.0000 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos (RSU). De las cuales más del 40% son incorrectamente tratadas y dispuestas, produciendo graves daños a la salud pública y al medio ambiente.

Con respecto a la cobertura de disposición final de los RSU, se estima que entre el 50 al 55% de la población tiene un sistema adecuado de vertedero controlado y/o relleno sanitario.

La producción per cápita promedio de RSU para el país es de 1,02 kg por habitante por día.

La cantidad de residuos generada en Argentina refleja la coyuntura macroeconómica en términos de producción y consumo.

Al igual que en muchos países en desarrollo y de la región (Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay), las series históricas anuales muestran una tendencia creciente del volumen de desechos urbanos generados.

PAIS	Generación de RSU per cápita (kg/cápita/día)	Proyecciones 2025 generación de RSU per cápita (kg/día)
Irlanda	3,58	3
Suiza	2,61	2,3
Estados Unidos	2,58	2,3
Austria	2,4	2,15
Canadá	2,33	2,2
Australia	2,23	2,1
Argentina	1,03	1,6
Ghana	0,09	0,5
Nepal	0,12	0,7
Jamaica	0,18	0,9
Paraguay	0,21	0,6
Bolivia	0,33	0,7

Tabla 1: Generación de RSU por país y proyección para el año 2025.
Fuente: Informe de ambiente 2016



Producción per cápita (ppc) según tamaño de localidades

En la siguiente tabla se muestra una estimación de la generación de residuos per cápita por rango poblacional en el país.

La metodología utilizada es ponderación estadística de los datos de generación de cada una de las localidades en función de su población.

Habitantes	Generación per cápita promedio (kg/habitantes x día)
Menor a 10.000 habitantes	0,632
Entre 10.000 a 50.000 habitantes	0,694
Entre 50.000 a 100.000 habitantes	0,844
Entre 100.000 a 200.000 habitantes	0,964
Entre 200.000 a 500.000 habitantes	1,015
Entre 500.000 a 1.000.000 habitantes	1,151
Mayor a 1.000.000 habitantes	1,252

Tabla 2: Producción per cápita promedio por rango poblacional

Producción per cápita (ppc) y total por provincias

En la Tabla se presenta la Producción per Cápita y la total de cada una de las provincias de la República Argentina.

Jurisdicción	Población	Generación (Tn/día)	Generación per cápita
TOTAL PAIS	43.131.966	44.521,61	1,03
Ciudad Autónoma de Bs As	3.054.267	5792	1,9
Buenos Aires	16.659.931	19665	1,18
Catamarca	396.895	220,8	0,56
Córdoba	3.567.654	3780	1,06
Corrientes	1.070.283	81	0,76
Chaco	1.143.201	363	0,32
Chubut	566.922	463	0,82
Entre Ríos	1.321.415	1042	0,79
Formosa	579.250	335	0,58
Jujuy	727.780	537	0,74
La Pampa	343.056	307	0,89
La Rioja	367.728	260	0,71
Mendoza	1.885.551	1711	0,91
Misiones	1.189.446	604	0,51
Neuquén	619.745	502	0,83
Rio Negro	698.874	531	0,76
Salta	1.333.365	1.031	0,77
San Juan	738.959	658	0,89
San Luis	476.351	366	0,77
Santa Cruz	320.469	206	0,64
Santa Fe	3.397.532	3.525	1,04
Santiago del Estero	928.097	645	0,69
Tierra del Fuego	152.317	91	0,6
Tucumán	1.592.878	1.167	0,75



Tabla 3: Producción per cápita y total por provincia

En Argentina la cantidad de habitantes es inversamente proporcional a la superficie del área de estudio. Esta situación es una de las complicaciones que presenta nuestro país a la hora de diagramar la gestión de residuos.

Las distancias a recorrer para el depósito de los RSU son inversas a la generación que se presenta en dichos lugares.

Por otro lado, al tratarse de un país tan extenso y con disparidad en la distribución de sus habitantes es difícil en muchos casos tratar de implementar la regionalización en la gestión de residuos y será necesario enfocar soluciones individuales para cada municipio

Generación por regiones

En la tabla a continuación se puede apreciar la generación total y la producción per cápita calculada para las distintas regiones geográficas del país.

Regiones	Generación Total (ton/día)	Población Servida (hab)	Producción per Cápita (kg/hab.día)
Cuyo (CU)	2.559	2.498.106	1,024
Noreste (NE)	1.925	2.525.067	0,762
Noroeste (NO)	3.577	4.279.938	0,836
Pampeana (PA)	11.862	12.761.357	0,929
Patagonia (PAT)	1.685	1.827.412	1,252
Área Metropolitana	16.928	13.529.416	1,036
Total, país	38.551	37.194.577	1,036

Tabla 4: Generación total y producción per cápita por Regiones Geográficas

ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE RSU

Dentro de lo que puede considerarse competencias indirectas para el tipo de planta a instalar, pueden mencionarse aquellos tipos de tratamiento de RSU que representan una alternativa muy distinta a la gestión de residuos que se plantea. A continuación, se detallan estas alternativas:



RELLENO SANITARIO

Un relleno sanitario es un sitio de disposición final de residuos. Si bien no en todos los países presenta las mismas características, existe un modelo tradicional que consiste en una depresión en el terreno, la cual se cubre por una membrana inferior constituida por polietileno de alta densidad. El relleno sanitario se compone de un sistema de recolección de líquidos lixiviados a partir de caños emplazados en el fondo de la superficie. Los líquidos ingresan por esos caños y son dirigidos a la planta de tratamiento correspondiente.

Este proceso de funcionamiento se complementa con un sistema de recolección de gases y una cobertura superior que busca frenar el ingreso de agua de lluvia, a fin de evitar su filtración y la consecuente mayor generación de lixiviado. La infografía a continuación ilustra estas distintas etapas del proceso de un relleno sanitario.

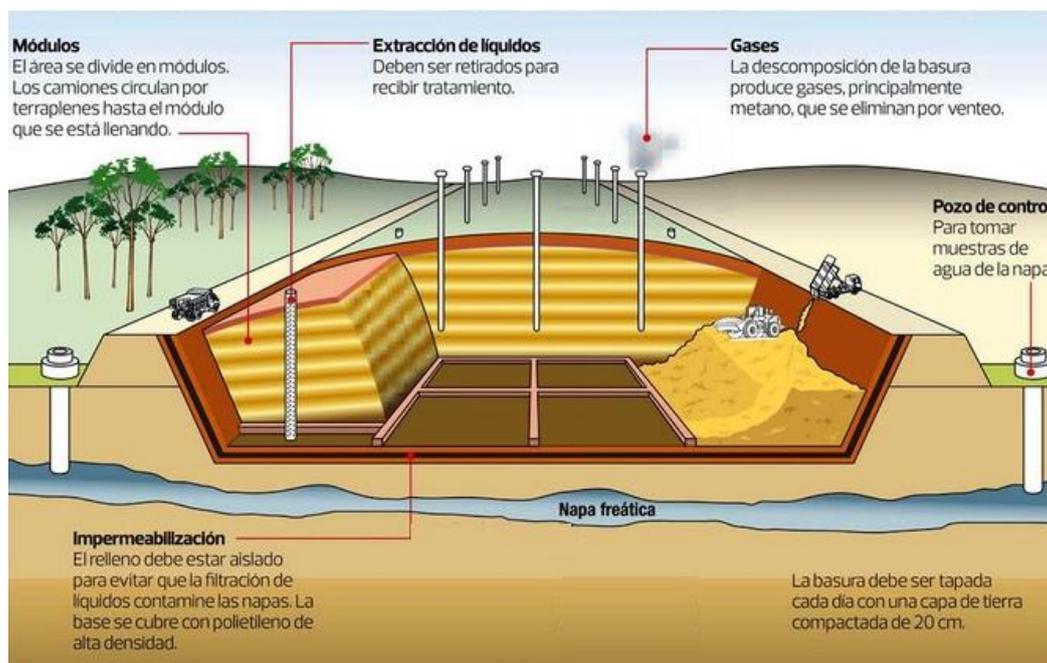


Figura 3: Corte de un relleno sanitario

El relleno sanitario es el sistema de disposición final de RSU más utilizado en nuestro país actualmente. Esto se da por los bajos costos operativos y la baja complejidad que conlleva tanto su construcción como su utilización.



Sin embargo, presenta grandes inconvenientes:

- El rápido proceso de urbanización limita y encarece el costo de los terrenos disponibles, que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.
- La adquisición del terreno es complicada debido a la oposición de los vecinos.
- Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.
- Pueden generar impacto negativo en el vecindario por malos olores que pueden emanar del relleno.
- Uno de los mayores problemas con un relleno sanitario es el peligro ambiental; los materiales dentro de las capas de basura compactada se descomponen, generan gases, incluidos el metano, que son altamente inflamables. Algunos vertederos simplemente ventilan estos gases, mientras que otros crean un método para recuperarlos y utilizarlos como combustible. En la provincia de Buenos Aires, CEAMSE comenzó a utilizar una porción de los residuos que recibe para la obtención de gas. Sin embargo, en una escala muy pequeña todavía.
- Los vertederos también generan lixiviados, que puedan dañar el medio ambiente si alcanzan la capa freática, por lo que su control es crítico.
- Una vez que el relleno sanitario está cerrado, el sitio debe ser mantenido y controlado. A menudo, los vertederos son recuperados una vez que se completa su ciclo activo.
- No puede recibir residuos peligrosos.

En la Ciudad de Buenos Aires fue sancionada en 2005 la Ley de Basura Cero, que ordena la progresiva reducción de la cantidad de basura que se entierra mediante el crecimiento de las industrias asociadas al reciclado, la recuperación de materiales y la reducción en la generación de residuos.

Esta normativa ha sido recientemente modificada y ha fijado objetivos de reducción progresiva del enterramiento de residuos con plazos concretos: un 50 por ciento para 2021, un 65 por ciento para 2025 y un 80 por ciento para 2030,



Asimismo, prohíbe para 2028 la disposición final de materiales tanto reciclables como aprovechables.

RECICLAJE

El reciclaje es un proceso cuyo objetivo es convertir desechos en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización.

Gracias al reciclaje se previene el desuso de materiales potencialmente útiles, se reduce el consumo de nueva materia prima, además de reducir el uso de energía, la contaminación del aire y del agua (a través de los vertederos), así como también disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la producción de plásticos.

El reciclaje es un componente clave en la reducción de desechos contemporáneos y es el segundo componente de las 3R («Reducir, Reciclar y Reutilizar»).

Los materiales reciclables son muchos, e incluyen todo el papel y cartón, el vidrio, los metales ferrosos y no ferrosos, algunos plásticos, telas y textiles, maderas y componentes electrónicos. En otros casos no es posible llevar a cabo un reciclaje debido a la dificultad técnica o alto coste del proceso

El proceso de reciclaje comienza en entornos industriales y domésticos, mediante la separación de los materiales. El siguiente paso consiste en la recuperación de estos materiales por las empresas públicas y privadas y su posterior traslado a las plantas de transferencia.

En estas plantas, se almacenan y compactan grandes cantidades de residuos, para su posterior transporte en grandes cantidades hacia las plantas de reciclaje, llamadas plantas clasificadoras. Es aquí cuando se hace una separación exhaustiva de los residuos. En estas plantas, se encuentran en algunos casos, las plantas de valoración, o reciclador final, donde se obtienen nuevas materias o productos, se almacenan los materiales en grandes vertederos, o bien se produce energía como es el caso de las plantas de biogás.



RECICLAJE EN ARGENTINA

El escenario del reciclado en Argentina involucra una diversidad de actores, factores sociales y económicos complejos e interdependientes. Si bien los residuos son percibidos como uno de los principales problemas ambientales, la puesta en práctica de acciones de reducción del volumen generado o de separación de reciclables para posterior procesamiento es baja en casi todos los segmentos de nuestra sociedad. A su vez, existe un alto grado de informalización en la actividad, situación que comenzó a revertirse en algunas ciudades mediante la creación y formalización de cooperativas, producto de la articulación de políticas que involucran a la comunidad local, los municipios y actores del sector privado. Existen inclusive algunos casos exitosos que involucran al sector académico. Otro elemento a tener en cuenta es el valor de mercado. En muchos casos, las materias primas vírgenes tienen costos muy competitivos frente a las recuperadas, y se convierten en la opción preferida por los grandes consumidores, principalmente del sector industrial. Por ello, el precio que obtiene el recuperador primario, eslabón inicial de la cadena de valorización de los reciclables, no suele representar un incentivo económico. De esta manera, las tareas de separación y venta se transforman en una alternativa de subsistencia, abandonada frente a la posibilidad de realizar cualquier otra actividad de mayor rentabilidad. Por último, otro aspecto importante a considerar es la aún deficiente red de infraestructura, logística y comercialización de materiales reciclables o reciclados. Si bien es uno de los condicionantes más fuertes del crecimiento de la industria del reaprovechamiento de materiales, existen indicios de casos de éxito en diversas localidades y regiones, tema que se aborda en la sección de instrumentos de gestión.



Región	Provincia	Cantidad de deptos.	Deptos. con sistema de separación de RSU	(%) con separación
Patagonia	Chubut	15	6	40%
	Neuquén	16	3	19%
	Río Negro	13	5	38%
	Santa Cruz	7	3	43%
	Tierra del Fuego	3	1	33%
Cuyo	La Rioja	18	4	22%
	Mendoza	18	7	39%
	San Juan	19	11	58%
	San Luis	9	3	33%
NOA	Catamarca	16	1	6%
	Jujuy	16	2	13%
	Salta	23	4	17%
	Stgo del Estero	27	5	19%
	Tucumán	17	1	6%
NEA	Chaco	25	13	52%
	Corrientes	25	1	4%
	Formosa	9	0	0%
	Misiones	17	2	12%
Centro	Buenos Aires	134	102	76%
	Partidos GBA	33	16	48%
	Interior Bs As	101	63	62%
	CABA	1	1	100%
	Córdoba	26	4	15%
	Entre Ríos	17	11	65%
	La Pampa	22	9	41%
	Santa Fe	19	12	6%
Total País		512	187	37%

Tabla 5: Separación de Residuos. Fuente: Informe del estado del ambiente

TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Los tratamientos biológicos reciben este nombre porque la base del proceso es la actividad microbiana. Se tratan los RSU con microorganismos que se “alimentan” de estos y los degradan.

Existen dos formas de tratamientos con microorganismos: la digestión anaerobia y la digestión aerobia.

DIGESTIÓN AEROBIA O COMPOSTAJE

Proceso mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excremento de animales y residuos urbanos, etc.), permitiendo obtener “compost” que sirve de abono para la agricultura.



El compost se puede definir como el resultado de un proceso de humidificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo que mejora su estructura, ayuda a reducir la erosión y mejora la absorción de agua y nutrientes por parte de plantas.

Ventajas del uso del compost

- No producir perjuicio alguno al medio ambiente.
- Generar un impacto positivo al medio ambiente mediante la devolución de Compost de alta calidad al ciclo natural.
- Reducción de desechos en vertederos contribuyendo a minimizar las sustancias tóxicas y gases nocivos en los mismos, además se reduce la contaminación producida por incineración.
- Contribuye tanto al mejoramiento de las condiciones físicas y biológicas del suelo como a la recuperación de la fertilidad natural.
- Puede llegar a sustituir por completo los abonos químicos de síntesis.

Desventajas del uso del compost

- Económicas: este proceso supone una cierta inversión, ya que se necesitan una serie de equipos y a veces unas mínimas instalaciones.
- Disponibilidad de terreno: No hay que olvidar que dentro del proceso de compostaje hay que prever un terreno para almacenar los materiales de partida, otro para mantener los compost durante la fase de maduración y otro para almacenar los productos ya terminados, además del espacio dedicado al compostaje propiamente dicho.
- Climatológicas: En climas muy fríos, el proceso se alarga debido a las bajas temperaturas, e incluso puede pararse, debido a la imposibilidad de hacer funcionar los equipos adecuadamente a causa de las heladas y nevadas. Las lluvias excesivas también pueden dar lugar a problemas de



- encharcamientos y anaerobiosis si no hay un buen drenaje y una inclinación adecuada del terreno.
- Medioambientales: Se pueden evitar con una buena práctica a la hora de realizar el proceso y con una buena elección del terreno donde se van a almacenar, tanto los materiales iniciales como los compost en fase de maduración, ya que es en este periodo donde hay más peligro que las pérdidas de nitrógeno, en forma de nitratos, contaminen las aguas subterráneas.
 - Valor fertilizante: Tienen fama de que su contenido en nitrógeno es muy bajo. Esto es sólo cierto si a lo largo del proceso ha habido pérdidas debido a una mala práctica. Por otra parte, las cantidades que hay que aplicar de compost son superiores a las que habría que aplicar usando fertilizantes químicos. Esto es así debido a que en un compost los nutrientes se encuentran en formas complejas que necesitan un proceso de mineralización para ser asimilados por las plantas. Sin embargo, el aporte de compost en sucesivas cosechas será menor debido al efecto residual que tiene lugar debido a la más lenta liberación de nutrientes.

DIGESTIÓN ANAEROBIA O METANIZACIÓN

Es un proceso de fermentación anaeróbica (ausencia de oxígeno) de los componentes orgánicos de los RSU donde la materia orgánica se descompone en varios pasos hasta que se obtiene el BIOGAS, que es una mezcla de dióxido de carbono (CO₂) y de metano (CH₄).

Dicha fermentación es producida por bacterias o microorganismos que se desarrollan en una atmósfera sin oxígeno lo que obliga a confinar los residuos a tratar, en ambientes cerrados e impermeables denominados biodigestores.

Ventajas de la Biometanización

- En el caso que exista segregación en origen la digestión permite la reutilización de un buen porcentaje de residuos, evitando que terminen en vertederos.



- Se genera biogás que puede utilizarse directamente como combustible o transformarse en energía eléctrica.
- No se generan malos olores durante el proceso de digestión-
- Buena aceptación popular, en el caso de que se utilice compost para fines agrícolas.

Desventajas de la Biometanización

- Se trata de una tecnología poco experimentada. Existen pocas plantas a escala industrial en el mundo y se trata de un proceso más complejo que el compostaje.
- Generación de aguas residuales como consecuencia del propio proceso que deben ser tratados para adecuar su vertido.
- Se requieren altos costos de inversión.

ECONOMIA CIRCULAR

Por economía circular se entiende un sistema económico que maximiza la reutilización de productos y materias primas, y reduce al mínimo su devaluación. Este sistema difiere del sistema lineal actual, donde se utilizan las materias primas para la fabricación de productos que son destruidos al final de sus vidas útiles.

El sistema circular tiene dos ciclos de materiales. Uno de ellos, el ciclo biológico, se centra en devolver los residuos de vuelta a la naturaleza de una manera segura. El segundo es el ciclo técnico, que tiene por objeto garantizar que los productos y sus componentes están diseñados y comercializados de una manera que permite que sean reutilizados con la más alta retención de calidad posible. Estos ciclos pretenden maximizar la retención de valor económico. Por tanto, se puede afirmar que el sistema es restaurador desde el punto de vista ecológico y económico.

La economía circular se basa en 3 principios fundamentales:



1. Preservar y mejorar el capital natural controlando existencias finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables.
2. Optimizar el uso de los recursos rotando productos, componentes y materiales con la máxima utilidad en todo momento, tanto en los ciclos técnicos como en los biológicos.
3. Fomentar la eficacia del sistema revelando y eliminando externalidades negativas.



Figura 4: Guía de la economía circular

Pero un sistema como este, tan aparentemente (y realmente) beneficioso y que debería comenzar a desarrollarse a gran escala debido sobre todo a la necesidad de ahorrar recursos de todo tipo, tiene por delante todavía obstáculos para su implantación que deberán ser superados para que se adopte en mayor grado.

A continuación, se describen algunos de los obstáculos a superar:

- **Barreras políticas y de regulación.** La falta de apoyo y de estímulos por parte de los gobiernos es ampliamente reconocida como un obstáculo importante en la captación de inversiones ambientales.

En este ámbito también se pone de relieve que todavía hace falta una armonización de estándares y definiciones que sirva de base para que la



economía circular se desarrolle de manera correcta y para que se creen estándares certificables para todo tipo de industrias.

- **Barreras de aceptación cultural.** La falta de conciencia ambiental en proveedores y clientes es un factor desalentador para que la economía circular pueda aplicarse. A pesar de que las decisiones de compra de los clientes son en parte influenciadas por criterios de sostenibilidad, su cumplimiento no es generalmente considerado como de alta prioridad.

Además, la poca información que tienen los consumidores en cuanto a los orígenes y recursos utilizados a la hora de fabricar un producto tampoco ayuda a que estén concienciados de la necesidad de reducir consumos o reutilizar, recuperar y reciclar productos.

Otra de los retos más importantes en este punto es lograr un cambio de mentalidad de los consumidores desde los modelos de propiedad a los de pago por uso por los que apuesta fuertemente la economía circular.

También entran en juego **barreras psicológicas** como el hecho de que para muchos consumidores algunos productos que pueden haber sido remanufacturados son directamente percibidos como de peor calidad.

La falta de conocimiento sobre los beneficios de la economía circular ha sido identificada como causa de reticencias para la implementación de la economía circular entre muchas pequeñas y medianas empresas que creen que les va a resultar muy costosa.

- **Barreras de acceso a la financiación y económicas.** El costo de nuevos modelos de innovación y de negocios “verdes” es una de las principales barreras para la adopción de prácticas de sostenibilidad de las pymes.

Los costos iniciales de cualquier inversión de ese tipo y el período previsto de amortización son particularmente importantes para estas empresas, que generalmente son más sensibles a los costos financieros adicionales resultantes de las actividades de negocios “verdes” en comparación con las grandes empresas.

- **Barreras tecnológicas y en las infraestructuras.** La falta de competencias, conocimientos y habilidades técnicas se revela como otra causa de mucho peso para la lentitud en el desarrollo y la expansión de la economía circular.



Son necesarias habilidades técnicas que actualmente no están presentes en la fuerza de trabajo.

Muchas pymes no son capaces de identificar, evaluar y poner en práctica técnicas avanzadas dirigidas a reducir su impacto ambiental, a diseñar productos con la circularidad en la mente, ni tampoco a desarrollar sistemas y procesos basados en la reutilización, el reacondicionamiento y el reciclado, con el ahorro de costes que todo ello les generaría.

PLANTAS WASTE TO ENERGY

Recuperación energética rentable y ambientalmente sana

La energía a base de residuos, incluidos los residuos sólidos municipales y los residuos derivados de combustible, es una valiosa fuente de energía renovable. Las plantas de WtE funcionan con éxito en todo el mundo gracias a la tecnología y los probados beneficios ambientales:

- Hay cerca de 100 plantas de WtE en Norteamérica,
- más de 500 operan en Europa
- y 1600 plantas, en Asia.

Energía a base de residuos

Una planta de energía a base de residuos convierte los residuos sólidos en electricidad o calor, una forma ecológica y rentable de recuperar energía.

Una planta de energía a base de residuos, o de energía proveniente de desechos, convierte los residuos sólidos municipales e industriales en electricidad o calor para procesamiento industrial y para sistemas de calefacción urbana, un medio de recuperación de energía ecológicamente sólido y rentable. Las plantas de energía queman residuos a altas temperaturas y usan el calor para obtener vapor. A su vez, el vapor impulsa una turbina que produce electricidad.



En los países desarrollados ya se prohibió la disposición de basura no tratada en rellenos sanitarios, por lo que obligatoriamente los residuos que no pudieron ser evitados, reutilizados o reciclados son combustionados en plantas Waste-to-Energy. Las cenizas en tanto reutilizadas en gran parte o dispuestas de forma correspondiente, reduciendo la cantidad de residuos y los impactos asociados a un mínimo.

Ventajas de Waste To Energy

- **Se necesita menos superficie**

Por cada 10 toneladas de residuos que se disponen en un relleno sanitario, se pierde 1 m² de tierra, y en vertederos incluso, es más.

- **Reduce las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

La descomposición de la basura genera gas metano (CH₄), un gas que tiene un efecto invernadero 24 veces más fuerte que el dióxido de carbono (CO₂). Este es uno de los grandes problemas de los rellenos sanitarios y vertederos, donde se genera una descomposición masiva debido a las grandes cantidades de residuos acumulados por mucho tiempo.

La combustión de los residuos genera CO₂, pero este tiene un menor efecto invernadero que el metano. Por cada tonelada de residuo municipal combustionado en una planta Waste-to-Energy se ahorra entre 0,5 y 1 tonelada de gases de efecto invernadero, los cuales se miden en CO₂ equivalente.

- **Genera energía eléctrica y térmica**

En las plantas WTE se aprovecha el residuo que no se pudo evitar, reutilizar ni reciclar, para generar energía eléctrica y térmica, en vez de disponerlos en rellenos sanitarios o vertederos.

Además, se puede aprovechar la energía térmica remanente de la planta para procesos de secado o calefacción.

- **Elimina los patógenos, los percolados y lixiviados**

Debido a la combustión a altas temperaturas, se eliminan y destruyen los patógenos y contaminantes que están contenidos en los residuos. Así se evita la propagación de enfermedades a través de vectores como sucede actualmente al disponer la basura en vertederos.



También el gran problema de los percolados y lixiviados que se generan en los rellenos sanitarios y vertederos se elimina, ya que la basura en las plantas WTE no entran en contacto con las aguas de lluvias y son recibidos y manejados en edificaciones cerradas. El líquido que trae el mismo residuo es evaporado durante el proceso de combustión y sale al ambiente simplemente como vapor de agua.

TERMOVALORIZACIÓN EN EL MUNDO

Existe una gran cantidad de plantas Waste-to-Energy en el mundo, cuyo número supera las 2.000 instalaciones y que va aumentando cada vez más a medida que los países vayan adoptando los estándares más avanzados en cuanto al manejo de sus residuos.

Actualmente Europa cuenta con poco más de 480 instalaciones Waste To Energy, siendo Francia el país que más plantas tiene con 126, lo sigue Alemania con 99, mientras que pequeños países como Holanda o Bélgica tienen operando 12 y 18 plantas respectivamente.

Japón y China en tanto, son los líderes de Asia a la hora de hablar de Waste to Energy, pero este último país revolucionó todo el mercado al construir 200 plantas en solo 14 años para controlar la crisis de basura en la que estaban inmersos -solo en Beijing había cerca de 500 vertederos alrededor de la ciudad- por lo mismo decidieron invertir en esta tecnología y continúan proyectando nuevas instalaciones, entre ellas la que será la más grande del mundo en la ciudad de Shenzhen Oriental, capaz de procesar casi 2 millones de toneladas al año.

En el siguiente gráfico se muestra cómo los países europeos gestionan sus residuos municipales, clasificando el manejo en tres categorías: Reciclaje y Compostaje Waste-to-Energy Relleno Sanitario



Municipal waste treatment in 2015 EU 28 + Switzerland, Norway and Iceland

Graph by CEWEP,
Source: EUROSTAT 2017

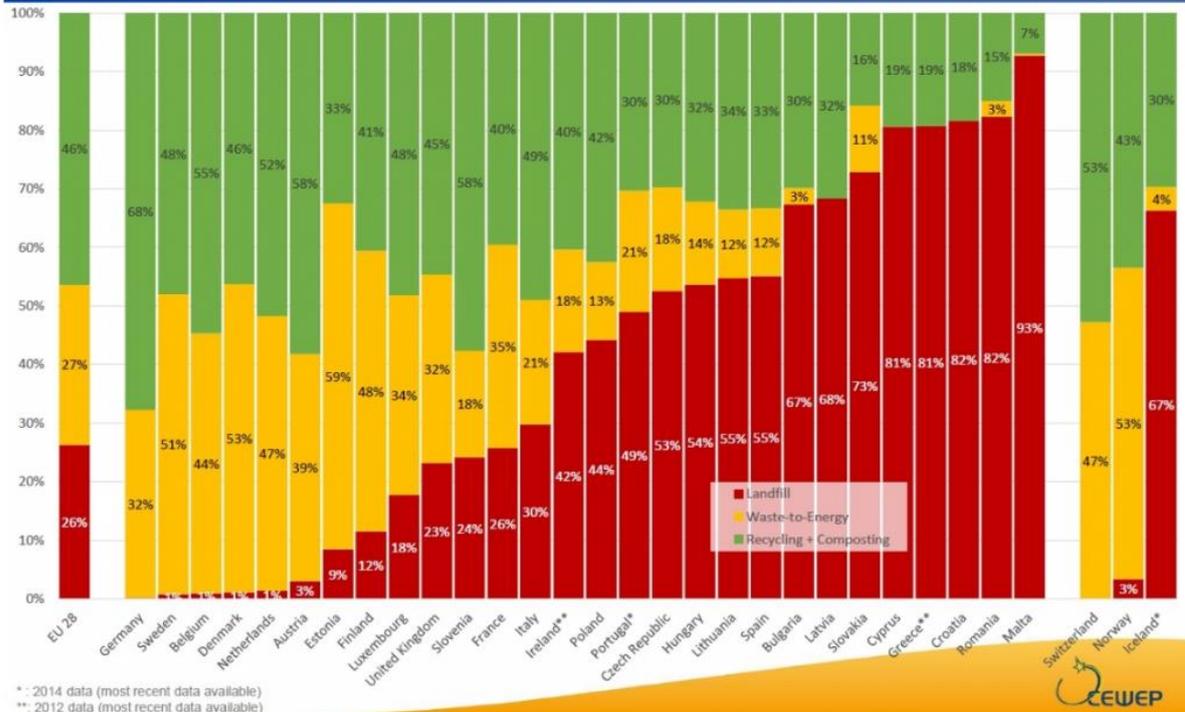


Figura 5: Gestión de los RSU en países europeos

Los países más avanzados, como Alemania, Suecia, Bélgica y Suiza, alcanzan porcentajes alrededor de los 50-60% de reciclaje y compostaje. El resto se combustiona en plantas Waste-to-Energy, generando energía eléctrica y térmica. Con la combinación de estos dos pilares han logrado reducir el uso de rellenos sanitarios cercano a un 0%.

Estas estadísticas demuestran que el reciclaje y el Waste-to-Energy no son métodos que se contraponen, al contrario, son pilares fundamentales que se complementan para lograr un manejo sustentable de los residuos.

Las plantas WTE deben ubicarse cerca de donde se producen los residuos para evitar largos traslados de estos y el impacto ambiental que esto significa. Por eso -en el mundo- las instalaciones están al interior de las ciudades.

Las normativas sumamente estrictas en cuanto a emisiones y operación que deben cumplir las plantas WTE, hacen que sean las industrias de alta temperatura más limpias que existen. Evitando cualquier daño a las personas y



al medioambiente posibilitando su operación a pocos metros de sectores poblados.

La Universidad de Columbia (Nueva York, EE. UU.) realizó un estudio, contabilizando todas las plantas Waste-to-Energy en el mundo en función de su capacidad de tratamiento y la distancia desde la planta hasta el centro de la ciudad donde se emplaza. La distancia promedio de las plantas WTE hasta el centro de la ciudad es de 5 kilómetros, por lo que, en promedio, todas las plantas se ubican dentro del radio urbano de las ciudades.

TECNOLOGÍAS APLICADAS

Con “Termovalorización” nos referimos a los procesos de incineración de residuos, donde el calor residual se utiliza para generar energía eléctrica.

Las tecnologías más utilizadas son el pirólisis, la gasificación y la incineración controlada.

PIRÓLISIS

El pirólisis se define como un proceso termoquímico mediante el cual el material orgánico de los residuos sólidos se descompone por la acción del calor, en una atmósfera ausente de oxígeno y se transforma en una mezcla líquida de hidrocarburos, gases combustibles, residuos secos de carbón y agua.

Los gases combustibles pueden servir para accionar motores Diesel, para producir electricidad, o para mover vehículos.

Se suele llevar a cabo en cilindros rotatorios donde se calienta el residuo en total ausencia de aire. Este calentamiento puede realizarse en una o dos etapas (secado previo).

La fuente de calor necesaria para llevar a cabo la reacción puede ser un combustible auxiliar, pero lo habitual es que venga del propio proceso ya que se



suelen quemar algunas de las fracciones obtenidas (con alto poder calorífico). Los gases de combustión que se generan están a elevada temperatura y se alimentan a la parte exterior del reactor como fuente de calefacción.

El diseño del reactor determina la transferencia de calor por conducción, convección y radiación todo esto dependiendo del tamaño de partícula disponible.

El proceso de pirólisis es complejo, la teoría más aceptada supone la descomposición del sólido a través de reacciones primarias cuyos productos resultantes pueden degradarse al sufrir reacciones secundarias. Las características de ambos productos primarios y secundarios están en función de las condiciones en que se lleve a cabo el proceso.

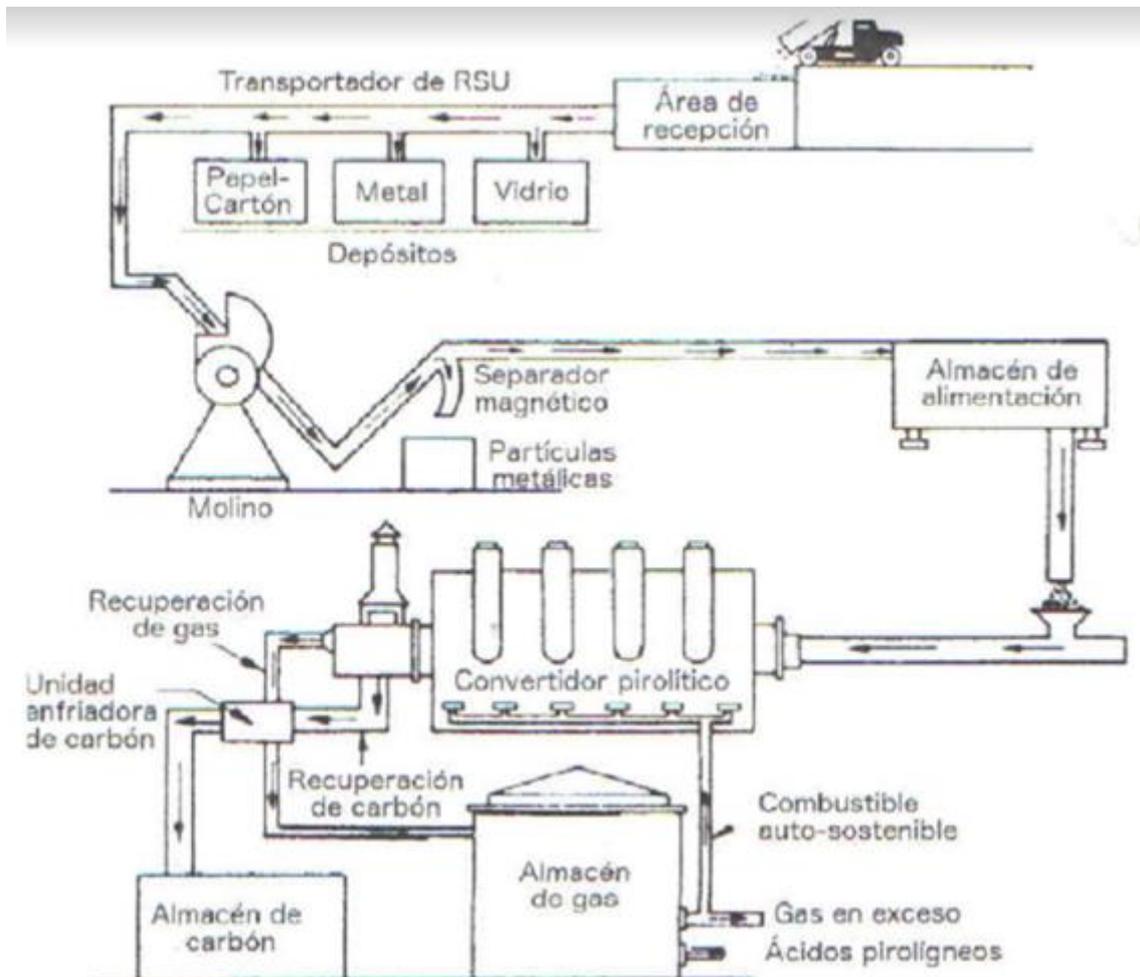


Figura 6: Ejemplo de planta de Pirólisis



En el esquema anterior se observa el proceso de conversión de RSU con pirólisis.

Los productos obtenidos se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Residuos sólidos carbonosos.
- Líquidos hidrocarbonados.
- Gases compuestos por hidrógeno, óxidos de carbono e hidrocarburos.

El grupo de sólidos carbonosos se puede utilizar como combustible sólido, para la Fabricación de briquetas o como precursor para preparar carbones activados. Los líquidos están constituidos por una fracción acuosa y otra alquitranosa que puede ser usada como combustible líquido adicionando a gasolinas o como recurso de productos químicos de interés industrial. Y los gases constituyen un gas de poder calorífico medio/bajo, que puede utilizarse para calentar el reactor de pirólisis o generar energía eléctrica mediante combustión en motores, y si constituyen un gas de poder calorífico alto se emplean tanto en motores como en turbinas de gas.

GASIFICACIÓN

Es el proceso de combustión parcial que se realiza con cantidades de oxígeno menores a las estequiométricas. Se generan gases combustibles ricos en CO, H₂ y algunos hidrocarburos saturados principalmente metano. El gas combustible se puede quemar en motores de combustión interna, turbinas de gas o calderas con condiciones de aire en exceso.

Durante el proceso ocurren reacciones exotérmicas y endotérmicas. Durante las reacciones exotérmicas se genera el calor necesario para mantener el proceso, mientras que los gases combustibles se generan principalmente durante las reacciones endotérmicas

En la gasificación, la energía química contenida en la materia orgánica se convierte en energía química contenida en un gas. Este gas se puede utilizar como combustible para la obtención de energía en motores, turbinas de gas o



calderas. Las cenizas pueden considerarse un residuo o bien valorizarlas, usándolas como material de construcción, fertilizante, en la fabricación de vidrio, etc. Si la materia orgánica es un residuo con bajo contenido en cenizas y éstas no son aprovechables se habrá conseguido, en cualquier caso, minimizar considerablemente el volumen de residuo al tiempo que se inertiza y se aprovecha su contenido energético.



Figura 7: Ejemplo de planta de Gasificación

INCINERACIÓN CONTROLADA

La incineración controlada es el proceso de reducción de los residuos sólidos a material inerte (cenizas y escoria) y a productos gaseosos completamente oxidados mediante la combustión a temperaturas elevadas.

Los incineradores de pequeña escala están dirigidos a la destrucción de los desechos médicos principalmente en países en vías de desarrollo. La combustión de los residuos plásticos y otros materiales que contienen cloruro de polivinilo dan como resultado la emisión de dioxinas, furanos y otros contaminantes que si no son tratados de la manera correcta pueden ser muy peligrosos para la salud y el medio ambiente.

Un equipo de incineración consta de dos cámaras instaladas de tal manera que los gases generados por la combustión parcial de los residuos en la primera cámara pasan a la segunda, dentro de un tiempo y temperatura controlados en cada una, posibilitando la combustión total. Pueden ser de cámara horizontal de tiro forzado/inducido, vertical de tiro forzado/natural con/sin equipos auxiliares (recuperación energética, DeNOx, etc.).



Comparación entre las tres tecnologías

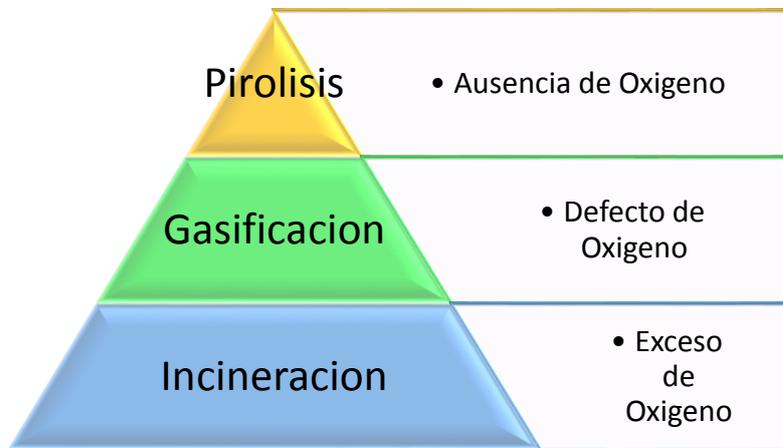


Figura 8: Comparación entre las tres tecnologías de Termovalorización

	Pirolisis	Gasificación	Incineración
Temperatura de operación	400 a 1.500°C	3.000 a 10.000°C	400 a 980°C
Condiciones de proceso	Ausencia de O ₂ + atmosfera inerte. Reacciones endotérmicas.	Presencia de O ₂ en defecto. Reacciones exotérmicas	Presencia en exceso de O ₂ . Reacciones exotérmicas
Combustible	Se necesita combustible externo para aporte de calor	No es necesario un combustible	Es necesario un combustible
Operación	Puede operarse de forma continua	Puede operarse de forma continua	Puede operarse de forma continua
Reacciones	Desintegración térmica + reacciones de condensación en fracciones sólidas, líquidas y gaseosas.	Degradación del residuo hasta obtener los compuestos básicos.	Oxidación química en exceso de oxígeno
Productos primarios	Carbón, aceites y alquitrán, gas de síntesis	Gas de síntesis, producto vítreo inerte	Cenizas, gases y calor-
Formas de recuperación de productos y energía	Carbón: energía calórica. Gas: síntesis, turbina de gas, turbo expansor y caldera. Aceites y alquitrán: extracción, aumento, turbina de gas, caldera.	El gas de síntesis puede ser usado en turbina de gas, turbo expansores y en calderas	El calor se aprovecha en un turboexpansor y en una caldera.

Tabla 6: Tabla comparativa entre los tres tipos de Tecnologías



ENERGIA ELECTRICA EN ARGENTINA

Un suministro de electricidad confiable, competitivo y ambientalmente sostenible es el componente fundamental para el desarrollo de las naciones, para favorecer el desarrollo productivo y mejorar así la calidad de vida de la población.

Pero la naturaleza propia del sector eléctrico presenta características muy particulares:

- La necesidad de producir la cantidad de energía que se demanda en cada instante.
- La imposibilidad de su almacenamiento.
- La necesidad de una red de transmisión.
- Grandes Inversiones en equipamiento.
- Lapsos importantes para la puesta en marcha de los equipos.
- Plazos muy largos para recuperar el capital invertido.
- Muy Baja sensibilidad de la demanda a variaciones de precios en el corto plazo.
- Es un Bien Esencial con elementos de Bien Público (consumo no rival y no exclusivo).

Estas particularidades obligan a analizar y diseñar el comportamiento del sector eléctrico de un modo particular. Considerando horizontes de mediano y largo plazo como pocos sectores productivos lo requieren, para así entregar un producto con calidad (Tensión, Corriente), seguridad (capacidad para soportar contingencias) y suficiencia (Instalaciones suficientes para satisfacer la demanda).

Calidad, seguridad y suficiencia, son características que se estudian y definen como una política sectorial que procura un desarrollo integral y sostenible, en un marco propio que debe tener en cuenta la disponibilidad de los recursos energéticos, los factores económicos y los efectos ambientales asociados.



Idealmente, instituciones gubernamentales fuertes, un marco normativo estable con ajustes y adecuaciones previsibles y un portafolio de fuentes de producción diversificado brindan un ambiente adecuado para el desarrollo sectorial, permitiendo obtener un suministro eléctrico confiable que contribuya al desarrollo de nuestro país.

Se analiza la evolución de algunas variables representativas del comportamiento sectorial en los últimos años y luego actual, con los datos obtenidos desde el informe actualizado de CAMMESA correspondientes al período junio 2018.



Figura 9: Datos relevantes energía eléctrica en argentina



A continuación, en los cuadros se establecen distintos parámetros esenciales para la interpretación de la energía total en Argentina:

Potencia Instalada: Es la cantidad máxima de energía eléctrica que se puede producir en un momento dado por todas las centrales eléctricas del país trabajando a la vez. El informe de junio 2018 registró 37.775 MW, lo que equivale a poder alimentar a más de 377 millones de lámparas de 100 Watts encendidas a la vez.

Potencia Máxima Bruta: Es el registro de la máxima potencia que se alcanza durante un intervalo de tiempo. En el mes de junio de 2018 se llegó a un pico de 23.831 MW, con un récord histórico en febrero del año corriente con un registro de 26.320 MW.

Demanda Total: Demanda de un sistema eléctrico o cualquiera de sus partes calculada dividiendo el consumo de energía en GWh entre el número de unidades de tiempo de intervalo en que se midió dicho consumo.

Costo Monódico medio mes: es el precio medio que se paga por 1MW por hora, contemplando a todas las tarifas de grandes consumidores.

La serie de potencia máxima registrada, a nivel mayorista (Sistema Patagónico empalmado), expone un crecimiento entre los extremos de la serie de 24 años (incluye valor de febrero/2016) una tasa de 4.6%aa, los últimos 10 años un valor de 3.9%aa y en los últimos 5 años un promedio coincidente de 4.6%aa. Donde se destaca que, en los últimos años, las potencias máximas siempre se han incrementado, incluso por encima de la tasa de crecimiento de la energía. Particularmente el comportamiento de la demanda en verano ha modificado su perfil con relación a las curvas típicas, históricas, exponiendo valores máximos en horas de la tarde por encima de los registros de horas nocturnas. Este comportamiento de alta sensibilidad de la demanda con las mayores temperaturas de verano se viene manifestando en forma notoria en los últimos años, debido al mayor equipamiento instalado en acondicionamiento de aire.



EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA CON PASO ANUAL [MW]

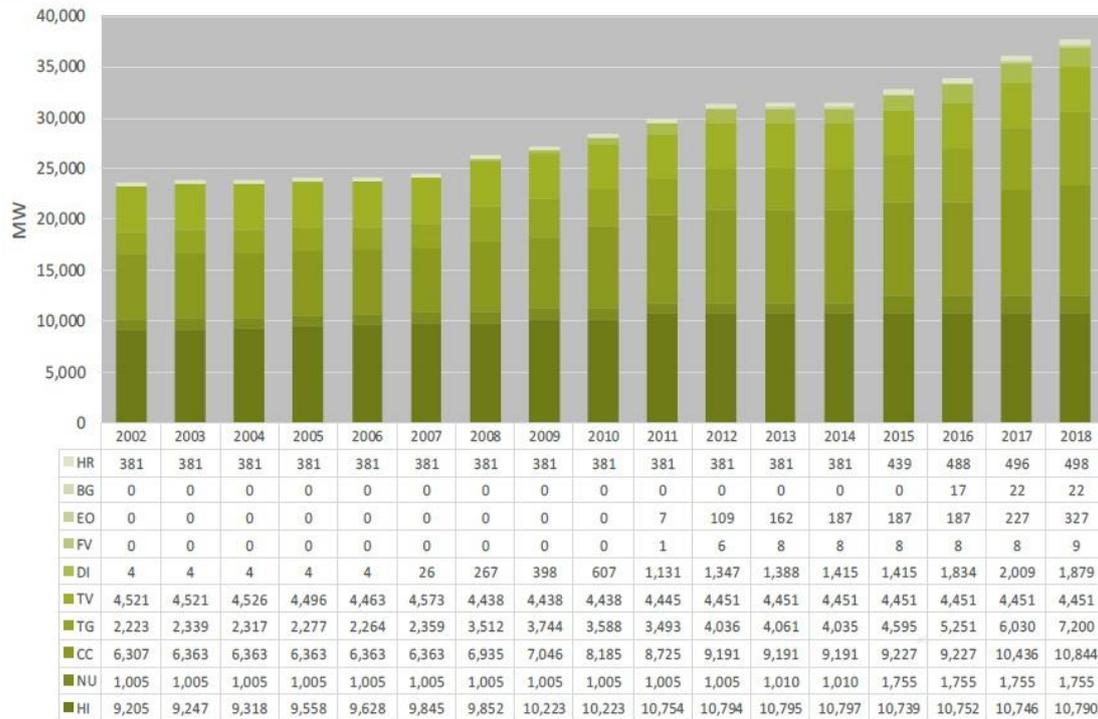


Figura 10: Grafico de la evolución de la potencia instalada desde el año 2002 al año 2018

La potencia instalada desde el 2002 hasta el 2008 se mantiene casi constante con baja variación, desde el 2008 se empieza a incrementar anualmente hasta llegar al 2018 donde alcanza su tope histórico.

POTENCIA INSTALADA DISTRIBUCIÓN POR REGIÓN

El sistema interconectado argentino se divide por zonas, la mayor potencia instalada se encuentra en Giba-Litoral-Buenos Aires acaparando el 48% y la sigue el Comahue con el 18%.

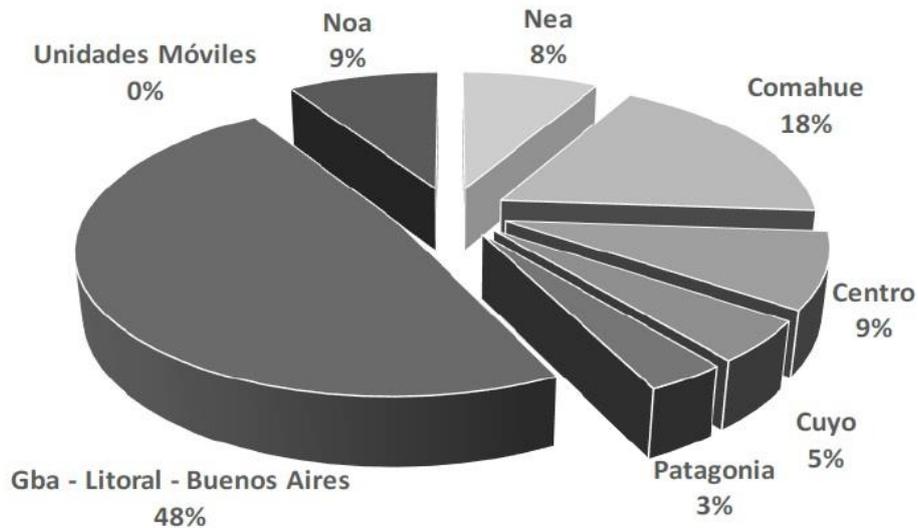


Figura 11: Distribución de potencia instalada por región

POTENCIA INSTALADA DISTRIBUCIÓN POR TECNOLOGÍA [MW]

Nuestro proyecto se encuentra dentro de las energías renovables con una suma de las distintas tecnologías de 709 MW, puntualmente dentro de la BIO GAS, por la utilización de los gases emergentes de una combustión de RSU.

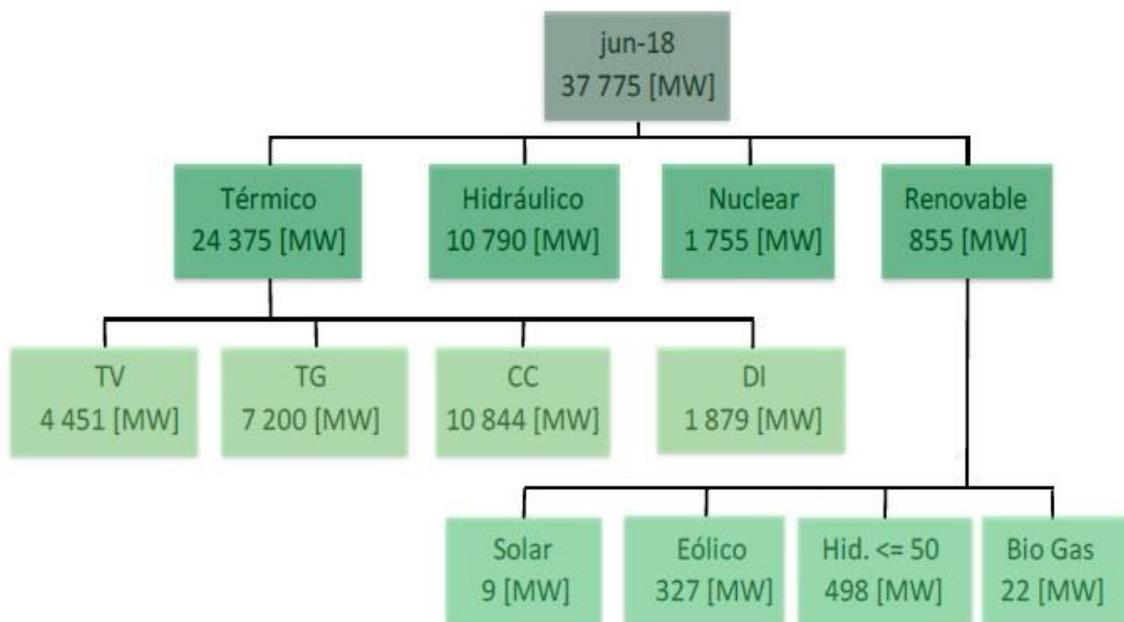


Figura 12: Potencia instalada distribución por tecnología



Al cerrar el año 2017, el mercado eléctrico argentino contaba con una potencia instalada de 36.150 MW. Si observamos la evolución de la potencia por tipo de tecnología en las últimas dos décadas, algunos cambios saltan a la vista fácilmente (ver Gráfico). Se observa una caída en la participación de la potencia hidráulica y de las centrales turbovapor, un crecimiento en la participación de las turbinas a gas y de los motores diésel, y una participación relativamente estable de las ER, la nuclear y los ciclos combinados.

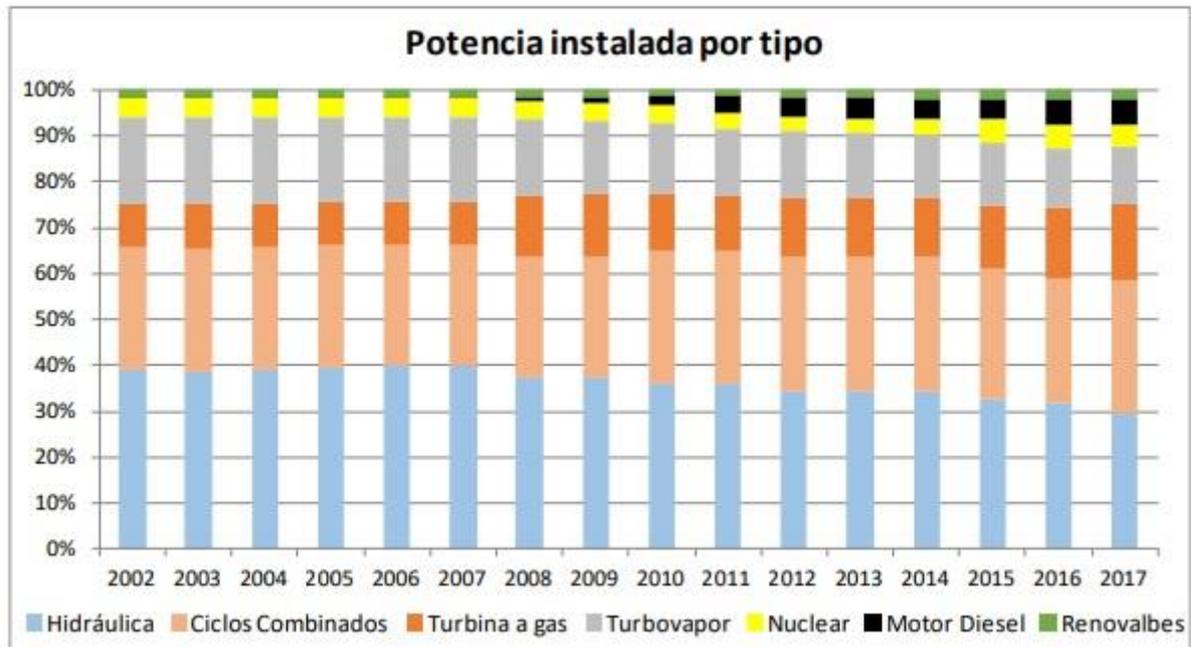


Figura 13: Potencia instalada por año y por tipo de generación

Los consumos de los diferentes combustibles han registrado una modificación en su participación en los últimos años. La menor disponibilidad del Gas Natural (GN) para los generadores eléctricos obliga a la utilización de los combustibles alternativos, que cada central tiene dispuesto, para continuar con la generación de acuerdo con las pautas de despacho.

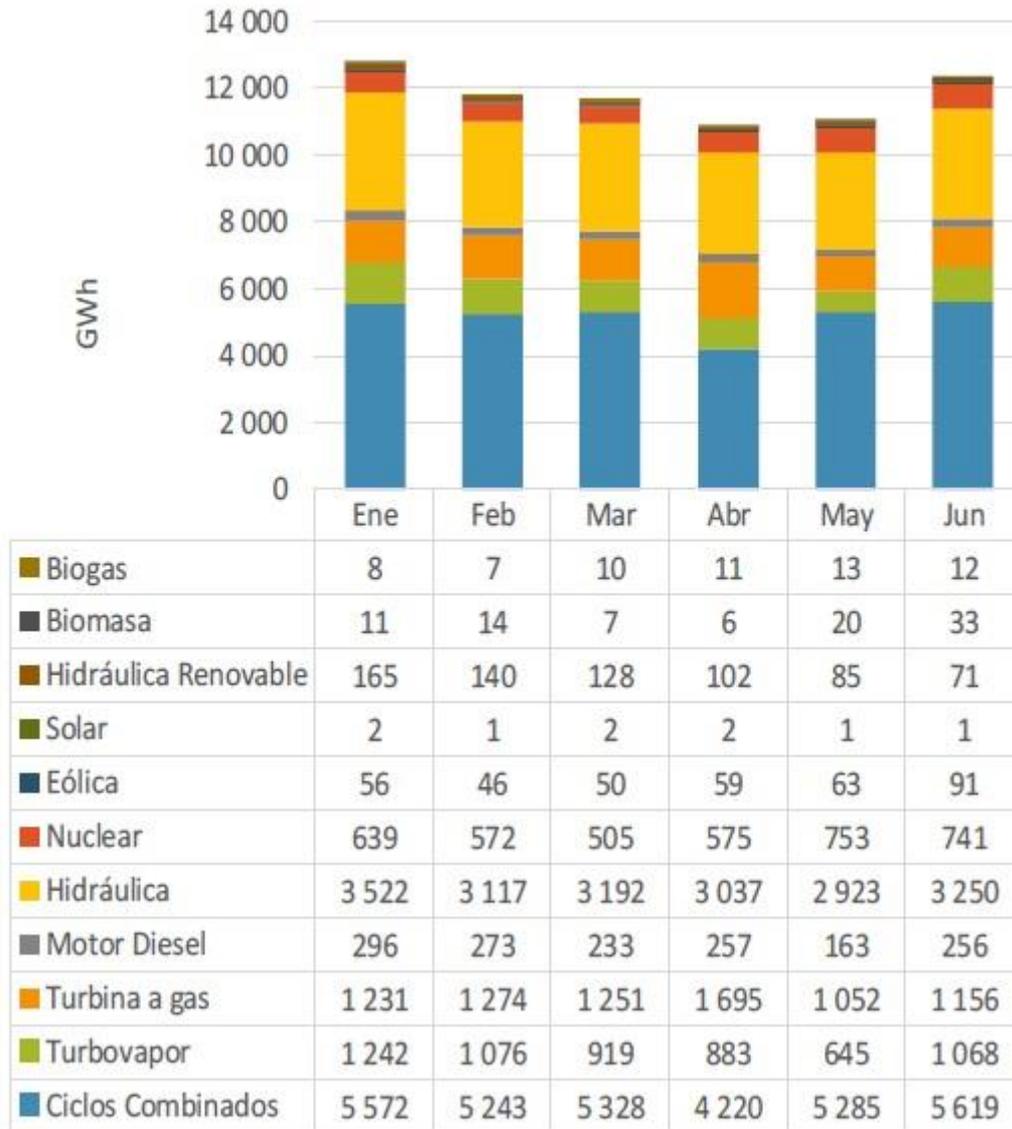


Figura 14: Evolución de potencia instalada y tipo de generación

La generación a partir de biomasa en la Argentina es un mercado relativamente nuevo. En la actualidad hay 6 proyectos en operación entregando energía eléctrica al sistema. Los emprendimientos de la provincia de Misiones trabajan con residuos forestales, los de Tucumán y Salta con bagazo de caña.



Provincia	Parque	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MISIONES	A.P. PTO PIRAY	83,2	66,2	72,9	42,6	43,9	58,2	54,5
	AG PTO ESPERANZA (ECO-ENERGÍA S.A.)							3,9
TUCUMAN	ING.STA.BARBARA	8,3	4,7	6,0	9,2	11,3	6,2	4,0
	LA PROVIDENCIA				2,6	9,1	11,1	11,4
BUENOS AIRES	NIDEA JUNIN	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1
SALTA	SMARTIN TABACAL	6,1	56,1	54,9	59,4	90,4	117,6	168,8

Tabla 7: Energía generada anual en GWh a partir de biomasa. Fuente: Elaboración propia en base a CAMMESA

Provincia de Misiones: AG Pto Esperanza y A.P. Pto Piray: Entró en operaciones en agosto 2017. Desde hace un año la Planta de Energía se encuentra ya en funcionamiento, abasteciendo a toda la planta industrial. La misma tiene una capacidad de generación de hasta 27.000 MWh al año, mientras que PINDÓ podría consumir entre 6.000 MWh y 8.000 MWh al año con la planta en pleno funcionamiento.

Mientras tanto Puerto Piray, también en la provincia de Misiones tiene una potencia instalada de 38 Mw y trabaja a partir de residuos forestales.

Provincia de Salta: Tabacal: Tiene una potencia de 40MW. Se inauguró en el año 2011. La planta genera electricidad a través de la quema del bagazo, residuo leñoso que queda luego de extraer el jugo de la caña.

Esta Central de generación eléctrica se encuentra situada en un punto estratégico para la red eléctrica de alta tensión del norte de Salta, por lo que además de abastecer de energía al Ingenio Tabacal, mejora la calidad del servicio eléctrico de la región al aportar al Sistema Interconectado Nacional beneficiando a ciudades como Tartagal, Orán, Hipólito Yrigoyen y Pichanal, pudiendo paliar el déficit de energía en esta zona de la provincia.



Generación a partir de Biogás

La generación a partir de biogás encontró los dos primeros proyectos relacionados con los rellenos sanitarios del CEAMSE. Al finalizar el año 2017, hay en operaciones 3 proyectos más que ya se encuentran vinculados al programa RenovAr.

Provincia	Proyecto	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CORDOBA	BIO R. CUARTO 1						3,8
SAN LUIS	CB YANQUETRUZ						0,4
BUENOS AIRES	S.MARTIN NORTE	23,4	34,8	24,8	16,3	22,3	6,2
	S.MIGUEL Norte	12,2	73,7	78,2	67,3	35,2	52,6
SANTA FE	SAN PEDRO VERDE						1,1

Tabla 8: Energía generada anual en GWh a partir de Biogás

(GWh)	Medio Año Móvil	jun-18	jun-17	jun-16
TÉRMICA	7 394	8 098	8 116	7 971
HIDRÁULICA	3 335	3 250	3 241	3 060
NUCLEAR	587	741	241	689
RENOVABLE	217	209	175	163
TOTAL	11 533	12 299	11 773	11 884

Tabla 9: Variación Generación Neta por fuente de generación mensual de los últimos 3 años



Figura 15: Comparación entre los distintos tipos de energía

Se destaca el incremento de las renovables con respecto a los mismos meses de los años 2016 al 2018.

Cabe aclarar que, a partir de marzo 2016, las hidráulicas menores de 50MW se clasifican como renovables bajo la Ley 27.191

El último cuadro de variación en porcentaje entre los meses refleja el aumento de la utilización de energías alternativas con respecto a datos del año 2016 los que nos pone en una posición favorable con respecto a años anteriores.

Este incremento se debe a la Nueva Ley de Energías Renovables, cabe resaltar que el porcentaje incluye: eólico, solar, biogás, biomasa e hidráulicas menores a 50 MW.



Detalle de Demanda por Área

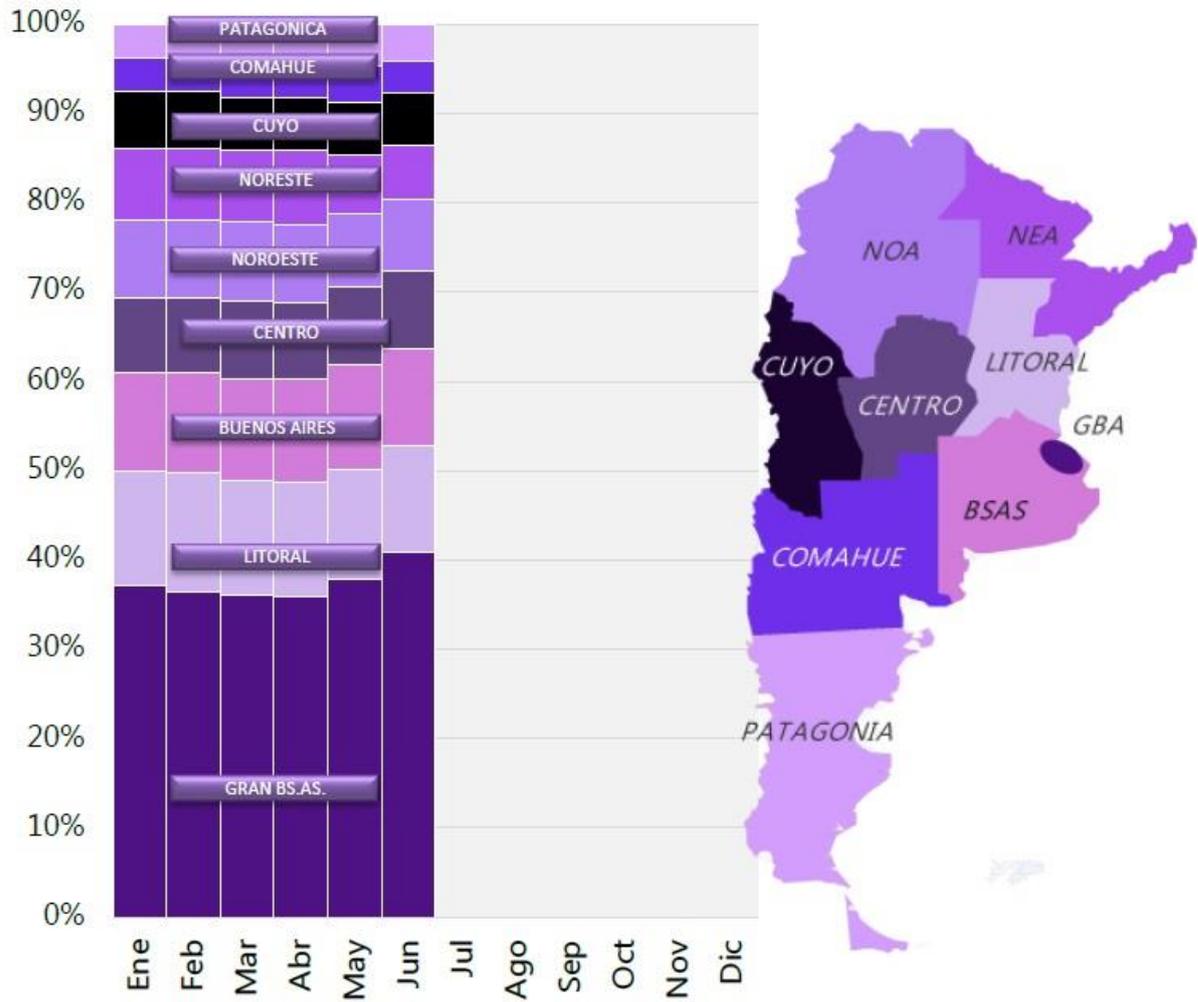


Figura 16: distribución de la demanda 2018 en argentina

En el mapa anterior, se observa a el área del Gran Buenos Aires como el mayor acaparando casi el 48 % sobre el total.

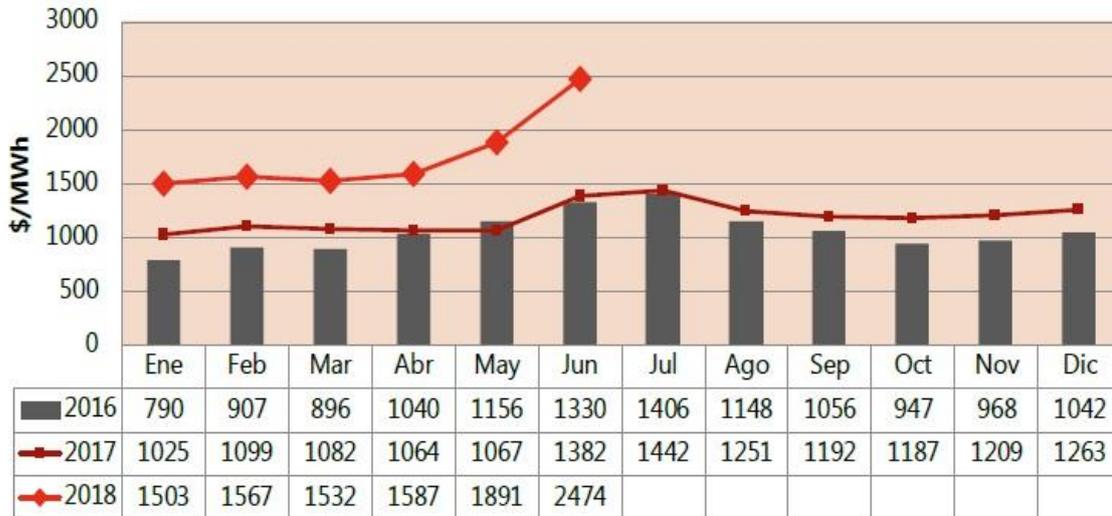


Figura 17: Evolución del precio monódico medio (con transporte) en paso mensual año actual vs años anteriores [\$/MWh]

El incremento en el costo de la energía es muy notable en los meses de mayo y junio.

CONCLUSIÓN

El sector eléctrico argentino, y por extensión todo el sector energético nacional, enfrenta las consecuencias de un sostenido crecimiento de la demanda energética de las últimas décadas sin el correspondiente crecimiento de la oferta, generando graves problemas de suministro que solo podrán ser resueltos a partir de un planeamiento energético que se constituya en una auténtica política de estado. Paradójicamente, el país es poseedor de innumerables recursos energéticos, muchos de ellos inexplorados, cuya transformación en reserva requiere además de voluntad e intencionalidad, cuantiosos capitales.

Por otra parte, se abre todo un debate sobre la composición de la matriz eléctrica futura y las razones por las cuales una fuente se impone sobre las otras.

La naturaleza de los problemas es de tal magnitud que no podrán ser resueltos satisfactoriamente si no se destinan recursos humanos y materiales equivalentes al tamaño del problema a resolver y sin un convencimiento y decisión de la sociedad sobre la importancia de sostener una política energética.



ESTUDIO TECNICO



ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO

El tamaño de este proyecto está íntimamente ligado a la localización del mismo, ya que el volumen de RSU que ingrese a la planta va a depender de los municipios involucrados. Por tal motivo se comenzará con la realización del estudio de localización para determinar la dimensión de la planta.

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Como ya se expuso anteriormente, la región de Argentina con mayor generación de RSU es la Provincia de Buenos Aires, y dentro de ésta, el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). Es por este motivo, que el estudio de localización se limitará a esta zona.

ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES (AMBA)

El Área Metropolitana de Buenos Aires, conformado por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y los partidos bonaerenses de Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Berisso, Brandsen, Ensenada, Escobar, Esteban Echeverría, Ezeiza, Florencio Varela, General Rodríguez, General San Martín, Hurlingham, Itzaingó, José C. Paz, La Matanza, La Plata, Lanús, Lomas de Zamora, Magdalena, Malvinas Argentinas, Merlo, Moreno, Morón, Pilar, Presidente Perón, Quilmes, San Fernando, San Isidro, San Miguel, Tigre, Tres de Febrero y Vicente López. En conjunto suman cerca de 14,5 millones de habitantes (según el censo 2010), o sea más del 36% de la población argentina, distribuidos en una superficie de 8.800 kilómetros cuadrados. Esta zona produce unas 17.000 toneladas diarias de residuos que representan el 40% del total generado en el país y allí están radicadas el 40% de las industrias.



GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES

En el AMBA cada municipio presenta su propio sistema de gestión de residuos, no existiendo un sistema único, global e integrado para toda la región. Cada municipio debe buscar su propio modelo de gestión, y tener presente que la cantidad y la calidad de los residuos sólidos generados por cada municipio es principalmente en función de su población, economía y grado de urbanización. En algunos municipios de Argentina, las políticas de gestión y el aumento de generación de RSU no coinciden con las realidades presupuestarias de dichos lugares. Esto, lamentablemente desemboca en métodos poco efectivos de disposición final, como lo son basurales a cielo abierto, en los cuales no hay ningún tipo de cuidado y control de los residuos que allí se depositan.

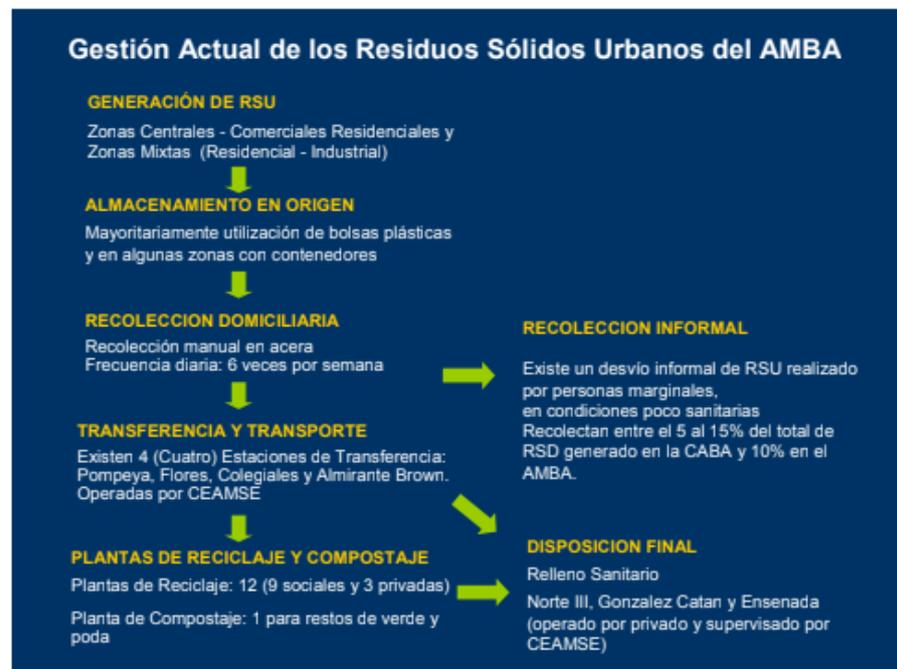


Figura 18: Gestión actual de los Residuos Sólidos Urbanos del AMBA



CEAMSE

La Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) es una empresa pública argentina encargada de la gestión de residuos sólidos urbanos del Gran Buenos Aires, incluyendo la Ciudad de Buenos Aires y 33 partidos de su conurbano. Como empresa interjurisdiccional, su capital es propiedad en partes iguales de los estados bonaerense y porteño. CEAMSE cuenta con 3 Centros de Disposición Final de residuos o Rellenos Sanitarios actualmente 2 en operación, uno en proceso de cierre y uno en etapa de pos-cierre.

1. **"Norte III"** (localizado en el Partido General San Martín) donde se destinan los residuos de 36 municipios y de la Ciudad de Buenos Aires. Acopia el 87% del sistema. El predio está operativo desde 1979, con la creación del CEAMSE, y tiene una extensión de 500 hectáreas.
2. **"González Catán II"** (localizado en el Partido La Matanza). Recibe los residuos provenientes de la zona oeste del Conurbano Bonaerense, con un promedio de 49.000 toneladas por mes, (el 8% de la disposición total de residuos)
3. **"Ensenada"** (localizado en el Partido de Ensenada). Recibe los residuos generados por los municipios del núcleo urbano de La Plata, Berisso, Ensenada, Magdalena y Brandsen alrededor de 30.000 toneladas por mes. El relleno sanitario de este complejo está en proceso de cierre.
4. **"Villa Domínico"** (localizado en los Partidos de Avellaneda y Quilmes). En etapa de pos-cierre, allí funciona una planta de tratamiento de gases que transforma el metano emanado por el relleno, en dióxido de carbono –no se aprovecha este biogás. Esta planta de tratamiento se encuentra aprobado dentro del marco de los Mecanismos para el Desarrollo Limpio, por lo que obtiene bonos de carbono.



ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

Las denominadas Estaciones de Transferencia son instalaciones donde los residuos de los vehículos recolectores son transferidos a equipos de transporte de gran capacidad de carga, encargados de llevarlos a su destino final.

Se trata de edificios total o parcialmente cerrados, diseñados con una estética que no afecte el paisaje y que por una necesidad operativa se emplazan en puntos neurálgicos de las zonas de recolección, lo más cerca posible al origen de los residuos.

Los principales beneficios derivados del uso de las Estaciones de Transferencia son la economía de transporte, el ahorro de trabajo y energía, la reducción de costos por desgaste y/o roturas de equipo, la mayor versatilidad, la mejor resolución del frente de descarga en los rellenos y las menores emisiones.



Figura 19: Toneladas en cada centro de transferencia. Las Estaciones de Transferencia operadas por CEAMSE son Colegiales, Pompeya, Flores, Zavaleta y Almirante Brown.

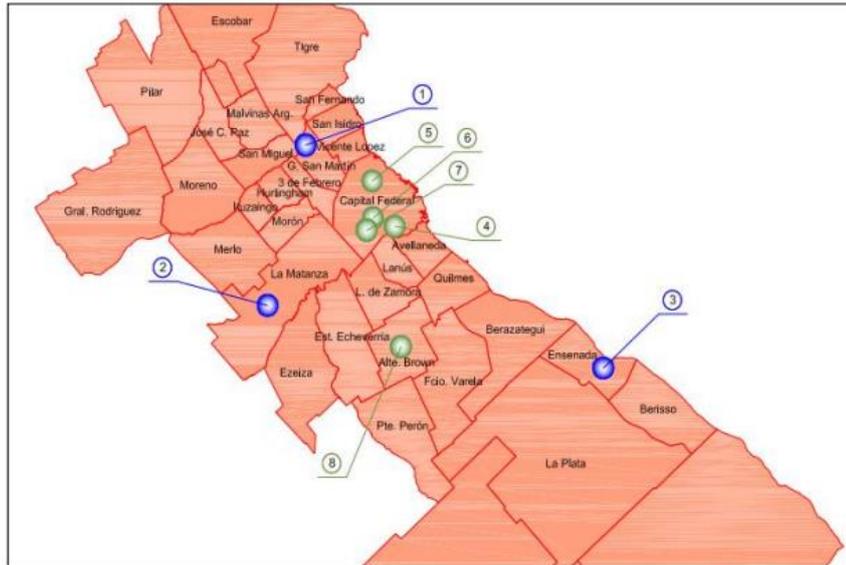


Figura 20: Mapa de los 33 municipios en que opera CEAMSE

- 1-Complejo ambiental Norte III
- 2-Complejo ambiental González Catán
- 3-Complejo ambiental Ensenada
- 4-Planta de transferencia Pompeya
- 5-Planta de transferencia Colegiales
- 6-Planta de transferencia Flores
- 7-Planta de transferencia usina GCBA
- 8-Planta de transferencia Almirante Brown

SITUACIÓN ACTUAL

En términos prácticos, el espacio disponible para enterrar la basura proveniente de los 42 municipios del Gran Buenos Aires está cerca de agotarse: ya se empezó a usar el último sector disponible en el relleno sanitario que la CEAMSE tiene en José León Suárez. Tiene dos kilómetros de extensión y una cota de 60 metros. La cual estiman que se agotara en 5 años y no hay consenso ciudadano para abrir otros rellenos.



Para dimensionar el volumen del problema, en el GBA habitan unas 15.800.000 personas, que hoy están generando un promedio diario de 18.500 toneladas de residuos. Eso, suma unas 555.000 toneladas mensuales que demandan un movimiento de 170.000 viajes mensuales de los camiones para su recolección y traslado, con el consecuente gasto de 307.000 litros de combustible. El nivel de basura que generan los particulares, comercios, empresas y hasta organismos públicos es inversamente proporcional al grado de conciencia ambiental.

Si a este mal pronóstico se suma toda la basura desechada por fuera de la red de gestión de residuos, el panorama se vuelve todavía más complejo.

El sistema de relleno sanitario hoy tiene enterrados 140 millones de toneladas, de las cuales 90 están en el corredor norte. Pero en ese mismo espacio también funciona una planta de TMB, una de tratamiento de neumáticos, otra de compostaje, 12 estaciones de separación de residuos sociales y una de generación de energía eléctrica a partir del biogás de los residuos, que permite producir 15 MWH que abastecen a 100.000 personas.

ANÁLISIS

Por cuestiones de logística y de manejo de grandes volúmenes de materia prima, resulta primordial realizar la instalación de la planta en algunos de los 3 predios con disposición final en donde opera el CEAMSE, asegurándonos también de esta manera la disponibilidad de los servicios principales.

Como se mencionó anteriormente el complejo Norte III es el que mayor volumen de residuos maneja, pero ya cuenta con una estructura muy completa de tratamiento, reciclaje y de aprovechamiento de energía a través del biogás de los residuos.

Por lo que sería interesante poder llevar a cabo el proyecto en otra zona en donde no se cuente con estos tratamientos.

Teniendo en cuenta las otras dos plantas del CEAMSE, si bien la planta de González Catán opera mucho más volumen que la planta de Ensenada, ésta



última resulta de interés por el incipiente cierre del relleno sanitario. Lo cual obliga a plantear otra alternativa de tratamiento de residuos urbanos, ya que es inviable destinarlos a los otros dos rellenos por los costos de transporte que representan.

Para finalizar el estudio de localización es necesario considerar además dos factores claves: la disponibilidad de terreno y la cercanía al SIN.

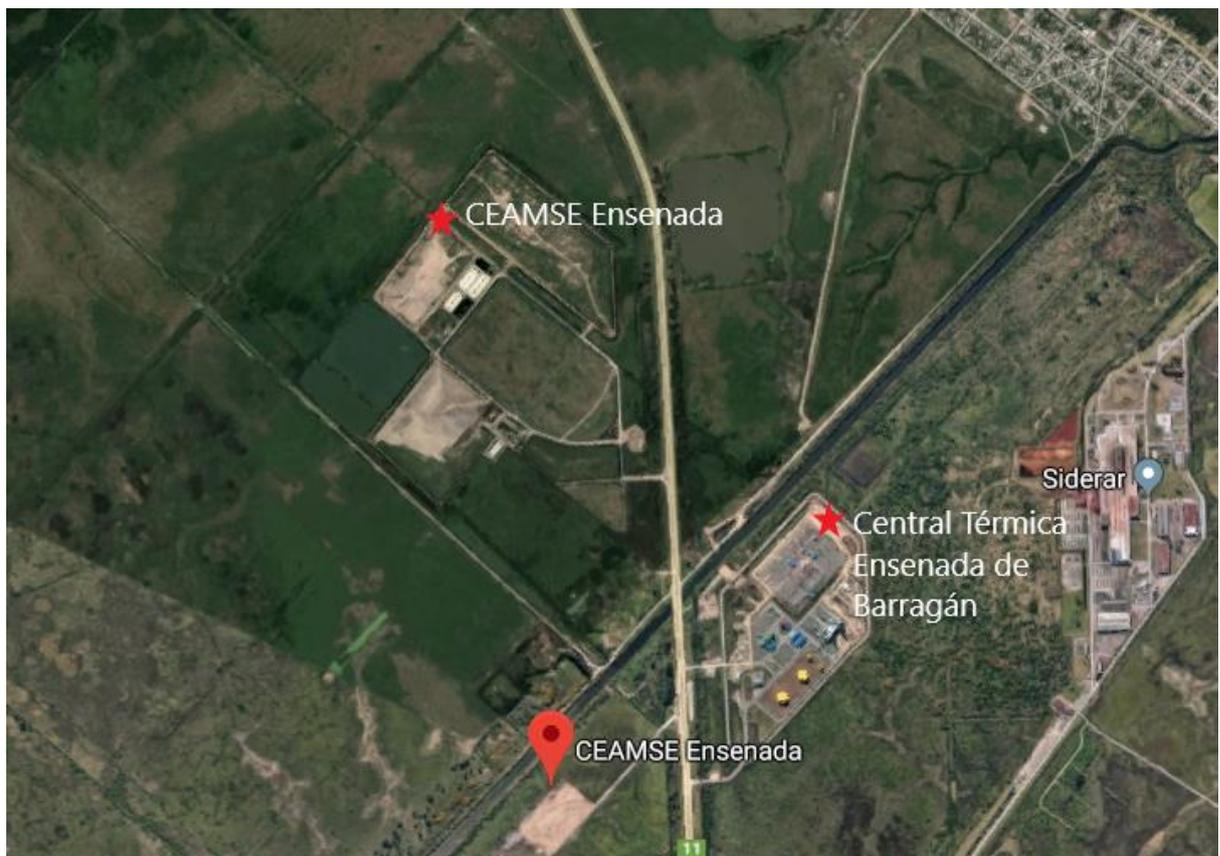


Figura 21: Imagen satelital de la planta de CEAMSE de Ensenada.

Como puede observarse en la foto satelital en las inmediaciones del predio del CEAMSE se cuenta con terreno disponible para la instalación de la planta. Además, se encuentra próximo a la Central Térmica Barragán y en consecuencia cercano al Sistema Interconectado Nacional.



INGENIERIA DE PROYECTO

TECNOLOGÍAS DE INCINERACIÓN

La incineración es una parte dentro de un complejo sistema de tratamiento de residuos que en su conjunto permite la gestión global de la amplia gama de residuos que genera la sociedad.

El objetivo de esta es tratar los residuos con el fin de reducir su volumen y peligrosidad, capturando o destruyendo las sustancias potencialmente nocivas que se emiten o pueden llegar a emitirse durante el proceso.

En el proceso de incineración se produce la oxidación de las materias combustibles contenidas en los RSU que suelen ser materiales muy heterogéneos (sustancias orgánicas, minerales, metales y agua). Durante la incineración se generan gases de combustión. Dichos gases de combustión se dirigirán hacia una caldera, donde por medio de transferencia de calor (radiación y convección) generarán vapor.

PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo de la Planta seleccionado es muy simple, y será el mismo que se utiliza en la mayoría de las Plantas que operan actualmente. Esto implica que el proceso productivo cuenta con un mix entre máquinas y mano de obra, constituyendo un proceso semiautomatizado. De todos modos, pese a contar con automatizaciones, la necesidad de mano de obra directa resulta intensiva ya que puntualmente la tarea de separación es realizada manualmente por el operario, a excepción de la separación de materiales ferrosos.

La estructura básica de una planta incineradora puede incluir las siguientes estaciones que reflejan las operaciones y equipos principales del proceso.

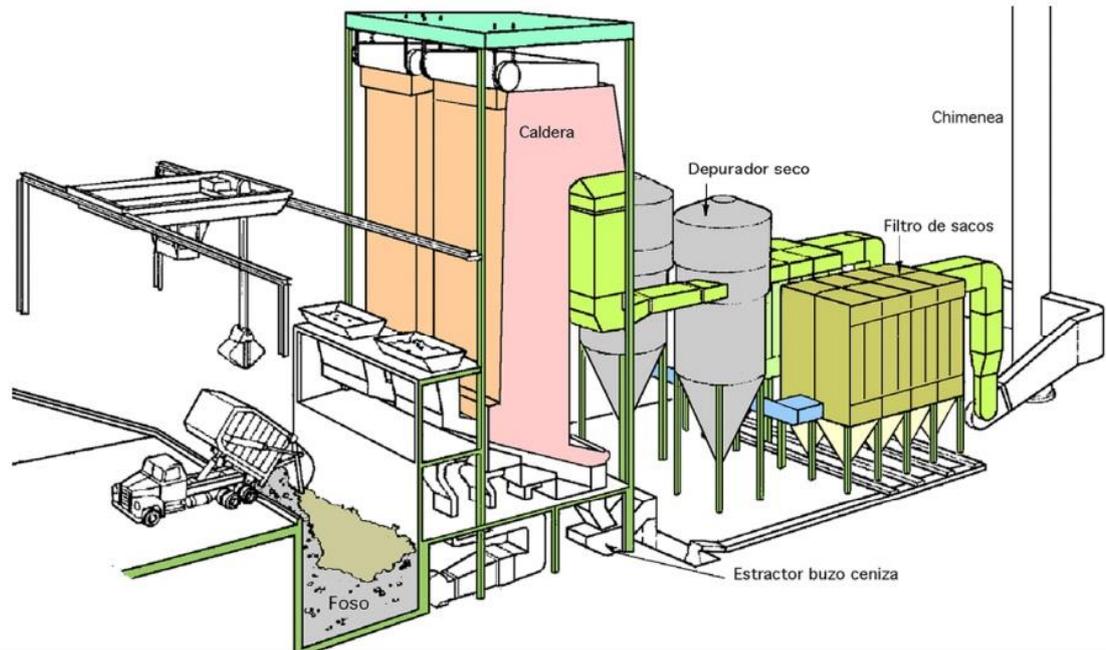


Figura 22: Planta de incineración de RU

Los mismos serán adaptadas según el diseño de la planta y los tipos de residuos que sean tratados:

Estación 1

- Recepcion de MP
- Almacenamiento en fosa de alimentacion
- Sistema de alimentacion de residuos

Estación 2

- Ingreso a horno de incineracion
- Control de la combustion

Estación 3

- Transferencia de calor
- Caldera
- Generacion de energia electrica
- Turbinas
- Generador

Estación 4

- Sistema de limpieza de gases
- Procesos SRC, Scrubber semi humedo, Precipitador Electrostatico, Filtros

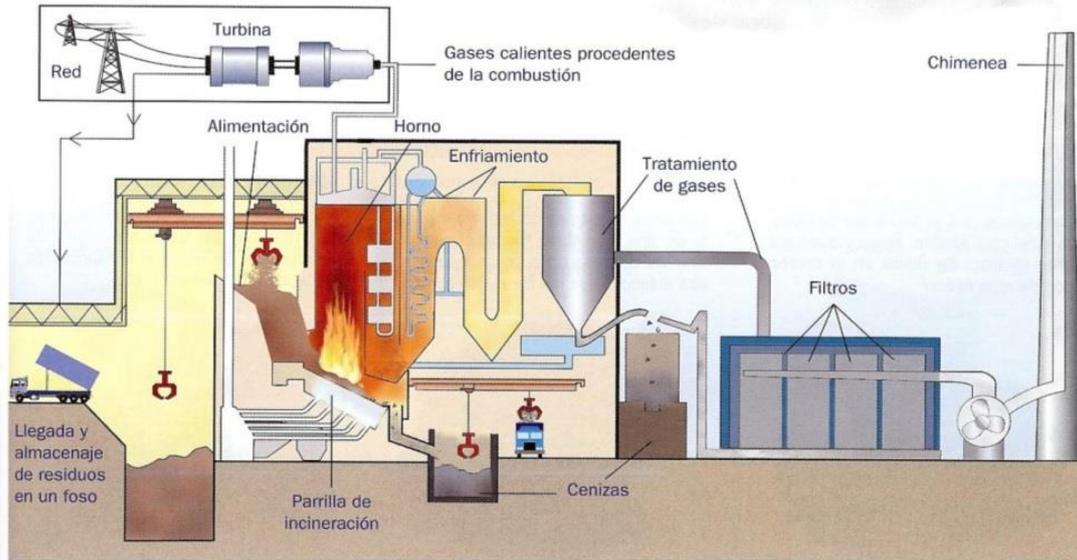


Figura 23: vista de los procesos principales de una planta de incineración controlada de RSU

RECEPCION

Recepción de MP: es el lugar al que llegan los camiones que contienen los RSU recogidos en la zona para descargarlos, luego de su inspección visual y pesaje. Se pueden usar superficies basculantes o inclinadas para facilitar la transferencia de residuos, en algunos casos suelen tener aberturas que pueden cerrarse evitando olores.

Almacenamiento en fosa: se trata de un lecho de cemento impermeable donde los residuos se almacenan. La mezcla de estos ayuda a lograr mayor uniformidad en poder calorífico, tamaño, estructura, composición, etc. del material que posteriormente va a introducirse en la incineradora.

INCINERACION

Actualmente, se imponen límites muy estrictos en cuanto al tipo de hornos y a la eficacia de los equipos de limpieza de gases, por lo que es necesario instalar



incineradores de tecnología moderna, dotados de un horno específico y de un sistema de lavado de gases de alta eficiencia.

Existen diversos sistemas de incineración, siendo los siguientes los más utilizados para residuos sólidos urbanos:

- Parrillas Móviles
- Hornos Rotatorios
- Lechos Fluidizados

PARRILLAS MOVILES

Son los más conocidos y más utilizados debido a su versatilidad y capacidad de tratamiento.

Se trata de un sistema que tiene una estructura en forma de gradas o parrillas móviles que se encargan de mover y mezclar los residuos que provienen de la tolva de alimentación y de esta manera favorecer el proceso de combustión.

Tanto la velocidad del aire que ingresa como la velocidad de movimiento de las gradas o rodillos se modifican de manera que la combustión sea completa. El combustible que se utiliza es aire en exceso que se inyecta desde dos sistemas de alimentación, uno por debajo de las gradas que apunta directo a los residuos que serán incinerados y el otro por encima de las gradas.

Hay distintos tipos de parrillas:

- **De cinta sin fin:** consiste en una cinta de acero que se mueve sobre 2 cilindros sobre los que se apoya. Estos cilindros por medio de engranajes conectados a un motor logran el movimiento de la cinta. Sobre esta circulan los residuos provenientes de la tolva de alimentación, los cuales a su vez se someten a inyección de aire en exceso mediante el sistema primario de alimentación de aire.
- **De rodillos:** son rodillos dispuestos en serie, accionados por un motor impulsor. Los residuos provenientes de la tolva de alimentación ingresan a la



parrilla, y por medio de los rodillos van descendiendo hasta lograr una combustión completa.

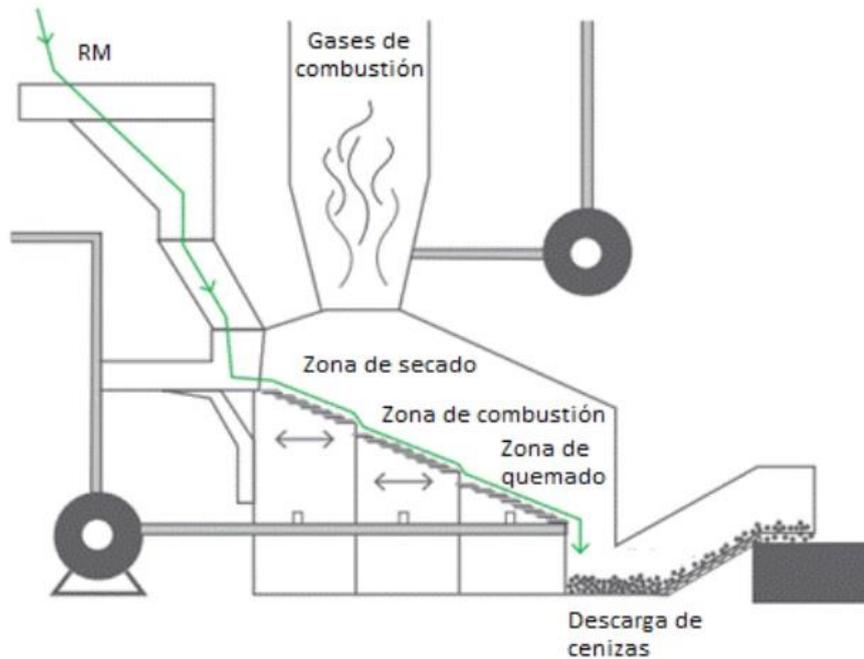


Figura 24 : Ejemplo de equipo con parrillas móviles de rodillos

HORNOS ROTATORIOS

Se trata de un horno muy versátil y apto para trabajar con materiales sólidos, fangosos e incluso líquidos. La alimentación del horno se ajusta hasta lograr que la carga ocupe un 20% del volumen interno del horno aproximadamente.

La función principal es convertir los residuos en gases mediante:

- Temperatura superior a la que puede conseguirse en un horno de parrillas
- Variación de la velocidad e inclinación del horno, aumentando el tiempo de residencia hasta lograr su destrucción total.
- Posibilidad de trabajar con exceso de aire mínimo, estequiometría e incluso defecto de aire.
- Posibilidad de inyectar aire de combustión caliente.



El horno está constituido por un recipiente cilíndrico de acero recubierto en su interior con una capa de material refractario y aislante. Cuenta con una entrada para la alimentación de residuos, un quemador auxiliar y la entrada de aire comburente.

La salida de gases se realiza en toda la sección del horno. Las escorias caen por un “cenicero” con el que cuenta el horno permitiendo extraer las escorias en un proceso continuo, sin necesidad de que deba pararse la instalación periódicamente

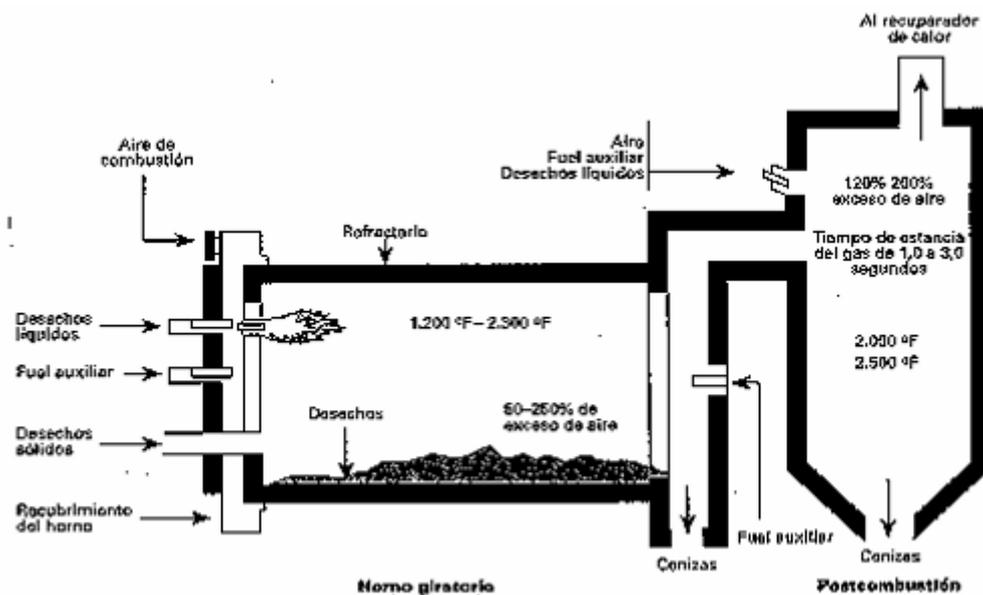


Figura 24 : Ejemplo de equipo con parrillas móviles de rodillos

Parte de los gases de combustión se aprovechan para proveer de calor al proceso de pirólisis.

LECHO FLUIDIZADO

Este tipo de hornos se emplea para el tratamiento de materiales conflictivos, bajo poder calorífico o diferencias de tamaño en el combustible y/o en la alimentación. Se lo utiliza para materiales homogéneos, ya sean sólidos, líquidos, pastosos o gaseosos.

La incineración de residuos en lecho fluidizado se realiza alimentando el residuo



de forma continua a un lecho compuesto por un material inerte granulado, por lo general de cuarzo. Este lecho es alimentado por una corriente ascendente de aire, cuya temperatura se mantiene entre 800 y 900°C. Cabe destacar que si el lecho es de piedra caliza las temperaturas pueden disminuir levemente, rondando el rango de entre 700 y 800 ° C.

La corriente de aire, previamente calentada a unos 200°C, debe compensar la tendencia a sedimentar que tiene el lecho en combinación con los residuos. El estado de los materiales en la cámara de fluidización es de líquido en ebullición. Debido a esto, se favorece una transferencia de calor por convección.

El residuo de alimentación pierde humedad y otros componentes volátiles al estar

directamente en contacto con la corriente ascendente de aire, gracias a la alta superficie de contacto. Los gases luego ascienden y son arrastrados hacia la parte superior de la cámara de combustión, donde terminan su oxidación.

Algunos también poseen sistemas del tipo Denox, que consisten en agregado de NH₃ en la cámara de combustión, para capturar óxidos de Nitrógeno y Azufre.

En la figura siguiente se permite apreciar una vista de corte de un horno de lecho fluidizado. Se observa el lecho fluidizado, los ingresos de aire y los quemadores.

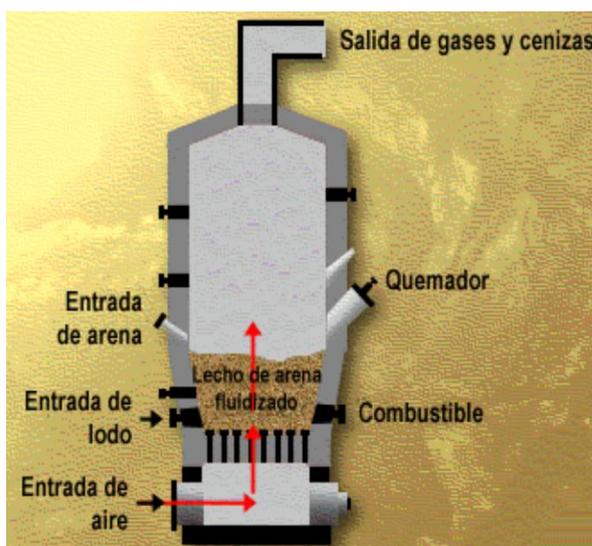


Figura 25 : ejemplo de horno de lecho fluidizado



De acuerdo a las 3 tecnologías planteadas anteriormente, se presenta el siguiente análisis sobre las ventajas y desventajas de cada una de ellas:

Tipo de Horno	Ventajas	Desventajas
PARRILLAS MOVILES	Bajo costo inicial	Puede generar poca turbulencia
	Temperaturas uniformes	
	Versatilidad a la hora de quemar RSU	
	Permite mayores volúmenes de RSU	
	Tiempos de residencia aceptables	
	Genera poco material particulado	
HORNO ROTATORIO	Mezcla uniforme de subproductos combustibles a la entrada de la zona de combustión gracias a la lenta rotación.	Baja eficiencia de intercambio de calor dentro del cilindro, lo que implica mayores consumos energéticos.
	Flexibilidad en la configuración del tiempo de residencia de los residuos en la zona de pirolisis para trabajar en variedad de condiciones	Precio alto y altos costos de mantenimiento.
	Eficiente descomposición de elementos tóxicos	Capacidad de tratamiento limitada.
	Fácil ajuste de tiempo de residencia	Necesita una gran capa de aislante y refractario
	Mayor turbulencia de gases	
	Puede tratar cualquier residuo	
LECHO FLUIDIZADO	Versatilidad a la hora de quemar RSU	Elevado exceso de aire
	Tiempos de residencia buenos	Poco volumen de RSU
	Temperaturas uniformes, requiere homogeneidad de RSU	Alto costo inicial

Tabla 10; comparación de hornos que suelen utilizarse en plantas de este tipo

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE GASES

Las emisiones procedentes de una planta de incineración deben cumplir los límites que fija la normativa legal por lo que es preciso dotar a la instalación de una serie de técnicas capaces de destruir o retener los diferentes tipos de contaminantes.

A medida que van disminuyendo los límites de las emisiones aumenta la complejidad del proceso de depuración.



Independientemente de los niveles fijados es preciso disminuir la concentración de un conjunto de contaminantes que se comentan a continuación.

- Partículas: cenizas volátiles y los finos arrastrados en el horno, componentes condensados y reactivos y productos de reacción formados como consecuencia de los compuestos empleados en equipos de depuración para otros contaminantes. El método de retención depende del tipo de horno como del sistema de depuración general. La caldera de recuperación es un elemento de eliminación de partículas que, complementado con ciclones, precipitadores electrostáticos, filtros de mangas o cerámicos limita las emisiones a valores inferiores a 10 mg/Nm³.

Algunos metales pesados sólo aparecen en fase sólida (Pb, Cr, Cu, Mn, Ni) con lo cual sus emisiones dependerán de que se realice una adecuada separación de los materiales que los contengan y de la eficacia de la tecnología empleada para retener las partículas.

Los restantes metales pesados de interés medioambiental Cd, Hg, As aparecen tanto en partículas sólidas como en fase gaseosa para ellos se requiere el empleo de una técnica adicional.

- Dioxinas y furanos: normalmente aparecen en concentraciones tan pequeñas que su unidad de medida es el nanogramo lo que obliga a usar procedimientos de muestreo y métodos analíticos adecuados a este problema.

Se utilizan monolitos de carbón activo antes de que los gases de escape lleguen a la chimenea.

- Gases ácidos: SO₂, HCl (compuestos inorgánicos con cloro), HF (compuestos inorgánicos con flúor) que se forman en el proceso de combustión a partir de residuos con que se alimenta la planta. Las cantidades formadas van a depender directamente de la composición de los residuos incinerados. Su retención puede hacerse de distintas maneras:
 - En el horno de combustión puede incorporarse carbonato de calcio y con una buena mezcla en su interior y un tiempo de residencia suficientemente elevado se logran retenciones del 90% de azufre



- y flúor y del 50% para el cloro. Los productos formados son sólidos que abandonan el sistema formando parte de las escorias y de las cenizas en forma de sales cálcicas.
- Cuando en la corriente de gases se introduce un neutralizador (normalmente cal) en forma pulverizada se dispone de un procedimiento en seco que se caracteriza por un consumo alto de reactivos y la consecución de rendimientos medios. En el procedimiento semiseco se atomiza la lechada de cal en el flujo gaseoso con lo que disminuye el consumo de reactivos y permite alcanzar buenos rendimientos. En ambos casos no existe vertido de agua. El procedimiento húmedo permite obtener rendimientos altos y bajos consumos de reactivos reteniendo incluso otros contaminantes (NOx) pero se generan aguas de lavado que es preciso tratar antes de su vertido.
 - La elección adecuada del proceso permite que HCl sea menor a 10 mg/Nm³, que HF sea menor que 2 mg/Nm³ y que el SO₂ no supere los 50 mg/Nm³.
 - Monóxido de carbono y sustancias orgánicas: El comportamiento del horno y de la cámara de postcombustión son los que permiten que el CO no alcance los 50 mg/Nm³ y las sustancias orgánicas los 10 mg/Nm³.

CONTROL Y SEPARACIÓN DE PARTÍCULAS

Para la eliminación de partículas en el flujo de gases pueden emplearse diversos equipos como:

- Filtros de tejido o filtros de manga: Son equipos que emplean filtros de fibras a través de los cuales circulan los gases de combustión y en los cuales se retienen las partículas. Pueden ser realizados en materiales de fibra con suficiente resistencia mecánica, tolerancia a altas temperaturas, resistencia a ácidos, soluciones cáusticas y buena permeabilidad al aire.

Para evitar que se formen dioxinas y furanos deben operar fuera del rango de temperatura de 200-500°C

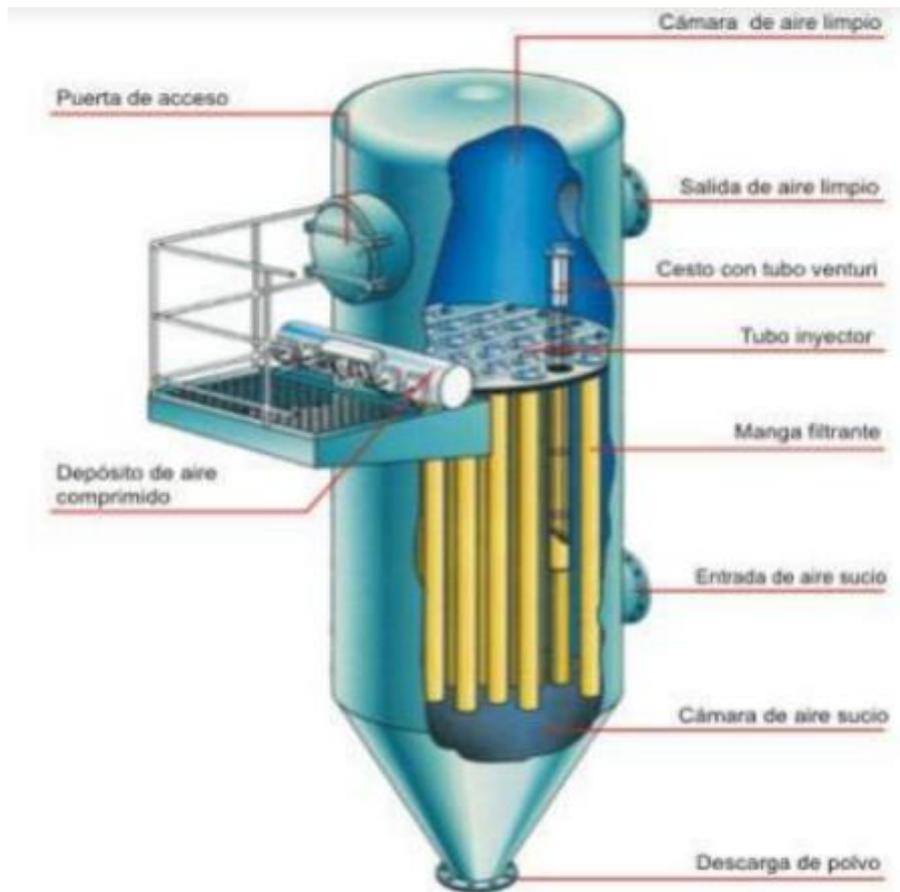


Figura 26: Filtro de mangas

- **Precipitadores electrostáticos:** se trata de un recinto estanco al gas con electrodos en su interior, los gases son forzados a circular a través de conductos con un espesor aproximado de 20 a 40 cm. El gas circula a baja velocidad en un recinto que ioniza el aire debido a la diferencia de potencial de 60 a 80 kV en corriente continua (el consumo eléctrico es elevado). A intervalos regulares un mecanismo de limpieza hace caer el polvo al fondo de una tolva.

Tratan las emisiones con la aplicación de un voltaje en las partículas que entran, cargándose negativamente. Las partículas, entonces son quitadas en placas cargadas positivamente. Usan campos electrostáticos múltiples para recolectar el máximo de material particulado.

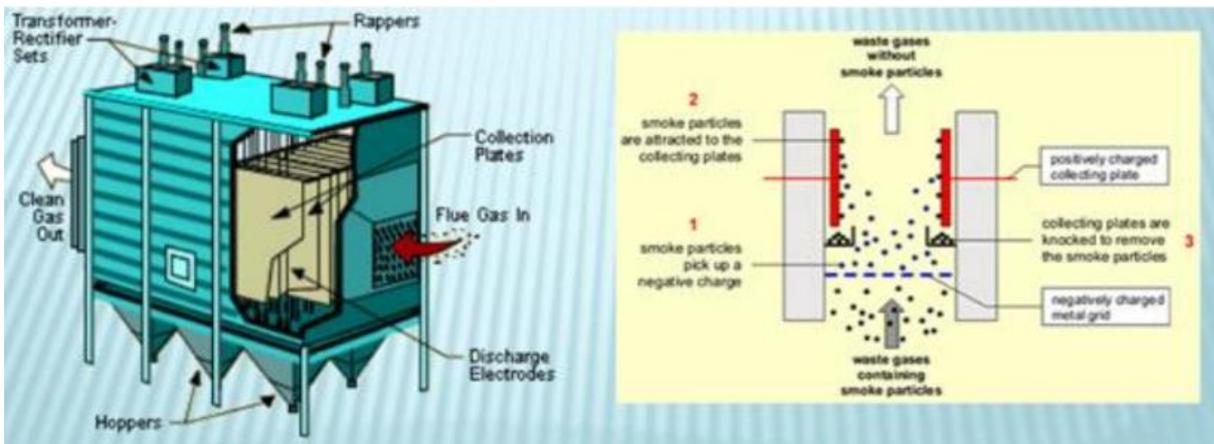


Figura 27: precipitador electrostático

- **Lavadores Venturi:** Usados para eliminar partículas de diámetro reducido pueden emplearse lavadores Venturi asociados a precipitadores electrostáticos. Dichos lavadores o scrubbers son reactores donde ocurre la reducción de los elementos a eliminar. Esto ocurre atravesando a contracorriente el gas con una solución acuosa de reactivo (en el caso de los húmedos y semihúmedos) o con el reactivo pulverizado (scrubber seco).

En ellos las partículas contaminantes se transfieren al agua pulverizada para depositarse posteriormente en los electrodos.

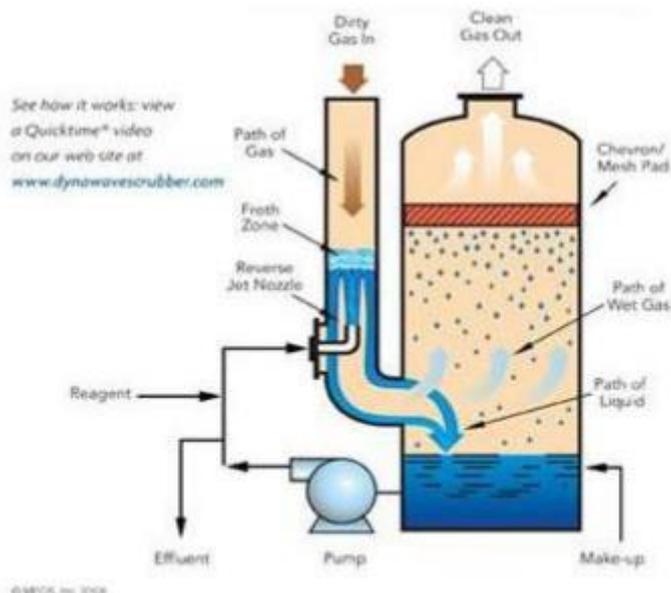


Figura 28 : lavador de Venturi



	Filtro de Manga	Precipitador Electrostático	Lavador Venturi
Ventajas	Baja pérdida de carga	Alta eficiencia en partículas menores	Bajo costo inicial
	Recolección de partículas resistivas	Bajo costo de operación	Operación simple
			Puede recolectar gases
Desventajas	Exige enfriamiento cerca de 250°C	Alto costo inicial	Alta pérdida de carga
	No puede usarse en corrientes húmedas	No es flexible	Genera efluente líquido
			Alto costo operacional
			Poco eficiente para partículas menores

Tabla 11: comparación entre equipos para tratamiento de gases

CONTROL DEL GAS ACIDO

Las unidades más comunes para el control ácido son los scrubbers. Los scrubber de cal seguidos por filtros de manga son considerados la mejor tecnología de control de gas ácido. Un lodo de cal que reacciona con los gases ácidos es atomizado en el scrubber. El agua del lodo se evapora enfriando el gas, el particulado y los productos obtenidos de la reacción anterior son retenidos por



un filtro manga. Este tipo de sistema es usado para controlar las emisiones de dióxido de azufre, ácido clorhídrico, partículas, metales, dioxina y furanos.

Otro sistema de control de gas ácido es el de inyección de absorbente seco seguido por enfriamiento del gas y precipitador electrostático

Si bien es amplia la gama de equipos disponibles para extraer los elementos nocivos de los gases de combustión, podemos distinguir tres tipos de sistemas de tratamiento de gases:

- Sistema de extracción húmedo simple: constituido por un scrubber húmedo, precipitador electrostático, filtro de mangas y chimenea.
- Sistema de extracción seco: constituido por un scrubber seco, precipitador electrostático, filtro de mangas y chimenea.
- Sistema de extracción semi húmedo avanzado: constituido por un scrubber para la reacción de gases ácidos, scrubber para reacción de sulfuros, precipitador electrostático, filtros de manga, sistema de inyección de amoníaco en cámara de combustión, y reactor de SRC (reacción catalítica selectiva) para la reducción de óxidos de nitrógenos.



DESCRIPCION Y DIMENSIONAMIENTO

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

GENERACIÓN DE RESIDUOS

Para el diseño de la planta es fundamental conocer la cantidad de residuos a tratar, así como la composición cualitativa de estos. Para esto, se recurrió a datos oficiales del CEAMSE en donde se detalla la cantidad de residuos generados por zona.

A continuación, se muestra una tabla que contiene las toneladas de RSU generadas entre 2009 y 2017 en cada uno de los municipios que corresponden a la zona donde se establecerá la planta. Cabe destacar que las bolsas verdes recolectadas en las distintas ciudades son enviadas a cooperativas para su posterior reciclado. Por lo que los números de la siguiente tabla corresponden a la cantidad que llega al CEAMSE para disposición final.

AÑO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
BERISSO	18.751,3	19.556,3	24.241,4	23.093,9	25.057,4	25.223,7	25.380,4	24.971,9	26.463,9
ENSENADA	21.240,0	24.198,9	24.962,8	28.402,0	29.105,5	27.931,0	28.429,5	33.855,9	35.281,9
LA PLATA	188.306,3	177.280,9	167.694,8	229.391,2	218.921,5	173.030,9	207.812,7	276.455,9	308.413,6
BRANSEN	4.902,4	5.858,7	6.916,5	6.040,9	5.021,1	5.994,9	6.377,3	6.224,4	2.103,8
MAGDALENA	2.249,8	2.554,7	2.398,1	2.508,1	2.535,8	2.768,8	2.925,8	3.511,5	3.787,3
TOTAL	235.449,8	229.449,5	226.213,6	289.436,1	280.641,3	234.949,3	270.925,7	345.019,6	376.050,5

Figura 29 : Cantidad de toneladas de RSU que ingresaron al CEAMSE provenientes de distintos municipios en el periodo 2009-2017

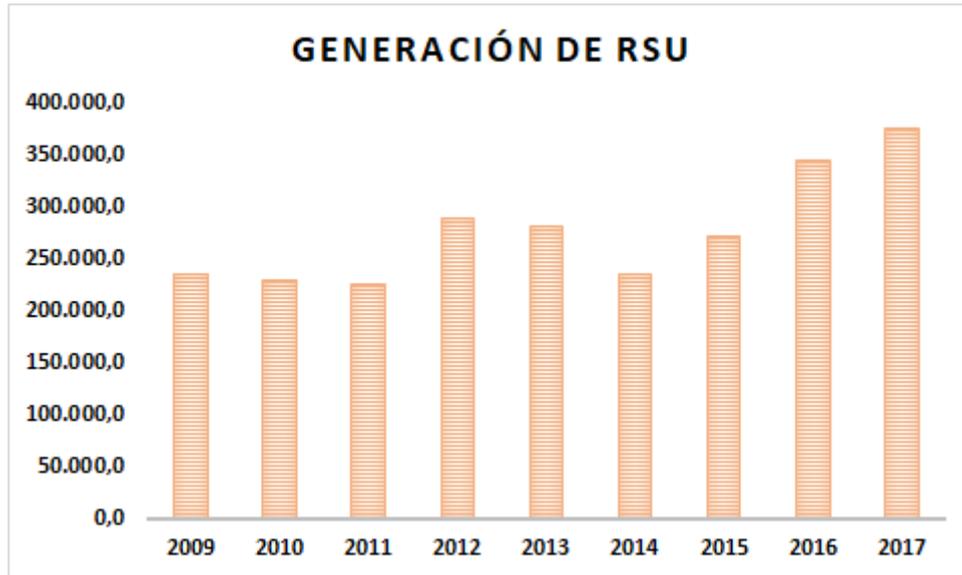


Figura 30: Toneladas de RSU generados en los periodos 2009-2017

Como puede observarse, desde el 2014 la producción de residuos ha ido aumentando considerablemente pasando de 235.000 toneladas anuales en 2014 a 376.000 toneladas en 2017.

COMPOSICIÓN DE RESIDUOS

A partir de un estudio de calidad de los RSU realizado por el CEAMSE, de acuerdo a la actividad urbana predominante y el nivel socioeconómico del AMBA, se calculó el valor en toneladas de RSU generados en la zona de La Plata y alrededores, en base al porcentaje de composición de residuos, obteniéndose los siguientes resultados:



Componentes	Porcentaje	Producción RSU
Papeles y Cartones	14,40%	150,42
Diarios y Revistas	3,32%	34,68
Papel de Oficina (Alta Calidad)	1,49%	15,56
Papel Mezclado	6,22%	64,97
Cartón	2,84%	29,67
Envases TetraBric	0,52%	5,43
Plásticos	12,60%	131,62
PET (1)	1,62%	16,92
PEAD (2)	1,14%	11,91
PVC (3)	0,46%	4,81
PEBD (4)	5,23%	54,63
PP (5)	2,14%	22,35
PS (6)	1,61%	16,82
Otros (7)	0,40%	4,18
vidrio	3,86%	40,32
verde	2,24%	23,4
ambar	0,28%	2,92
blanco	1,33%	13,89
plano	0,01%	0,1
Metales Ferrosos	1,29%	13,48
Metales no Ferrosos	0,44%	4,6
textiles	4,65%	48,57
madera	1,05%	10,97
Goma, cuero, corcho	1,00%	10,45
Pañales Descartables y Apositos	5,19%	54,21
materiales de construcción y	4,78%	49,98
Residuos de poda y jardín	4,94%	51,6
Residuos Peligrosos	0,28%	2,92
Residuos Patógenos	0,41%	4,28
Medicamentos	0,37%	3,86
Desechos alimenticios	43,56%	455,02
Miscelaneos Menores a 25,4 mm	0,19%	1,98
Aerosoles	0,00%	0
Pilas	0,00%	0
Material Electronico Otros	0,04%	0,42
otros	0,95	992,35

Figura 31 : Composición de RSU



Contenido de materiales potencialmente valorizables

En el estudio de Calidad de Residuos se llevó a cabo una estimación de generación de los materiales presentes en los residuos que son potencialmente valorizables para la generación de energía, sobre la base de los datos del Estudio de Calidad desarrollados y tomando en cuenta su poder calorífico y contenido de humedad. Los componentes analizados fueron los siguientes:

- papeles y cartones
- plásticos
- materiales textiles
- madera
- pañales y apósitos descartables
- desechos alimenticios
- residuos de jardín y poda

Se tomaron en cuenta la presencia porcentual de estos componentes, así como la presencia de contaminantes presentes en el flujo de los residuos, con su grado de afectación particular a cada uno de ellos, según lo establecido en la bibliografía.

Del total de residuos generados y recolectados se estima que el 69 % sería material potencialmente valorizable térmicamente.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO

En el análisis y diseño de sistemas de incineración hay pocos parámetros que son importantes como el calor de combustión; el calor de combustión o también denominado poder calorífico es la cantidad de calor liberado cuando se quema por completo una unidad de combustible y los productos de la combustión se enfrían a temperatura ambiente. El poder calorífico será diferente dependiendo de si el agua en los productos de la combustión se halla en forma líquida o vapor. Se le denomina poder calorífico inferior (PCI) cuando el agua sale en forma de



vapor y poder calorífico superior (PCS) cuando el agua en los gases de combustión se condensa por completo.

El contenido energético de los residuos sólidos se puede determinar mediante dos métodos:

- a) Con una bomba calorimétrica de laboratorio (PCS)
- b) Por cálculo, si se conoce la composición elemental de los residuos.

A través de los textos de termodinámica, física y química que brindan las herramientas necesarias para el cálculo del poder calorífico de las sustancias puras. Sin embargo, estas correlaciones no son apropiadas para calcular el poder calorífico de mezclas complejas. Con una bomba calorimétrica por medio de mediciones directas se puede obtener el PCS, y mediante fórmulas de conversión se puede encontrar el PCI.

El poder calorífico superior de los RSU puede ser estimado a través de una combinación lineal de la composición elemental en peso de los componentes en base seca.

A continuación, en la Tabla 12. Se muestra el análisis elemental de los componentes de los RSU, Porcentaje (%) en peso (base seca); esto quiere decir que 1kg de RSU contiene 50,48% de C y así con los demás elementos.

Composición elemental en peso (base seca) de los RSU.

RSU	BASE SECA	PORCENTAJE
	C	50,85
	H2	6,45
	S	0,19
	O2	31,57
	N2	1,58
	CENIZAS	9,51
	Humedad	45,02

Figura 32: Componentes de los RSU, Porcentaje (%) en peso (base seca)



La ecuación basada en el concepto termoquímico para estimar la entalpía de combustión (PCS) de los RSU, esta correlación se muestra a continuación:

$$PCS=(1-\%H_2O/100)(-0.3708(\%C)-1.1124(\%H)+0.1391(\%O)-0.3178(\%N)-0.1391(\%S))(-1000) \text{ [kJkg]} \quad (1)$$

Esta ecuación es utilizada en este trabajo para predecir el poder calorífico superior de los RSU.

La relación entre los poderes caloríficos puede ser expresada con la ecuación 5.

$$PCI=PCS-52,397*(H)*4,184 \quad (5)$$

Dónde: PCI [kJkg], H es el porcentaje de hidrógeno contenido en el combustible y la constante 4,184 es un factor de conversión de unidades.

En nuestro proyecto, según la composición de los RSU, se llegó a los siguientes resultados:

$$PCS=(1-45.2\%H_2O/100)(-0.3708(50.85\%C)-1.1124(6.45\%H)+0.1391(31.57\%O)-0.3178(1.58\%N)-0.1391(0.19\%S))(-1000)$$

$$PCS=8545.56 \text{ Kj/Kg}$$

$$PCI=12105.32-(52.397*6.45*4.184)$$

$$PCI=12105.32-1414.02$$

$$PCI=7131 \text{Kj/Kg} = 1706 \text{ Kcal/kg}$$



DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA

Para estimar la generación futura de residuos se procedió a realizar una proyección con datos como el PBI, el IPC y la población en la Provincia de Buenos Aires. Ninguno de estos regresores podía explicar el comportamiento histórico de la generación de RSU, por lo que este método quedó desestimado. Por este motivo se decidió evaluar la generación de los últimos años para estimar la capacidad de la planta y optar por la construcción modular como método para modificar la capacidad de la planta en caso de variaciones importantes en la generación.

En los últimos 2 años hubo un crecimiento de 9% anual en la cantidad de residuos. Sin embargo, comparado con los años anteriores, la tasa de crecimiento disminuyó considerablemente teniendo en cuenta que, por ejemplo, en 2016 fue de 15%.

Se decidió entonces, tomar este 9% como referencia para contemplar un aumento futuro similar, esperando que la tasa de crecimiento vaya disminuyendo año a año, pudiendo igualmente hacer una ampliación modular en caso de necesitarlo.

Si por el contrario, resulta ser que la generación disminuye se plantea como opción tomar parte de los RSU que actualmente se destinan a la estación de transferencia de Almirante Brown para cubrir la capacidad mínima necesaria de la planta y a la vez aliviar la carga de residuos al complejo Norte III.

Por lo cual la planta tendrá una capacidad de 1500 toneladas por día y una operativa de 1200. Consideraremos estos valores para realizar los cálculos tanto de dimensionamiento como de planificación.



METODOLOGÍA DE DISEÑO CALDERA, TURBINA Y GENERADOR

Para definir los estados termodinámicos es necesario partir de información que es suministrada por normas técnicas o que son parámetros de diseño y deben ser tenidos en cuenta para un buen funcionamiento de la planta. A continuación, se enuncian estos parámetros:

- $(\Delta T)_{f.e}$: incremento de la Temperatura del fluido de enfriamiento=15°C
- $(\Delta T)_{min}$: diferencia mínima de temperatura entre el fluido frío y el vapor.
- Potencia de la red o consumo: $\dot{W}_{con}=\dot{W}_{neta}*\eta_{mec}* \eta_{trans}*\eta_{aux}* \eta_{gen}$
- X: Calidad real en la salida de la turbina.
- C.E.V o SR (steam rate): Es un índice que relaciona la cantidad de vapor necesario para generar potencia eléctrica en las turbinas, nos relaciona el flujo másico del vapor con la potencia de la red; valor que depende del criterio del diseñador y está comprendido entre 5-7 [kg kW-h].
- $(\Delta T)_{k-T}$: = caída de temperatura entre la caldera y la turbina.
- $(\Delta P)_{B-T}$: caída de presión entre la última bomba y el ingreso a la turbina.
- DTF: diferencia de temperaturas de los fluidos en regeneradores de tipo superficie.
- η_{mec} : eficiencia mecánica,
- η_{trans} : eficiencia del transformador,
- η_{gen} : eficiencia del generador,
- η_{aux} : eficiencia de equipos auxiliares.

Para nuestro caso el diseño de la planta de utilidades tendrá la siguiente disposición:

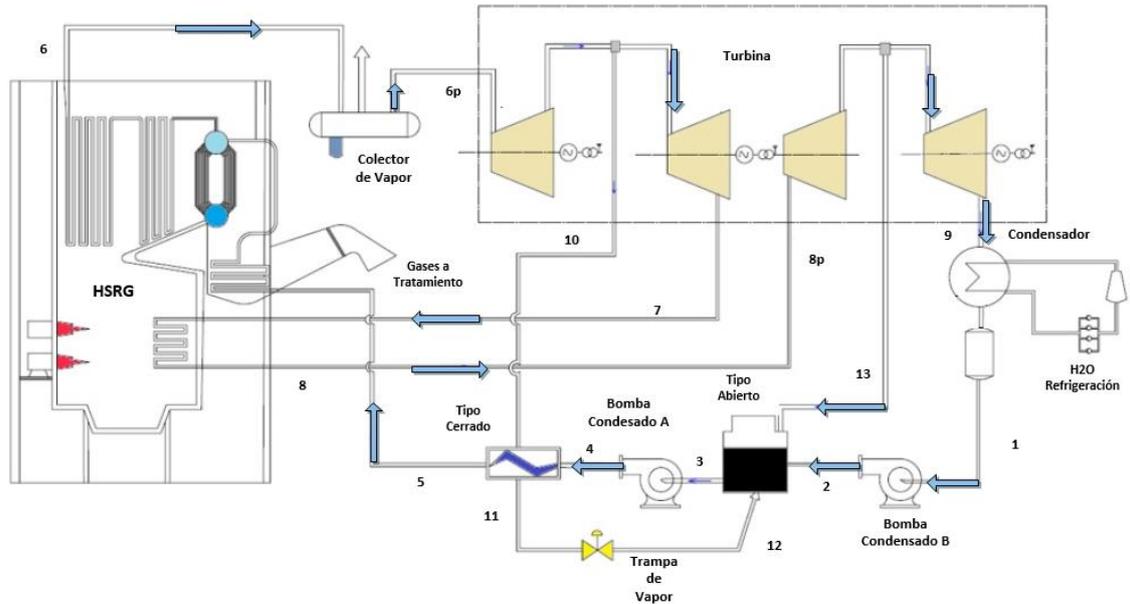


Figura 33: Sistema de conversión de energía de la planta

El sistema de conversión de energía está compuesto por una caldera recuperadora de calor (HRSG) donde se genera vapor sobrecalentado. Este flujo a alta presión es llevado a un colector de vapor tipo cilindro donde el vapor puede ser almacenado, para luego ser utilizado en el proceso industrial o para la generación de potencia al hacerlo pasar por la turbina de vapor. Ésta planta cuenta con un proceso de recalentamiento, con el fin de asegurar un valor alto de la calidad en la salida de la turbina, dos regeneradores (uno tipo abierto y otro cerrado), dos bombas tipo centrífugas y una trampa de vapor para garantizar vapor saturado en la salida del regenerador cerrado.

En la Tabla se muestran las condiciones de diseño que se emplearon

PARÁMETRO DE DISEÑO	VALOR
\dot{w}_{cons}	20000 kW
C.E.V	6 kg/kW·h



X	0,89
DTF	2 °C
(ΔP)B-T	200 kPa
(ΔT)k-T	70 °C
(ΔT)min	10 °C
(ΔT)f.e	15 °C
η_{mec}	0,96
η_{trans}	0,97
η_{aux}	0,98
η_{gen}	0,99
η_{cald}	0,81
η_b	0,73
η_{TVAP}	0,85
η_{TVBP}	0,85
TO	25 °

Figura 34: Parámetros y condiciones de diseño

Se empieza definiendo la presión de condensación, esto se logra realizando el diagrama de evolución de temperatura en el condensador, tal como muestra la figura siguiente:

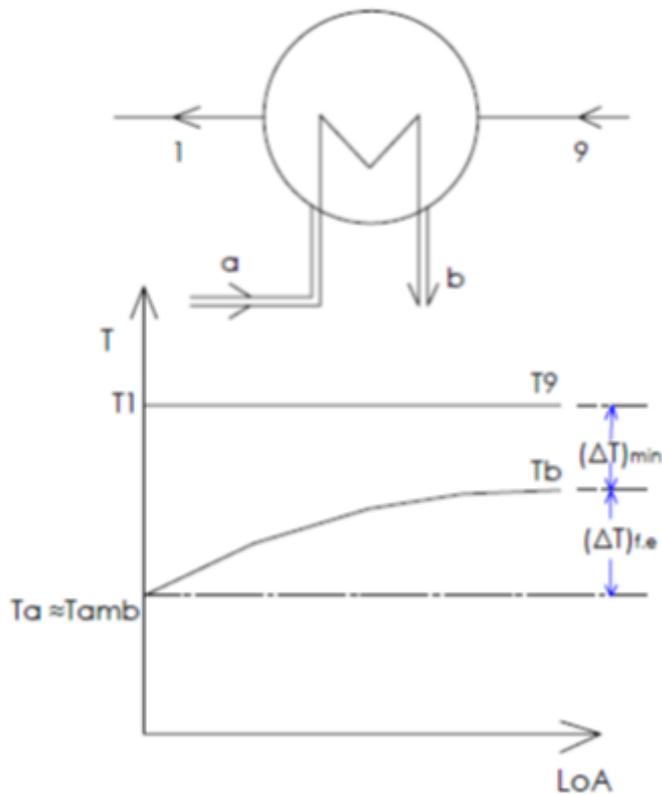


Figura 35: diagrama de evolución de temperatura en el condensador

De este diagrama se tiene que $T_9 = T_1 = T_o + (\Delta T)_{f.e} + (\Delta T)_{min}$, sub índices de acuerdo a la numeración de los estados termodinámicos de la Figura 35. La presión de condensación es entonces la presión de saturación a la temperatura del condensador.

El proceso de condensación se asume como un proceso isobárico, donde el fluido de enfriamiento es agua y la curva de temperatura del mismo es creciente de forma parabólica, esto se debe a que su cantidad es diferente al flujo de vapor. El estado 9 queda entonces definido con la presión de condensación y la calidad real en la salida de la turbina.

El consumo específico de vapor se define como:

$$C.E.V = \dot{m}_{vapor} \cdot t_e \cdot \dot{W}_{cons}$$



De esta expresión, se determina el flujo de vapor total del ciclo que es tentativo y sirve para determinar los demás estados termodinámicos.

Para definir las propiedades del fluido en la entrada de la turbina se debe plantear la 1ra ley de la termodinámica en este dispositivo y realizar las siguientes dos aproximaciones:

1. La potencia neta es aproximadamente igual a la potencia de la turbina de baja presión debido a que las bombas requieren de muy poca demanda de energía comparada con la generada por el turbogenerador.
2. Las turbinas tanto de baja como de alta solo tienen una entrada y una salida.

De este modo se tiene el valor de la entalpía del punto 8p:

$$\dot{W}_{\text{neto}} \cong \dot{W}_{\text{TV}} \cong \dot{m}_{\text{vapor}} \cdot (h_{8p} - h_9)$$

Para definir por completo los estados termodinámicos, es necesario conocer dos propiedades intensivas independientes, para el caso del estado 8p, solo se conoce la entalpía y sería necesario determinar la entropía de este punto; para esto se plantea la fórmula de eficiencia isentrópica de la turbina de baja, se determina la entalpía ideal en 9 (h_{9s}), posteriormente la entropía ideal de 9 (s_{9s}) y entonces

$$s_{8p} = s_{9s}$$

La eficiencia isentrópica de la turbina de baja presión se define como

$$\eta_{\text{TVBP}} = \frac{h_{8p} - h_9}{h_{8p} - h_{9s}}$$

El estado 8, se determina con las siguientes dos propiedades:

$$P_8 = P_{8p} + (\Delta P)_{B-T} = \text{Precalentamiento}$$

$$T_8 = T_{8p} + (\Delta T)_{k-T}$$



SISTEMA DE RECALENTAMIENTO

Este proceso consiste en una vez que el vapor pasa por la turbina de alta presión, éste se hace regresar hacia la caldera para calentarlo (alcanzando la temperatura de salida de caldera) y expandirlo nuevamente en una turbina de baja presión. Un objetivo de este proceso es aumentar la temperatura media de suministro de calor siempre y cuando la presión de recalentamiento no sea demasiada baja, por consiguiente, debe haber una presión óptima de recalentamiento en algún punto comprendido entre la presión de caldera y presión de condensación para la cual la eficiencia del ciclo sea máxima. Para ciclos irreversibles no regenerativos, esta presión óptima de recalentamiento es alrededor de la cuarta parte de la presión inicial de caldera.

Por lo tanto, la presión de caldera será:

$$P_{caldera} = P_6 = 4 * P_{recalentamiento};$$

$$T_6 = T_8$$

Entonces con la ecuación de la presión en la caldera, queda definido el estado termodinámico en la salida de la caldera recuperadora de calor.

El estado 6, se determina con las siguientes dos propiedades:

$$P_{6p} = P_6 - (\Delta P)_{B-T}$$

$$T_{6p} = T_6 - (\Delta T)_{k-T}$$

Para el estado 7 ideal (7s), se conoce la presión, que es la de recalentamiento y la entropía (s7s) que es la misma de 6, con estas dos propiedades se encuentra la entalpía ideal en 7 (h7s) y se utiliza la expresión de la eficiencia isentrópica de la turbina de alta , para determinar el estado 7 real.

$$\eta_{TVAP} = \frac{h_{6p} - h_7}{h_{6p} - h_{7s}}$$



Sistemas de Regeneradores o Calentadores tipo Cerrados y Abiertos

El ciclo Rankine, aunque siempre es reversible, es afectado por la baja temperatura a la que entra a la caldera el agua de alimentación de retorno, dicho problema puede remediarse utilizando vapor para precalentar el agua de alimentación internamente dentro del ciclo por medio de regeneradores tipo cerrados o también llamados de superficie y regeneradores tipo abierto también denominados de contacto directo. La eficiencia del ciclo de una planta de potencia incrementa con el calentamiento del agua de alimentación.

En los regeneradores de contacto se condensa el vapor que viene de la turbina por contacto directo con agua de alimentación que se rocía en el recipiente del calentador, y aquí se da el proceso de eliminación de los gases no condensables.

Los regeneradores tipo cerrado consisten en un calentador tubular de superficie, donde dos corrientes de fluido no se mezclan. Al momento de diseñar plantas si lo que se desea es obtener una reversibilidad completa el vapor debe de salir en forma condensada, o agua purgada, de este calentador y ésta tendría que ser llevada en cascada hacia atrás al calentador de contacto, que se encontrará a presión más baja en el tren de calentadores. Por esta razón la configuración de la planta en estudio.

Para encontrar la temperatura óptima final de la alimentación, se tiene que el delta de temperatura óptimo es:

$$(\Delta T)_{opt} = T_k - T_{min} (n+1)$$

Dónde: T_k es la temperatura de saturación a presión de caldera.

T_{min} es la temperatura mínima del ciclo y n es el número de regeneradores.

Ésta diferencia de temperatura óptimas puede expresarse también con las ecuaciones

$$(\Delta T)_{opt} = T_k - T_5$$

$$(\Delta T)_{opt} = T_5 - T_3$$



Para determinar la presión de la extracción 1 de la turbina de alta, se procede a realizar el diagrama de evolución de temperatura en el regenerador cerrado, como muestra la Figura 5.

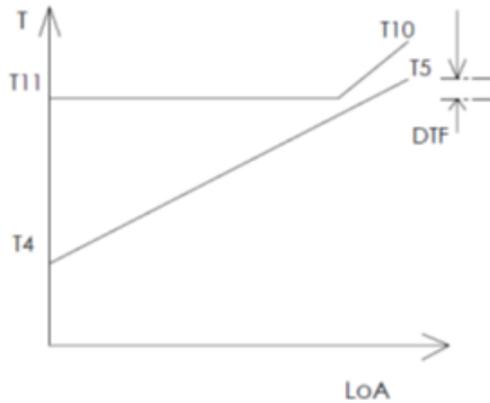


Figura 36. Diagrama de evolución de temperaturas en el regenerador cerrado

Donde $DTF = T5 - T11$, como $T5$ es conocido y DTF es un criterio de diseño, se puede determinar $T11$ y la Presión de 11 será la presión de saturación a $T11$, debido a que la calidad en ese estado es cero. La entalpía ideal del estado 10 (h_{10s}) se puede determinar ya que se conoce la presión de 10 y la entropía del estado 6_p. El estado 10 real se define con la ecuación de la eficiencia isentrópica de la turbina de alta presión.

$$\eta_{TVAP} = \frac{h_{6p} - h_{10}}{h_{6p} - h_{10s}}$$

El estado termodinámico 12 se puede determinar con:

$$T_{12} = T_3 + (\Delta T)_{\min} \quad P_{12} = P_{\text{sat}}@T_{12} = P_3 = P_{13} = P_2$$

Para finalizar con las propiedades de los estados solo basta con definir el estado 13 y esto se consigue con la ecuación de la eficiencia isentrópica de la turbina, ecuación:

$$\eta_{TVBP} = \frac{h_{8p} - h_{13}}{h_{8p} - h_{13s}}$$



Para encontrar los flujos máscicos de cada una de las líneas, es necesario realizar balances de energía y ecuación de continuidad en cada uno de los componentes del ciclo, estas ecuaciones se expondrán a continuación, componente por componente.

Balances de masa:

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6 = \dot{m}_{\text{vapor.ten}}$$

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_8$$

$$\dot{m}_5 + \dot{m}_7 = \dot{m}_6 + \dot{m}_8$$

Aplicando primera ley de la termodinámica al agua que fluye por el interior de las tuberías se tiene la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_{\text{cald}} = \dot{m}_{\text{vapor.ten}} \cdot (h_6 - h_5) + \dot{m}_7 \cdot (h_8 - h_7)$$

Este calor también se puede expresar con la ecuación:

$$\eta_k = \dot{Q}_{\text{cald}} / (\dot{m}_{\text{RSU}} \cdot \text{PCI})$$

\dot{Q}_{cald} : Flujo de calor producido por el generador de vapor [kW]

η_{cald} : Eficiencia térmica de los generadores, cuyo valor es 86%

PCI : Poder calorífico inferior de los RSU [kJ/kg]

\dot{m}_{RSU} : Cantidad de RSU quemados en el incinerador [kg/s]

Esta ecuación permite encontrar la cantidad de residuos sólidos urbanos a incinerar para una necesidad energética predeterminada.

Turbinas: Las turbinas son las encargadas en transformar la energía térmica del fluido, en energía mecánica, En el eje de estos dispositivos se le suele acoplar los generadores eléctricos, que se encargan en transformar la energía mecánica rotacional en electricidad. El análisis energético de la turbina se muestra en la ecuación:



$$\dot{W}_{TV} = \dot{m}_{\text{vapor}} \cdot \text{ten} \cdot h_{6p} + \dot{m}_7 \cdot h_{8p} - \dot{m}_{10} \cdot h_{10} - \dot{m}_{13} \cdot h_{13} - \dot{m}_9 \cdot h_9 - \dot{m}_7 \cdot h_7$$

Regenerador cerrado: Es un intercambiador de calor, en el cual hay transferencia de calor entre dos corrientes de fluidos que no se mezclan o que no tienen contacto entre sí. Para realizar el análisis del regenerador cerrado, es necesario plantear balances de masa y energía las cuales se describen en las siguientes ecuaciones:

$$\dot{m}_{10} = \dot{m}_{11}$$

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_5$$

$$\dot{m}_{10} + \dot{m}_4 = \dot{m}_{11} + \dot{m}_5$$

$$\dot{m}_{10} \cdot (h_{10} - h_{11}) = \dot{m}_5 \cdot (h_5 - h_4)$$

Regenerador abierto: también es conocido como desarenador, es un dispositivo encargado en la eliminación de los gases no condensables, como dióxido de carbono, oxígeno que se presenta en el fluido de trabajo. Otra función importante de este equipo es el almacenamiento de fluido para momentos de parada de la planta. El análisis de este elemento se realiza siguiendo las ecuaciones, que corresponden a los balances de masa y energía.

$$\dot{m}_{13} + \dot{m}_2 + \dot{m}_{12} = \dot{m}_3 \quad (31) \quad \dot{m}_{13} \cdot h_{13} + \dot{m}_2 \cdot h_2 + \dot{m}_{12} \cdot h_{12} = \dot{m}_3 \cdot h_3$$

Condensador: Es el foco frío del ciclo Rankine y se materializa mediante intercambiadores de calor. Su misión es condensar el vapor húmedo que sale de la turbina para obtener agua líquida saturada, que será la que recojan las bombas para impulsarlas hacia el regenerador o caldera. En este diseño se utilizarán condensadores con refrigeración en circuito cerrado y torres de refrigeración; aquí el fluido de enfriamiento se enfría en las torres de refrigeración donde, finalmente, se evacua el calor a la atmósfera.

Bomba: Es un componente cuya función es transportar el fluido de trabajo, esto debido a cambios de energía cinética y de presión. En este sentido, la potencia real consumida por las bombas será calculada utilizando la ecuación:



$$\dot{W}_b = [\dot{m} \cdot v_e \cdot (P_s - P_d)] / \eta_b$$

Donde:

\dot{m} : Corresponde al flujo másico a través de la bomba [kg/s]

v_e : Volumen específico del fluido en la entrada de la bomba [m³/kg]

$(P_s - P_d)$: Diferencia de presiones entre la entrada y salida de la bomba [kPa]

η_b : Eficiencia isentrópica de la bomba

\dot{W}_b : Potencia de consumo real de la bomba [kW]

Posteriormente de plantear balances de masa y energía en cada uno de los dispositivos que componen la planta y de conocer las propiedades termodinámicas de los estados, se procede a encontrar la cantidad real de vapor generado en la caldera (\dot{m}_6), esto se consigue planteando la ecuación de potencia neta de la planta.

$$\dot{W}_{neta} = \dot{W}_{TV} - (\dot{W}_{b1} + \dot{W}_{b2})$$

$$\dot{W}_{TV} = \dot{m}_6 \cdot h_{6p} + \dot{m}_7 \cdot h_{8p} - \dot{m}_{10} \cdot h_{10} - \dot{m}_{13} \cdot h_{13} - \dot{m}_7 \cdot h_7 - \dot{m}_9 \cdot h_9$$

$$\dot{W}_{b1} = \dot{m}_9 \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\dot{W}_{b2} = \dot{m}_6 \cdot (h_4 - h_3)$$

Donde la única incógnita es \dot{m}_6 , correspondiente a la cantidad real de vapor generado en la caldera.

Para evaluar el rendimiento del ciclo y de la planta se utilizan las ecuaciones:

$$\eta_{ciclo} = \frac{\dot{W}_{neta}}{\dot{Q}_{caldera}}$$
$$\eta_{planta} = \frac{\dot{W}_{neta}}{\dot{m}_{RSU} \cdot PCI}$$

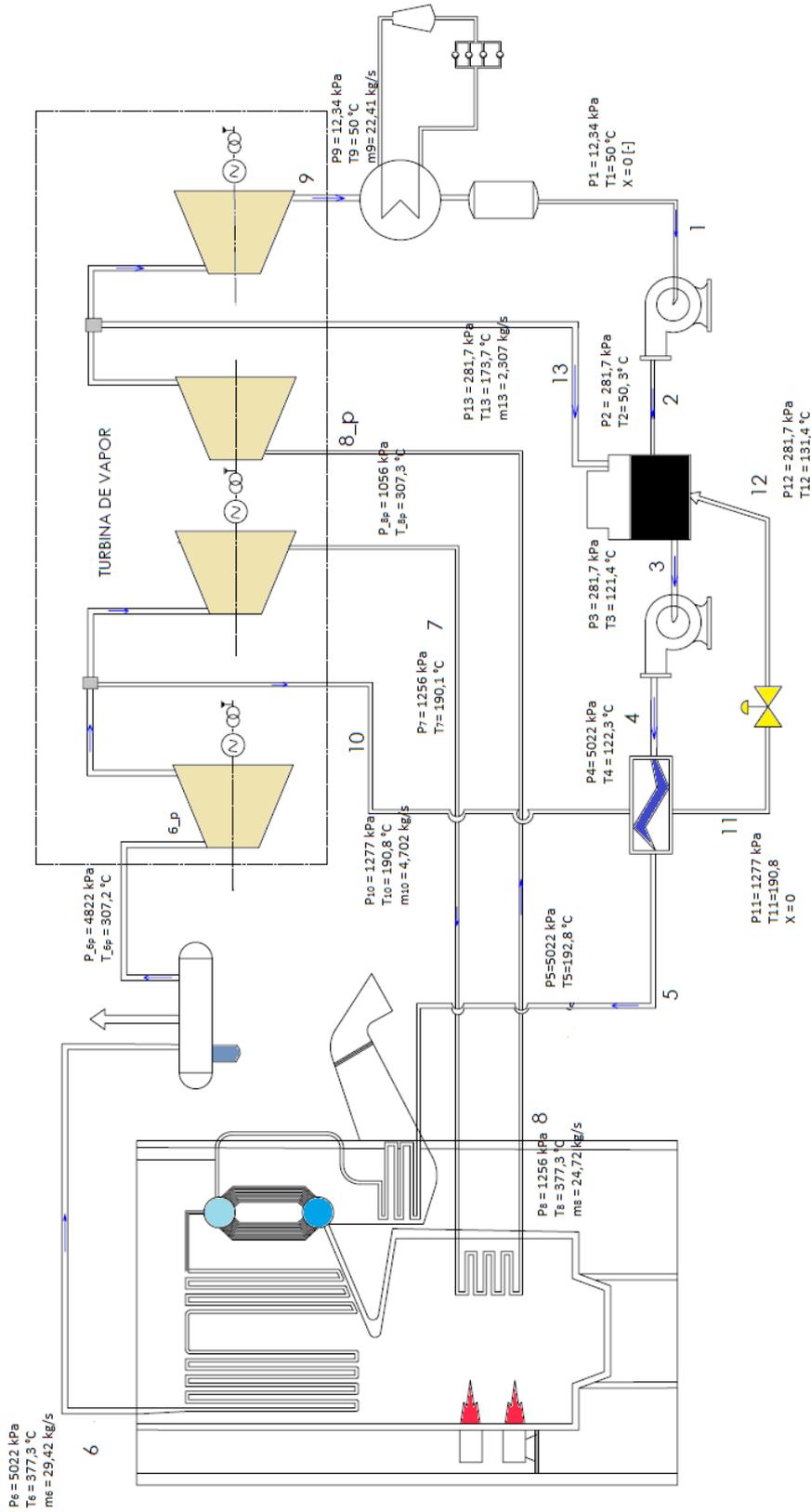


Figura 37: Diagrama ciclo Rankine



DATOS TECNICOS DE DISEÑO

Para una necesidad energética de 22 MW por turbina, la planta se operará en las siguientes condiciones calculadas:

Punto	P [kPa]	T [°C]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	v [m ³ /kg]
1	12,34	50	209.3	0,7037	0,001012
2	281,7	50,03	209.7	0,704	0,001012
3	281,7	121.4	509.9	1,539	0,001062
4	5022	122.3	516.8	1,548	0,00106
5	5022	192.8	821.9	2,257	0,001142
6	5022	377,3	3138	6,557	0,05493
7	1256	190,1	2718	6,361	0,151
8	1256	377,3	3211	7,281	0,2345
9	1256	190,1	2718	6,361	0,151
10	1277	190,8	2721	6,359	0,1487
11	1277	190,8	811.3	2,244	0.00114
12	281,7	131,4	811.3	2,289	0,07762
13	281,7	173,8	2812	7,224	0,7183
6p	4822	307.2	2970	6.280	0.0514
8p	1056	307.3	3080	7.125	0.2579

Figura 38: condiciones de operación de la planta

Estos datos fueron obtenidos por medio de EES (Engineering Equation Solver), la función básica de este software es la resolución numérica de ecuaciones algebraicas y diferenciales no lineales. Además, el EES suministra funciones integradas propias y termodinámicas para muchos fluidos.



PLANIFICACIÓN

Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta que la planta trabajará 350 días al año. Los días no laborables son considerados para paradas programadas o imprevistas que puedan llegar a tener lugar durante la operación de la misma. La planta operará las 24 horas, en 3 turnos de 8 horas. Las horas efectivas de trabajo año serán:

$$24 * 350 = 8.400 \text{ horas/año}$$

Teniendo en cuenta que los días domingo no se recibirán camiones, de lunes a sábados deberá reservarse parte de la carga para ser utilizada el domingo. Ya que, al ser un proceso continuo, deberá mantenerse operativa la planta y habrá que asegurarse un stock para procesar.

Para poder calcular el volumen de la fosa y la capacidad de la planta también es importante considerar el stock de seguridad.

Si el arribo de residuos fuera perfectamente uniforme a lo largo del tiempo, no necesitaríamos stock de seguridad. Este surge por la incertidumbre de la carga a la planta y la falta de recolección de los domingos, absorbiendo también imponderables como paro de camiones.

$$SS = K \sqrt{T \sigma_d^2 + D^2 \sigma_t^2}$$

NS	84%
k	1
T	0,867
vT	0,077
D	1438,045
vD	100

	Tn RSU
SS/día	144,58
SS/semana	867,48

Figura 39 a: cálculo de RSU necesarios para garantizar la continuidad del funcionamiento de la planta



Un punto importante del cálculo es la variabilidad de la generación, la cual fue calculada teniendo en cuenta los datos de los últimos 3 años, resultando ser de 100 tn/día. Se tomó un nivel de servicio del 85% considerando que ese será el porcentaje que se procesará por día del total de carga que llega.

El cálculo arrojó un resultado de 145 toneladas a stockearse por día, lo que suma 868 toneladas por semana. Este valor aproximado será la cantidad mínima de RSU que será procesado el domingo.

Además, se contará con dos días de stock adicionales para paliar cualquier imponderable y poder asegurar la existencia de residuos como carga a la planta.

La carga al horno se irá planificando de forma mensual de acuerdo a la variabilidad de residuos que ingresen por día.

Si ocurre que durante varios días se repite el ingreso máximo de RSU:

Se irá dejando más cantidad de lo habitual en la fosa de alimentación para procesar el domingo. Además, hay que tener en cuenta que la capacidad de la planta es de 1500 toneladas, por lo que en momentos donde se acumule residuos por encima del valor deseado, se puede utilizar la capacidad máxima del horno la cantidad de días que sea necesario hasta equilibrar el nivel de stock.

En caso de recibir la cantidad de RSU mínima:

Se destinará menor cantidad al stock de seguridad. En casos extremos donde toda la semana haya ingresado la carga mínima, se puede optar por operar el horno a la mitad de su capacidad.

Carga Mínima diaria 1311,28 toneladas (por semana 1667,7 tn)

Carga Máxima diaria 1507,28 toneladas (por semana 1843,7 tn)

Esto también será válido para días de paro de camiones o para paros no programados de planta.



PAROS DE MANTENIMIENTO

Se irá regulando la carga con varios días de antelación para que la cantidad acumulada en los fosos sea la mínima posible. Una vez finalizado el paro, se procesará a máxima carga para poder vaciar el foso lo más pronto posible y en cuestión de aproximadamente 6 semanas volver a tener el stock de seguridad para seguir operando normalmente.

CÁLCULO DEL FOSO DE RECEPCIÓN

A la hora de diseñar los fosos se debe tener en cuenta una serie de fenómenos que tienen lugar en su interior:

- Descomposición microbiológica: al depositar comida y otros residuos, estos sufren inmediatamente descomposición microbiológica, como resultado del crecimiento bacteriano.
- Absorción de fluidos: debido a que los residuos almacenados tienen distintos niveles de humedad, se producirá un equilibrio de la misma.
- Contaminación de los componentes de residuos: es uno de los efectos más graves del almacenamiento de residuos. Su efecto es la reducción del valor de algunos productos que pueden ser reciclados.
- Producción de gases: Metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). Estos gases se producen con la descomposición anaerobia de la fracción orgánica biodegradable depositada en el foso.

Se analizaron los casos extremos de carga máxima, donde se evaluó la posibilidad de que se presente, por ejemplo, un mes en el cual no haya un solo día donde no ingresen residuos. Teniendo en cuenta los dos días fijos de stock



de seguridad más la cantidad máxima remanente del domingo, se tendrá un total de 5516 toneladas. Por lo tanto, según los cálculos, se requerirá de al menos el equivalente 4 días de almacenamiento en la fosa.

	Tn RSU
SS fijo	2876,00
Stock remanente máximo/mes	2640,00
Max. Acumulado en fosa /mes	5516,00
Días de Stock equivalente	3,84

Figura 39 b: cálculos de días de stock equivalente para la fosa de recepción

Para estimar la capacidad del foso de recepción, el punto más importante a considerar son las paradas por mantenimiento. Las mismas no suelen superar los 7 días, en los cuales, los residuos que ingresen a la planta no podrán ser procesados y deberán ser acumulados en la fosa. Por este motivo se decidió diseñar una fosa de alimentación constituida por dos fosos de una capacidad equivalente a 5 días de stock cada uno, ya que no es aconsejable el almacenamiento de residuos por más días. A la vez, la carga se hará intercaladamente en una fosa y otra cada día para evitar la acumulación en el fondo del foso, lo que puede provocar olores y descomposición de los RSU. La carga al horno, por tanto, también se realizará de manera intercalada.

El dato necesario para el cálculo del volumen del foso es la densidad de los RSU. Se toma un valor de 410 kg/m³, que es la densidad de los RSU compactados en los camiones:

- 1438 Tn/día
- 410 kg/m³



Nos queda como resultado 3507 m³/día, por lo que cada foso tendrá un volumen 17536 m³. Siendo de 45 x 26 x 15 mts cada uno

Entrada de Camiones a planta

Teniendo en cuenta que:

- La capacidad de carga de un camión es de 16m³.
- La densidad de la basura compactada es 410 kg/m³.
- Los RSU que ingresan a la planta por día promedio son 1438 tn.

En la planta ingresará un promedio de 219 camiones por día.

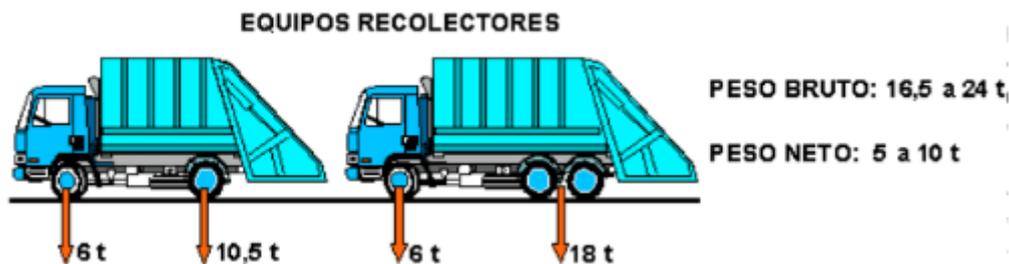


Figura 40: Equipos recolectores que ingresaran los RSU a la planta

CÁLCULO DE ALMACÉN DE CENIZAS

Para poder calcular el tamaño del almacén de cenizas la principal variable a considerar son las toneladas de RSU que ingresan al horno, debido a que la cantidad generada de cenizas va a depender de las toneladas de residuos procesadas. Se estima que durante la incineración se reduce en peso un 90% respecto del peso inicial.



Si bien la cantidad de residuos que ingrese al horno va a ser menor, para realizar el cálculo se consideró que como máximo el horno puede procesar 1500 Toneladas diarias. Con estos datos podemos estimar que se generarán aproximadamente 150 toneladas diarias de cenizas.

Teniendo en cuenta que el peso específico de la ceniza es aproximadamente $0,6 \text{Tn/m}^3$ se estima que diariamente necesitaríamos un almacén de al menos 250m^3 ¹. Si las cenizas van a ser retiradas, en principio, cada tres días se debe tener un almacén capaz de almacenar 459 toneladas, lo que se traduce en un espacio físico de 750m^3 .

¹ El cálculo se realizó considerando el máximo de residuos que puede procesar el horno y el mínimo en peso que puede reducirse, es decir, 90%. Como mencionamos antes, la planta va a procesar una cantidad menor por lo cual, con este tamaño de almacén las cenizas podrían retirarse cada 4 días en lugar de cada 3.



PROCESO PRODUCTIVO Y DETALLES DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE INCINERACIÓN CONTROLADA

ESTACIÓN 1: RECEPCIÓN DE MP

Este es el comienzo del proceso de transformación de los residuos sólidos urbanos, donde ingresan a la planta, se reciben desde el CEAMSE y se deposita en la fosa de almacenamiento para dirigirse a la estación de combustión.

Los RSU ingresan por medio de camiones conocidos como tipo cola de pato. Dichos camiones son recibidos en una sala de control, donde se los hace pasar por una báscula y se los pesa, para luego documentar y registrar la cantidad de materia prima que ingresó según procedimiento diario. Luego del control, los camiones se aproximan hacia la fosa de alimentación, donde depositan los residuos recolectado.



DIAGRAMA ESTACION N°1



LA BÁSCULA

En la báscula se toman los datos más relevantes de los camiones que ingresan, verificando desde la matrícula, tara, empresa de la que proceden y el peso de los residuos que transportan según procedimiento RSU_PG001 (ANEXO I). Todos estos datos se guardan en una base de datos, la cual nos permite saber a tiempo real todas las entradas y salidas de basura.



Figura 41 : recepción de camiones

Fosa de alimentación



Figura 42 : ejemplo de fosa de recepción cargada de RSU



Dicha fosa de alimentación receptiona los RSU, actuando como pulmón de la instalación, que luego pasan a la estación de combustión. Está equipada con un puente grúa y una tolva de alimentación. El foso se mantiene en constante depresión para asegurar que ninguna clase de malos olores o polvo se escape a la atmósfera.

El puente grúa, compuesto de dos pulpos de 8000 kg de capacidad, manejado por un operador, volcara los RSU en la tolva, dirigiéndose hacia la boca de carga del horno. Nunca funcionan a la vez los dos, se van cambiando cada hora para que los motores, maquinaria eléctrica y contactores en general no se sobrecalienten.

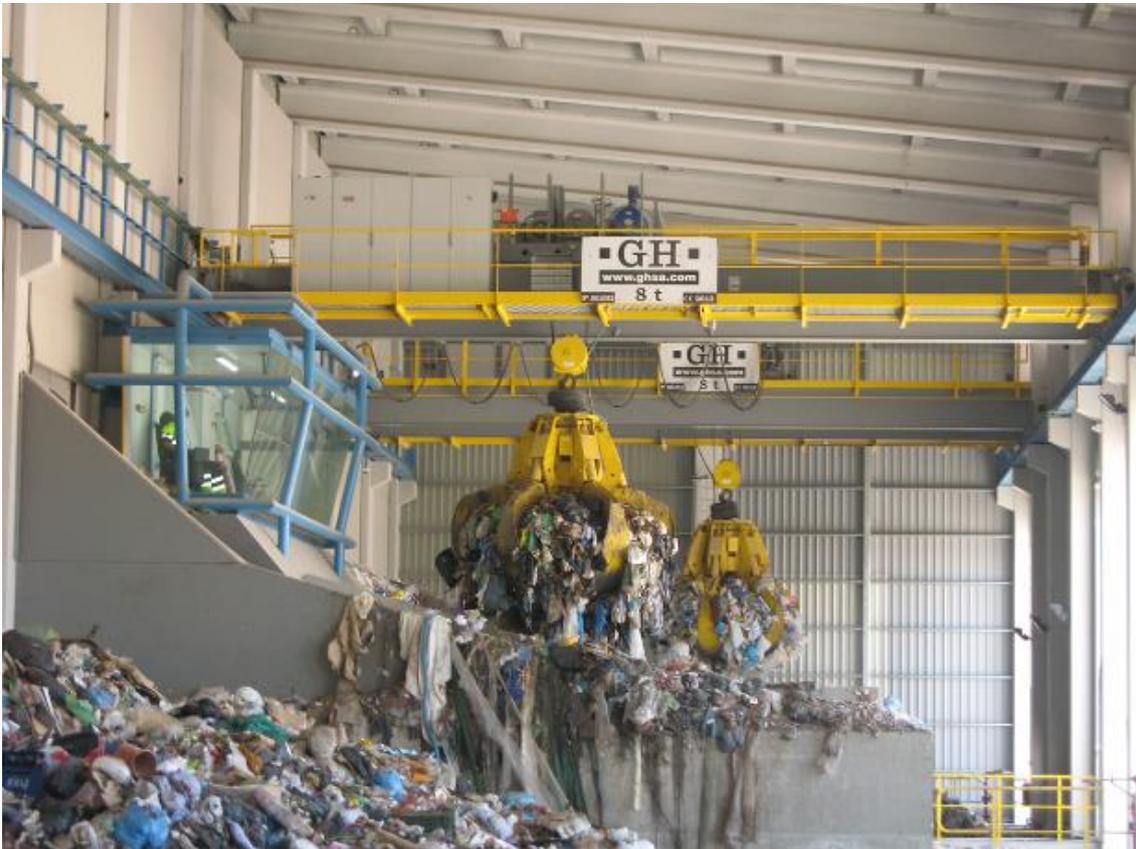


Figura 43: Modelos de puente grúas utilizados para trasladar los RSU desde la fosa a la tolva



SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE RESIDUOS

El sistema de alimentación de residuos al incinerador consta de las siguientes partes:

- Tolva de carga: Construida con chapas de acero de 6 mm de espesor con refuerzos y apoyos en perfiles de acero. La zona de carga contará con un recubrimiento de placas de desgaste.
- Conducto de carga: Comunica la tolva de carga con el alimentador del horno, y a través del mismo descenderán los residuos, impidiendo la entrada de aire falso al horno.

ESTACIÓN 2: INCINERACIÓN Y COMBUSTIÓN

Luego de la recepción de RSU, por medio de la tolva de alimentación, dichos residuos ingresan al horno de incineración, donde se logrará la combustión completa de estos, con la transformación de la materia prima sólida en gases de combustión y cenizas residuales.

Finalizada la combustión completa, por diferencia de densidad y peso, los gases se dirigirán hacia arriba donde por medio de un conducto ingresarán a la estación de transferencia de calor, y las cenizas precipitarán, serán volcadas en una tolva y se dirigirán hacia el sistema de extracción de cenizas, donde se acondicionarán y luego se derivarán a disposición final.



DIAGRAMA ESTACION N°2





PARÁMETROS DE CONTROL

Para conseguir una incineración correcta de los residuos y una minimización de los gases contaminantes, se deben controlar, además del tipo de residuos, los siguientes parámetros:

- El tiempo de residencia de los residuos en contacto con el oxígeno dentro de la cámara de incineración (tiempo de retención). Para lograr una combustión completa, los tiempos de residencia dentro de la cámara de combustión no deben ser menores a 2 segundos. Con estos tiempos de residencia se evita la formación de dioxinas y furanos.
- La relación entre las cantidades de oxígeno y de residuos que se mezclan. Para una combustión completa se debe lograr exceso de aire, por lo que se colocan sistemas de inyección de aire en la cámara.
- La temperatura en diferentes zonas del horno. Para una correcta y completa combustión, y así evitar la formación de compuestos cancerígenos como lo son las dioxinas y furanos, las temperaturas deben estar dentro de intervalos de 1000° a 1300° C.
- Precalentamiento del aire de combustión.
- Aislamiento térmico de las paredes del horno adecuado.
- Se debe conseguir un contacto eficiente del aire de combustión con los residuos para obtener una perfecta combustión.

Uso de quemadores auxiliares:

- Encendido del horno hasta los 850° C
- Apoyo a la combustión cuando la $T < 850^{\circ}$ C
- Regulador de la producción de vapor.

HORNO

Será del tipo de parrillas móviles. Dichas parrillas se dispondrán una al lado de la otra en sentido decreciente. Esto permitirá el avance de los residuos a



incinerar. Luego de la completa combustión de los residuos, por medio de un sistema de extracción se colectarán las cenizas, para su posterior tratado.

Dispondrá además de sistemas de inyección de aire primario y secundario para un control preciso de la combustión (con posibilidad de un terciario) y formación de la llama individualmente.

La parrilla puede dividirse en distintas zonas, en relación con los puntos de entrada de residuos y de aire, y de los fenómenos que tienen lugar sobre ella:

- Zona de secado: se produce una absorción de calor por los residuos para evaporar el agua contenida en los residuos alimentados; en esta zona la temperatura es inferior a 100°C.
- Zonas de precalentamiento e ignición: en ellas se produce el calentamiento de los residuos hasta la temperatura de ignición de los mismos, absorbiendo calor por radiación del resto del horno; la temperatura de los residuos asciende hasta unos 400 – 500 °C.
- Zona de ignición y combustión en las que se produce la ignición del combustible y se queman los volátiles procedentes de la desgasificación de los residuos y de la combustión de los componentes ligeros; la combustión se produce en la superficie de los residuos; zona de fuerte liberación de calor.
- Zona de postcombustión y apagado, en las que se produce la combustión de los componentes menos volátiles del residuo, (carbono fijo); la entrada de aire a través de la parrilla permitirá el enfriamiento de las escorias, antes de su descarga.

El siguiente esquema del horno de tipo parrillas móviles muestra las principales partes que lo conforman: sistemas de inyección de aire y el sistema de extracción de cenizas.

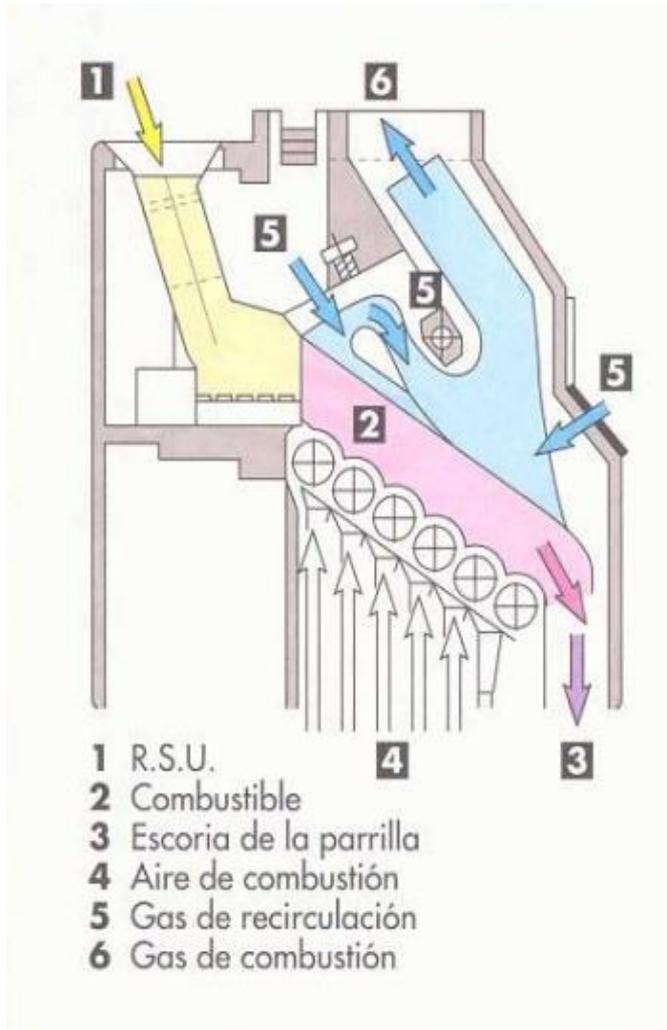


Figura 44 : esquema de horno de tipo parrillas móviles

GAS NATURAL PARA QUEMADORES

El gas natural (1.2 m³ por tonelada RSU de residuos) es utilizado para calentamiento del proceso y en los quemadores auxiliares como combustible de apoyo (ej. gasóleo, gas natural):

- para arranques y paradas;
- para mantener las temperaturas requeridas con menores pérdidas de calor
- para el recalentamiento de los gases de combustión antes de su tratamiento o liberación;



CONTROL DE COMBUSTIÓN

Para lograr una combustión completa, se deben controlar los parámetros mencionados anteriormente. Las maneras de lograr una completa combustión, y así evitar la formación de dioxinas y furanos, y minimizar la cantidad de gases ácidos es:

- Inyección de Amoniaco en la cámara de combustión: este proceso es conocido como Reducción Catalítica No Selectiva (NSRC) y consiste en inyectar amoniaco a temperatura de 950° para lograr reducir los gases NO_x , generando gas N_2 .
- Recirculación de gases de combustión: por medio de la recirculación de gases, se logra minimizar la cantidad de elementos nocivos y gases ácidos que se generan. Además, se logra aumentar la eficiencia de la caldera por medio de sobrecalentadores y recalentadores.
- Sistema de extracción de cenizas ,consiste en una serie de tolvas dispuestas debajo de las parrillas(entre parrilla y parrilla) con el objetivo de recolectar la ceniza remanente del proceso de combustión. Las cenizas caen en las tolvas de extracción, y por medio de cintas se dirigen hacia un depósito de recepción. Una vez dispuestas en el depósito de recepción, se extraen los metales que no han sido quemados por medio de un electroimán.

Una vez extraídos los metales, se los acondiciona para una posterior venta. Se estima que un 4% del total de las cenizas se puede extraer como metal.

- Sistemas de inyección de aire

Sistema de aire primario: El aire primario suministra la alimentación de oxígeno necesario para el proceso de combustión, así mismo constituye una fuente de refrigeración para las piezas que componen la parrilla.

El aire primario se succiona del foso de residuos con el fin de mantener éste en estado de depresión reduciendo de esta forma la



posibilidad de emisiones de olores o partículas a la atmósfera. Posteriormente es inyectado en el horno desde la parte inferior de los rodillos de la parrilla, circulando a través de éstos y del lecho de residuos. Este proceso permite refrigerar las barras de la parrilla y aportar el oxígeno necesario al lecho y al hogar.

Sistema de aire secundario: Parte de los gases de combustión una vez han pasado a través del separador ciclónico para el filtrado de partículas, son recirculados e inyectados en diferentes puntos del hogar como aire secundario, para asegurar una turbulencia óptima en la zona de combustión.

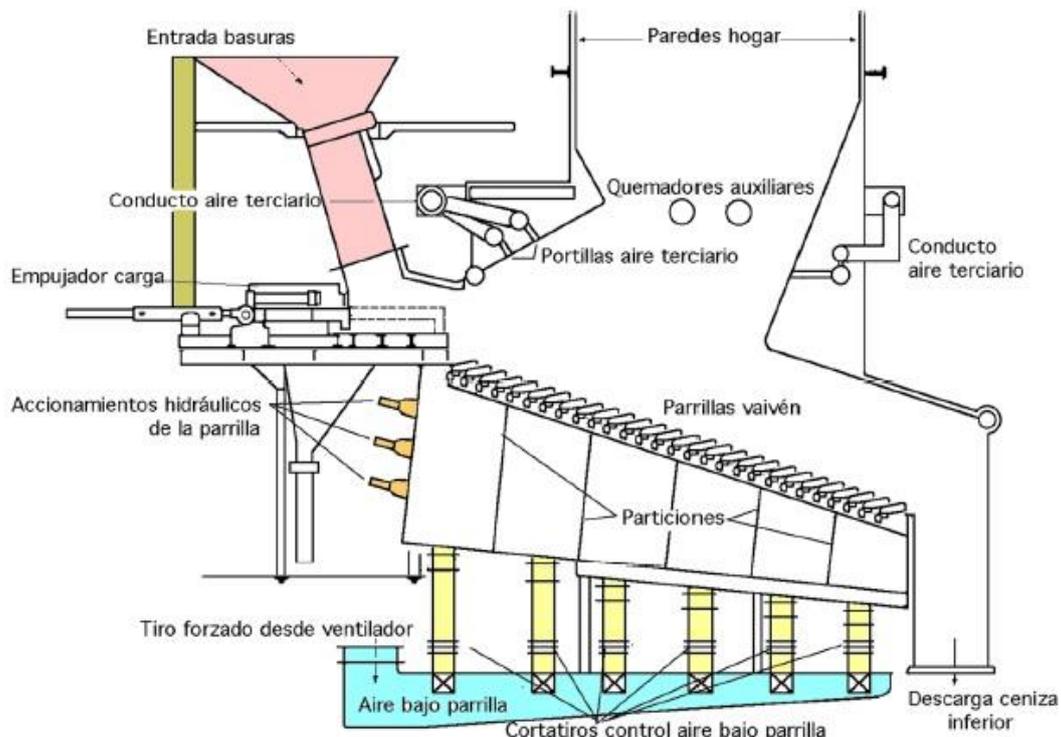


Figura 45 a: esquema de equipos principales de la planta

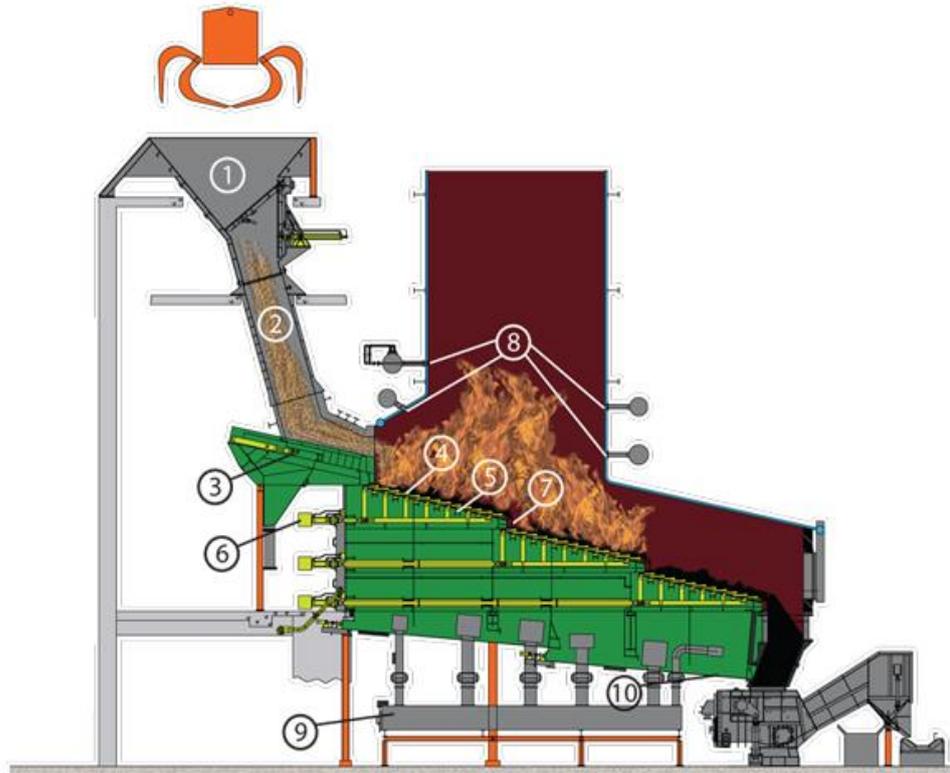


Figura 45 b: esquema de equipos principales de la planta

1. **Tolva de carga:** la basura se lleva desde el pozo de almacenamiento a la tolva de carga.
2. **Garra de rechazo de carga:** revestido refractario para protegerlo del calor del horno y asegurar una larga vida útil.
3. **Carguero:** las fuerzas del alimentador de ariete operadas hidráulicamente se desperdician uniformemente en el horno en la primera sección de la parrilla de combustión.
4. **Rejillas:** moldeadas a partir de una aleación especial de cromo / níquel para una larga vida útil, las filas alternativas de las rejillas se mueven o se detienen. Las rejillas móviles se desplazan continuamente sobre las rejillas fijas y empujan la basura a través del horno.
5. **Rodamientos de rodillos:** el bastidor de la rejilla se apoya en rodillos con rodamientos de rodillos cónicos para reducir la fricción y el desgaste.
6. **Cilindros de potencia hidráulica y válvulas de control:** se suministran para cada sección de la parrilla longitudinal y para el pistón de



- alimentación, lo que permite que cada una sea accionada y controlada individualmente por un controlador electrónico de estado sólido.
7. **Desviación vertical:** está forrada con aire que admite toberas de aleación de cromo / níquel.
 8. **Fuego secundario / Aire secundario:** ubicado estratégicamente para proporcionar turbulencia y mezcla de los gases volátiles para asegurar una combustión completa.
 9. **Aire de combustión:** se alimenta al lado inferior de cada sección de la parrilla. Cada sección o módulo tiene un suministro de aire separado para proporcionar un control óptimo del flujo de aire.
 10. **Sistema de extracción de tamizado automático:** transporta los tamices desde debajo del ariete y cada sección de la rejilla hasta el extremo de descarga de la unidad al transportador principal de residuos o tolva.

SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE CENIZAS

Una vez quemada la basura, la ceniza toma la forma de:

- Ceniza ligera, ceniza volante en polvo
- Ceniza basta o escoria, que sale de la parrilla del hogar mecánico

La ceniza volante en polvo se arrastra por el flujo de humos, hasta que se retira mediante un aparato de recogida, o cae en las tolvas de la caldera, del economizador o del calentador de aire.

La escoria de la parrilla del hogar, que se expulsa directamente al exterior, y sale por la canalización del extremo de descarga de la parrilla y por las tolvas del hogar, consta de:

- Ceniza del combustible.
- Deposiciones de ceniza sobre la parrilla.
- Ceniza procedente de las paredes del hogar.



EXTRACTOR DE CENIZA DE BRAZO MÓVIL

La escoria de las unidades de combustión puede contener grandes trozos de material no combustible su tamaño puede variar desde finas partículas, hasta la de objetos pesados no combustibles, contenidos en la basura.

La escoria procedente del canal de descarga de la parrilla cae en un baño de agua que forma parte del extractor de ceniza de brazo móvil, Figura 46, el cual apaga la escoria y controla la pulverización.

Una vez apagada la escoria, un brazo hidráulico la empuja y comprime, deshidratándola, (quedando con una humedad del 15÷ 20%), hacia una sección de escurrido inclinada antes de la descarga a un camión o a un silo. La escoria se retira de las proximidades de la descarga del hogar mecánico, mediante transportadores vibrantes y cintas transportadoras.

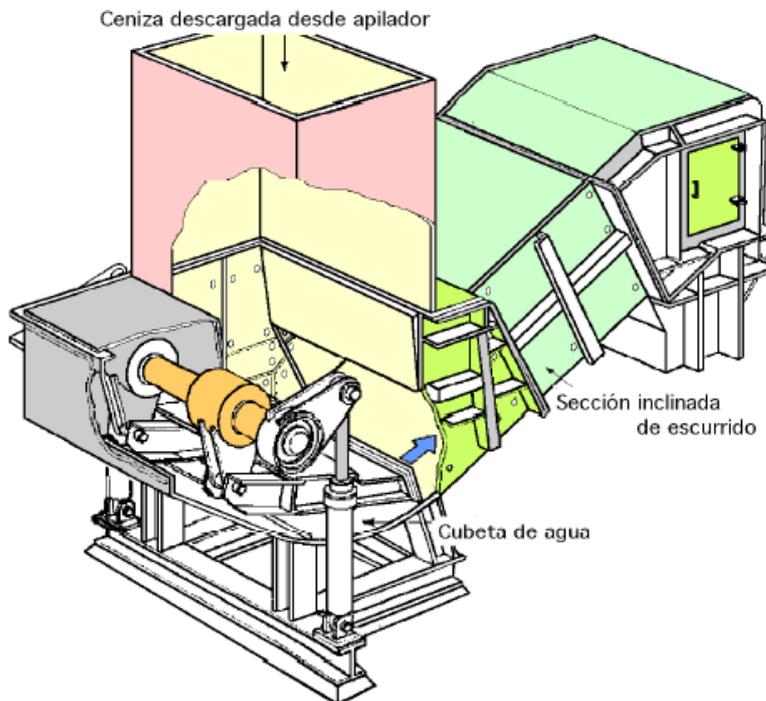


Figura 46: Extractor de ceniza de brazo móvil

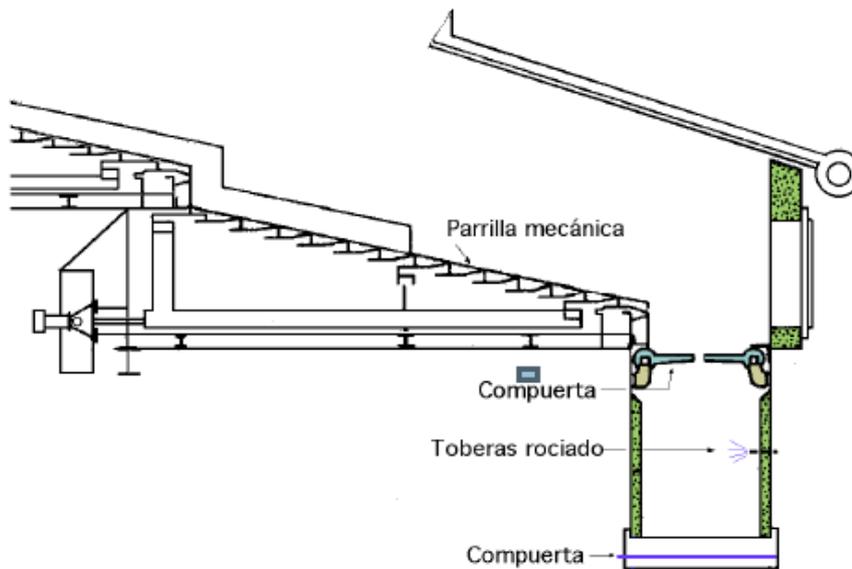


Figura 47: esquema de equipo de separación de cenizas

Para realizar la separación de los metales de las cenizas de incineración se utilizará un equipo que permita recuperar metales finos (aluminio, cobre, latón, etc) cuyo tamaño de partículas se encuentren entre 0 y 10 mm.

El equipo contiene un tambor de polos magnéticos excéntricos y cambio de polos de alta frecuencia con funciones desarrolladas específicamente para el grano fino.

El sistema de polos magnéticos está dispuesto excéntricamente en el tambor de cabeza que concentra el efecto de los campos magnéticos alternos exactamente Sobre la zona donde el material experimenta la mayor aplicación de fuerza.



Figura 48: separacion de metales de las cenizas de incineracion

En el equipo se producen hasta 4.000 revoluciones por minuto y una frecuencia de aproximadamente 1.3 kHz.

Dependiendo el tamaño del grano, la recuperación aumentara hasta alcanzar un valor máximo a medida que se eleven el número de revoluciones y la frecuencia del campo.

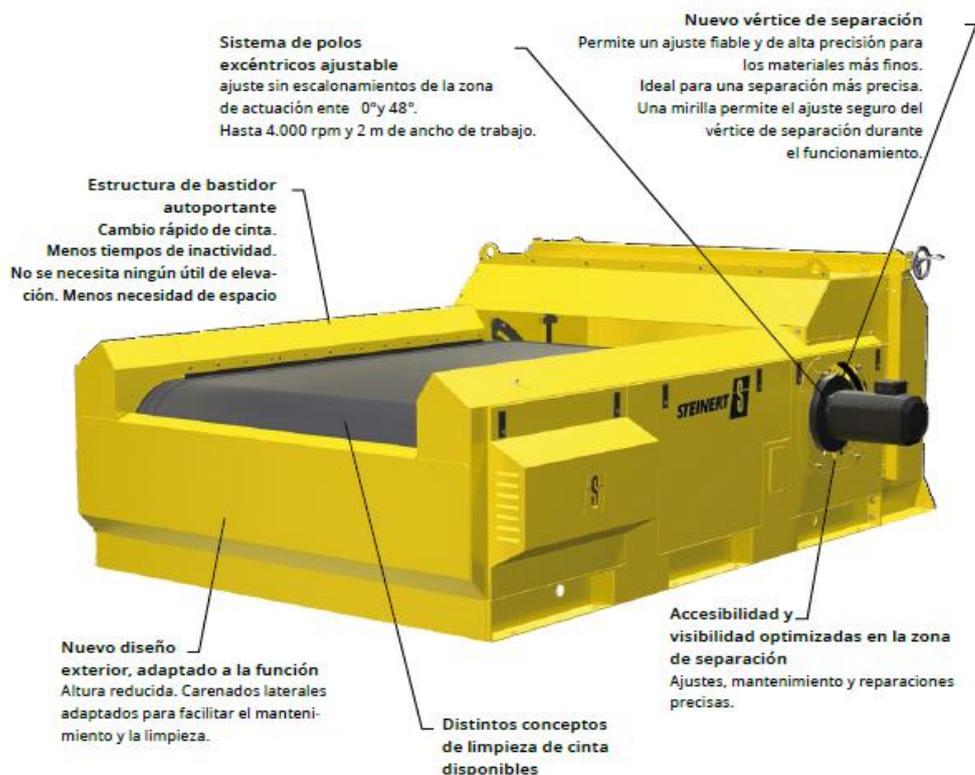


Figura 49: equipo que se utilizará para separar metales de las cenizas de incineración.



El funcionamiento del equipo consta de un sistema de imanes de neodimio de rotación de alta frecuencia que genera un fuerte campo magnético por corrientes de Foucault. Debido al campo magnético opuesto generado, se producen efectos de repulsión que permiten extraer el producto no férrico del flujo del material. Una chapa de vértice de separación en la parábola de caída lleva a cabo la separación del producto no férrico del flujo de material restante.

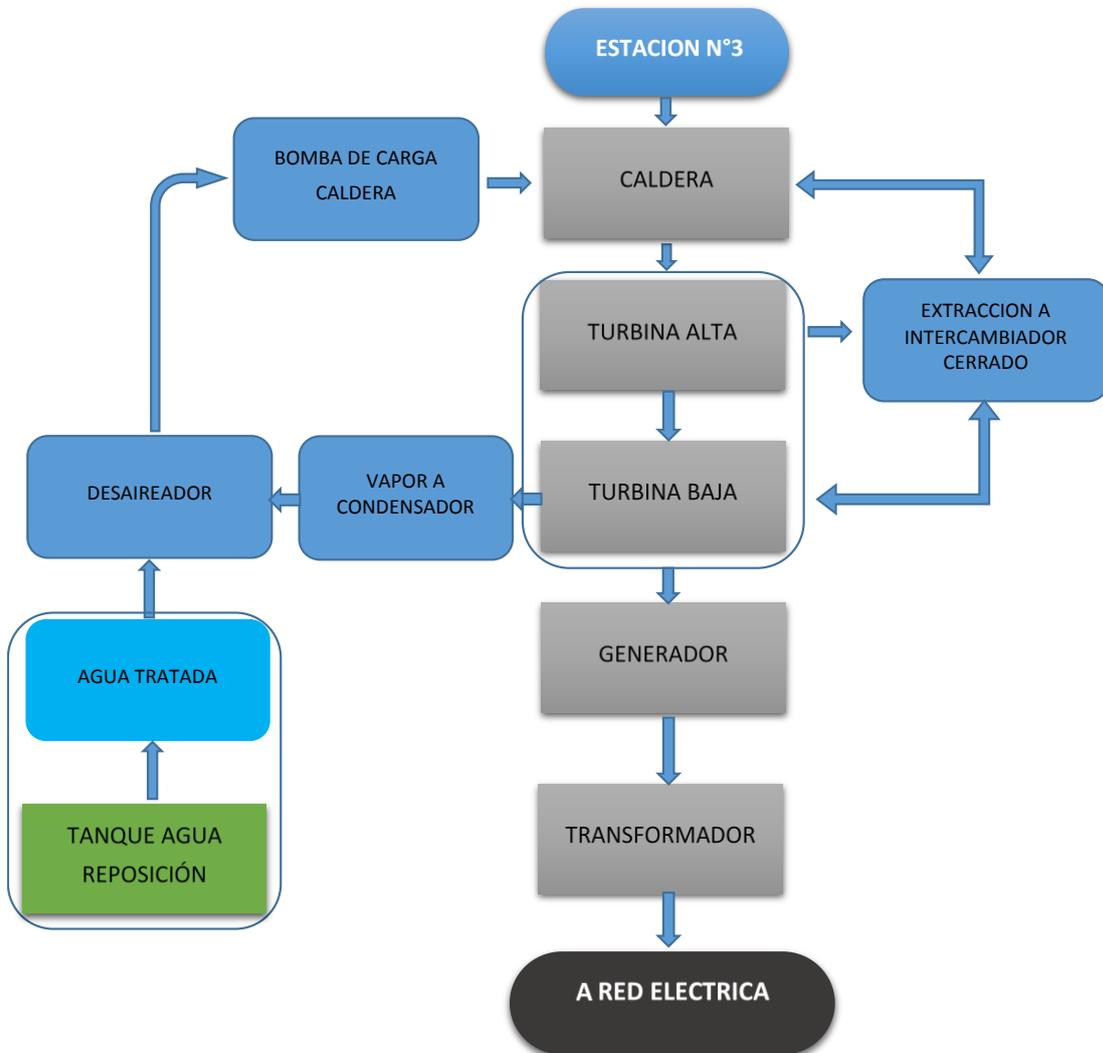
La capacidad de ajuste exacto de la chapa del vértice permite recuperar metales no férricos muy finos, la fracción residual puede ser utilizada como material de construcción.

ESTACIÓN 3: TRANSFERENCIA DE CALOR Y GENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA

En esta estación los gases provenientes de la combustión interactúan con los haces radiantes y convectivos, y se realiza la transferencia de calor, provocando que se genere vapor de agua, el cual luego se dirigirá hacia la turbina para generar la energía eléctrica.



DIAGRAMA ESTACION N°3



CALDERA

La caldera elegida, integrada con el horno parrilla, es de circulación natural, con una primera parte radiante de tiro vertical y una segunda parte convectiva de tiro horizontal.

El hogar está configurado de manera que los gases de combustión se mantengan a más de 850°C durante al menos dos segundos, lo cual favorece una combustión completa para evitar la formación de CO, dioxinas y furanos. La temperatura de los gases a la salida oscila entre los 200-240°C.



Para que se dé un Ciclo Rankine con sobrecalentamiento, se deberá contar con sobrecalentadores primarios, secundarios y terciarios, economizadores y precalentadores de aire. Dada esta configuración, las condiciones nominales de recuperación de calor en forma de vapor sobrecalentado son de 377°C y 50 bar. En cuanto a detalles constructivos, la caldera está hecha de acero y puede dilatarse en todas las direcciones a partir de un punto fijo. Cuenta con aislación externa y refractarios internos, para mejorar el rendimiento y no tener puntos calientes. Dispone de plataformas y escaleras para facilitar el acceso a puntos de mando y control, como las cámaras y las mirillas. Con doble válvula de seguridad con venteo atmósfera, para protección de equipos y operarios.

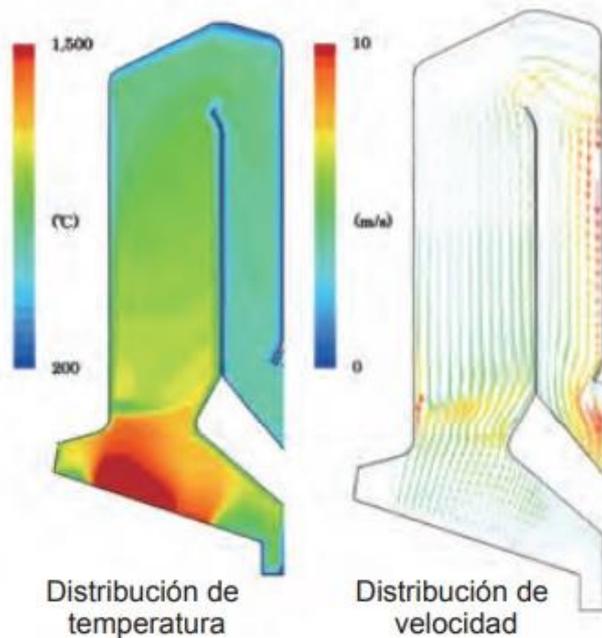


Figura 50: Distribución de temperatura y velocidad de los gases

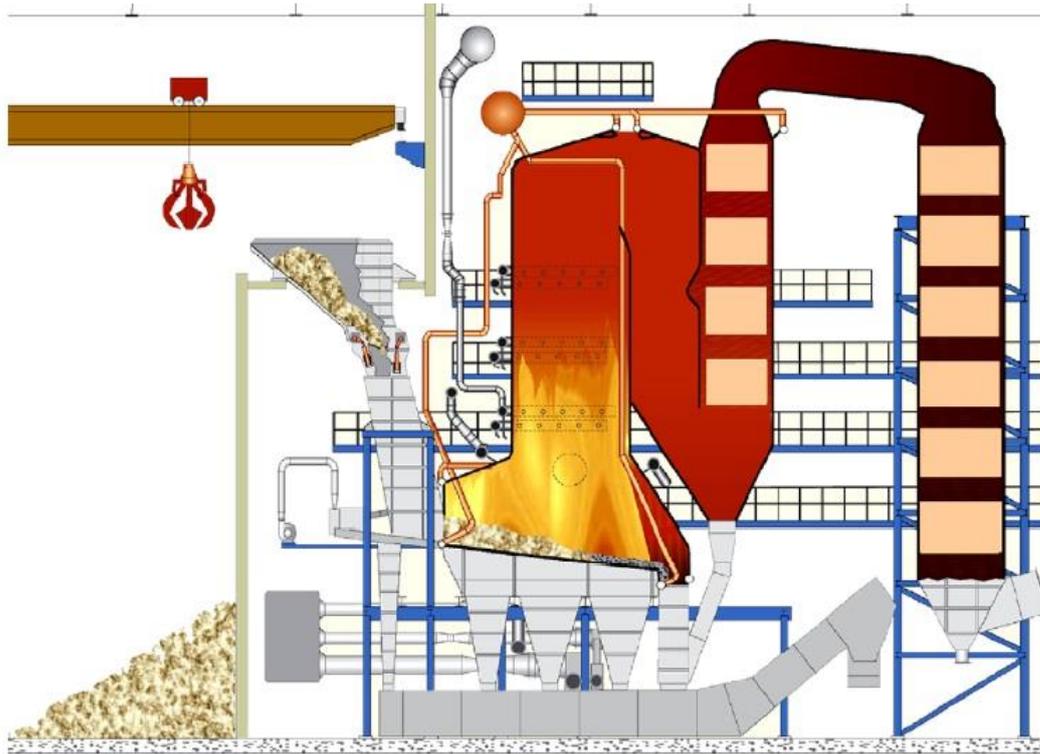


Figura 51: Planta de incineración operando

DATOS TÉCNICOS	
Tipo de Circulación	Natural
Presión de vapor de trabajo	50 bar
Temperatura de vapor de trabajo	377 °C
Temperatura en el hogar	950 °C
Temperatura de agua de alimentación	192 °C
Temperatura de salida de gases	200-250 °C
Accesorios Sobrecalentador; Economizador Abierto y Cerrado; Precalentador de aire.	

Tabla 12: Datos técnicos caldera



AGUA DE LA CALDERA

Suministro de agua

Se necesitará de la cercanía de una fuente de agua para 2 funciones principales:

Reponer agua en la caldera por pérdidas en la línea: el agua en la instalación se pierde por purgas, perdidas en tuberías y venteos entre otras cosas. Teniendo en cuenta que las pérdidas en instalaciones de este tipo son de alrededor del 5%, se necesitará disponer de caudal de reposición del 5% del caudal del agua necesario.

Esto equivale a 5,30 m³/h. Para ello se dispondrá de un tanque de alimentación con capacidad de reposición para contrarrestar las perdidas.

Otra función del agua es alimentar el sistema de enfriamiento para condensar el vapor de agua proveniente de la turbina: para aprovechar al máximo el salto entálpico, y lograr que se generen en las turbinas los 22MW efectivamente es necesario que descarguen a la menor presión posible. Para ello, se instala a la salida de la turbina un condensador por el cual circula una corriente de agua externa que enfría la mezcla agua-vapor que sale de la turbina. Sin embargo, no se requiere un caudal importante de agua ya que la presión necesaria no debe ser tan baja, para no sub-enfriar el agua que luego ingresará a la caldera.

Tanques de Agua Caldera

Se consideró instalar dos tanques en paralelo uno de pulmón de reposición externa y el otro funcionando conectado al sistema de alimentación a la Caldera.

Teniendo en cuenta lo siguiente:

Caudal sistema	105,91	m³/h
Reposición 5%	5,29	m³/h
Tk Capacidad(2 unidades en paralelo)	120	m³



Tanque de almacenamiento de agua 120.000 litros

Es un sistema modular prefabricado en Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV). Los tanques están formados por placas verticales y rectangulares nervados con una base y coronación que le refiere estabilidad. Su fijación es por medio de tornillería, el fondo está realizado con el mismo material (PRFV) que va soldado a las placas verticales así quedando totalmente estanco sin juntas.

Para dar más solidez al tanque según resistencia lleva unos contrafuertes, que según dimensiones y capacidades pueden ser de acero u hormigón forrados exteriormente en PRFV.

Tratamiento de Agua Alimentación a caldera

Los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera son los siguientes:

- pH. El pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).
- Dureza. La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de una caldera.
- Oxígeno. El oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de una caldera. La presión y temperatura aumentan la velocidad con que se produce la corrosión.
- Hierro y cobre. El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.
- Dióxido de carbono. El dióxido de carbono, al igual que el oxígeno, favorecen la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de



ranuras y no de tubérculos como los resultantes de la corrosión por oxígeno.

La corrosión en las líneas de retorno de condensado generalmente es causada por el dióxido de carbono. El CO₂ se disuelve en agua (condensado), produciendo ácido carbónico. La corrosión causada por el ácido carbónico ocurrirá bajo el nivel del agua y puede ser identificada por las ranuras o canales que se forman en el metal.

- Aceite. El aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor.
- Fosfato. El fosfato se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.
- Sólidos disueltos. Los sólidos disueltos la cantidad de sólidos (impurezas) disueltas en al agua.
- Sólidos en suspensión. Los sólidos en suspensión representan la cantidad de sólidos (impurezas) presentes en suspensión (no disueltas) en el agua.
- Secuestrantes de oxígeno. Los secuestrantes de oxígeno corresponden a productos químicos (sulfitos, hidrazina, hidroquinona, etc.) utilizados para remover el oxígeno residual del agua.
- Sílice. La sílice presente en el agua de alimentación puede formar incrustaciones duras (silicatos) o de muy baja conductividad térmica (silicatos de calcio y magnesio).
- Alcalinidad. Representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos o fosfatos en el agua. La alcalinidad del agua de alimentación es importante, ya que, representa una fuente potencial de depósitos.
- Conductividad. La conductividad del agua permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua.



En la figura n°52 se muestran los equipos que intervienen en el tratamiento de agua de la planta.

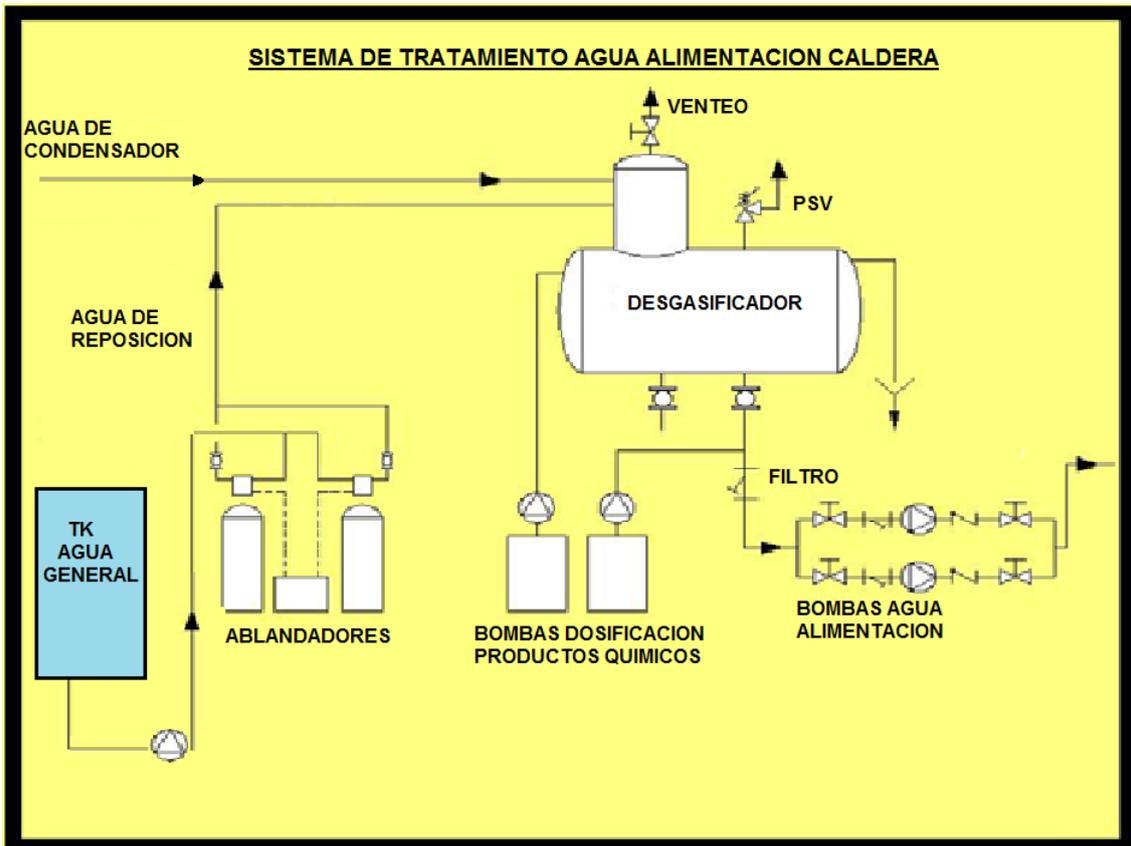


Figura 52: Sistema de tratamiento agua de alimentación caldera

ABLANDADORES

La función de los ablandadores es eliminar los iones de Ca y Mg, que conforman la dureza del agua y favorecen la formación de incrustaciones en una caldera.

El principio de funcionamiento de estos equipos se basa en un proceso llamado "intercambio iónico", que consiste en la sustitución de estos iones por sodio (Na) para obtener agua para ser utilizada en calderas.

Los ablandadores están compuestos por resinas, que poseen una capacidad de intercambio de iones de calcio y magnesio por sodio.

En el caso de que la capacidad de entrega de agua blanda de estos equipos se vea disminuida (agua entregada con dureza mayor a 6 ppm expresada como CaCO_3), es necesario llevar a cabo una regeneración para recuperar la capacidad de intercambio de las resinas.



La regeneración es realizada con sal sódica (NaCl) de calidad técnica con una concentración de 150 a 250 gr/l de resina.

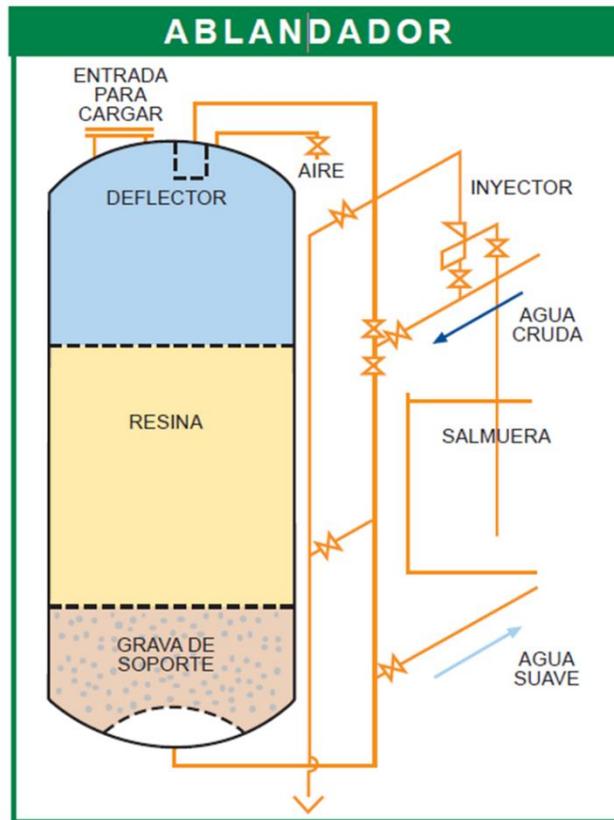


Figura 53: Ablandador

DESGASIFICADOR

La función de un desgasificador en una planta térmica es eliminar el oxígeno y dióxido de carbono disueltos en el agua de alimentación de las calderas para prevenir problemas de corrosión o "pitting".

La torre de los desgasificadores está compuesta por bandejas y/o boquillas en las que se aumenta la superficie del agua alimentada, formando cascadas o atomizándola para favorecer la liberación de los gases disueltos.

El agua que desciende por la torre es calentada hasta la temperatura de ebullición por vapor alimentado en contraflujo. La cantidad de vapor alimentada a la base del desgasificador es controlada por una válvula reductora de presión, encargada de mantener la presión de ebullición del agua.

También existe una válvula termostática que controla la cantidad de vapor alimentada al estanque de almacenamiento para mantener el agua a la



temperatura de ebullición.

Los gases descargados por el agua son eliminados a través del venteo existente en la parte superior de la torre.

Productos Químicos Tratamiento

Los productos químicos utilizados generalmente en calderas son los secuestrantes de oxígeno, dispersantes, anti-incrustantes, protectores y neutralizantes para las líneas de retorno de condensado.

La dosificación de los productos químicos debe ser realizada al estanque de almacenamiento de agua, en el caso de los secuestrantes de oxígeno, que son más efectivos mientras mayor es su tiempo de residencia en el agua antes de llegar a la caldera y a la línea de alimentación de agua en el caso de los dispersantes, anti-incrustantes y tratamiento para las líneas de retorno de condensado.

Inhibidores de corrosión:

- Hidracina (N_2H_4): Reacciona con el oxígeno produciendo nitrógeno y agua sin producir sólidos disueltos. Apta para calderas de alta presión.
- Aminas: Utilizadas para el control de la corrosión en tuberías de retorno de condensado (corrosión por anhídrido carbónico).

Inhibidores de fragilidad caustica:

- **Nitratos y nitritos de sodio ($NaNO_3$ - $NaNO_2$):** Debe usarse donde el agua tiene características de fragilidad.

Inhibidores de adherencias por lodos:

- **Agentes orgánicos:** Taninos, almidones, derivados de aguas marinas. Evita la formación de lodos adherentes y minimizan el arrastre.



Ciclos de Concentración

Los ciclos de concentración de las impurezas presentes en el agua de una caldera determinan los requerimientos de purga necesarios para prevenir problemas de corrosión y/o incrustaciones.

Las purgas son necesarias, ya que, al producirse la evaporación del agua los sólidos disueltos en el agua permanecen en la caldera, pudiendo llegar a concentrarse por sobre su solubilidad y precipitar formando incrustaciones.

La definición de los ciclos de concentración con los que debe trabajar una caldera se realiza a partir del análisis del agua de alimentación de la caldera y los parámetros recomendados en el punto 2.

Los ciclos de concentración de una caldera quedan definidos por la siguiente fórmula:

$$N_c = C_c / C_a$$

Donde:

N_c : Ciclos de concentración.

C_a : Concentración impurezas en agua de alimentación.

C_c : Concentración impureza en caldera.

Entre las impurezas para las que deben determinarse los ciclos de concentración figuran las siguientes:

- Sólidos disueltos
- Sílice
- Alcalinidad
- Hierro

El ciclo de concentración utilizado para determinar el régimen de purgas en la caldera será el menor de los calculados para las anteriores impurezas.

El control de que el ciclo de concentración, que se mantiene en una caldera sea el requerido, se realiza mediante la medición de los cloruros en el agua de



alimentación y agua de la caldera. Los cloruros son utilizados como variable de control, ya que, no participan en el tratamiento de agua y son fáciles de medir (método de las gotas: reacción entre el nitrato de plata y el cloruro, para formar cloruro de plata y producir un cambio de coloración).

En el caso de contar con un conductivímetro es posible controlar el ciclo de concentración utilizado, comparando la conductividad del agua de alimentación con la del agua de la caldera.

El tratamiento de agua es fundamental en la vida útil, la prevención de accidentes y la operación eficiente de las calderas.

ECONOMIZADORES

Aprovechan el calor de los gases de combustión de la caldera y precalientan el agua de alimentación. Generalmente se utilizan en su construcción tubos aletados los que se conectan entre sí formando una serpentina continua. Los tubos son recorridos interiormente por el agua de alimentación y por el exterior circulan los gases de combustión.

SOBRECALENTADORES

Son una serie de serpentines ubicados en el pasaje de los gases de combustión de la caldera. El cual aumenta de manera considerable el rendimiento del ciclo térmico.

El vapor que sale de la caldera se dirige a una primera etapa de alta presión en la turbina de vapor, producida esa primera expansión el vapor retorna a la caldera, donde se recalienta y luego sale y continúa el ciclo entrando en la segunda etapa de la turbina.



PRECALENTADORES DE AIRE

Aprovechan el calor de los humos y precalientan el aire de alimentación. Son de tipo estático o de superficie, están formados por tubos dentro de los cuales circulan los gases de combustión, circulando el aire fuera de ellos.

SOPLADORES DE HOLLÍN

Los sopladores de hollín eliminarán los depósitos de hollín en el exterior de los hornos que quemen carbón o fueles pesado para aumentar su eficiencia.

El soplador de hollín consiste en un tubo de lanza con una boquilla en el extremo. Cuando se opera, la lanza se extiende en el interior del horno, principalmente en la zona del haz de tubos y se inyecta vapor de limpieza a través de la lanza. El vapor sale como un chorro de alta velocidad a través de las boquillas, que limpia la ceniza depositada en la superficie. Cuando la lanza se mueve dentro de la caldera también está girando de modo que aumenta la superficie de limpieza alrededor de la boquilla. Cuando se la acabado la limpieza la lanza se retira hacia atrás.

TURBINA

La planta contará con dos turbinas para la generación de energía, del tipo multietapa de condensación. En pos de buscar una solución robusta, se buscará trabajar con dos turbinas de hasta 50MW de capacidad máxima en paralelo. Uno de los motivos que avala esta decisión es el hecho de obtener mayor flexibilidad a la hora de reaccionar ante inconvenientes técnicos en cualquiera de las líneas. Ambas turbinas estarán dimensionadas de manera que sean capaces de admitir la totalidad del vapor generado en ambas líneas de producción de vapor. En estas condiciones, el caudal de vapor admitido será hasta 120 bar y 520°C.

La turbina seleccionada se muestra en la siguiente tabla, correspondiente al proveedor SIEMENS:

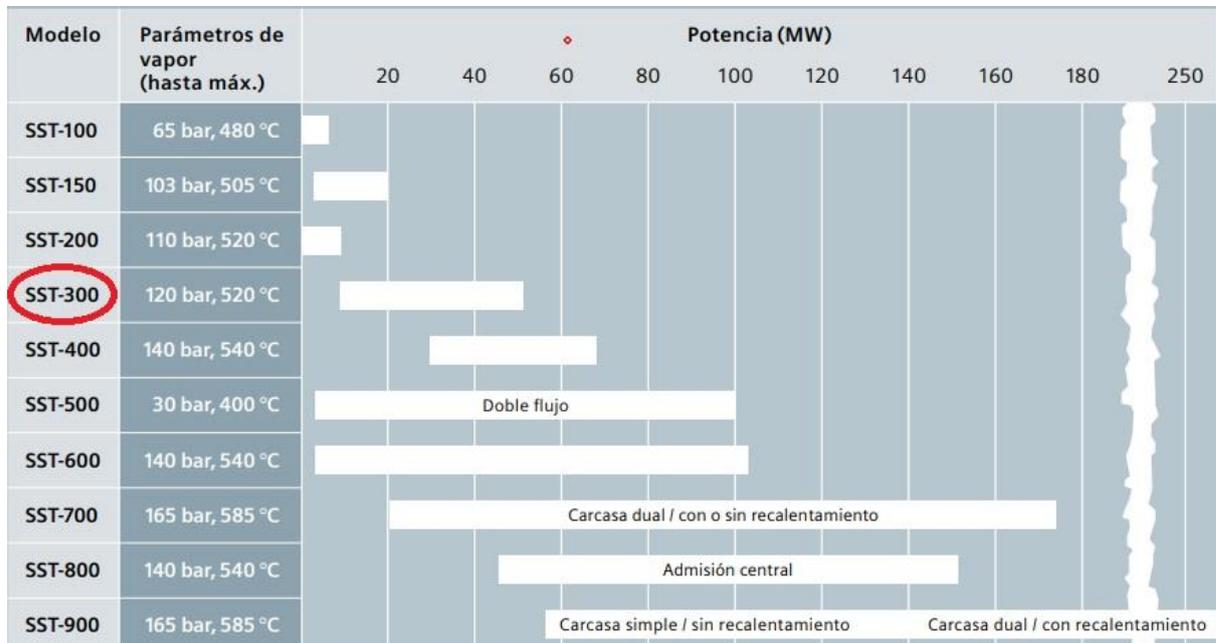


Figura 54: modelos de turbinas de vapor

La SST-300 es una sola turbina de vapor carcasa, proporcionando unidad orientada a un generador de 1.500 a 12.000 rpm. Su diseño modular permite una amplia variedad de configuraciones para satisfacer las necesidades individuales del cliente industrial en la forma más económica. Se puede utilizar como una condensación o una turbina de contrapresión con extracción controlada internamente y múltiples hemorrhagias. El sistema de la lámina de reacción en la SST-300 está dispuesto de forma individual para adaptarse a la aplicación deseada. El diseño modular de la SST-300, con los módulos premontados de turbina y una periferia modular, permite una amplia gama de configuraciones, lo que permite que la turbina puede adaptar para satisfacer los requisitos de los operadores individuales.



Figura 55: imagen turbina de vapor

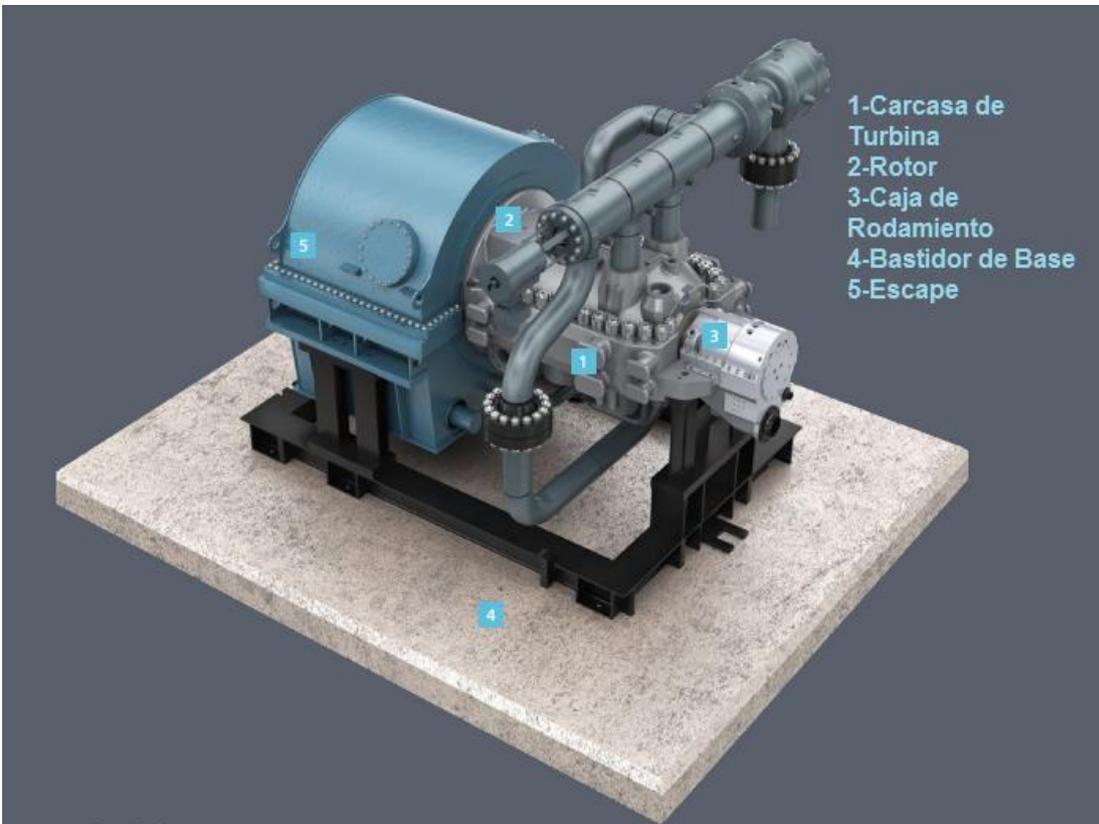


Figura 56: partes componentes de turbina



DATOS TÉCNICOS	
Potencia entregada de hasta	50 MW
Presión de entrada	50 bar
Temperatura de entrada	520 °C
Velocidad de giro de hasta	12.000 rpm
Extracción controlada de hasta	45 bar y hasta 400 °C
Toma de hasta	60 bar
Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta	16 bar
Área de escape	0,28 – 1,6 m
Dimensiones	Longitud 12 m Ancho 4 m Altura 5 m

Tabla 13: datos técnicos turbina

GENERADOR

Contaremos con un generador acoplado a la turbina, del tipo SGEN-100A-4P Siemens su diseño compacto, los cuatro polos, generadores trifásicos sincrónicos son especialmente adecuados para su uso en aplicaciones industriales. Los generadores de este tipo cuentan con un peso total muy bajo, la duración del generador minimizado y la capacidad de adaptarse a los requerimientos de las diferentes ramas de la industria.

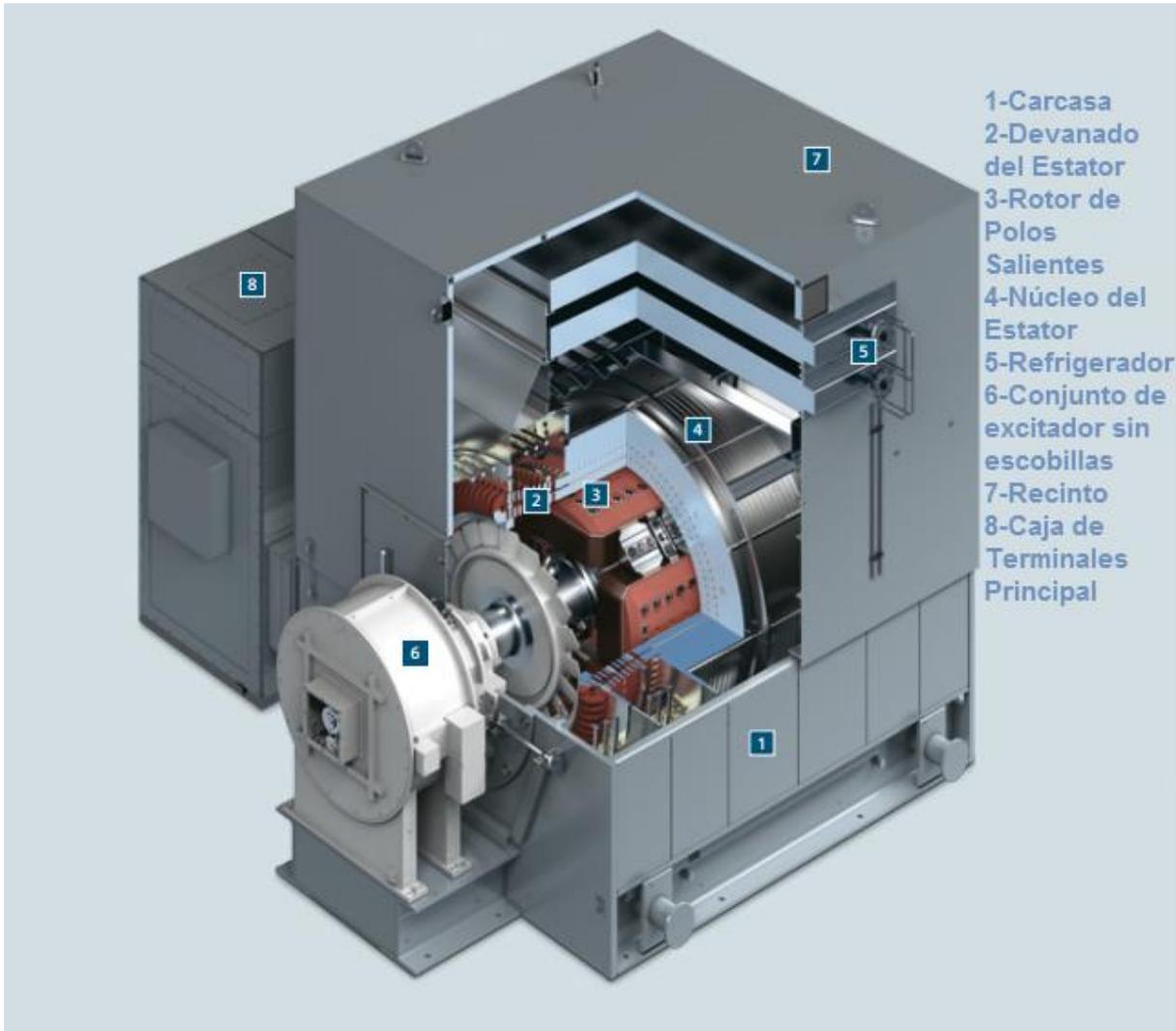


Figura 57: imagen generador

DATOS TÉCNICOS				
Frecuencia	Factor de Potencia	Potencia Aparente	Eficiencia	Voltaje Terminal
50 Hz	.80 0.90	25 MVA 70 MVA	98.5%	6.3 Kv 15.0Kv

Tabla 14: datos técnicos generador



CONEXIÓN A RED ELÉCTRICA

La conexión del generador a la Red Eléctrica se realiza a través de un transformador en la subestación ubicada en la planta generadora de Ciclo Combinado Barragán. Se tiene en cuenta la salida de tensión del generador que es de 15.0 Kv , por un costo del transformador.

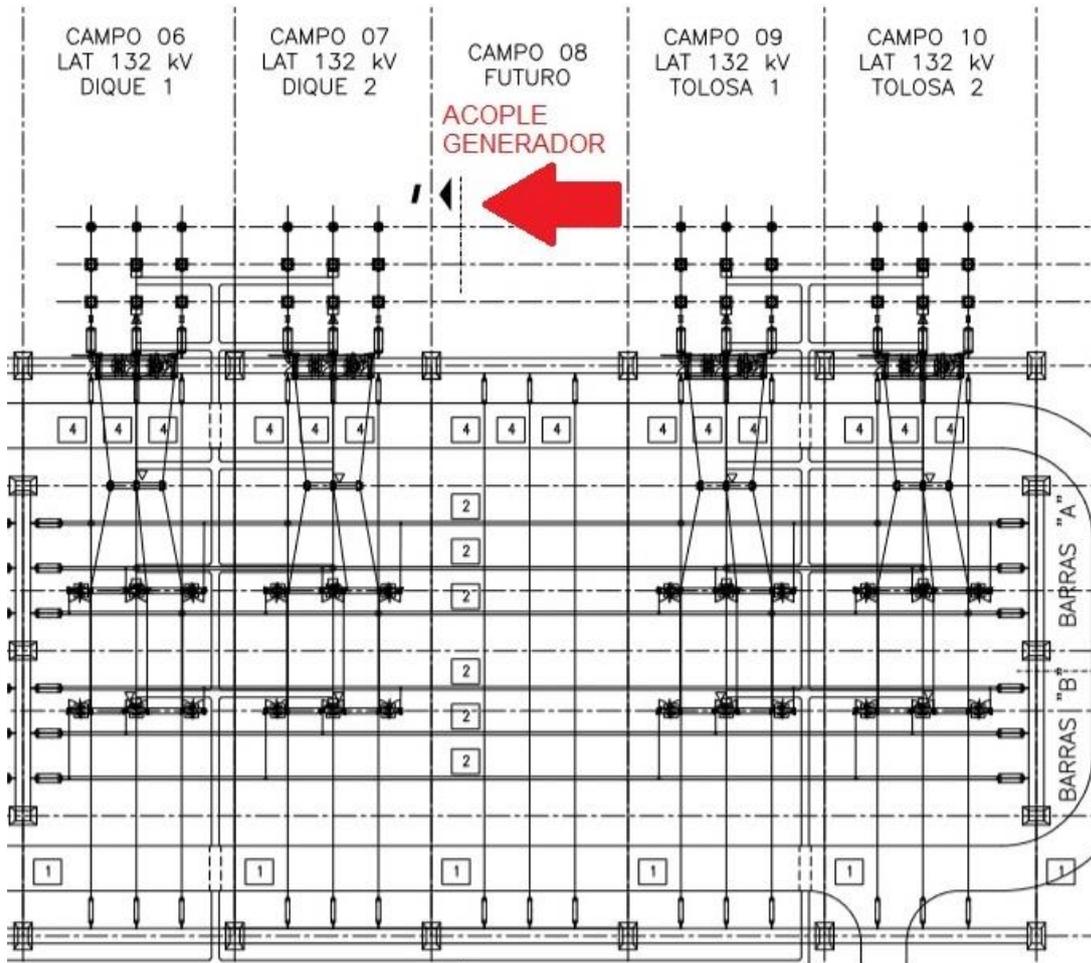


Figura 58: DIAGRAMA ACTUAL DE PLANTA GENERADORA FUENTE BARRAGAN

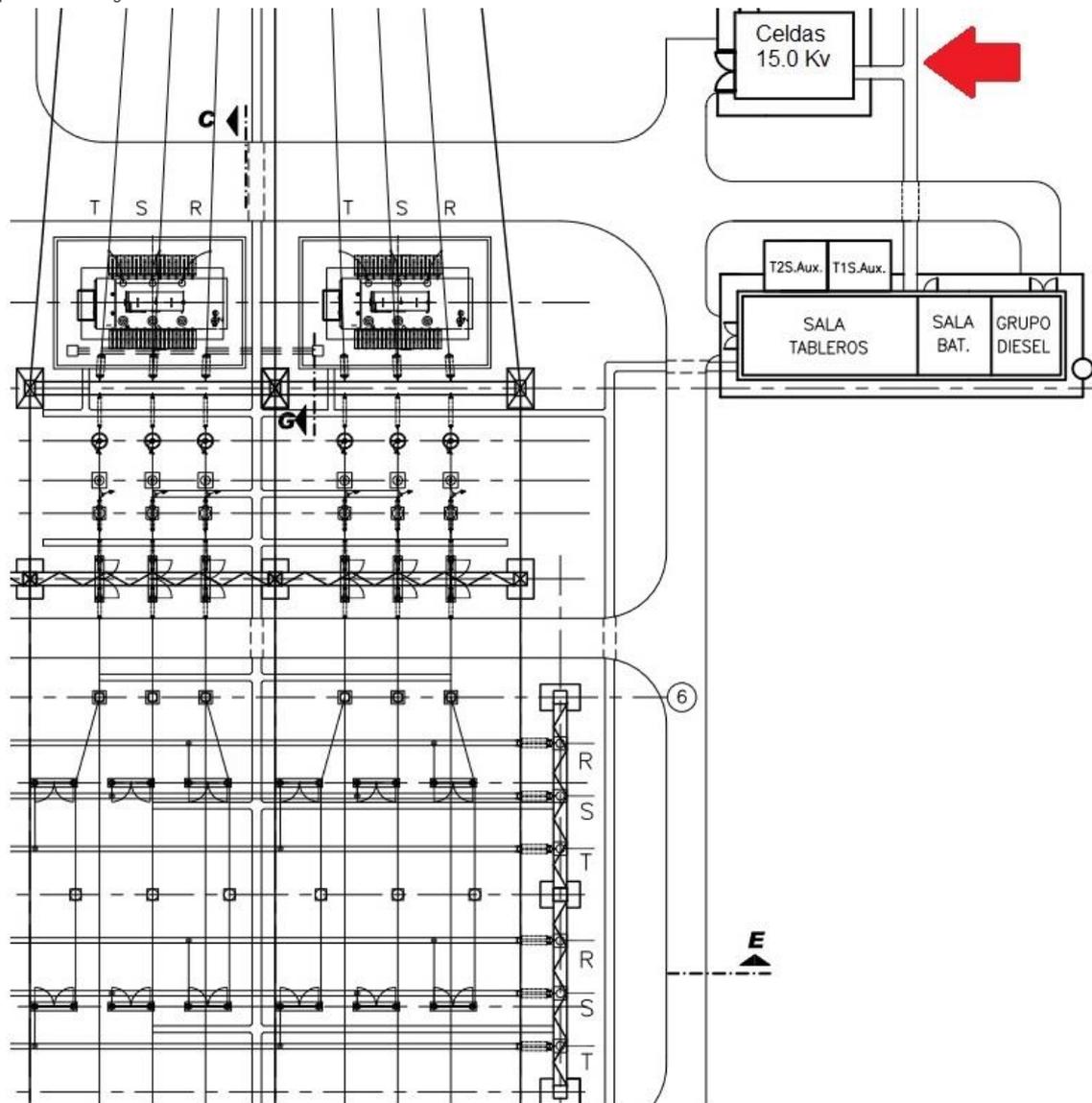


Figura 59: Diagrama de conexión de los Transformadores 132/15Kv con sala de maniobras.

El transformador es de 132/15Kv y cuenta con 42 Mva, que está por arriba de un 10% de la entrega de total del generador a máxima carga. Como característica de conexión es Yd0, tiene una estrella y del otro extremo conexión tipo triángulo, esto sirve para mitigar los armónicos de la línea y generador. El 0 corresponde a como están alineadas la tensión de entrada y salida.

El transformador es Tipo ONAN (Aceite natural / Aire natural) esto significa que no tiene ni bomba de aceite ni ventiladores de refrigeración.



Nuestro fabricante seleccionado es **VASILE & Cía. SACI** que se encarga de transformadores especialmente diseñados para la producción de energías renovables.

ESTACIÓN 4: SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES

Luego de la transferencia de calor por parte de los gases de combustión a la caldera, donde se genera el vapor que luego impulsa la turbina para la generación de energía eléctrica, dichos gases necesitan una extracción de sus elementos nocivos, previo a su salida por la chimenea.



DIAGRAMA ESTACION N°4

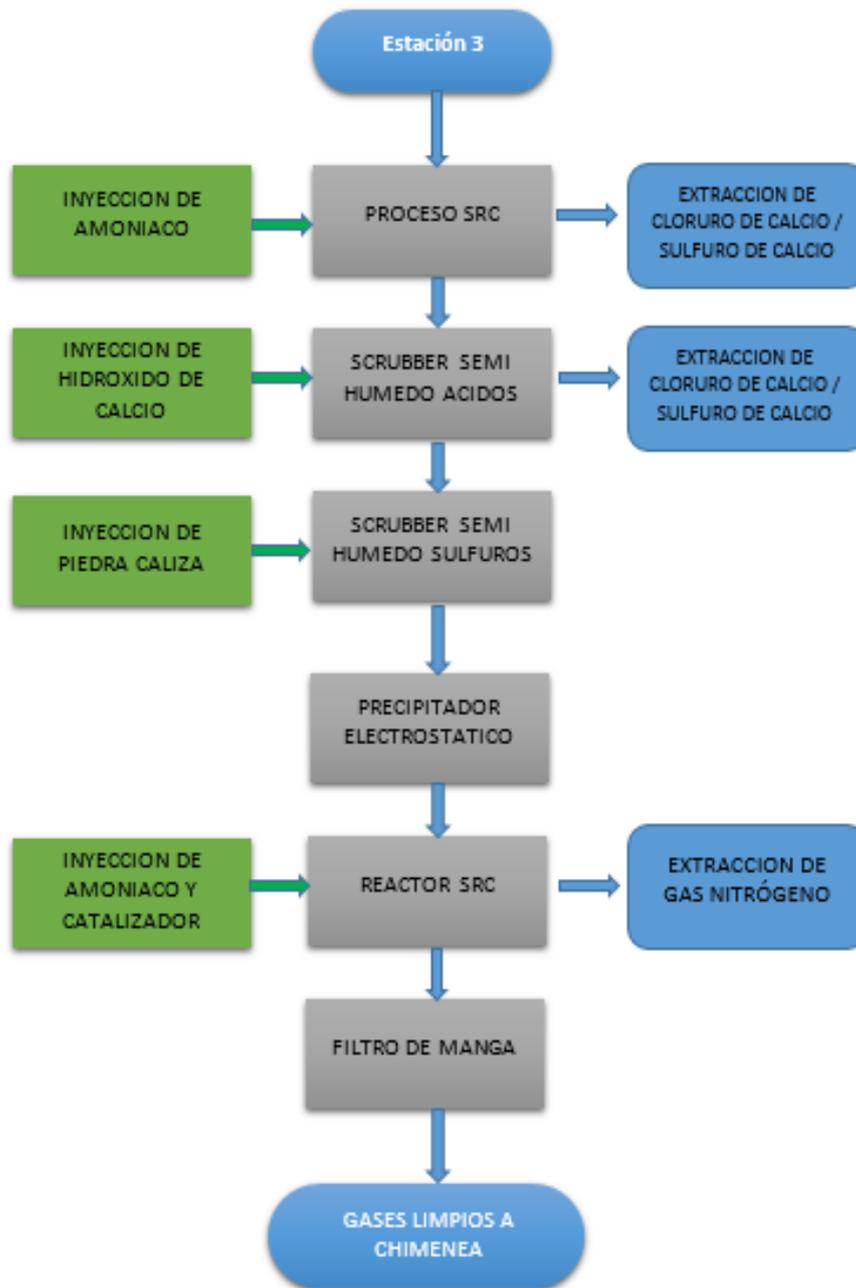


Figura 63: Diagrama estación 4

Estos sistemas de limpieza suelen ser uno de los componentes más caros de la planta, debido a la complejidad de los equipos que requieren, y a los reactivos necesarios para realizar las extracciones antes mencionadas.

Previo al estudio de los distintos tipos de sistemas de tratamiento de gases es



necesario estudiar de qué manera está constituido el caudal másico de gas que necesita ser limpiado. De acuerdo a distintos papers y estudios se llegó a determinar que para un caudal másico de 1 Ton/h, la constitución es la siguiente:

COMPONENTE	PORCENTAJE [%]
H ₂ O	40
CO ₂	30
CO	6
HCl	3
HF	3
SO ₂	6
Nox	5
Hg	2
Ni	0,5
Mn	0,5
Pb	0,4
Cu	0,5
Cr	0,4
Cd	0,5
As	0,7
Co	0,2
V	0,3
Al	0,6
Dioxinas	0,2
Furanos	0,2

Tabla 15: Constitución del caudal másico de gas



Se puede observar que, por cuestiones de composición de los residuos sólidos urbanos propios de la zona a analizar, si bien el 70% de la composición de la masa gaseosa es vapor de agua y dióxido de carbono, se debe prestar mucha atención al 30% restante, considerada la porción de mayor peligro en cuestiones de toxicidad, y la primera a eliminar.

Gases ácidos: HCl, HF y NOx

	Descripción	Objetivo	Equipo a usar	Reactivo a usar	Producto obtenido
HCl Cloruro de Hidrogeno	Es un gas muy reactivo, corrosivo e irritante. Su aspiración, entre otras enfermedades puede provocar cáncer de pulmón	Eliminar el gas HCl	Scrubber semihúmedo. Eficiencia 98%	Hidróxido de calcio	Salas de cloruro de calcio que es potencialmente comercializable debido a que es utilizada en la industria química, entre otras.
NOx Nitruros u óxidos de nitrógeno (NO2)	Gas potencialmente tóxico e irritante que afecta principalmente el sistema respiratorio. Parte de este gas se reduce de forma no catalítica en la cámara de combustión mediante inyección de amoníaco y parte se reduce en los reactores SRC,	Eliminar óxidos de Nitrógeno	Reactor SRC (reducción catalítica selectiva). Eficiencia 98%	Amoníaco y catalizador (óxido de vanadio)	Gas nitrógeno y agua. El gas nitrógeno es potencialmente comercializable debido a que se utiliza para producir amoníaco.
HF Fluoruro de Hidrogeno	Compuesto químico en estado gaseoso altamente peligroso debido a que es muy tóxico. Es el ácido más corrosivo de todos, cuyo contacto puede provocar irritación y quemaduras instantáneas.	Eliminar gas HF	Scrubber semihúmedo. Eficiencia 97%	Hidróxido de calcio	Salas de fluoruro de calcio y agua. Es potencialmente comercializable por su uso en la fabricación de materiales semiconductores artificiales

Tabla 16: Detalle de gases ácidos

Sulfuros

Es el dióxido de azufre, principal causante de la lluvia ácida ya que en la atmósfera se transforma en ácido sulfúrico.

Si bien éste es absorbido principalmente por el sistema nasal, la exposición de altas concentraciones por cortos períodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis y congestionar los conductos bronquiales de los asmáticos



	Descripción	Objetivo	Equipo a usar	Reactivo a usar	Producto obtenido
Sulfuros	gas irritante y tóxico que afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones.	eliminación de los sulfuros	scrubber semihúmedo. Eficiencia: 98%	Carbonato cálcico (CaCO ₃) o también conocido como piedra caliza	Sulfato de calcio y agua. El sulfato de calcio es potencialmente comercializable debido a que se utiliza en la industria química.
Metales particulados	Elementos como mercurio, plomo y cromo. Teniendo en cuenta que se encuentran en forma de particular, el tipo de extracción será del tipo física, utilizando precipitadores y filtros de manga.	extracción de los metales particulados	precipitador electrostático y filtros de manga. La combinación de ambos equipos logra una eficiencia del 99%		
Compuestos orgánicos	Dioxinas y furanos. Extremadamente tóxicos y pueden provocar cáncer	eliminación de dioxinas y furanos	precipitador electrostático y filtro de manga. Eficiencia 99,5%		

Tabla 17: eliminación de compuestos indeseables

EQUIPOS PARA TRATAMIENTOS DE GASES

Los sistemas de tratamiento de gases se componen de una combinación de unidades de proceso individuales que en conjunto proporcionan un sistema de tratamiento global para evitar la formación de compuestos tóxicos y cumplir con la legislación vigente:

- PROCESO SNRC (Reducción no catalítica selectiva): sistema de inyección de amoníaco en cámara de combustión.

En este proceso, los óxidos de nitrógeno (NO +NO₂) son eliminados mediante una reducción no catalítica selectiva. El agente reductor (amoníaco) es inyectado en el horno y reacciona con los óxidos de nitrógeno. Las reacciones ocurren a una temperatura entre 850 y 1000°C con zonas de mayor y menor velocidad de reacción dentro de este rango.

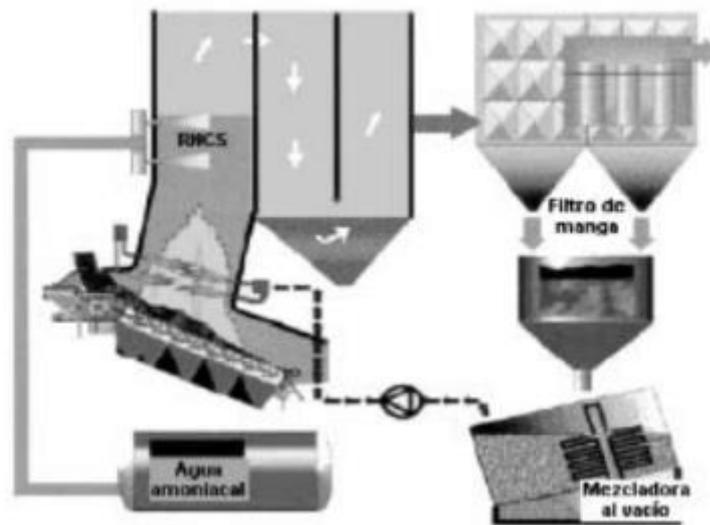


Figura 60: Proceso SNRC

- SCRUBBER SEMI HÚMEDO ÁCIDOS
- SCRUBBER SEMI HÚMEDO SULFUROS: en este caso el adsorbente introducido es en forma de lechada de cal. La lechada se inyecta pulverizada con aire o por atomización mecánica. La lechada de cal entra en a contracorriente con el gas, en forma de gotas muy finas (nebulizado), la temperatura del gas consigue evaporar el agua y el residuo final en filtración es un polvo seco inerte.
También se los denomina semisecos
- PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO
- REACTOR SRC (reacción catalítica selectiva): para la reducción de óxidos de nitrógeno.

El proceso de reducción catalítica selectiva (RCS) está pensado para la reducción de los NO_x con NH₃, en presencia de exceso de O₂ y un catalizador apropiado, para transformarse en sustancias inocuas tales como agua y nitrógeno. El amoníaco en forma de hidróxido amónico líquido es vaporizado, diluido con aire e inyectado directamente en la corriente de gases a tratar a través de un distribuidor.

Para ser eficaz, el catalizador requiere normalmente una temperatura de 180-450 °C. La mayoría de los sistemas utilizados en incineradoras de residuos



operan actualmente en el rango de 230-300°C. Por debajo de 250°C se necesita un mayor volumen de catalizador y hay mayor riesgo de ensuciamiento y envenenamiento del catalizador.

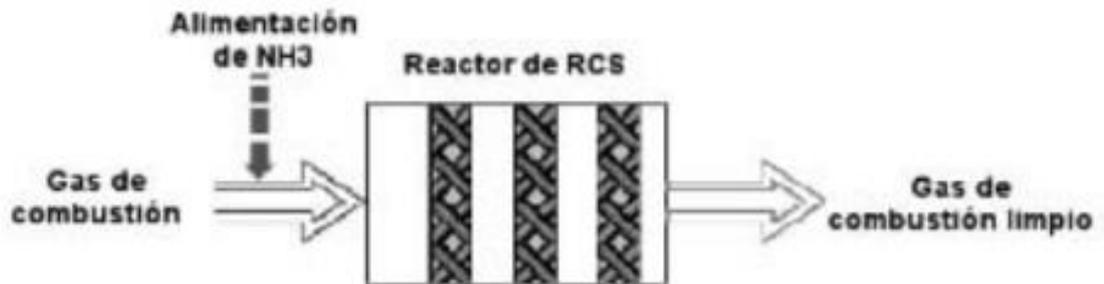


Figura 61: Reactor SRC

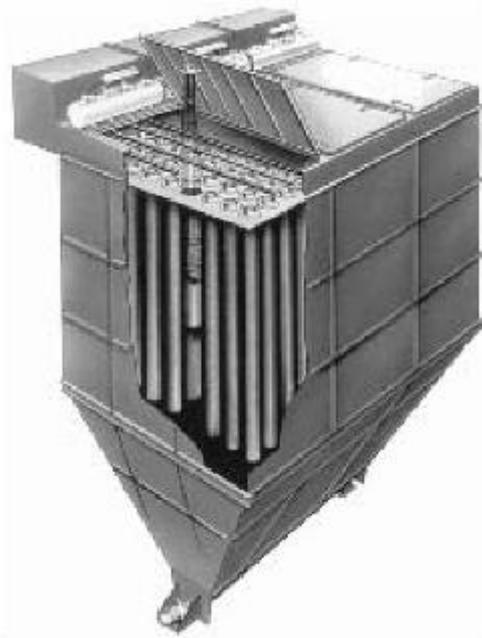


Figura 62: Filtro de manga



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El agua utilizada en los reactores o scrubbers para el proceso de reacción y eliminación de gases ácidos y sulfuros debe ser tratada. Se dispondrá de un sistema de tratamiento de aguas residuales en el cual se dispondrá de tanques, bombas y filtros. El tipo de tratamiento será del tipo anaeróbico, y el agua tratada se reinyecta al circuito de los scrubbers, volviendo a combinarse con los reactivos para la eliminación de los elementos nocivos presentes.

El agua proveniente tanto del scrubber ácido como del scrubber de sulfúricos, será canalizada y derivada a un circuito paralelo de limpieza con el objetivo de acondicionarla para su posterior reinyección. Por medio de cañerías de conducción será impulsada con una bomba hacia un filtro de partículas, para extraer el remanente de productos originados en las reacciones de los scrubbers. Luego del filtrado principal, el agua residual se dirigirá a un tanque sedimentador, donde se realizará un tratamiento de tipo anaeróbico. El dicho tanque ocurre una reacción, donde el accionar de compuestos orgánicos y oxígeno completan la limpieza del agua, obteniéndose biomasa y dióxido de carbono.

El agua finalmente por medio de conductos se reinyecta a los reactores, para continuar con el proceso de extracción de partículas nocivas de los gases de combustión.



BALANCES DE MASA Y ENERGIA

BALANCE DE MASAS

Para el cálculo del balance de masas se procedió a buscar e investigar en distintas fuentes. En las mismas, se mostraban las relaciones porcentuales correspondientes a cuánto se obtiene de gases de combustión y ceniza incinerando 1 tonelada de RSU, de acuerdo a esto, se armó la siguiente tabla. Dicha tabla pretende mostrar el proceso desde que ingresan las 1280 toneladas de RSU hasta que sale de la chimenea dióxido de carbono y vapor de agua. Para el cálculo del balance de masas se procedió a utilizar el calor específico calculado.

En el medio, y en el centro de la tabla, aparecen los distintos procesos que van transformando las toneladas ingresadas (combustión), y los que van reduciendo el porcentaje de caudal másico nocivo (tren de limpiezas de gases) hasta lograr las especificaciones deseadas.

Como es un continuo de conductos compuesto por subestaciones donde los gases se someterán a una intervención física o química con el fin de extraer los elementos nocivos, el output del proceso anterior es el input de la estación siguiente.

En las estaciones donde la extracción es por medio de una reacción química, se cumple el balance de masas entre las entradas y las salidas.

En las estaciones donde la extracción es por medio de filtros, la salida se reduce debido al accionar del equipo implementado



BALANCE DE MASAS				
Entrada	Cantidad (Tn/día)	Proceso	Salida	Cantidad (Tn/día)
RSU	1200	<i>Recepción</i>	RSU directo a Incinerar	1200
RSU	1200	<i>Combustión</i>	Cenizas de combustión	120
			Gases de Combustión	816
				204
Material Particulado	60	<i>Proceso SNRC</i>	Material Particulado	60
			Gas N2	19,7
			H2o	55,3
Gases de Combustión	816	<i>Scrubber Semi Húmedo Acido</i>	Gases de Combustión	816
	204			153
Material Particulado	60	<i>Scrubber Semi Húmedo Sulfuros</i>	Material Particulado	60
Amoniaco	24			
Gases de Combustión	816	<i>Scrubber Semi Húmedo Acido</i>	Gases de Combustión	816
	153			94,4
Material Particulado	60	<i>Scrubber Semi Húmedo Sulfuros</i>	Material Particulado	60
Ca(OH)2	46,31		Precipitados CaCl2 y CaF2	46,31
H2o	55,3		H2o	113,9
Gases de Combustión	816	<i>Scrubber Semi Húmedo Sulfuros</i>	Gases de Combustión	816
	94,4			48,8
Material Particulado	60	<i>Scrubber Semi Húmedo Sulfuros</i>	Material Particulado	60
H2o	113,9		H2o	113,9



CaCo3	43,46		CaSo3	89	
Gases de Combustión	816	Precipitador Electrostático	Gases de Combustión	816	
	48,8			48,8	
Gas N2	19,7		Gas N2	19,7	
Material Particulado	60		Material Particulado	2	
Gases de Combustión	816		Reactor SRC	Gases de Combustión	816
	48,8				0
Material Particulado	2	Material Particulado		2	
Gas N2	19,7	H2o		88	
Amoniaco	34,11	Gas N2		47,75	
Catalizador	34,11				
Gases de Combustión	816	Bag House Filter	Gases de Combustión	816	
	0			0	
Material Particulado	2		Material Particulado	0	
H2o	88			88	
Gases de Combustión	816	Chimenea	Gases de Combustión	816	
	0			0	
H2o	88	H2o	88		

<u>REFERENCIAS</u>	
SE INYECTA	
SE EXTRAE	
GASES NOCIVOS	

Tabla 18: Balance de masa



BALANCE DE ENERGÍA

A continuación, se muestran los consumos de energía de las bombas, la potencia generada en el eje de la turbina, la potencia neta si se desea obtener una potencia en la red de 20 MW. Además, se muestra la eficiencia energética del proceso de conversión de energía.

$$\eta_{\text{ciclo}} = \dot{W}_{\text{neta}} / \dot{Q}_{\text{cald}}$$

$$\eta_{\text{planta}} = \dot{W}_{\text{neta}} / \dot{m}_{\text{RSU}} * \text{PCI}$$

Potencia de la turbina \dot{W}_{TV} [kW]	22349
Potencia bomba 1 \dot{W}_{B1} [kW]	8,37
Potencia bomba 2 \dot{W}_{B2} [kW]	202,8
Potencia neta \dot{W}_{neta} [kW]	22137.83
Eficiencia del ciclo η_c [%]	27,56
Eficiencia de la planta η_p [%]	22.35

Tabla 18: Eficiencia del ciclo

Nuestra planta tiene una eficiencia del 22,35 %, estando dentro de la media del tipo de plantas WTE.



PLANOS/ LAY-OUT:

A continuación, se muestra la disposición final de la planta de incineración controlada de RSU.

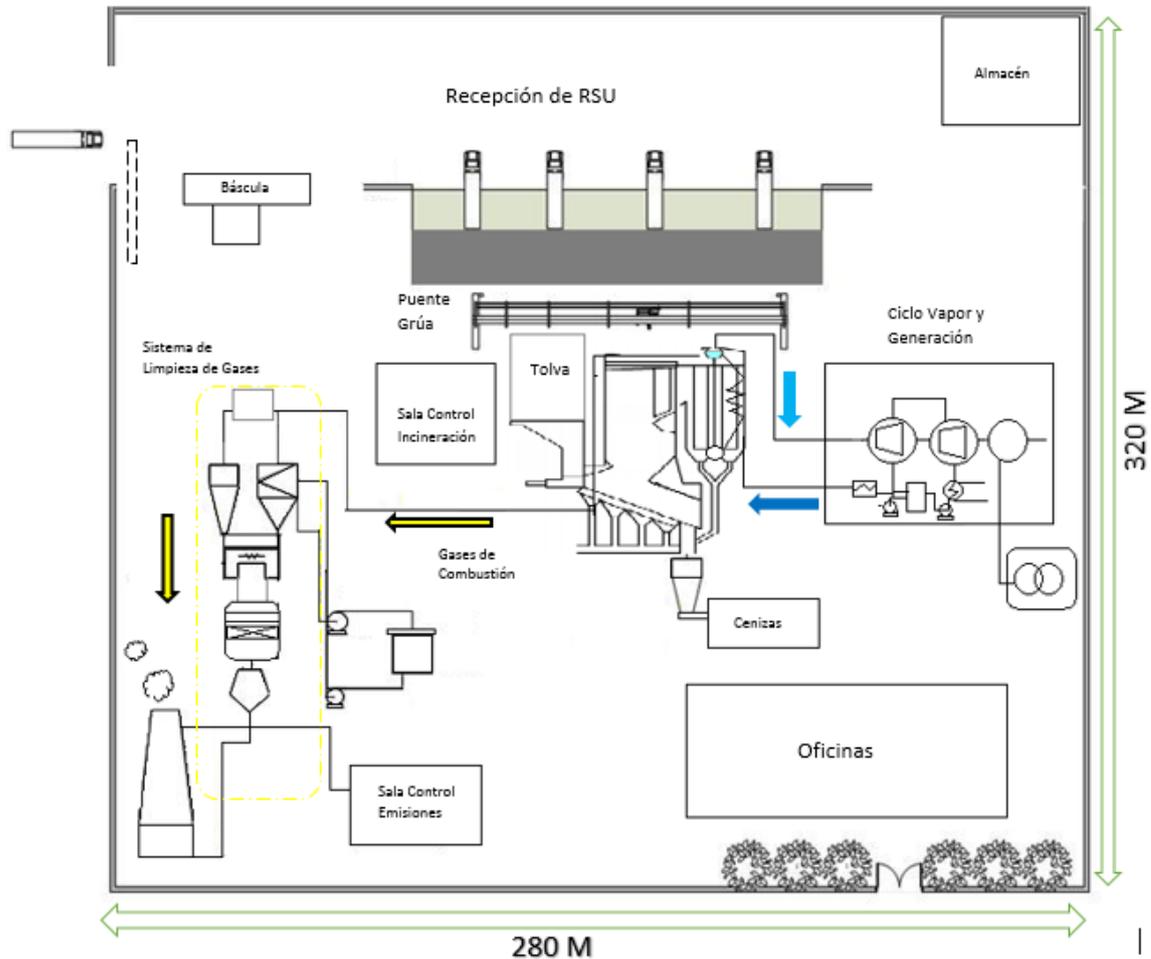


Figura 64: Layout de la planta

Se pueden observar las distintas estaciones, comenzando por la estación 1, donde se recibe la materia prima traída en camiones y se deposita en la fosa de alimentación. A continuación, se observa la estación 2, compuesta por el horno de incineración. Allí se estudió de factibilidad: generación de energía eléctrica a partir de la incineración controlada de RSU observa también la sala de control Incineración donde se regularán los parámetros de temperatura y tiempo de residencia de los materiales a incinerar.



Luego de esta estación el circuito se divide en 2. Marcado en color celeste se observa el flujo de vapor, el cual se genera en la caldera donde recibe el calor de los gases de combustión, para luego dirigirse hacia las turbinas y generar la energía eléctrica. Paralelamente se puede observar en amarillo el flujo de los gases de combustión, que luego de transferir el calor en la caldera, se dirigen hacia el tren de limpieza de gases, para luego salir hacia la chimenea bajo los parámetros establecidos.

Dichos parámetros serán regulados en las salas de Emisiones que se observan al costado de los equipos en cuestión.

A continuación, se muestran lay out de plantas similares del mundo.



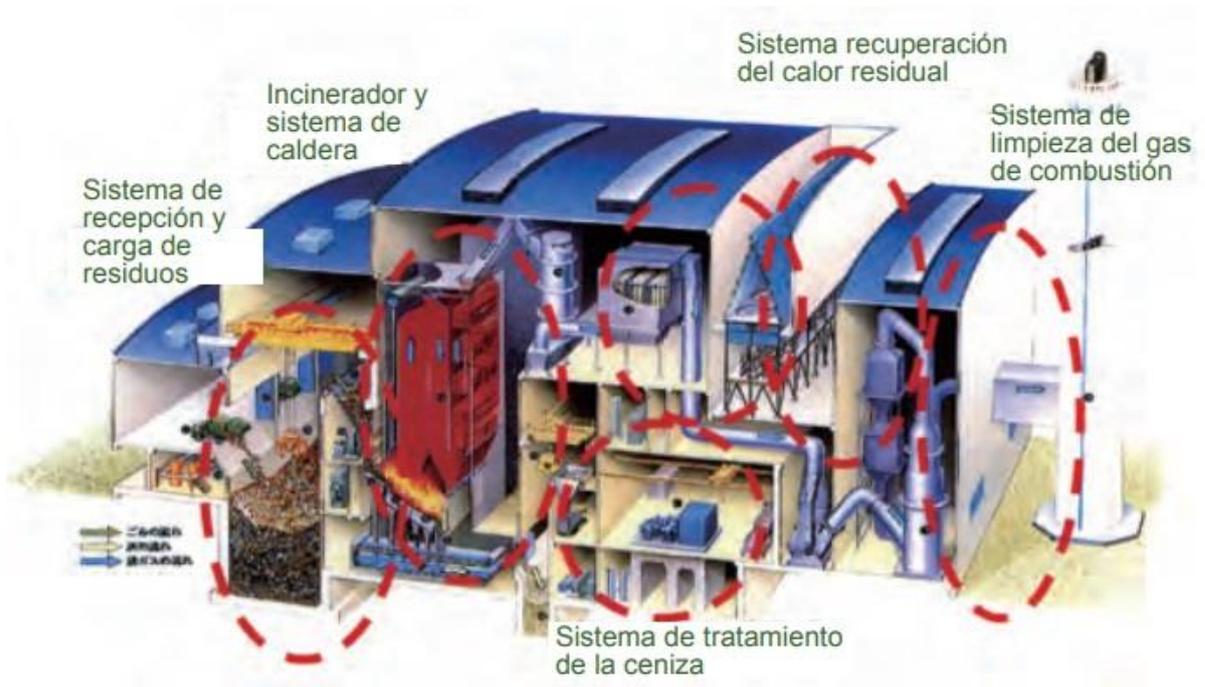
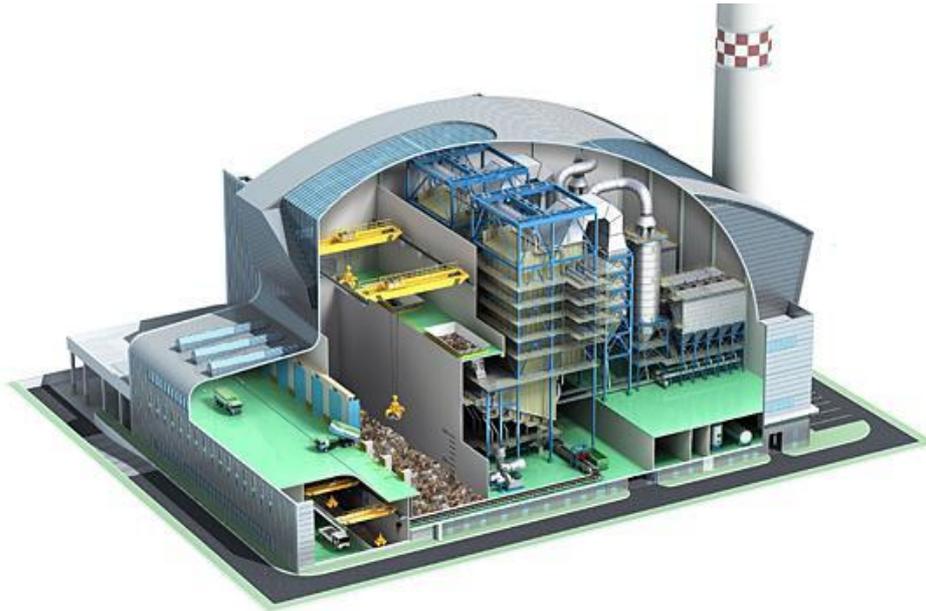


Figura 65: modelos de plantas de Incineración de RSU



SERVICIOS AUXILIARES

SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES GASEOSAS

Se utilizará un equipo de monitoreo continuo de emisiones gaseosas para analizar O₂, CO, NO_x, SO₂, HCl, HF entre otros.

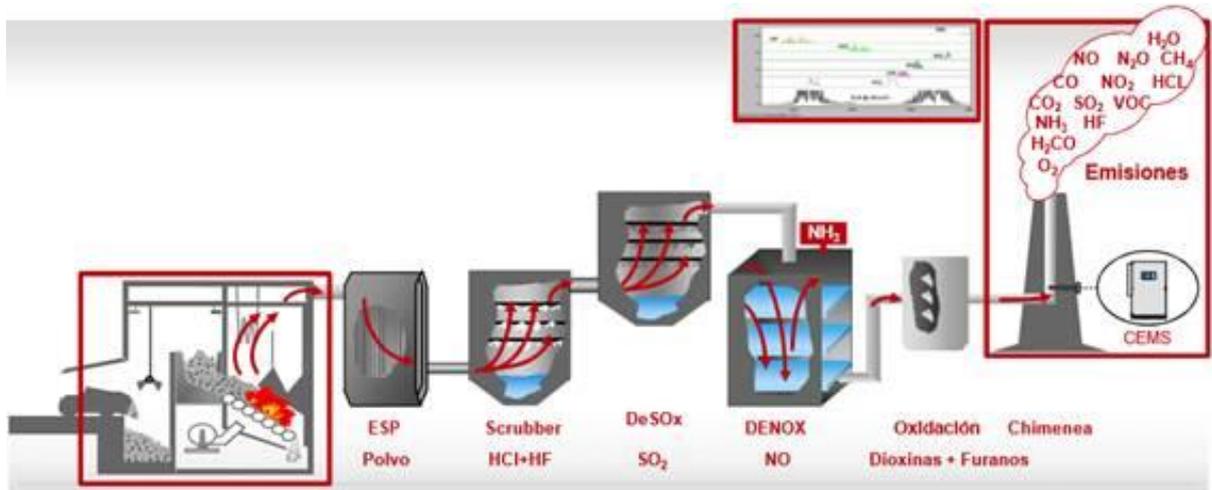


Figura 66: Sistema de monitoreo continuo de emisiones

Este equipo es especialmente diseñado para mediciones gaseosas en chimenea y tiene un principio de monitoreo isocinético y cumple con lo solicitado en las legislaciones internacionales.

Rangos de medición: Adaptables según la necesidad del cliente

Resolución: Menor que 1 ppm y 0,1% en volumen para el Oxígeno (O₂)

Precisión: Mejor que 1%

Sensibilidad: Menor que 1 ppm y 0,1% en volumen de O₂

Se trata de un equipo totalmente computarizado, opcionalmente cuenta con pantalla programable "touch- screen", por lo cual no requiere de Registradores Especiales, sino que el Operador puede verificar el estado de este a través de la Pantalla ubicada en su frente o desde la Computadora que lo asiste.



Figura 67: Equipo para monitoreo de emisiones

La operación, configuración y calibración se realizan desde el panel de operación externo, la operación y el mantenimiento es en forma remota. Calibración automática sin gas patrón mediante celdas internas de calibración.

Por otra parte, dentro de Servicios Auxiliares podemos destacar:

Sistema de enfriamiento: para los sistemas de refrigeración del condensador de turbina de vapor y sistemas auxiliares de planta.

Generador Diesel de emergencia: de 2.400 kW y conectado a la línea de 400 V para proporcionar energía eléctrica a los equipos esenciales para la seguridad de la planta.

Parque de transformadores: de 13,2KV a 380/220 KV.



Sistema de almacenamiento y suministro de agua: para la totalidad de los servicios que se necesiten en planta.

RRHH/ ORGANIGRAMA

Para el correcto funcionamiento de la planta de incineración se estima un número de 48 personas que van a estar divididas en varias gerencias para facilitar la operación y control de ésta.

Gerente General: estará encargado del total de la instalación con un Adjunto que se ocupará de asistirlo en diversas tareas.

El Gerente de Operaciones: conocerá perfectamente el proceso de la planta y gestionará los recursos materiales y humanos de que dispone la planta para su explotación. Es el área más grande ya que engloba al personal encargado de la operación de la planta. De esta gerencia depende el área de almacenes y de Planificación y control que será un área muy importante teniendo en cuenta que se deberá ir planificando la carga del horno semana a semana en función de la variabilidad de los RSU que ingresen a la planta y el nivel se vaya acumulando en la fosa.

Gerencia de Mantenimiento: personal que realizará el mantenimiento preventivo durante el horario laboral y estará presente para acudir a la planta en caso de ser necesario un mantenimiento correctivo. Además, se encargarán del mantenimiento planificado en un paro de planta. Contará con el área de compras, mantenimiento electromecánico e instrumentos. En total estará esta área formada por 10 personas.

Todos deberán disponer de un perfil técnico y de gestión muy alto, deberán tener conocimiento del sector químico e industrial, para conocer y entender los procesos y los productos, principalmente las sustancias peligrosas.



Gerencia de Calidad, Seguridad y Medio ambiente: formada por un Gerente, un responsable de seguridad y un técnico de seguridad para asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad en la planta y capacitar al personal en tema de seguridad. Deberán conocer el proceso de la planta y el tratamiento de los residuos generando un proceso de mejora continua del mismo y velando por la seguridad del manejo de sustancias potencialmente peligrosas, la explotación de la planta y por último y más importante la seguridad de las personas.

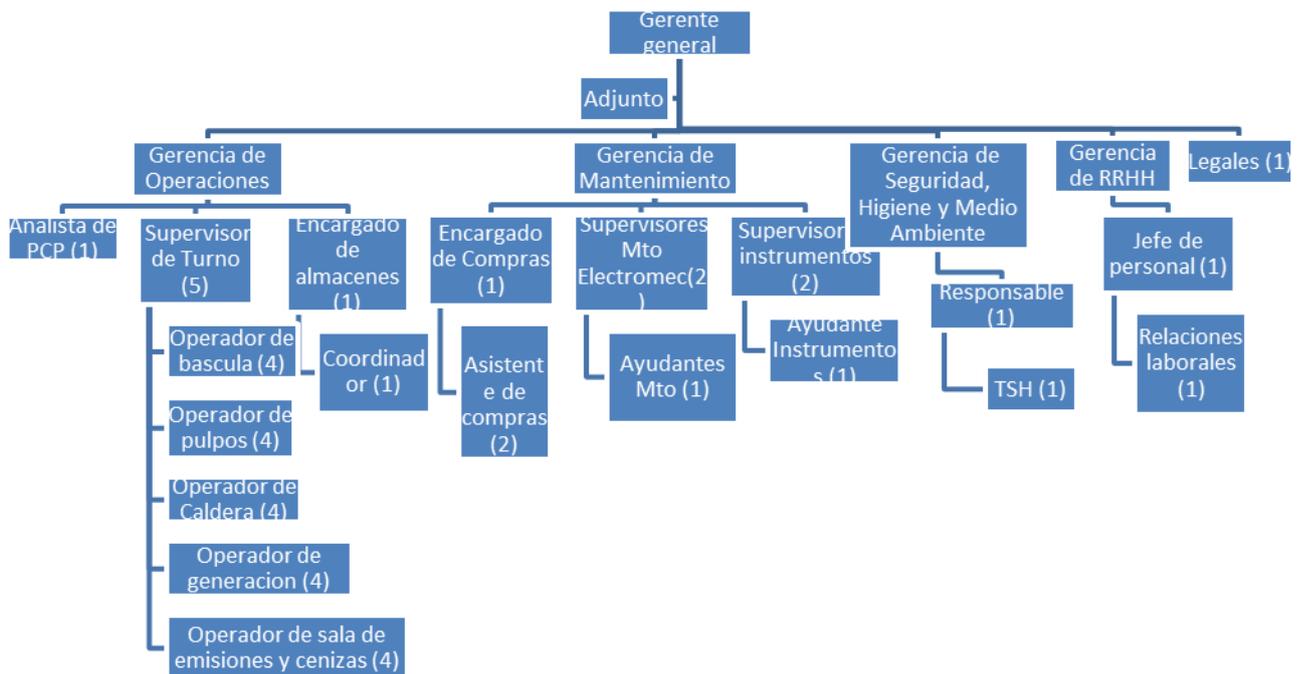


Figura 68: Organigrama

En caso de que sea necesario aumentar la mano de obra por alguna razón que puede estar relacionada con una parada de emergencia, mantenimiento integral o una reparación importante se recurrirá a contratistas especializadas.

Todo el personal que forme parte de la planta deberá recibir formación sobre el funcionamiento de la planta, características de los productos que llegan para ser procesados y de lo que se genera, normas de seguridad que deben cumplir de manera obligatoria.



Los procedimientos de trabajo se adecuarán a la norma de gestión ISO 9000. La empresa certificará, además, la norma ambiental ISO 14000 y las OSHAS 18001 de Seguridad e Higiene laboral.

Además, se realizará un plan de formación con un procedimiento específico adjunto en el ANEXO III (RSU_PE_001).

Los salarios se calcularon en base a distintos convenios colectivos que tienen que ver con las actividades que se desarrollan en la planta y a consultas a especialistas en RRHH de la industria.

ESTUDIO LEGAL

Para instalar una planta de generación de energía a partir de la incineración controlada de residuos sólidos urbanos es necesario analizar el marco regulatorio, leyes, decretos, etc que deberán tenerse en cuenta para instalar dicha planta dentro del territorio argentino.

CONSTITUCIÓN NACIONAL ART. 41

La Constitución Nacional en su artículo 41 consagra el derecho “a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano” y obliga a recomponer el daño ambiental. También manda a las autoridades a proveer “información y educación ambiental”.

Ley 13.592 de la provincia de Buenos Aires, “Ley de Gestión Integral de RSU”.

La misma fija los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley Nacional N.º 25.916 de “presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios”.

Considera a la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos como el conjunto de operaciones que tienen por objeto dar a los residuos producidos en una zona, el destino y tratamiento adecuado, de una manera ambientalmente sustentable, técnica y económicamente factible y socialmente aceptable.

Establece cuatro objetivos de política ambiental:

- 1) Incorporar paulatinamente en la disposición inicial la separación en origen, la valorización, la reutilización y el reciclaje en la gestión integral por parte de todos los Municipios de la Provincia de Buenos Aires.
- 2) Minimizar la generación de residuos, de acuerdo con las metas que se establezcan en la presente Ley y en su reglamentación.
- 3) Diseñar e instrumentar campañas de educación ambiental y divulgación a fin de sensibilizar a la población respecto de las conductas positivas para el ambiente y las posibles soluciones para los residuos



sólidos urbanos, garantizando una amplia y efectiva participación social que finalmente será obligatoria.

4) Incorporar tecnologías y procesos ambientalmente aptos y adecuados a la realidad local y regional.

Ley 13.657 que modifica la Ley 13.592 de RSU

Suspende el artículo 12° y modifica el 8° de la Ley 13.592 y otorga más plazo para que los municipios “manifiesten su continuidad o no con lo estipulado en el artículo 3° de la norma precitada y notificar de ello a la CEAMSE y a la Autoridad Ambiental Provincial”.

Ley Nacional 25.916 “Gestión de Residuos Domiciliarios”.

Las disposiciones de la presente ley establecen los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios, sean éstos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, con excepción de aquellos que se encuentren regulados por normas específicas

Establece que los centros de disposición final son los “especialmente acondicionados y habilitados por la autoridad competente para la disposición permanente de los residuos” y pide para su habilitación” la aprobación de una Evaluación de Impacto Ambiental, que contemple la ejecución de un Plan de Monitoreo de las principales variables ambientales durante las fases de operación, clausura y postclausura” de los rellenos sanitarios. Da plazo hasta 2019 (15 años) para la adecuación de las distintas jurisdicciones al conjunto de disposiciones de la ley.

Define al Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) como el “organismo de coordinación interjurisdiccional” en cuanto al manejo de residuos urbanos

Ley 25.675 “Política Ambiental Nacional”

Norma que le da marco al conjunto de las políticas ambientales en la Argentina. Establece una serie de principios ambientales, como los de “prevención”, “sustentabilidad” y “responsabilidad”. Este último implica que los generadores



“de efectos degradantes del ambiente” son “responsables de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición”.

Resolución 40/2011 “Gestión Integral de RSU”.

Norma del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) que marca el procedimiento para que los municipios de la Provincia de Buenos Aires presenten sus programas de gestión integral de residuos sólidos urbanos.

Resolución N°1143/2002 “Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios”

Dictada por el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), esta norma regula la disposición de RSU en rellenos sanitarios. Indica que éstos deberán establecerse “en áreas cuya zonificación catastral sea Rural” y cómo deben ser la aislación de su base y taludes laterales, entre otros varios aspectos.

Ley 5.965 Protección de las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera

Decreto 3395/96 Reglamentación Ley 5.965

Decreto 1074/18 Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera.

Se publicó en el Boletín Oficial el 5 de octubre de 2018. Reemplaza al decreto 3.395/96.

En el Anexo I se establece que todos los establecimientos generadores de emisiones gaseosas que viertan las mismas a la atmósfera y se encuentren dentro de la Provincia de Buenos Aires deberán obtener la Licencia de Emisiones Gaseosas a la Atmósfera (LEGA). Como paso previo deberán presentar una Declaración Jurada que permita evaluar y controlar el impacto sobre la calidad del aire y del ambiente. La LEGA tendrá una validez por un periodo de cuatro años y para renovarla se deberá presentar una auditoría conforme a las pautas que fije la Autoridad de Aplicación en un periodo de cuatro meses previos al vencimiento de la licencia.



Durante la vigencia de la LEGA el generador deberá contar en el establecimiento con los resultados de los monitoreos que estuviese obligado a efectuar y los avances o planes que sean necesarios.

Resolución OPDS 279/96 Declaración Jurada Efluentes Gaseosos

Resolución 242/97 Complementario Decreto 3395/96

LEY 20284 de contaminación atmosférica

Regula todo lo que tiene que ver con la emisión de gases a la atmósfera. En el anexo II de esta Ley Nacional se muestran valores permitidos de emisión de algunos contaminantes básicos.

Ley 1.854 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos

Es de aplicación en la Ciudad de Buenos Aires, pero vale la pena mencionarla, más conocida como la ley de “Basura Cero”. La misma tiene como principio la reducción progresiva de la disposición final de los RSU.

El primer decreto reglamenta la Ley N° 1854, mientras que el segundo aprueba la reglamentación del artículo 9 de esa ley, modifica el decreto 639/07 y designa la autoridad de aplicación, entre otros conceptos.

Esta Ley se modificó este año, entre los cambios realizados se establece que la Autoridad de Aplicación fija un cronograma de reducción progresiva de la disposición final de residuos sólidos urbanos que conllevará a una disminución de la cantidad de desechos a ser depositados en rellenos sanitarios. Estas metas para cumplir serán de un 50% para el 2021, de un 65% para el 2025 y un 80% para el 2030, tomando como base los niveles enviados al CEAMSE durante el año 2012. Se prohíbe para el 2028 la disposición final de materiales tanto reciclables como aprovechables.

Ley 26.190: Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.



Objeto. Alcance. Ámbito de aplicación. Autoridad de aplicación. Políticas. Régimen de inversiones. Beneficiarios. Beneficios. Sanciones. Fondo Fiduciario de Energías Renovables.

Situación de las energías renovables, previa al inicio de los proyectos del RenovAr

A partir de la Ley 27.191 sancionada en el año 2015, se aprobó el Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables destinada a la producción de energía eléctrica. Dicha ley establece que todos los usuarios de energía eléctrica deberán contribuir con los objetivos de cubrimiento de energía eléctrica renovable. Para ello establece porcentajes los siguientes porcentajes:

2017-2018	2019-2020	2021-2022	2023-2024	desde 2025
8%	12%	16%	18%	20%

Los usuarios con una demanda media anual igual o mayor a 300kw deberán cumplir individualmente con los objetivos de contribución de cubrimiento de energía renovable de su consumo propio de energía eléctrica. A partir de ello se han realizado las licitaciones de energías renovables RenovAr 1, 1.5 y 2, donde una gran cantidad de proyectos de energías renovables deberían ir incorporándose al mercado eléctrico de acuerdo con las condiciones pactadas. Desde el Centro de Investigación en Economía y Planeamiento Energético nos pareció interesante realizar un informe estudiando el mercado de las energías renovables en el sector eléctrico anterior a la puesta en marcha del programa RenovAr. Así es como, en este informe se detallan todos los proyectos renovables que se encuentran entregando electricidad a la red¹, acompañado con una descripción de cada uno.



PUBLICIDAD, RELACIONES PUBLICAS Y PROMOCION

La comunicación con el entorno social es muy importante debido a la mala imagen que tiene la incineración. Por este motivo se va a realizar, en una fase previa a la construcción de la incineradora, una campaña de concientización de la comunidad vecina. En las mismas se explicará en jornadas formativas e informativas el control ambiental riguroso que realizará a las emisiones generadas, datos del proceso, etc. También se focalizará en el desarrollo de la actividad, en la creación de puestos de trabajo en forma directa e indirecta. Focalizarse en la solución que presenta este tipo de proyecto frente a la problemática por un lado de la basura y por el otro de la energía.

En una etapa posterior, con la planta ya en marcha se podrán realizar visitas guiadas a las instalaciones, a colegios, comunidades y universidades de las zonas.

Se subvencionará actividades lucrativas y culturales al entorno social, con la intención de disminuir el impacto social negativo.

DISPOSICION Y CONTROL DE CONTAMINANTES

Los aspectos medioambientales que causan mayor preocupación en la incineración de los RSU son las emisiones atmosféricas, especialmente dioxinas y furanos y las escorias y cenizas producto de la incineración.

La variedad de los materiales a tratar y los niveles de emisión impuestos por normas legales obligó a desarrollar y adaptar tecnologías específicas para estos procesos.



Los aspectos socioeconómicos ponen de manifiesto qué se requieren elevadas inversiones, elevados costos de operación y en general una fuerte oposición popular.

Controles en el horno y la combustión: en este proceso es indispensable operar con exceso de aire para asegurar la combustión completa y evitar que la temperatura sea demasiado elevada (mayor a 1100°T) y pueda ablandar y fundir las cenizas y escorias.

La formación de óxidos de nitrógeno también se reduce controlando la temperatura de la cámara. Para conseguir la combustión completa es necesario conseguir un buen contacto entre el aire y los sólidos y que la permanencia de cada uno de los materiales sea, en condiciones de temperatura y presión parcial de oxígeno fijadas, superior al de conversión completa.

Para garantizar la destrucción de moléculas orgánicas complejas, que podrían salir con gases de combustión, se someten estos gases a un proceso adicional en el cual la temperatura es superior a 859°C durante un tiempo no inferior a 2 segundos y con un contenido de oxígeno superior al 6%. Estos gases se introducen en una caldera de recuperación para producción de vapor con el que pueda obtenerse energía por medio de una turbina.

Gestión de las cenizas de la incineración

La ceniza residual es un producto de la incineración de los residuos sólidos.

Constituyentes:

- porción inorgánica no combustible de los residuos sólidos (latas, frascos, polvo, .etc)
- materia orgánica no combustible (hollín)

Durante la incineración se generan dos tipos de ceniza:

- ceniza de fondo:



- compuesta por el material no combustible que pasa por la cámara de combustión.
- generalmente es recolectada por un dispositivo transportador y enfriada con agua
- constituye de 75 a 90% de toda la ceniza generada según la tecnología que se emplee
- ceniza suspendida en el gas de combustión:
 - es el material más ligero
 - recolectado por el equipo de control de contaminación

Las cenizas resultantes de la incineración de RSU contienen metales pesados (principalmente plomo y cadmio) que provienen de elementos como equipos electrónicos, baterías y algunos plásticos. Debido a los efectos potencialmente perjudiciales del desecho de ceniza es necesario evaluarla en los estadios iniciales del proyecto.

La lixiviación en los rellenos preocupa debido a que los metales solubles pueden contaminar la capa freática.

Las dioxinas asociadas con la ceniza suspendida en el gas de combustión pueden ser controlada mediante buenas prácticas de combustión.

Las emisiones de polvo también deben ser controladas mediante un manejo adecuado.

Gestión adecuada de la ceniza: implica el manejo adecuado desde su generación hasta su disposición final.

La ceniza debe ser analizada para comprobar sus condiciones respecto a los estándares internacionales aceptados o a la legislación correspondiente.

La descarga de ceniza no peligrosa puede hacerse en un relleno municipal, siempre y cuando esté cuenta con sistemas de impermeabilización y recolección de percolado y monitoreos del agua del nivel freático.

La seguridad de los trabajadores debe estar garantizada durante la carga de los vehículos de transporte de ceniza dentro de la unidad de incineración, debido a los efectos potencialmente perjudiciales de la aspiración o contacto con la ceniza de combustión. Si la ceniza va a ser transportada a otra localidad se deben usar



vehículos con carrocería cerrada y el proceso de descarga debe garantizar la minimización del levantamiento y escape de polvo y proteger a los trabajadores.

MÉTODOS DE TRATAMIENTOS DE LOS RESIDUOS SECUNDARIOS (cenizas) PROCEDENTES DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS:

- Depósito en vertedero
- Tratamiento fisicoquímico
- Valorización en cementera
- Valorización cerámica
- Valorización por vitrificación

SEGURIDAD E HIGIENE

En la planta se tratan residuos que si bien no son residuos considerados peligrosos hay que estar atentos a los riesgos que se pueden presentar. También se deberían realizar planes de emergencia que traten esos riesgos y los incidentes producidos en caso de contingencia.

Para la explotación de la planta de forma segura se dispondrá de un área de seguridad que conserve el interés y acción preventiva de todo el personal para evitar incidentes, y establecer el desarrollo y ejecución de un plan de respuesta ante una emergencia que pudiera llegar a ocurrir.

Se dispondrá de:

- Planes de seguridad
- Plan de formación
- Plan de emergencia
- Plan de evacuación
- Plan de crisis
- Manuales de autoprotección



ANÁLISIS DE RIESGOS

Si consideramos los posibles riesgos que se pueden presentar en una planta de incineración podemos destacar los siguientes:

Riesgos físicos: originados por las temperaturas elevadas que pueden manejarse dentro de la planta.

Riesgos químicos: aquellos que pueden presentarse por exposición a sustancias potencialmente peligrosas que podrían producir alteraciones en el sistema. En cuanto a la exposición a contaminantes químicos pueden originar infecciones respiratorias o **dermatológicas al estar en contacto con distintas sustancias.**

Riesgo biológico: exposición de agentes biológicos generados en la planta de incineración y los residuos de ceniza que los operarios podrían inhalar al momento de limpiar el equipo. Esto podría generar afecciones respiratorias, que dependiendo de la naturaleza del desecho pueden dar resultado enfermedades profesionales.

Riesgos ergonómicos: Por mala posición física.



EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA



EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

INTRODUCCION

El objetivo del análisis económico financiero es poder demostrar que este proyecto no sólo brinda soluciones a las temáticas de la basura y el déficit energético, sino que también resulta redituable. No solo el proyecto debe cumplir los requerimientos técnicos y específicos de una planta WTE, sino también, debe ser rentable para incentivar a instituciones privadas y estatales para su aplicación.

Se tomó un horizonte temporal de 10 años para el análisis financiero, considerando un año para la construcción de la planta y 25 años de operación.

ANALISIS DEL NEGOCIO

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none">• Tecnología libre de patentes• Disponibilidad de personal cualificado• Proceso y sistemas de control rigurosos• Valorización energética de productos que irían a vertederos con otros procesos.	<ul style="list-style-type: none">• Existencia de normativa nacional que permite la incineración de RSU• Determinación de la administración pública de disminuir los vertederos y los residuos finales sin tratar.• Crisis Económica, menor presión social• Mercado en fase de introducción, gran cuota de mercado sin usar

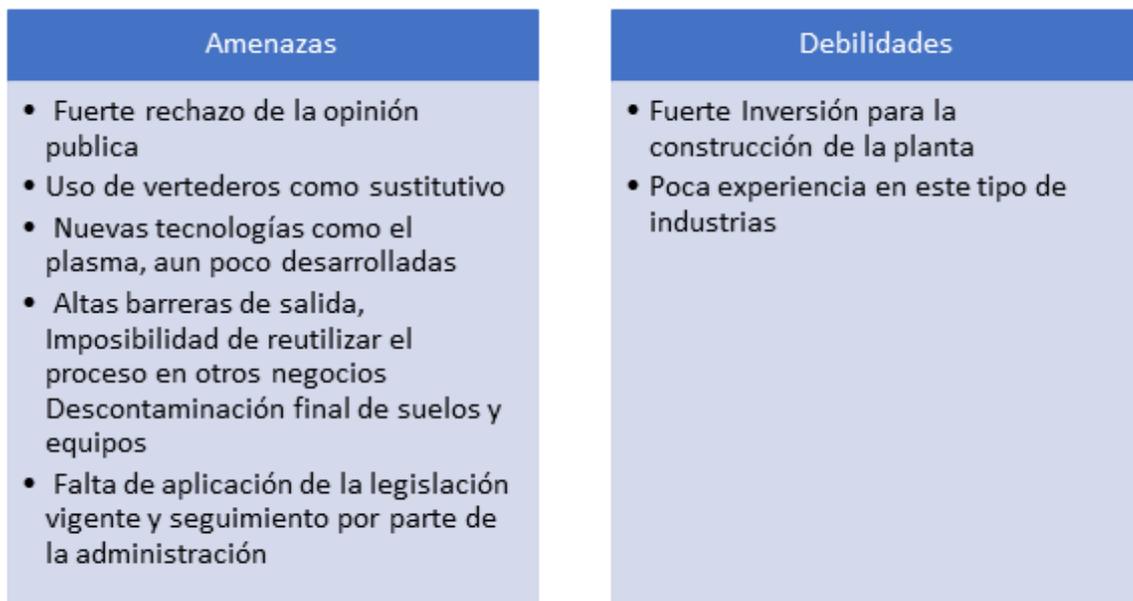


Figura 69: Análisis FODA

COMPETIDORES A NIVEL NACIONAL - Sector energético

No se identifican competidores directos en el campo del aprovechamiento energético de los residuos a nivel nacional, al ser también un modo de generación de EE, se pueden considerar los demás procesos de generación como competidores indirectos o sustitutos.

Previamente se analizó la matriz energética Argentina y se concluyó que:

- Existe una dependencia excesiva de los combustibles fósiles y, a su vez, un déficit de los mismos. Las necesidades de importación de combustible para generar EE significan una gran erogación monetaria
- La utilización de este tipo de combustibles contribuye a la emisión de GEI que causan al cambio climático.

En este sentido el generar EE por una vía no dependiente de los combustibles fósiles tiene varios beneficios:

- Favorece la diversificación de la matriz energética.
- Previene la emisión de GEI que se emitirían como consecuencia de la quema de los combustibles en las plantas generadoras.



- Representa un ahorro monetario en las importaciones de combustibles.
- Presenta una solución eficaz a la gestión de los RSU en la región.

PRODUCTOS DEL PROCESO

Los ingresos considerados del proyecto se dividieron en tres grupos:

1. Ingresos producidos por la venta de energía eléctrica a la red
2. Ingresos por tarifa por gestión de residuos.
3. Ingresos por la venta de subproductos del proceso: metales, subproductos de reacción.

Ingresos por venta de energía eléctrica

Como ya se mencionó existen diversos incentivos para la generación eléctrica de manera renovable.

Dicho incentivo económico consiste en el pago de 130 USD el MWh de energía renovable.

Según las características técnicas de la planta, con una capacidad instalada de 32 MW, la energía disponible para comercializar sería de 268.800 MWh/año. Este número surge de considerar en promedio 350 días operativos al año

Ingresos por Tarifa por gestión de residuos

Es una tasa que las distintas municipalidades generadoras de los residuos pagan por cada tonelada de residuos de la cual se hace cargo una planta WTE.

Esta tasa puede pensarse como el equivalente al precio que se paga por cada tonelada de RSU que se entierra en un relleno sanitario. La tarifa por tonelada tratada que es de 35 USD.



Sin embargo, luego se presenta un análisis de distintos escenarios posibles de diferentes valores para dicha tasa. Este análisis deja en evidencia la criticidad de esta tasa para el éxito financiero del proyecto.

Ingresos por venta de metal recuperado de la ceniza

Como se mencionó anteriormente, aproximadamente el 0,4% de los RSU son metales ferrosos y no ferrosos. De esta forma, se estima que por año se pueden recuperar de las cenizas aproximadamente 2000 toneladas de metales. El precio de venta es de 150 USD/ton.

Ingresos por venta de nitrógeno recuperado del amoníaco.

El nitrógeno se obtiene como subproducto del amoníaco que se utiliza en los procesos de SNRC y SRC. El precio por tonelada de nitrógeno es de U\$S250. se calcula un aproximado de 20000 toneladas anuales.

INSUMOS REQUERIDOS

Los RSU son la principal materia prima de esta planta. Al estar instalados dentro del predio del CEAMSE se garantiza el flujo de RSU debido al ingreso diario de camiones de recolección. Como se mencionó a lo largo del proyecto los municipios deben pagar un total de U\$S35 por cada tonelada de residuo que sea tratada.

Por otra parte, para el funcionamiento de la instalación se necesitan ciertos insumos que se adquirirán dentro del territorio nacional.

- Hidróxido de Calcio: se lo utiliza para el tratamiento de los gases, en el Scrubber Semihúmedo para eliminar el Cloruro de Hidrogeno y el Fluoruro de Hidrogeno. Este insumo cuesta unos U\$S80 y se utiliza aproximadamente 0,036 toneladas de insumo por cada tonelada de RSU tratada.
- Piedra Caliza: es el carbonato de Calcio CaCO_3 , se utiliza en el scrubber semihúmedo para eliminar sulfuros. Este insumo cuesta U\$S 90 y se utilizan aproximadamente 0,033 Tn de insumo por cada tonelada de RSU tratada.



- **Amoniaco:** Se utiliza en la reducción catalítica selectiva, donde se inyecta amoniaco en la cámara de combustión para que reaccione con los óxidos de nitrógeno. Este insumo cuesta unos U\$S330 y se utiliza aproximadamente 0,048 toneladas por cada tonelada de RSU tratada.
- **Oxido de Vanadio:** este insumo es reutilizable y tiene un costo de U\$S20.000. Al igual que el amoniaco también se lo utiliza en el reactor SRC para eliminar óxidos de Nitrógeno.

INVERSION

El presupuesto total incluyendo el diseño, construcción y puesta en funcionamiento de la Planta de incineración de residuos sólidos urbanos con Tecnología de parrilla y recuperación energética es de U\$S 109.412.256.

Activos Fijos	
INFRAESTRUCTURA	U\$D 6.796.934
OBRA CIVIL Y SERVICIOS	U\$D 8.237.938
ESTRUCTURA METÁLICA	U\$D 2.706.288
HORNO	U\$D 10.585.438
CALDERA	U\$D 11.144.226
LIMPIEZA DE GASES	U\$D 9.067.862
CONDENSADOR	U\$D 653.789
SISTEMA AGUA – VAPOR	U\$D 2.706.288
TURBOGENERADOR	U\$D 12.634.587
SISTEMA DE CENIZAS Y ESCORIAS	U\$D 2.113.429
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA	U\$D 1.241.856
BÁSCULA DE CAMIONES	U\$D 134.716
oxido de vanadio	U\$D 0
PUENTE – GRÚA Y PULPO	U\$D 811.288
SISTEMA ELÉCTRICO	U\$D 3.307.577
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	U\$D 3.112.577
CHIMENEA	U\$D 1.353.144
SISTEMAS AUXILIARES	U\$D 947.500
Maq y equip. Oficina	U\$D 12.300
Maq y equipo Importado (FOB)	U\$D 95.960
Rodado	U\$D 75.000
TERRENO	U\$D 1.000.000
Capital de trabajo	U\$D 0



Activos Nominales	
Gs. de Nacionalización	\$ 5.556.206
Flete maq importada	\$ 2.469.425
Know How	\$ 2.500.000
Licencia	\$ 4.873.052
Gastos Pre-operativos	\$ 34.393
total	\$ 94.171.774
total iva	\$ 15.240.483
TOTAL INVERSION	\$ 109.412.256

ESTRUCTURA DE CAPITAL

La instalación de esta planta de generación de energía a partir del incineración es un proyecto de capital intensivo, es decir que para su instalación tendrá un alto costo al inicio respecto del que costo que incurrirá en su operación. Por tal motivo se planteó una estructura de capital 50-50, 50% del capital de inicio será tomado por una deuda financiera y el 50% restante será aportado por los accionistas del proyecto.

El monto a financiar es de U\$D 54.706.128 una financiación con deuda a 10 años.

años	10
Monto U\$S	U\$D 54.706.128
Plazo	120
T.E.M	2%
T.N.A.(Cap. 360 días)	22%
Plazo de Gracia	6
Comisión	2,50%
Cuota:	\$ 1.076.925
Sistema	Francés

COSTO DE CAPITAL

Para determinar el Costo de Capital Empresario se utilizó el Modelo de Vinculación de Activos de Capital (CAPM).

Se obtuvo un costo de oportunidad del proyecto $K_e = 15,39\%$ y un costo promedio ponderado de capital $W_{acc} = 14,8\%$.



ESTADO DE RESULTADOS

Para identificar las márgenes de ganancia que el proyecto generaría durante el horizonte de planeamiento se realizó una evaluación del estado de resultados proyectado.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	USD 43.158.500	USD 44.872.966	USD 46.443.520	USD 47.836.825	USD 49.032.746
Costo de mercadería vendida	USD 15.585.686	USD 16.208.876	USD 16.776.187	USD 17.279.472	USD 17.711.459
Utilidad bruta	USD 27.572.814	USD 28.664.090	USD 29.667.333	USD 30.557.353	USD 31.321.287
Gastos administrativos	USD 143.497	USD 134.851	USD 133.987	USD 1.073.581	USD 1.073.581
Gastos de comercialización	USD 70.323				
Gastos de Fabricación	USD 140.884	USD 138.384	USD 138.134	USD 138.134	USD 138.134
amortizaciones/depreciaciones	USD 2.728.201	USD 2.728.201	USD 2.533.896	USD 2.533.896	USD 2.533.896
Gastos					
iva	USD 4.511.251	USD 4.323.642	USD 4.080.749	USD 3.784.420	USD 3.422.898
interes	USD 10.927.258	USD 10.554.890	USD 10.033.884	USD 9.398.256	USD 8.622.791
Ingresos brutos	USD 1.510.548	USD 1.570.554	USD 1.625.523	USD 1.674.289	USD 1.716.146
Resultado antes de impuestos	USD 7.540.852	USD 9.143.244	USD 11.050.837	USD 11.884.454	USD 13.743.518
impuesto a las ganancias	USD 2.639.298	USD 3.200.135	USD 3.867.793	USD 4.159.559	USD 4.810.231
Resultado después de impuestos	USD 4.901.554	USD 5.943.109	USD 7.183.044	USD 7.724.895	USD 8.933.287

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ventas	USD 50.258.564	USD 51.263.736	USD 52.289.011	USD 53.334.791	USD 53.868.139
Costo de mercadería vendida	USD 18.154.245	USD 18.517.330	USD 18.887.677	USD 19.265.431	USD 19.458.085
Utilidad bruta	USD 32.104.319	USD 32.746.405	USD 33.401.334	USD 34.069.360	USD 34.410.054
Gastos administrativos	USD 1.073.581				
Gastos de comercialización	USD 70.323				
Gastos de Fabricación	USD 138.134				
amortizaciones/depreciaciones	USD 2.533.896				
Gastos					
iva	USD 2.981.841	USD 2.443.752	USD 1.787.283	USD 986.391	USD 273.130
interes	USD 7.676.723	USD 6.522.520	USD 5.114.393	USD 3.396.477	USD 1.300.620
Ingresos brutos	USD 1.759.050	USD 1.794.231	USD 1.830.115	USD 1.866.718	USD 1.885.385
Resultado antes de impuestos	USD 15.870.771	USD 18.169.969	USD 20.853.609	USD 24.003.841	USD 27.134.984
impuesto a las ganancias	USD 5.554.770	USD 6.359.489	USD 7.298.763	USD 8.401.344	USD 9.497.244
Resultado después de impuestos	USD 10.316.001	USD 11.810.480	USD 13.554.846	USD 15.602.496	USD 17.637.740

FLUJO DE FONDOS

	Año 0	Año 1					
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
INGRESOS OPERATIVOS							
VENTAS		USD 3.319.488	USD 3.743.217	USD 3.122.573	USD 3.601.422	USD 3.380.349	USD 3.462.858
EGRESOS OPERATIVOS							
COSTOS DIRECTOS PRODUCCION		USD 1.198.756	USD 1.351.775	USD 1.127.644	USD 1.300.569	USD 1.220.734	USD 1.250.530
GASTOS FABRICACION		USD 10.936	USD 15.760				
GASTOS COMERCIALIZACION		USD 5.504	USD 7.642				
GASTOS ADMINISTRATIVOS		USD 11.183	USD 15.835				
FLUJO DE CAJA OPERATIVO	USD 0	USD 2.093.109	USD 2.363.818	USD 1.967.305	USD 2.273.229	USD 2.131.992	USD 2.173.090
INGRESOS NO OPERATIVOS	USD 54.706.128	USD 546.198	USD 615.988	USD 513.765	USD 592.634	USD 556.222	USD 569.812
RECUPERO IVA		USD 546.198	USD 615.988	USD 513.765	USD 592.634	USD 556.222	USD 569.812
APORTE ACCIONISTAS	USD 54.706.128						
EGRESOS NO OPERATIVOS	USD 109.412.256	USD 729.925	USD 209.356	-USD 5.461	USD 214.584	USD 77.438	USD 136.455
INVERSION EN ACTIVOS	USD 109.412.256	USD 0					
VARIACION DE CAPITAL DE TRABAJO	USD 0	USD 613.742	USD 78.344	-USD 114.751	USD 88.535	-USD 40.874	USD 15.255
IMPUESTOS A INGRESOS BRUTOS		USD 116.182	USD 131.013	USD 109.290	USD 126.050	USD 118.312	USD 121.200
IMPUESTOS A LAS GANANCIAS							
FLUJO DE CAJA NO OPERATIVO	-USD 54.706.128	-USD 183.726	USD 406.632	USD 519.227	USD 378.049	USD 478.784	USD 433.357
FLUJO DE CAJA SIN FINANCIAM.	-USD 54.706.128	USD 1.909.383	USD 2.770.450	USD 2.486.532	USD 2.651.279	USD 2.610.776	USD 2.606.447
INGRESOS FINANCIEROS	USD 54.706.128						
EGRESOS FINANCIEROS	USD 0	USD 914.083					
INTERESES		USD 914.083					
AMORTIZACION DE CAPITAL		USD 0					
FLUJO DE CAJA CON FINANCIAM.	USD 0	USD 995.300	USD 1.856.367	USD 1.572.449	USD 1.737.196	USD 1.696.693	USD 1.692.364
FLUJO DE CAJA ACUMULADO		USD 995.300	USD 2.851.667	USD 4.424.117	USD 6.161.313	USD 7.858.006	USD 9.550.370



	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
INGRESOS OPERATIVOS								
VENTAS	USD 46.443.520	USD 47.836.825	USD 49.032.746	USD 50.258.564	USD 51.263.736	USD 52.289.011	USD 53.334.791	USD 53.868.139
EGRESOS OPERATIVOS								
COSTOS DIRECTOS PRODUCCION	USD 16.776.187	USD 17.279.472	USD 17.711.459	USD 18.154.245	USD 18.517.330	USD 18.887.677	USD 19.265.431	USD 19.458.085
GASTOS FABRICACION	USD 138.134	USD 138.134	USD 138.134					
GASTOS COMERCIALIZACION	USD 70.323	USD 70.323	USD 70.323					
GASTOS ADMINISTRATIVOS	USD 133.987	USD 133.987	USD 133.987					
FLUJO DE CAJA OPERATIVO	USD 29.324.889	USD 30.214.909	USD 30.978.843	USD 31.761.875	USD 32.403.962	USD 33.058.890	USD 33.726.917	USD 34.067.610
INGRESOS NO OPERATIVOS								
RECUPERO IVA	USD 5.671.246	USD 6.063.561	USD 3.057.948	USD 47.613	USD 39.042	USD 39.823	USD 40.620	USD 20.716
APORTE ACCIONISTAS								
EGRESOS NO OPERATIVOS								
INVERSION EN ACTIVOS	-USD 2.750.626	USD 1.249.436	USD 1.285.945	USD 1.280.416	USD 1.321.228	USD 1.317.511	USD 1.313.719	USD 1.408.499
VARIACION DE CAPITAL DE TRABAJO	USD 4.257.766	USD 257.705	USD 221.197	USD 226.727	USD 185.916	USD 189.634	USD 193.427	USD 98.648
IMPUESTOS A INGRESOS BRUTOS	USD 1.625.523	USD 1.674.289	USD 1.716.146	USD 1.759.050	USD 1.794.231	USD 1.830.115	USD 1.866.718	USD 1.885.385
IMPUESTOS A LAS GANANCIAS	USD 3.867.793	USD 4.159.559	USD 4.810.231	USD 5.554.770	USD 6.359.489	USD 7.298.763	USD 8.401.344	USD 9.497.244
FLUJO DE CAJA NO OPERATIVO	-USD 1.329.210	-USD 1.277.428	-USD 4.975.571	-USD 8.773.350	-USD 9.621.822	-USD 10.536.200	-USD 11.734.588	-USD 12.869.061
FLUJO DE CAJA SIN FINANCIAM.	USD 27.995.680	USD 28.937.481	USD 26.003.272	USD 22.988.525	USD 22.782.140	USD 22.462.689	USD 21.992.328	USD 21.198.550
INGRESOS FINANCIEROS								
EGRESOS FINANCIEROS								
INTERESES	USD 10.033.884	USD 9.398.256	USD 8.622.791	USD 7.676.723	USD 6.522.520	USD 5.114.393	USD 3.396.477	USD 1.300.620
AMORTIZACION DE CAPITAL	USD 2.889.216	USD 3.524.843	USD 4.300.309	USD 5.246.376	USD 6.400.579	USD 7.808.707	USD 9.526.622	USD 11.622.479
FLUJO DE CAJA CON FINANCIAM.	USD 15.072.580	USD 16.014.382	USD 13.080.172	USD 10.065.426	USD 9.859.041	USD 9.539.590	USD 9.069.229	USD 8.275.450
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	USD 42.054.962	USD 58.069.344	USD 71.149.516	USD 81.214.942	USD 91.073.983	USD 100.613.573	USD 109.682.801	USD 117.958.252

	Año 1						Año 2	
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Sem 1	Sem 2
INGRESOS OPERATIVOS								
VENTAS	USD 3.651.886	USD 3.692.004	USD 3.888.423	USD 3.690.708	USD 3.968.591	USD 3.636.984	USD 21.449.425	USD 23.423.541
EGRESOS OPERATIVOS								
COSTOS DIRECTOS PRODUCCION	USD 1.318.793	USD 1.333.281	USD 1.404.213	USD 1.332.813	USD 1.433.164	USD 1.313.412	USD 7.747.896	USD 8.460.980
GASTOS FABRICACION	USD 10.936	USD 15.760	USD 69.192	USD 69.192				
GASTOS COMERCIALIZACION	USD 5.504	USD 7.642	USD 35.162	USD 35.162				
GASTOS ADMINISTRATIVOS	USD 11.183	USD 15.835	USD 67.426	USD 67.426				
FLUJO DE CAJA OPERATIVO	USD 2.305.470	USD 2.331.100	USD 2.456.587	USD 2.330.272	USD 2.507.804	USD 2.284.335	USD 13.529.750	USD 14.790.782
INGRESOS NO OPERATIVOS								
RECUPERO IVA	USD 600.945	USD 607.553	USD 639.904	USD 607.340	USD 653.108	USD 0	USD 1.313.914	USD 1.748.446
APORTE ACCIONISTAS							USD 1.313.914	USD 1.748.446
EGRESOS NO OPERATIVOS								
INVERSION EN ACTIVOS	USD 0							
VARIACION DE CAPITAL DE TRABAJO	USD 34.950	USD 7.417	USD 36.316	-USD 36.556	USD 51.378	-USD 61.311	USD 3.294.833	USD 365.132
IMPUESTOS A INGRESOS BRUTOS	USD 127.816	USD 129.220	USD 136.095	USD 129.175	USD 138.901	USD 127.294	USD 750.730	USD 819.824
IMPUESTOS A LAS GANANCIAS						USD 2.639.298		USD 3.200.135
FLUJO DE CAJA NO OPERATIVO	USD 438.180	USD 470.915	USD 467.493	USD 514.720	USD 462.829	-USD 2.705.282	-USD 2.731.649	-USD 2.636.645
FLUJO DE CAJA SIN FINANCIAM.	USD 2.743.649	USD 2.802.015	USD 2.924.080	USD 2.844.993	USD 2.970.633	-USD 420.947	USD 10.798.101	USD 12.154.137
INGRESOS FINANCIEROS								
EGRESOS FINANCIEROS								
INTERESES	USD 1.076.925	USD 6.461.550	USD 6.461.550					
AMORTIZACION DE CAPITAL	USD 914.083	USD 911.362	USD 908.595	USD 906.783	USD 902.923	USD 900.016	USD 5.277.445	USD 5.277.445
FLUJO DE CAJA CON FINANCIAM.	USD 1.666.724	USD 1.725.090	USD 1.847.155	USD 1.768.068	USD 1.893.708	-USD 1.497.872	USD 4.336.552	USD 5.692.587
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	USD 11.217.094	USD 12.942.184	USD 14.789.339	USD 16.557.407	USD 18.451.115	USD 16.953.243	USD 21.289.795	USD 26.982.382

RENTABILIDAD DEL PROYECTO

VAN

Utilizando los flujos de fondo proyectados y la tasa de descuento calculada, el proyecto brinda un valor actual neto anual de

VAN **USD 9.236.719**

De igual manera que con el VAN, se utilizaron los flujos de fondo del proyecto para obtener la tasa interna de retorno, para el proyecto y para el inversor:

TIR DEL ACCIONISTA	21,98%
TIR DEL PROYECTO	17,24%
PAYBACK	6 años

CONSTRUCCION DE ESCENARIOS

Se realizó un análisis de factibilidad para distintos escenarios posibles. Se plantearon cuatro situaciones distintas para la cotización de la tarifa por tonelada de RSU tratada. Con dicho análisis queda en evidencia la influencia crucial del mismo sobre el éxito o fracaso del proyecto. Se buscó hacer un análisis sobre el proyecto en base a los valores del canon. Se demuestra que una pequeña variación en su valor genera grandes diferencias en los VAN y tasas internas de retorno. Por otro lado, en todos los escenarios planteados se estipuló con que la energía es comercializada a través del programa de incentivos "GENREN", obteniendo aproximadamente 130US\$/MWh. De no ser así, y comercializarse la energía al mismo valor que la electricidad generada a través de la quema de combustible fósil, el proyecto sería inviable.

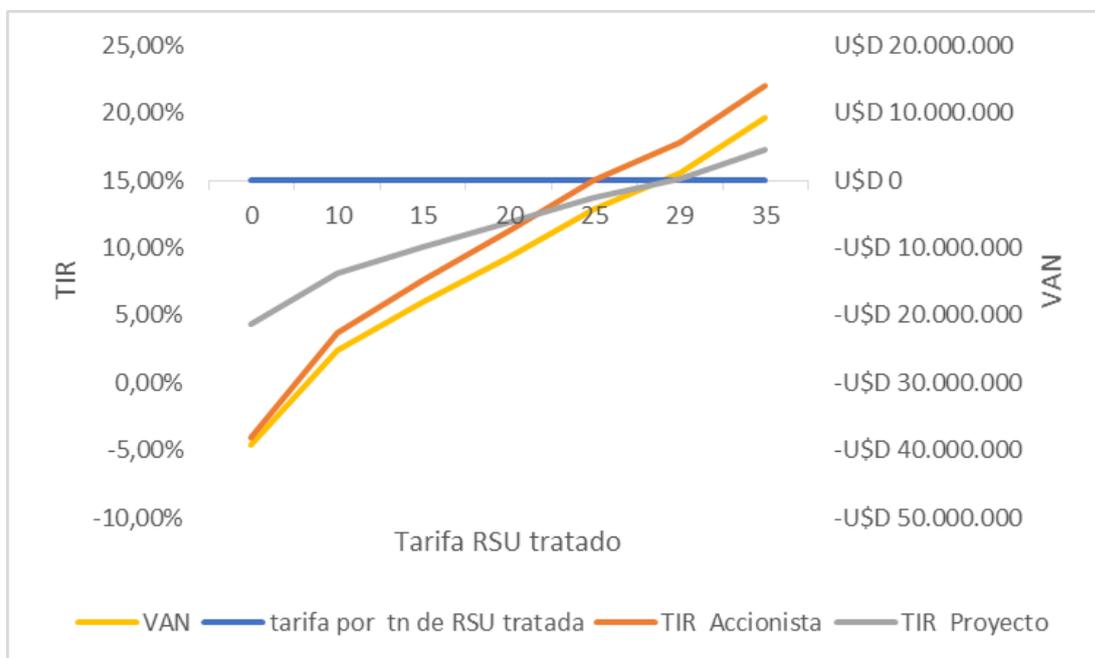
Se considera como el contexto más optimista el presente. Ya que con una tarifa de 35 U\$\$/ton se obtienen muy buenos resultados.

A continuación, se detallan las distintas tarifas analizadas y sus respectivos rendimientos.



tarifa por tn de RSU tratada	TIR Accionista	TIR Proyecto	VAN
0	-4,04%	4,31%	-U\$D 39.201.813
10	3,70%	8,12%	-U\$D 25.221.242
15	7,58%	10,03%	-U\$D 18.159.089
20	11,27%	11,86%	-U\$D 11.306.774
25	14,96%	13,71%	-U\$D 4.345.020
29	17,76%	15,11%	U\$D 1.019.820
35	21,98%	17,24%	U\$D 9.236.719

Como puede observarse en el gráfico siguiente, un valor menor a 29 U\$S por tonelada tratada haría que el proyecto no sea rentable.



PUNTO DE EQUILIBRIO

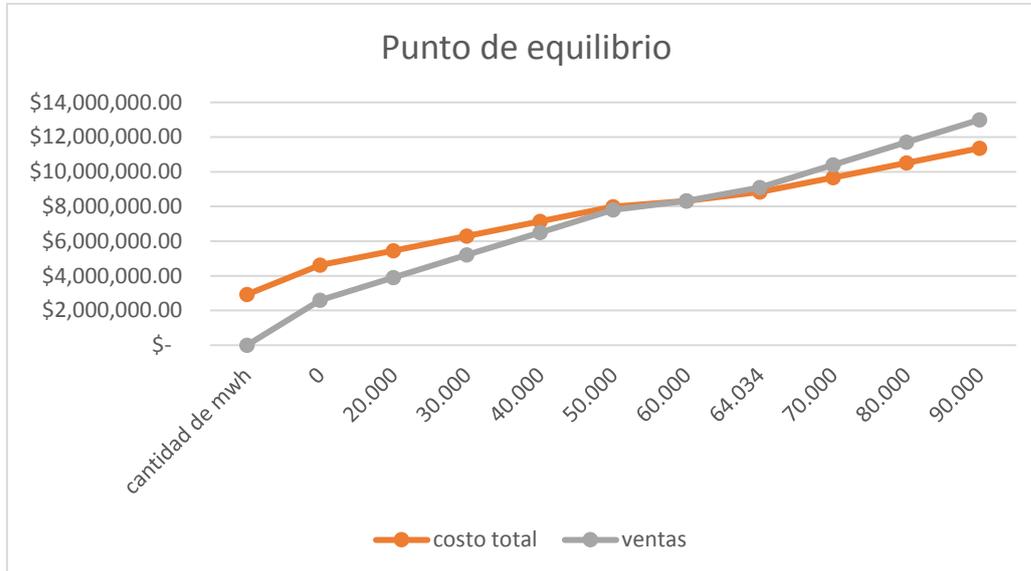
Para generar 1MW de energía es necesario incinerar 2,77Tn de RSU y tiene un costo variable unitario de U\$S84,34

COSTO TOTAL	COSTO FIJO	C.V. UNITARIO	PRODUCCION	PRECIO	PRECIO de equilibrio	PRODUCCION
\$ 2.924.016,79	\$ 2.923.932,45	\$ 84,34	184.800	\$ 130,00	\$ 100,16	64.034,4



En función de los costos identificados podemos determinar el punto de equilibrio en un total de 64.034 Mw/h a un precio de U\$S100,16.

El precio de venta se estableció en U\$S130.



CONCLUSION

El proyecto de instalar una planta de generación de energía a partir de la incineración controlada de RSU en el predio del CEAMSE el cual recibe los residuos de los municipios de Berisso, La Plata, Ensenada, Magdalena y Brandsen se presenta como una opción viable para dar una correcta gestión a los RSU de la zona.

Aprovechando que actualmente se está apostando por tecnologías limpias y que de alguna manera cuiden el medio ambiente y sumado a los avances en las tecnologías de incineración que permitieron volver a contemplar este tratamiento con un método viable y sustentable se podría pensar en la instalación de la primera planta de este tipo en nuestro país.

Teniendo en cuenta esto y en función de los posibles ingresos que se detallaron a lo largo del proyecto que incluyen principalmente los que provienen de la venta de energía eléctrica, tratamiento de residuos a los municipios antes



mencionados y venta de subproductos podemos determinar la factibilidad del proyecto. La cual se ve reflejada en un VAN de U\$S9.236.719 con un periodo de recupero de 9 años.

La planta propuesta elimina los residuos mediante la termovalorización convirtiéndolos en energía eléctrica, esta planta deberá estar constantemente abastecida por residuos, por lo tanto, se prevé que ante una reducción en la generación de RSU y aumento en el reciclaje la planta podría abastecerse con residuos de centros de disposición cercanos o tomar los residuos de otros municipios cercanos que actualmente no envíen sus RSU al CEAMSE de Ensenada.

Por otra parte, debemos mencionar que, para instalar este tipo de planta en nuestro país va a ser necesario estar acompañados de políticas claras en cuanto a la gestión de residuos y de acciones que fomenten la correcta gestión de los mismos desde la separación en origen hasta el posterior reciclaje. Esto implicaría un cambio en el pensamiento a nivel social principalmente en cuanto al cuidado del medio ambiente.



FUENTES DE INFORMACION

<http://www.congresogirsu.com/>

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

<http://www.ceamse.gov.ar/>

<http://www.sustentator.com/blog-es/>

<https://datos.bancomundial.org/>

<http://energyrecoverycouncil.org/wp-content/uploads/2016/03/ERC-2009-Berenyi-recycling-update.pdf>

Reciclaje de residuos industriales 2da edición - Xavier Elías

www.argentina.gob.ar

<http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3874>

<https://www.babcock.com/es-xl/industry/waste-to-energy>

<https://www.infobae.com/sociedad/2018/03/03/el-ceamse-evalua-las-plantas-de-incineracion-como-una-de-las-tecnologias-para-enterrar-menos-basura/>

<https://www.cronista.com/columnistas/Termovalorizacion-la-ciencia-de-generar-energia-con-basura-20180413-0021.html>

<http://www.wtearaucaania.com/Gesti%C3%B3n-de-Residuos/>

<http://www.cewep.eu/>

Y.a.Cengel and M.E.Boles, "Termodinamica-Cengel 7th," Termodinamica, .1456,
L. Meraz, A. Domínguez, I. Kornhauser, F. Rojas, "A thermochemical concept-based equation to estimate waste combustion enthalpy from elemental composition," Fuel, vol. 82, no 12, p. 1499-1507, Agosto 2003.

<https://www.energiaadebate.com/blog/2144/>

http://www.edutecne.utn.edu.ar/PPI-CAI/ppi2015_trabajo.pdf

<http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/biomasa.php>

<https://condorchem.com/es/lavadores-de-gases-scrubbers/>

<https://es.slideshare.net/RedesExpertos/05-emisiones-gases-de-incineracin>

<http://pdf.directindustry.es/pdf/amandus-kahl/secadores-enfriadores-cinta/21943-139541.html#search-es-incineracion-residuos>

https://www.tirme.com/es/upload/g_img_aj14_10_13_1_23_53.jpg

<https://www.bice.com.ar/>

https://www.hz-inova.com/cms/en/home/?page_id=279&lang=es



ANEXOS

ANEXO I

	<p>(PG) Procedimiento General</p> <p>RSU_PG_001</p>	<p>Normas: ISO 9001/2008 ISO 14001/2004 OHSAS18001/2007</p> <p>Fecha: 22/10/2018 Revisión: 0 Página 1 de 3</p>
---	---	--

1. OBJETO

Establecer la metodología para llevar adelante el proceso de Recepción de los vehículos con Residuos domiciliarios a Planta de Tratamiento. Dicha metodología incluye la identificación de vehículo y personal a cargo del mismo, asegurando la ejecución y evaluación de cumplimiento.

2. ALCANCE

La responsabilidad de aplicación y alcance de este procedimiento recae sobre todo el personal que proceda a la recepción y manipuleo de los RSU.

3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

3.1. RSU: Residuos Sólidos Urbanos recolectados por los domicilios

4. DESARROLLO

4.1. Verificar los siguiente documentos:

Orden de trabajo.

Ficha del camión,

Chofer y Ayudantes.

Ruta/sector.

Toneladas RSU/hora de recolección.



	<p>(PG) Procedimiento General</p> <p>RSU_PG_001</p>	<p>Normas: ISO 9001/2008 ISO 14001/2004 OHSAS18001/2007</p> <p>Fecha: 22/10/2018 Revisión: 0 Página 2 de 3</p>
---	---	--

4.2. Documentación y registro de vehículos:

Aquellos que presenten alguna documentación vencidas se dará aviso al supervisor de guardia.

4.3. Control de peso:

Documentar el peso en toneladas de cada vehículo tanto entrada como salida. El objeto de este control también es evitar que los camiones circulen por la Ciudad con exceso de peso para mantener el estado de la capa asfáltica de las calles de la Ciudad y evitar su deterioro prematuro.

4.4. Sólo accederán al foso de descarga los vehículos que así se lo autorice el basculista y que transporten RSU o asimilables.

4.5. En el caso de vehículos con más de un ocupante, únicamente podrá descender de la cabina el conductor para las maniobras de carga y descarga. De esta forma se evita el riesgo de atropello del personal por su propio vehículo y se reduce la probabilidad de accidentes causados por terceros.

4.6. Las maniobras se realizarán con la máxima atención.

5. RESPONSABILIDADES

5.1. Jefe de Sector:

5.1.1. Releva los controles diarios .

5.1.2. Asegura que el personal cumpla con el desarrollo del procedimiento.



	(PG) Procedimiento General RSU_PG_001	Normas: ISO 9001/2008 ISO 14001/2004 OHSAS18001/2007 Fecha: 22/10/2018 Revisión: 0 Página 3 de 3
---	--	---

5.2. Empleado

5.2.1. Cumplir con los registros de entrada realizando un relevamiento diario.

5.2.2. Realizar informes sobre el registro diario.

6. REGISTROS

NOMBRE	FORMULARIO	RESPONSABLE DEL ARCHIVO	TIEMPO DE ARCHIVO
Orden de trabajo	Hoja de Ruta	Encargado de Aseo Urbano	1 mes
Control de rutas	Inspección de rutas	Encargado del servicio de recolección y transporte.	1 mes
Satisfacción de los usuarios	Registro de quejas	Encargado del servicio de recolección y transporte y Encargado de cobro.	3 meses
Control del camión previo a salida	Verificación de parámetros básicos del vehículo de recolección	Encargado de transportación o del taller	1 mes
Reporte de sanciones	Registro de incumplimiento y sanciones	Encargado del servicio de recolección y transporte y el responsable municipal designado.	3 meses

7. ANEXOS

N/A



ANEXO II

VASILE & Cia.S.A.C.I.
Administración y Ventas:

Superf. 3565 (C1430FFC) Ciudad Autónoma de Bs. As. República Argentina

Tel: (54-11) 4545-3121 E-mail: marketing@vasile.com.ar Website: www.vasile.com.ar



VASILE






VASILE



TRANSFORMADORES DE POTENCIA
POWER TRANSFORMERS

TRANSFORMADORES DE POTENCIA
POWER TRANSFORMERS

ALTA / MEDIA TENSIÓN

Se utilizan en generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en centrales de generación, subestaciones, transformadoras y empresas distribuidoras de energía.

Características generales:
Se construyen en potencias normalizadas desde 1.25 hasta 60 MVA, en tensiones de 13.2, 33, 66 y 132 kV y frecuencias de 50 y 60 Hz.

Normas de fabricación:
Construidos y ensayados bajo Normas IRAM 2099, IEC 60076 y ANSI C57.12.00. Se fabrican también de acuerdo a otras especificaciones particulares.

Refrigeración:
Estos transformadores pueden ser refrigerados según requerimientos de diseño a pedido del cliente de las siguientes formas:
 Aceite natural / Aire natural (ONAN)
 Aceite natural / Aire forzado (ONAN/ONAF)
 Aceite forzado / Aire forzado (ODAF)
 Aceite forzado / Agua (ODWF)

Commutación de tensión:
La variación de tensión puede realizarse de acuerdo a las necesidades del usuario de las siguientes formas:
 - Sin tensión;
 - Sin carga y con tensión;
 - Con carga.



HIGH / MID VOLTAGE

They are used in generation, transmission and distribution of electrical energy in high and mid voltage.
Are used in centrals of electrical generation, transformer substations and electrical distribution companies.

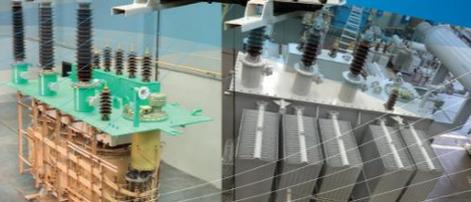
General Characteristics
They are manufactured in powers from 1.25 to 60 MVA, in tensions of 13.2, 33, 66, and 132 kV and frequencies of 50 and 60 Hz.

Manufacturing Standards and Certifications
They are manufactured and tested in compliance with IRAM 2099, IEC 60076 and ANSI C57.12.00. They are also manufactured according to any other particular specifications.

Cooling
These transformers may be cooled according to design requirements or upon customer's request in different ways:
 Oil natural / Air natural (ONAN)
 Oil natural / Air forced (ONAN / ONAF)
 Oil forced / Air forced (ODAF)
 Oil forced / Water (ODWF)

Tap Changers
Tap-changer may be provided according to customer's needs as follows:
 - On / Off Load
 - On-load tap-changers (OLTC)

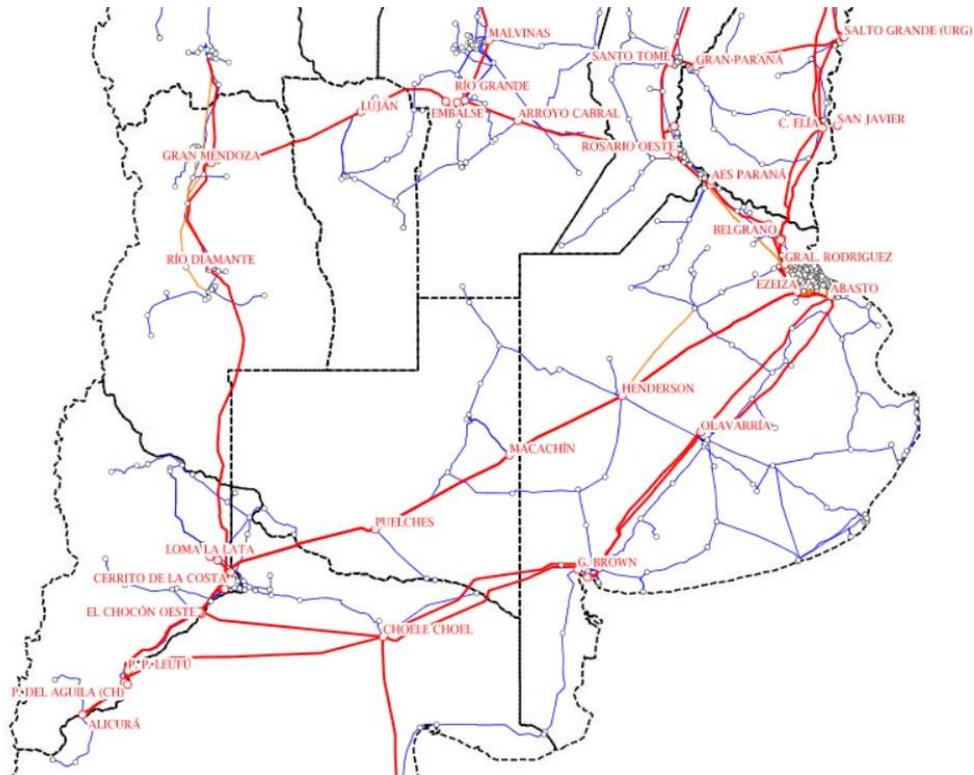


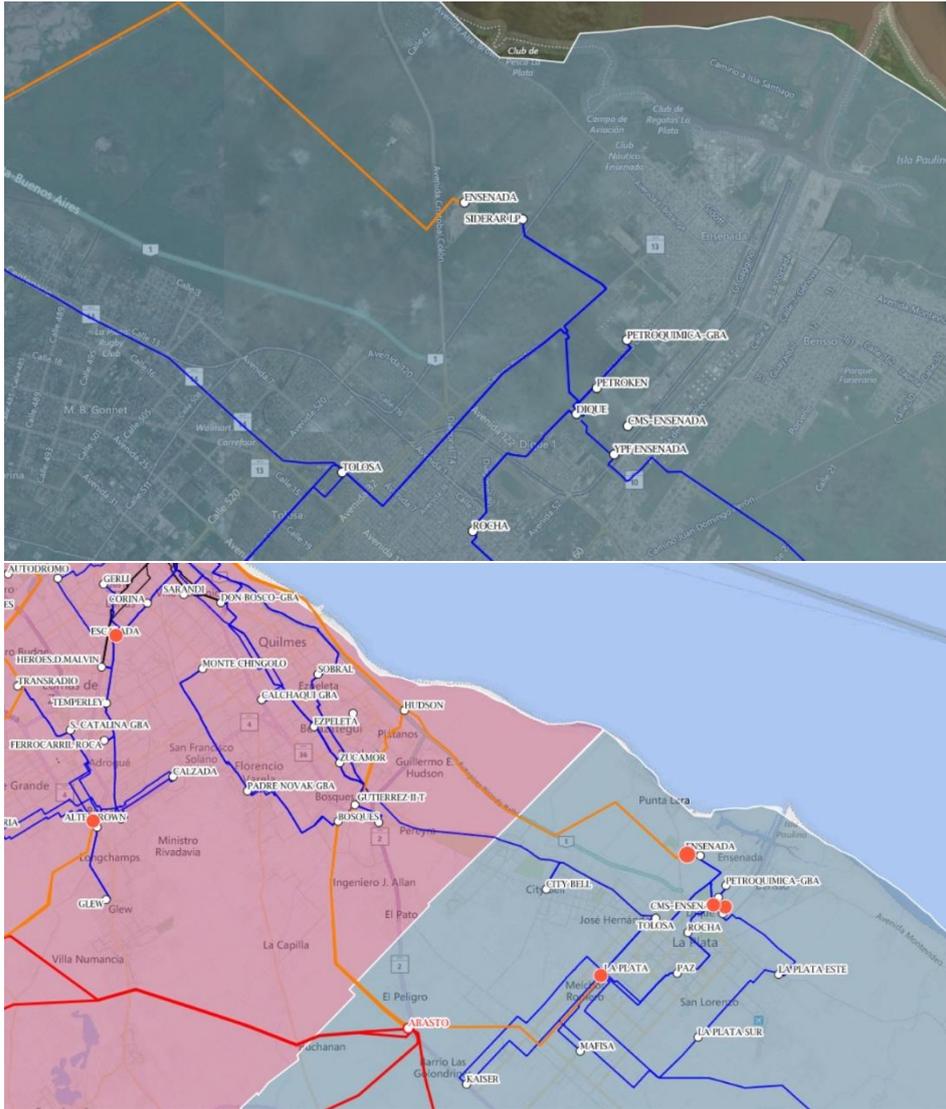






Detalle de Red Eléctrica Nacional







Cables eléctricos AT ⓘ

-  132 kV
-  220 kV

Cables eléctricos MT ⓘ

-  S/D de tensión
-  7,62 kV
-  13,2 kV
-  33 kV

Subestaciones transformadora AT/AT ⓘ

-  S/D de máx. tensión entrada

Subestaciones transformadoras AT/MT ⓘ

-  S/D de máx. tensión entrada

ANEXO III

	<p>(PE) Procedimiento Específico</p> <p>RSU_PE_001</p>	<p>Normas: ISO 9001/2008 ISO 14001/2004 OHSAS18001/2007</p> <p>Fecha: 22/10/2018 Revisión: 0 Página 1 de 3</p>
---	--	--

1. OBJETO

Establecer la metodología para llevar adelante el proceso de formación del personal de RSU. Dicha metodología incluye la identificación de necesidades de formación, ejecución y evaluación de cumplimiento.

2. ALCANCE

Este procedimiento tiene alcance sobre todo el personal de RSU.

3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

3.1. Tipo de actividad de formación: Es el encuadramiento por grupo, de las actividades que se realizan.

3.2. Actividades de Formación Técnica: actividades que tienen por objeto capacitar a la persona en temas inherentes a su profesión. Ej. Selección de equipamiento, materiales, etc.

3.3. Actividades de Formación en Idiomas: actividades de formación relacionadas con el aprendizaje de otras lenguas. Ej. Inglés, Portugués.

3.4. Actividades de Formación en Informática: actividades relacionadas con la formación en herramientas informáticas. Ej. Excel, Word, Power Point, Access, SAP, etc.

3.5. Actividades de Formación E-Learning: Actividades formativas que se realizan por medio de computadora, sin necesidad de asistir a un lugar físico.

3.6. Otras actividades de formación: son todas las actividades que, por sus incumbencias, no pueden encuadrarse en ninguna de las anteriores.

4. DESARROLLO

4.1. ELABORACIÓN DE OFERTA FORMATIVA:

4.1.1. Recursos Humanos, con la colaboración de las jefatura, elabora la oferta formativa del negocio. Tal oferta formativa contendrá algunas de las siguientes



	(PE) Procedimiento Específico	Normas: ISO 9001/2008 ISO 14001/2004 OHSAS18001/2007
	RSU_PE_001	Fecha: 22/10/2018 Revisión: 0 Página 2 de 3

temáticas: Calidad, Seguridad, Conocimientos técnicos, formación en temas de salud, Habilidades y Factores, Idiomas, Formación E-Learning, Gestión Eficiente de la Energía, etc. Estas actividades conformarán el Catálogo Técnico y Genérico del CILP.

4.1.2. Recursos Humanos difunde el inicio de la etapa de relevamiento de necesidades de formación. En función de ello, envía el catálogo a cada una de las Jefaturas junto con el formulario de Relevamiento de Formación.

4.2. PLANIFICACIÓN DE LA FORMACIÓN ANUAL:

4.2.1. Recursos Humanos analiza los contenidos de Formación con la jefatura y acuerda las modificaciones necesarias, basándose en lo estratégico y crítico de cada curso solicitado, así como el número de personas que necesitan la formación. De esta forma genera el Plan Anual de Formación (PAF).

4.3. REGISTRACIÓN DE FORMACIÓN

4.3.1. Realizada la actividad de formación, se envía al sector Recursos Humanos los registros con la certificación de los asistentes e instructores.

5. RESPONSABILIDADES

5.1. Recursos Humanos

5.1.1. Difunde la oferta de formación anual para que los responsables de cada sector carguen las necesidades de formación de cada uno de sus empleados a cargo, en la herramienta para dicho fin.

5.1.2. Asesora a los sectores sobre el contenido de la formación más adecuada para la formación del personal, de acuerdo a la oferta propuesta.

5.1.3. Define con el área solicitante el personal a convocar como asistente a cada actividad formativa.



	(PE) Procedimiento Específico	Normas: ISO 9001/2008 ISO 14001/2004 OHSAS18001/2007
	RSU_PE_001	Fecha: 22/10/2018 Revisión: 0 Página 3 de 3

5.2. **Jefe de Sector:**

5.2.1. Releva y carga en la herramienta las necesidades de formación y entrenamiento del personal a su cargo, de acuerdo a la oferta formativa publicada.

5.2.2. Asegura que el personal pueda participar en las actividades de formación y es responsable del seguimiento de la formación, de acuerdo a lo programado.

5.3. **Instructor del curso:** Una vez finalizado el curso, el instructor envía los registros de asistencia a las actividades realizadas por el personal.

5.4. **Empleado**

5.4.1. Asistir a los cursos de formación de acuerdo a lo programado.

5.4.2. Autogestionar su formación externa por medio del Gestor de Formación.

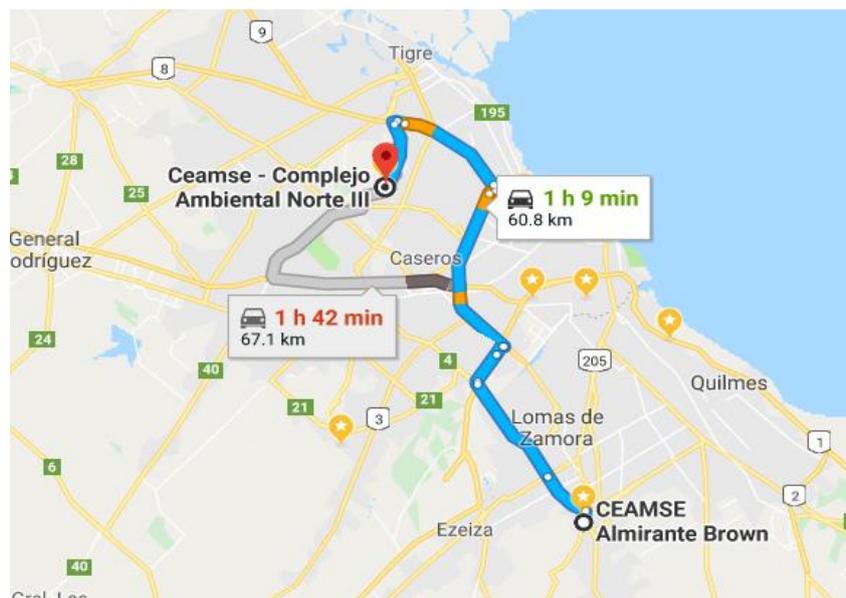
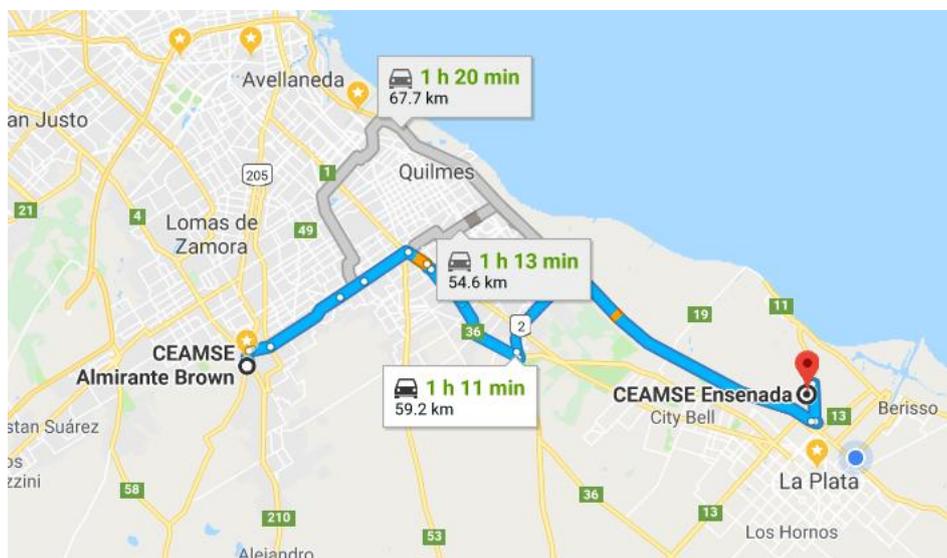
5.4.3. En caso de realizar una formación externa, debe solicitar algún tipo de certificado en la institución formadora que legitime la asistencia al curso en



ANEXO IV

Es importante considerar que mundialmente se está apuntando a la reducción de la generación de residuos. Por este motivo, si bien en una primera instancia la planta recibirá los residuos que actualmente llegan al CEAMSE de Ensenada se prevé para el futuro poder tomar parte de los residuos que llegan a la estación de transferencia de Almirante Brown desde donde son enviados a Norte III.

De esta manera, la planta podría seguir funcionando con la misma capacidad al mismo tiempo que se aliviaría la carga de residuos a Norte III.



ANEXO V

EVALUACION ECONOMICA PROYECCION Y EVALUACION

El modelo econométrico fue armado utilizando como regresor al PBI y como variable dependiente la serie histórica de Demanda Eléctrica Argentina. Los intervalos históricos utilizados fueron 2004-2016. Con la aplicación del software Eviews se llevaron a cabo todas las pruebas de significación para justificar el modelo.

Obtención de Datos

Para la realización del estudio econométrico, se trabajó la serie PBI con datos recopilados de la página oficial del INDEC. Para formar el modelo se utilizaron las herramientas utilizadas en la cátedra de Evaluación de Proyecto de la Universidad Tecnológica Nacional La Plata.

Modelo Econométrico Producto Bruto Interno

A continuación, se muestra la serie de pruebas realizadas con el software Eviews y sus resultados considerando la serie PBI con sus respectivas operaciones para el desarrollo de la proyección.

La ecuación de estimación se conforma de la siguiente manera :

MODELO EIEWS

$$Y(t) = C1 + C2 \text{ PBI}(-1) + C3 \text{ PBI}(-4) + C4 \text{ PBI}(-5)$$

Coeficientes

Eviews

C	
C	81425.04



	C	
PBI (-1)		0.612505
	C	
PBI (-4)		0.889258
	C	
PBI (-5)		-0.617992

Estimation Command:

```
=====
LS PBI C PBI(-1) PBI(-4) PBI(-5)
```

Estimation Equation:

```
=====
PBI = C(1) + C(2)*PBI(-1) + C(3)*PBI(-4) + C(4)*PBI(-5)
```

Substituted Coefficients:

```
=====
PBI = 81425.0378777 + 0.612505015148*PBI(-1) +
0.88925827452*PBI(-4) - 0.617991890337*PBI(-5)
```

Coefficientes de regresión y estadísticos del modelo

Salida de datos de Eviews

Dependent Variable: PBI
Method: Least Squares
Date: 08/24/17 Time: 15:39
Sample (adjusted): 2005Q2 2017Q1
Included observations: 48 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	81425.04	34474.79	2.361872	0.0227
PBI(-1)	0.612505	0.114304	5.358560	0.0000
PBI(-4)	0.889258	0.065907	13.49263	0.0000
PBI(-5)	-0.617992	0.112513	-5.492623	0.0000
R-squared	0.891447	Mean dependent var		662970.5
Adjusted R-squared	0.884045	S.D. dependent var		66936.00
S.E. of regression	22793.13	Akaike info criterion		22.98596
Sum squared resid	2.29E+10	Schwarz criterion		23.14189
Log likelihood	-547.6631	Hannan-Quinn criter.		23.04489
F-statistic	120.4435	Durbin-Watson stat		1.607616
Prob(F-statistic)	0.000000			



Significatividad conjunta de los parámetros estimados del modelo

F-statistic 120.4435
Prob(F-statistic) 0.000000

Se acepta la hipótesis de significatividad conjunta de todos los parámetros del modelo ya que para un nivel de significancia del 5% el p-valor de F es menor a 0,05.

Significatividad individual de cada parámetro del modelo

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	81425.04	34474.79	2.361872	0.0227
PBI(-1)	0.612505	0.114304	5.358560	0.0000
PBI(-4)	0.889258	0.065907	13.49263	0.0000
PBI(-5)	-0.617992	0.112513	-5.492623	0.0000

Los p-valores de la T de Student de cada regresor utilizado son menores a 0,05, por ende, cada parámetro estimado tiene buena significación individual.

Estacionariedad y Raíz Unitaria: Prueba de Dickey-Fuller Aumentada



Null Hypothesis: PBI has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=2)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.198338	0.2094
Test critical values:		
1% level	-3.565430	
5% level	-2.919952	
10% level	-2.597905	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PBI)
Method: Least Squares
Date: 08/24/17 Time: 15:50
Sample (adjusted): 2004Q3 2017Q1
Included observations: 51 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PBI(-1)	-0.191303	0.087022	-2.198338	0.0328
D(PBI(-1))	-0.416500	0.123543	-3.371289	0.0015
C	129313.2	56741.20	2.278999	0.0272
R-squared	0.314609	Mean dependent var		3195.097
Adjusted R-squared	0.286051	S.D. dependent var		55660.14
S.E. of regression	47030.33	Akaike info criterion		24.41200
Sum squared resid	1.06E+11	Schwarz criterion		24.52563
Log likelihood	-619.5059	Hannan-Quinn criter.		24.45542
F-statistic	11.01649	Durbin-Watson stat		2.137544
Prob(F-statistic)	0.000115			

En este caso, el p-valor de la t de Student es 0,2094. Por ser mayor a 0,05 se acepta que la serie es estacionaria.

Contrastación del modelo

El valor que ostenta R^2 ajustado (0,884045) es indicador de que el modelo especificado brinda una buena explicación de la variable dependiente.

Contraste de hipótesis estructurales

Inclusión de variables redundantes

- PBI(-1)

Redundant Variables Test
Equation: SALIDADEDATOS
Specification: PBI C PBI(-1) PBI(-4) PBI(-5)
Redundant Variables: PBI(-1)

	Value	df	Probability
t-statistic	5.358560	44	0.0000
F-statistic	28.71417	(1, 44)	0.0000
Likelihood ratio	24.11264	1	0.0000



- PBI(-4)

Redundant Variables Test
Equation: SALIDADEDATOS
Specification: PBI C PBI(-1) PBI(-4) PBI(-5)
Redundant Variables: PBI(-4)

	Value	df	Probability
t-statistic	13.49263	44	0.0000
F-statistic	182.0511	(1, 44)	0.0000
Likelihood ratio	78.55543	1	0.0000

- PBI(-5)

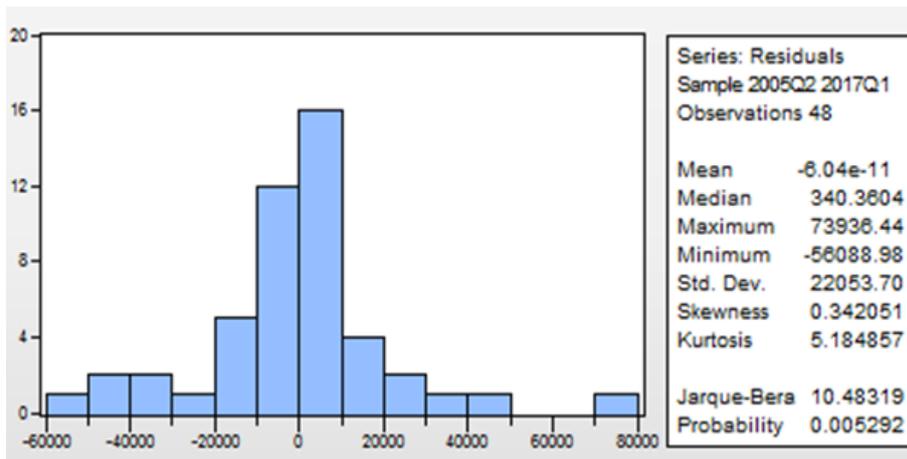
Redundant Variables Test
Equation: SALIDADEDATOS
Specification: PBI C PBI(-1) PBI(-4) PBI(-5)
Redundant Variables: PBI(-5)

	Value	df	Probability
t-statistic	5.492623	44	0.0000
F-statistic	30.16891	(1, 44)	0.0000
Likelihood ratio	25.06346	1	0.0000

Se rechaza la hipótesis nula que establece que las variables son redundantes, a causa de que los p-valores de F y de las razones de verosimilitud son menores a 0,05.

Pruebas sobre los residuos

Normalidad de los residuo



La hipótesis nula establece que los residuos se distribuyen normalmente. Al contrastar la probabilidad obtenida del Jarque-Bera, que es 10,48319 > 0,05 se acepta la normalidad de los residuos.



Heteroscedasticidad

La siguiente prueba comprobaba la existencia o no de heterocedasticidad del modelo. En este caso, la hipótesis nula, la cual se acepta si la probabilidad es mayor a 0.05, es la existencia de Homocedasticidad.

Se puede observar que el modelo tiene homocedasticidad, aceptamos la hipótesis nula.

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	1.588954	Prob. F(9,38)	0.1537
Obs*R-squared	13.12467	Prob. Chi-Square(9)	0.1570
Scaled explained SS	23.07608	Prob. Chi-Square(9)	0.0060

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 08/24/17 Time: 15:55
Sample: 2005Q2 2017Q1
Included observations: 48

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.76E+10	1.44E+10	-1.224477	0.2283
PBI(-1)^2	-0.007009	0.102849	-0.068150	0.9460
PBI(-1)*PBI(-4)	-0.233930	0.116198	-2.013196	0.0512
PBI(-1)*PBI(-5)	0.202017	0.192240	1.050857	0.3000
PBI(-1)	20241.16	75607.14	0.267715	0.7904
PBI(-4)^2	-0.047386	0.052431	-0.903779	0.3718
PBI(-4)*PBI(-5)	0.229792	0.139149	1.651413	0.1069
PBI(-4)	73198.96	40292.46	1.816691	0.0772
PBI(-5)^2	-0.192776	0.113412	-1.699779	0.0973
PBI(-5)	-32915.05	69458.77	-0.473879	0.6383

R-squared	0.273431	Mean dependent var	4.76E+08
Adjusted R-squared	0.101348	S.D. dependent var	9.85E+08
S.E. of regression	9.33E+08	Akaike info criterion	44.32943
Sum squared resid	3.31E+19	Schwarz criterion	44.71926
Log likelihood	-1053.906	Hannan-Quinn criter.	44.47675
F-statistic	1.588954	Durbin-Watson stat	1.934537
Prob(F-statistic)	0.153698		

En la tabla se muestra que los p-valores de F (0,1537) y de los términos cruzados (0,1570) son mayores a 0,05, por lo tanto, se debe rechazar la presencia de heteroscedasticidad.

Autocorrelación

En esta prueba lo que se hace es analizar la presencia o no de autocorrelación. La hipótesis nula es que no existe autocorrelación y es aceptada si la probabilidad es mayor a 0.05, de lo contrario se rechaza y, por lo tanto, estaremos en presencia de autocorrelación.



Como se puede apreciar la probabilidad es mayor a 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se puede decir que no hay autocorrelación.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test

F-statistic	3.621455	Prob. F(1,43)	0.0637
Obs*R-squared	3.728537	Prob. Chi-Square(1)	0.0535

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 08/24/17 Time: 15:59

Sample: 2005Q2 2017Q1

Included observations: 48

Presample missing value lagged residuals set to zero.

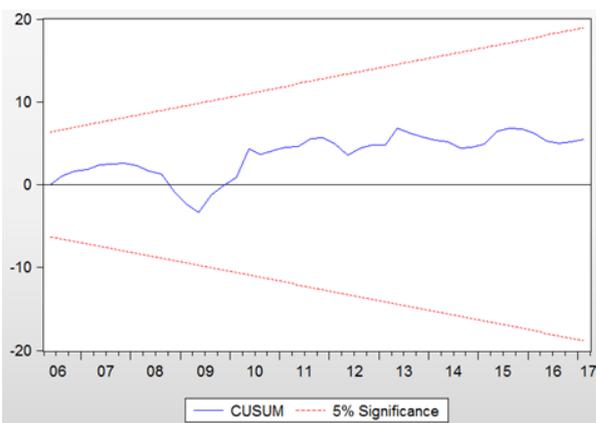
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	37518.00	38863.43	0.965380	0.3398
PBI(-1)	-0.241589	0.168663	-1.432374	0.1593
PBI(-4)	0.011515	0.064313	0.179044	0.8587
PBI(-5)	0.178454	0.144017	1.239112	0.2220
RESID(-1)	0.428529	0.225185	1.903012	0.0637

R-squared	0.077678	Mean dependent var	-6.04E-11
Adjusted R-squared	-0.008120	S.D. dependent var	22053.70
S.E. of regression	22143.05	Akaike info criterion	22.94677
Sum squared resid	2.11E+10	Schwarz criterion	23.14168
Log likelihood	-545.7224	Hannan-Quinn criter.	23.02043
F-statistic	0.905364	Durbin-Watson stat	2.124136
Prob(F-statistic)	0.469353		

Se acepta la ausencia de autocorrelación en el modelo debido a que los p-valores de F (0,0637) y χ^2 (0,0535) son mayores a 0,05.

Pruebas sobre la parte sistémica del modelo

Estabilidad estructural



Dado que el estadístico se mantiene dentro de las bandas de confianza, el modelo presenta estabilidad estructural al 95% de significancia.

Validez de especificación



Ramsey RESET Test

Equation: SALIDADEDATOS

Specification: PBI C PBI(-1) PBI(-4) PBI(-5)

Omitted Variables: Squares of fitted values

	Value	df	Probability
t-statistic	0.874929	43	0.3865
F-statistic	0.765500	(1, 43)	0.3865
Likelihood ratio	0.846995	1	0.3574

Los p-valores de F y χ^2 son mayores a 0,05. Se asume que el modelo se encuentra correctamente especificado en su forma funcional, por lo tanto, presenta linealidad.

MODELO DEMANDA ANUAL DE ENERGÍA ELECTRICA

A continuación, se detalla el estudio y validez de las pruebas llevadas a cabo sobre la variable de demanda anual energética, entre los años 2004 y 2016.

Primero en la lista de resultados arrojados por el EViews, podemos notar que tenemos un R2 elevado de 0,9250 esto es favorable para el modelo y nos da indicio de seguir adelante con las demás pruebas.

Dependent Variable: 1/DEMANDA

Method: Least Squares

Date: 10/31/17 Time: 17:34

Sample: 2004 2016

Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.73E-05	7.51E-07	23.07733	0.0000
PBI	-1.35E-11	1.15E-12	-11.65296	0.0000
R-squared	0.925064	Mean dependent var		8.64E-06
Adjusted R-squared	0.918251	S.D. dependent var		1.09E-06
S.E. of regression	3.13E-07	Akaike info criterion		-26.97740
Sum squared resid	1.08E-12	Schwarz criterion		-26.89049
Log likelihood	177.3531	Hannan-Quinn criter.		-26.99527
F-statistic	135.7915	Durbin-Watson stat		0.859779
Prob(F-statistic)	0.000000			

Los p-valores de la T de Student de cada regresor utilizado son menores a 0,05, por ende, cada parámetro estimado tiene buena significación individual.

Variabes Redundantes



Redundant Variables Test
Equation: UNTITLED
Specification: 1/DEMANDA C PBI
Redundant Variables: PBI

	Value	df	Probability
t-statistic	11.65296	11	0.0000
F-statistic	135.7915	(1, 11)	0.0000
Likelihood ratio	33.68454	1	0.0000

Se rechaza la hipótesis nula que establece que las variables son redundantes, a causa de que los p-valores de F y de las razones de verosimilitud son menores a 0,05.

Heteroscedasticidad

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	1.482093	Prob. F(2,10)	0.2731
Obs*R-squared	2.972375	Prob. Chi-Square(2)	0.2262
Scaled explained SS	1.628139	Prob. Chi-Square(2)	0.4431

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 10/31/17 Time: 17:37
Sample: 2004 2016
Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.87E-14	2.18E-12	0.031564	0.9754
PBI^2	1.09E-24	5.82E-24	0.187073	0.8553
PBI	-6.91E-19	7.17E-18	-0.096410	0.9251
R-squared	0.228644	Mean dependent var		8.27E-14
Adjusted R-squared	0.074373	S.D. dependent var		1.07E-13
S.E. of regression	1.02E-13	Sum squared resid		1.05E-25
F-statistic	1.482093	Durbin-Watson stat		1.368524
Prob(F-statistic)	0.273070			

En este caso, la hipótesis nula, la cual se acepta si la probabilidad es mayor a 0.05, es la existencia de Homocedasticidad.

Test de Ramsey Reset

Con el fin de comprobar la adecuación de la especificación lineal se realiza un test de especificación para el modelo.



Ramsey RESET Test

Equation: UNTITLED

Specification: 1/DEMANDA C PBI

Omitted Variables: Squares of fitted values

	Value	df	Probability
t-statistic	0.861992	10	0.4089
F-statistic	0.743030	(1, 10)	0.4089
Likelihood ratio	0.931737	1	0.3344

F-test summary:

	Sum of Sq.	df	Mean Squares
Test SSR	7.44E-14	1	7.44E-14
Restricted SSR	1.08E-12	11	9.78E-14
Unrestricted SSR	1.00E-12	10	1.00E-13

LR test summary:

	Value	df
Restricted LogL	177.3531	11
Unrestricted LogL	177.8190	10

Unrestricted Test Equation:

Dependent Variable: 1/DEMANDA

Method: Least Squares

Date: 10/31/17 Time: 17:37

Sample: 2004 2016

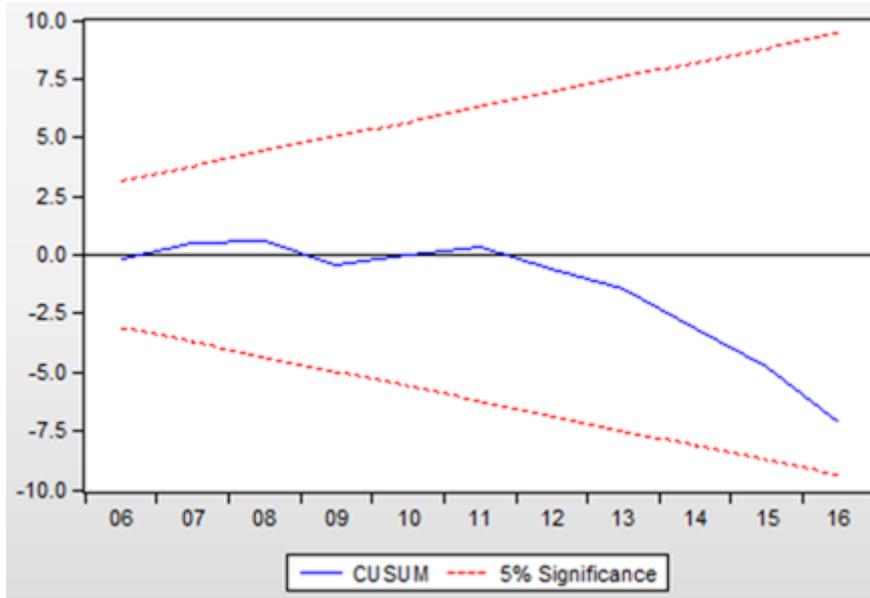
Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.73E-05	2.31E-05	1.610626	0.1383
PBI	-3.43E-11	2.42E-11	-1.416867	0.1869
FITTED^2	-85527.42	99220.70	-0.861992	0.4089

R-squared	0.930247	Mean dependent var	8.64E-06
Adjusted R-squared	0.916296	S.D. dependent var	1.09E-06
S.E. of regression	3.16E-07	Akaike info criterion	-26.89523
Sum squared resid	1.00E-12	Schwarz criterion	-26.76485
Log likelihood	177.8190	Hannan-Quinn criter.	-26.92202
F-statistic	66.68117	Durbin-Watson stat	1.111739
Prob(F-statistic)	0.000002		



Estabilidad estructural



Prueba de raíz unitaria

Null Hypothesis: DEMANDA has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=2)

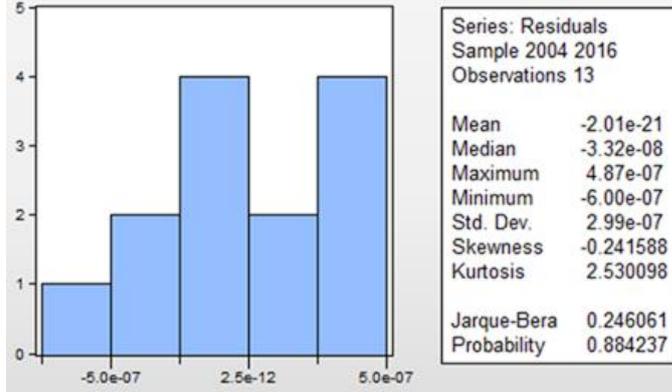
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.168646	0.6502
Test critical values:		
1% level	-4.121990	
5% level	-3.144920	
10% level	-2.713751	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.
Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 12

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(DEMANDA)
Method: Least Squares
Date: 10/31/17 Time: 17:40
Sample (adjusted): 2005 2016
Included observations: 12 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DEMANDA(-1)	-0.055189	0.047225	-1.168646	0.2697
C	10119.74	5500.446	1.839804	0.0956
R-squared	0.120162	Mean dependent var		3731.972
Adjusted R-squared	0.032179	S.D. dependent var		2165.427
S.E. of regression	2130.302	Akaike info criterion		18.31693
Sum squared resid	45381854	Schwarz criterion		18.39774
Log likelihood	-107.9016	Hannan-Quinn criter.		18.28700
F-statistic	1.365734	Durbin-Watson stat		2.293505
Prob(F-statistic)	0.269651			

Normalidad de los Residuos



Beusch-Godfrey

Beusch-Godfrey Serial Correlation LM Test

F-statistic	1.523058	Prob. F(2,9)	0.2693
Obs*R-squared	3.287326	Prob. Chi-Square(2)	0.1933

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 10/31/17 Time: 17:36

Sample: 2004 2016

Included observations: 13

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.07E-07	7.31E-07	0.145835	0.8873
PBI	-2.12E-13	1.13E-12	-0.187332	0.8556
RESID(-1)	0.625540	0.380558	1.643744	0.1346
RESID(-2)	0.024297	0.434889	0.055868	0.9567

R-squared	0.252871	Mean dependent var	-2.01E-21
Adjusted R-squared	0.003828	S.D. dependent var	2.99E-07
S.E. of regression	2.99E-07	Akaike info criterion	-26.96123
Sum squared resid	8.04E-13	Schwarz criterion	-26.78740
Log likelihood	179.2480	Hannan-Quinn criter.	-26.99696
F-statistic	1.015372	Durbin-Watson stat	1.887970
Prob(F-statistic)	0.430208		

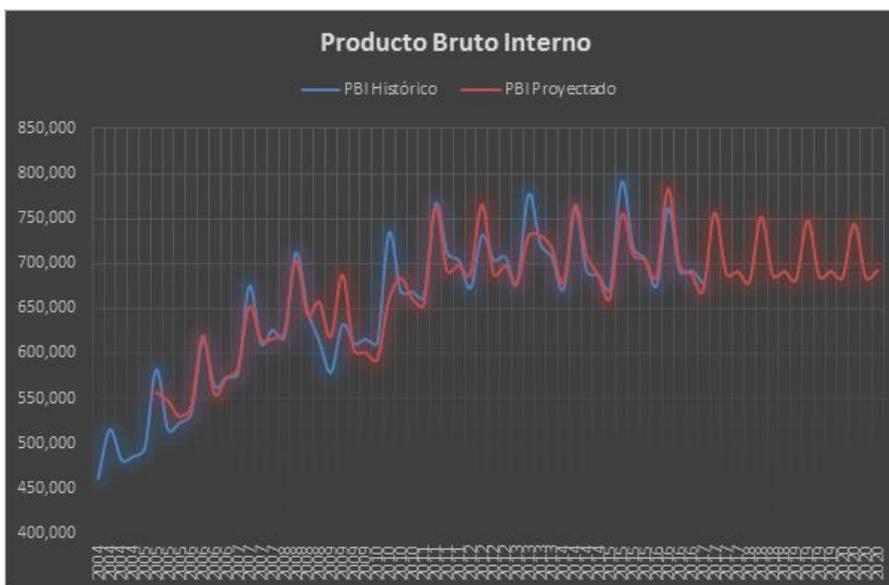
Proyecciones

Resultados de Serie PBI

AÑO	PBI	Δ PBI	PBI	Δ PBI
2004	485,115			
2005	528,056	8.85%		
2006	570,549	8.05%	572,221	
2007	621,943	9.01%	616,818	7.79%
2008	647,176	4.06%	656,633	6.45%



2009	608,873	-5.92%	627,741	-4.40%
2010	670,524	10.13%	649,447	3.46%
2011	710,782	6.00%	701,518	8.02%
2012	703,486	-1.03%	709,912	1.20%
2013	720,407	2.41%	714,169	0.60%
2014	702,306	-2.51%	710,004	-0.58%
2015	720,898	2.65%	707,633	-0.33%
2016	704,711	-2.25%	713,474	0.83%
2017	677,346	-3.88%	701,331	-1.70%
2018			702,241	0.13%
2019			701,603	-0.09%
2020			701,206	-0.06%
2021			700,963	-0.03%
2022			700,818	-0.02%





ANEXO VI

DATOS DE PRODUCCION		Estacionalidad	
Días Anuales	365 días / año	1200 tn rsu/día	528 MW/día
Días de paros	15 días / año	50 tn rsu/h	22 MW/h
Días de Producción Anuales	350 días / año	2,27 tn	1 MW
Horas Disponibles por Turno	12 hs / turno		
Horas de MOD por día	24 hs / día	63 Tn de rsu gel	32 MW/h
Horas de descanso por turno	1 hs / turno	50 Tn de rsu gel	22
Capacidad máxima	525.000 tns RSU/ año	1 mmw/h	2,27 tn rsu
Capacidad máxima	63 tns RSU/ hs		Agosto 1,02
Capacidad operativa	50 tns RSU/ hs		Septiembre 1,08
Capacidad Instalada Real	420.000 tns RSU/ año		Octubre 1,03
			Noviembre 1,10
			Diciembre 1,01
			Total 12,00

Producción

Capacidad instalada teórica	Tns/año	525.000
Producto Energía	MW/h	32,00 [Mw/h]
Metales	Tns/año	2.100
Nitrogeno	Tns/año	20.891

0,40%	Metales
47,75	nitrogeno
4%	nitrogeno

Utilización de la capacidad Instalada Teórica

32	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
80%	83%	86%	89%	91%	93%	95%	97%	99%	99%	100%



ACTIVOS FIJOS	
CONCEPTO	IMPORTE(U\$D)
INFRAESTRUCTURA	6.796.933,84
OBRA CIVIL Y SERVICIOS	8.237.937,82
ESTRUCTURA METÁLICA	2.706.288,31
HORNO	10.585.438,10
CALDERA	11.144.226,13
LIMPIEZA DE GASES	9.067.862,04
CONDENSADOR	653.788,58
SISTEMA AGUA – VAPOR	2.706.288,31
TURBOGENERADOR	12.634.586,80
SISTEMA DE CENIZAS Y ESCORIAS	2.113.429,03
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA	1.241.856,40
BÁSCULA DE CAMIONES	134.715,68
óxido de vanadio	0,00
PUENTE – GRÚA Y PULPO	811.287,75
SISTEMA ELÉCTRICO	3.307.577,17
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	3.112.576,61
CHIMENEA	1.353.144,15
SISTEMAS AUXILIARES	947.500,27
Maq y equip. Oficina	12.300,00
Maq y equipo Importado (FOB)	95.960,00
Rodado	75.000,00
TERRENO	1.000.000,00
PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	541.856,40
TOTAL	79.280.553,39

Activo	Periodo de Amortización (años)	Depreciación Técnica
INFRAESTRUCTURA	30	50%
OBRA CIVIL Y SERVICIOS	30	50%
ESTRUCTURA METÁLICA	30	50%
HORNO	30	75%
CALDERA	30	75%
LIMPIEZA DE GASES	25	75%
CONDENSADOR	30	75%
SISTEMA AGUA – VAPOR	25	75%
TURBOGENERADOR	30	75%
SISTEMA DE CENIZAS Y ESCORIAS	30	75%
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA	25	75%
BÁSCULA DE CAMIONES	25	50%
PUENTE – GRÚA Y PULPO	25	50%
óxido de vanadio	10	100%
SISTEMA ELÉCTRICO	30	50%
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	25	75%
CHIMENEA	30	50%
SISTEMAS AUXILIARES	25	100%
Maq y equip. Oficina	4	30%
Maq y equipo Importado (FOB)	20	50%
Rodado	5	100%
TERRENO	0	0%
Gs. de Nacionalización	3	
Flete maq importada	3	
Know How	3	
Licencia	2	

Gastos de Nacionalización	% s/FOB
Flete	4%
Seguro	2%
Tasa de Estadística	7%
Gs. Despachante Aduana	1%

Tasas Imponibles	
IVA	21%
Ingr. Brutos	3,5%
Ganancias	35%

Activos Nominales	
Gs. de Nacionalización	U\$D 3.160.260
Flete maq importada	U\$D 899.177
Know How	U\$D 2.500.000
Licencia	U\$D 4.873.052

ESTRUCTURA DE CAPITAL	
PROPIO	50%
FINANCIADO	50%
paridad	38,00



% aplicable de IVA				
INFRAESTRUCTURA	60%			
OBRA CIVIL Y SERVICIOS	60%			
ESTRUCTURA METÁLICA	60%			
HORNO	75%	Precios de Venta		
CALDERA	75%			
LIMPIEZA DE GASES	100%			
CONDENSADOR	100%			
SISTEMA AGUA – VAPOR	100%			
TURBOGENERADOR	75%			
SISTEMA DE CENIZAS Y ESCORIAS	100%			
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA	100%			
BÁSCULA DE CAMIONES	100%			
óxido de vanadio	75%			
PUENTE – GRÚA Y PULPO	100%			
SISTEMA ELÉCTRICO	100%			
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	100%			
CHIMENEA	100%			
SISTEMAS AUXILIARES	100%			
Maq y equip. Oficina	75%			
Maq y equipo Importado (FOB)	100%			
Rodado	100%			
TERRENO	0%			
Gs. de Nacionalización	100%			
Flete maq importada	100%			
Know How	100%			
Licencia	0%			
Capital de trabajo	100%			

		Año 1	Año 2
RSU Tratados		35,0 [U\$S/tn]	
Producto Energía		130,0 [U\$S/MWh]	
Metales		150,0 [U\$S/tn]	
nitrógeno		250,0 [U\$S/tn]	

		Precio (Tn)	Cantidad
Hidróxido de calcio		80,00	0,03618 [Tn/tnRSU]
Piedra caliza		90,00	0,03395 [Tn/tnRSU]
Energía Eléctrica		1,381379	por tonelada
Amoniaco		330,00	0,04845 [Tn/tnRSU]
óxido de vanadio		20000,00	0,02843 [Tn/tnRSU]
MOD		26,15	
Mtto		2%	
gas		0,226	por tonelada
Total		20527,54	

Aplicación IVA s/ costos directos

	Costo Neto IVA		Incidencia % del IVA	Alicuota IVA
	\$/mes	\$/año		
Ener.Eléctrica	\$ 62.162,04	745.944	100%	27%
M.O.D.			0%	0%
Gs. Generales Fabricación				
Insumos de producción	250	3.000	100%	21%
Gas	10310,89791	123.731	100%	17%
Elementos de seguridad	100	1.200	100%	21%
Art. de limpieza	200		100%	21%
Subtotal I	93.351	124.931		
Gs.Comercialización				
Fletes (como % s/ Ventas Netas de IVA)	0,0%		100%	21%
Publicidad	300	3600	100%	21%
Comunicaciones	300	3600	100%	21%
Mantenimiento rodado	300	3600	100%	21%
Subtotal II	900	10.800		
Gs. Administración				
Papelería y útiles	200	2.400	100%	21%
Energía Eléctrica	415	4.975		
Seguros	900	10.800	100%	21%
Art.Limpieza	100	1.200	100%	21%
Telefonía	350	4.200	100%	21%
Gas		0	100%	17%
Subtotal II	1.965	23.575		



Inversión

Activos Fijos	AÑO 1												
	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12	
INFRAESTRUCTURA	USD 6.796.934												
OBRA CIVIL Y SERVICIOS	USD 8.237.938												
ESTRUCTURA METALICA	USD 2.706.288												
HORNO	USD 10.585.438												
CALDERA	USD 11.144.226												
LIMPIEZA DE GASES	USD 9.067.862												
CONDENSADOR	USD 653.789												
SISTEMA AGUA – VAPOR	USD 2.706.288												
TURBOGENERADOR	USD 12.624.587												
SISTEMA DE CENIZAS Y ESCORIAS	USD 2.113.429												
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA	USD 1.241.856												
BÁSCULA DE CAMIONES	USD 134.716												
oxidado de vanadio	USD 0												
PUENTE – GRUA Y PLUPO	USD 811.288												
SISTEMA ELÉCTRICO	USD 3.307.577												
INSTRUMENTACION Y CONTROL	USD 3.112.577												
CHIMENEA	USD 1.353.144												
SISTEMAS AUXILIARES	USD 947.500												
Maq y equip. Oficina	USD 12.300												
Maq y equipo importado (FOB)	USD 95.960												
Rodado	USD 75.000												
TERRENO	USD 1.000.000												
Capital de trabajo	USD 613.742	USD 78.344	-USD 114.751	USD 88.535	-USD 40.874	USD 15.255	USD 34.950	USD 7.417	USD 36.316	-USD 36.556	USD 51.378	-USD 61.311	
Activos Nominales	USD 0												
Gs. de Nacionalización	\$ 5.556.206												
Flete maq importada	\$ 2.469.425												
Know How	\$ 2.500.000												
Licencia	\$ 4.873.062												
Gastos Pre-operativos	\$ 94.583												
total	\$ 94.171.774	\$ 78.344	-\$ 114.751	\$ 88.535	-\$ 40.874	\$ 15.255	\$ 34.950	\$ 7.417	\$ 36.316	-\$ 36.556	\$ 51.378	-\$ 61.311	
total iva	\$ 15.240.483												
TOTAL INVERSION	\$ 109.412.256												

USD 87.529.805



% aplicable de IVA	AÑO 1													
	mes 0	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12	
Activos Fijos														
INFRAESTRUCTURA	USD 856.414													
OBRA CIVIL Y SERVICIOS	USD 1.037.980													
ESTRUCTURA METÁLICA	USD 340.932													
HORNO	USD 1.667.207													
CALDERA	USD 1.755.216													
LIMPIEZA DE GASES	USD 1.904.251													
CONDENSADOR	USD 137.296													
SISTEMA AGUA – VAPOR	USD 568.321													
TURBOGENERADOR	USD 1.989.947													
SISTEMA DE CENIZAS Y ESCORIAS	USD 443.820													
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA	USD 760.790													
BÁSCULA DE CAMIONES	USD 28.290													
óxido de vanadio	USD 0													
PUENTE – GRÚA Y PULPO	USD 170.370													
SISTEMA ELÉCTRICO	USD 694.591													
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	USD 653.641													
CHIMENEA	USD 284.160													
SISTEMAS AUXILIARES	USD 198.975													
Maq y equip. Oficina	USD 1.937													
Maq y equipo importado (FOB)	USD 20.152													
Rodado	USD 15.750													
TERRENO	USD 0													
Capital de trabajo	USD 0	USD 128.886	USD 16.452	-USD 24.098	USD 18.592	-USD 8.584	USD 3.204	USD 7.339	USD 1.538	USD 7.626	-USD 7.677	USD 10.789	-USD 12.875	
Activos Nominales														
Gs. de Nacionalización	USD 1.166.809													
Flete maq. Importada	USD 518.579													
Know How	USD 525.000													
Licencia (*)	USD 0													
Total IVA	USD 15.240.483	USD 128.886	USD 16.452	-USD 24.098	USD 18.592	-USD 8.584	USD 3.204	USD 7.339	USD 1.538	USD 7.626	-USD 7.677	USD 10.789	-USD 12.875	



Activos Fijos	AÑO 1												
	mes 0	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12
INFRAESTRUCTURA		USD 18.880											
OBRA CIVIL Y SERVICIOS		USD 22.883											
ESTRUCTURA METÁLICA		USD 7.517											
HORNO		USD 29.404											
CALDERA		USD 30.956											
LIMPIEZA DE GASES		USD 30.226											
CONDENSADOR		USD 1.816											
SISTEMA AGUA – VAPOR		USD 9.021											
TURBOGENERADOR		USD 35.096											
SISTEMA DE CENIZAS Y ESCORIAS		USD 5.871											
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA		USD 4.140											
BASCULA DE CAMIONES		USD 449											
óxido de vanadio		USD 0											
PUENTE – GRUA Y PULPO		USD 2.704											
SISTEMA ELÉCTRICO		USD 9.188											
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL		USD 10.375											
CHIMENEA		USD 3.759											
SISTEMAS AUXILIARES		USD 3.158											
Maq y equip. Oficina		USD 256											
Maq y equipo importado (FOB)		USD 400											
Rodado		USD 1.250											
TERRENO													
Total amortización		USD 227.350											



Producción y Costos directos

Unidades Producidas:

	Año 1												
	Periodo 0	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
RSU Tratados	0	32.304	36.427	30.388	35.047	32.896	33.699	35.539	35.929	37.840	35.916	38.621	35.394
MWH Producidos	0	14.214	16.028	13.371	15.421	14.474	14.828	15.637	15.809	16.650	15.803	16.993	15.573
Metales	0	129	146	122	140	132	135	142	144	151	144	154	142
Nitrógeno		1.287	1.451	1.210	1.396	1.310	1.342	1.416	1.431	1.507	1.431	1.538	1.410

	Año 2									
	Sem 1	Sem 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
208.792	228.008	452.088	465.651	477.292	489.224	499.009	508.989	519.169	524.360	524.360
91.868	100.324	198.919	204.886	210.008	215.259	219.564	223.955	228.434	230.719	230.719
797	871	1.726	1.778	1.823	1.868	1.906	1.944	1.983	2.002	2.002
8.317	9.082	18.008	18.548	19.012	19.487	19.877	20.275	20.680	20.887	20.887

Ingreso por Ventas (en \$ netas de IVA)

184.800

	Año 1												
	Periodo 0	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
RSU Tratados	USD 0	USD 1.130.634	USD 1.274.956	USD 1.063.564	USD 1.226.662	USD 1.151.364	USD 1.179.467	USD 1.243.851	USD 1.257.515	USD 1.324.416	USD 1.257.074	USD 1.351.722	USD 1.238.775
MWH Vendidos	USD 0	USD 1.847.779	USD 2.083.646	USD 1.738.167	USD 2.004.716	USD 1.881.657	USD 1.927.585	USD 2.032.807	USD 2.055.138	USD 2.164.474	USD 2.054.417	USD 2.208.100	USD 2.024.512
Metales	USD 0	USD 19.382	USD 21.856	USD 18.233	USD 21.028	USD 19.738	USD 20.219	USD 21.323	USD 21.557	USD 22.704	USD 21.550	USD 23.172	USD 21.236
Nitrógeno	USD 321.692	USD 362.756	USD 302.609	USD 349.015	USD 327.590	USD 335.586	USD 353.905	USD 357.793	USD 376.828	USD 376.828	USD 357.667	USD 384.597	USD 352.461
Total ventas	USD 0	USD 3.319.488	USD 3.743.217	USD 3.122.573	USD 3.801.422	USD 3.380.349	USD 3.482.858	USD 3.651.866	USD 3.692.004	USD 3.888.423	USD 3.690.708	USD 3.968.591	USD 3.636.984

	Año 2									
	Sem 1	Sem 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
USD 7.307.714	USD 7.980.286	USD 15.823.080	USD 16.297.772	USD 16.705.217	USD 17.122.847	USD 17.465.304	USD 17.814.610	USD 18.170.902	USD 18.352.611	USD 18.352.611
USD 11.942.893	USD 13.042.067	USD 25.859.434	USD 26.635.217	USD 27.301.097	USD 27.983.624	USD 28.543.297	USD 29.114.163	USD 29.696.446	USD 29.993.411	USD 29.993.411
USD 119.599	USD 130.607	USD 258.963	USD 266.732	USD 273.400	USD 280.235	USD 285.840	USD 291.557	USD 297.388	USD 300.362	USD 300.362
USD 2.079.219	USD 2.270.581	USD 4.502.043	USD 4.637.104	USD 4.753.032	USD 4.871.858	USD 4.969.295	USD 5.068.681	USD 5.170.054	USD 5.221.755	USD 5.221.755
USD 21.449.425	USD 23.423.541	USD 46.443.520	USD 47.836.825	USD 49.032.746	USD 50.258.564	USD 51.263.736	USD 52.269.011	USD 53.334.791	USD 53.868.139	USD 53.868.139



Costos Directos de producción (Netos de IVA)

Periodo 0	Año 1											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hidroñido de calcio	USD 93.469	USD 105.434	USD 87.953	USD 101.441	USD 95.214	USD 97.538	USD 102.862	USD 103.992	USD 109.524	USD 103.995	USD 111.783	USD 102.442
Piedra caliza	USD 98.713	USD 111.314	USD 92.858	USD 107.097	USD 100.523	USD 102.977	USD 106.598	USD 109.791	USD 116.632	USD 109.791	USD 118.016	USD 108.155
Energía Eléctrica	USD 44.624	USD 50.320	USD 41.977	USD 46.414	USD 45.442	USD 46.551	USD 49.092	USD 49.632	USD 52.272	USD 49.614	USD 53.350	USD 48.892
Amoníaco	USD 516.490	USD 582.419	USD 485.851	USD 560.357	USD 525.959	USD 538.797	USD 568.209	USD 574.451	USD 606.012	USD 574.249	USD 617.486	USD 565.890
gas	USD 7.294	USD 8.225	USD 6.861	USD 7.913	USD 7.428	USD 7.609	USD 8.024	USD 8.112	USD 8.544	USD 8.110	USD 8.720	USD 7.991
MOD	USD 371.746	USD 419.198	USD 349.693	USD 403.319	USD 376.561	USD 387.901	USD 408.970	USD 413.463	USD 435.660	USD 413.318	USD 444.438	USD 407.302
MTO	USD 66.890	USD 74.864	USD 62.451	USD 72.028	USD 67.607	USD 69.257	USD 73.038	USD 73.940	USD 77.768	USD 73.814	USD 79.372	USD 72.740
Costo total	USD 1.198.766	USD 1.351.775	USD 1.127.644	USD 1.300.569	USD 1.220.734	USD 1.250.530	USD 1.318.793	USD 1.333.281	USD 1.404.213	USD 1.332.813	USD 1.433.164	USD 1.313.412

Sem 1	Sem 2	Año 2									
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
USD 604.322	USD 659.941	USD 1.308.512	USD 1.347.768	USD 1.381.462	USD 1.415.998	USD 1.444.318	USD 1.473.205	USD 1.502.669	USD 1.517.695		
USD 638.022	USD 696.743	USD 1.381.482	USD 1.422.926	USD 1.458.500	USD 1.494.962	USD 1.524.861	USD 1.555.359	USD 1.586.466	USD 1.602.330		
USD 288.421	USD 314.966	USD 624.505	USD 643.240	USD 659.321	USD 675.804	USD 689.320	USD 703.106	USD 717.168	USD 724.340		
USD 3.338.268	USD 3.645.509	USD 7.228.209	USD 7.445.055	USD 7.631.182	USD 7.821.961	USD 7.978.400	USD 8.137.968	USD 8.300.728	USD 8.383.735		
USD 47.143	USD 51.482	USD 102.077	USD 105.139	USD 107.767	USD 110.462	USD 112.671	USD 114.924	USD 117.223	USD 118.395		
USD 2.402.732	USD 2.623.869	USD 5.202.532	USD 5.358.607	USD 5.492.573	USD 5.629.887	USD 5.742.485	USD 5.857.334	USD 5.974.481	USD 6.034.226		
USD 428.989	USD 468.471	USD 928.870	USD 956.737	USD 980.655	USD 1.005.171	USD 1.025.275	USD 1.045.780	USD 1.066.696	USD 1.077.363		

RESULTADOS

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ventas	USD 43.158.500	USD 44.872.986	USD 46.443.520	USD 47.896.825	USD 49.032.746	USD 50.258.564	USD 51.263.796	USD 52.289.011	USD 53.334.791	USD 53.888.139
Costo de mercadería vendida	USD 15.865.686	USD 16.208.876	USD 16.776.187	USD 17.279.472	USD 17.711.459	USD 18.154.245	USD 18.517.330	USD 18.887.677	USD 19.265.431	USD 19.458.085
Utilidad bruta	USD 27.572.814	USD 28.664.090	USD 29.667.333	USD 30.557.353	USD 31.321.287	USD 32.104.319	USD 32.746.405	USD 33.401.334	USD 34.069.360	USD 34.410.054
Gastos administrativos	USD 143.497	USD 134.851	USD 133.987	USD 1.073.581						
Gastos de comercialización	USD 70.323									
Gastos de Fabricación	USD 140.884	USD 138.384	USD 138.134							
amortizaciones/depreciaciones	USD 2.728.201	USD 2.728.201	USD 2.533.896							
Gastos										
Iva	USD 4.511.251	USD 4.323.642	USD 4.080.749	USD 3.764.420	USD 3.422.898	USD 2.981.841	USD 2.443.752	USD 1.787.283	USD 986.391	USD 273.130
Interes	USD 10.927.258	USD 10.554.890	USD 10.033.884	USD 9.398.256	USD 8.622.791	USD 7.676.723	USD 6.522.520	USD 5.114.393	USD 3.396.477	USD 1.300.620
Ingresos brutos	USD 1.510.548	USD 1.570.554	USD 1.625.523	USD 1.674.289	USD 1.716.146	USD 1.759.050	USD 1.794.231	USD 1.830.115	USD 1.866.718	USD 1.885.385
Resultado antes de impuestos	USD 7.540.852	USD 9.143.244	USD 11.050.837	USD 11.884.454	USD 13.743.518	USD 15.870.771	USD 18.169.969	USD 20.853.609	USD 24.003.841	USD 27.134.984
Impuesto a las ganancias	USD 2.639.298	USD 3.200.135	USD 3.867.793	USD 4.159.559	USD 4.810.231	USD 5.554.770	USD 6.359.489	USD 7.298.763	USD 8.401.344	USD 9.497.244
R resultado después de impuestos	USD 4.901.554	USD 5.943.109	USD 7.183.044	USD 7.724.895	USD 8.933.287	USD 10.316.001	USD 11.810.480	USD 13.554.846	USD 15.602.496	USD 17.637.740

Análisis del Mercado

Producción Proyectada en toneladas	Producción Proyectada en toneladas									
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
RSU Tratados	420.000	436.800	452.088	465.651	477.292	489.224	499.009	508.989	519.169	524.360



Gastos de Fabricación, costos de Comercialización y Administración

Gs. Generales Fabricación	Año 1											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Insumos de producción	USD 250											
Elementos de seguridad	USD 100											
Art. de limpieza	USD 200											
Subtotal I	USD 550											
Gs. Comercialización												
Fletes (como % / Ventas Netas de IVA)	USD 0											
Publicidad	USD 300											
Comunicaciones	USD 300											
Mantenimiento rodado	USD 300											
Subtotal II	USD 900											
Gs. Administración												
Papelaría y útiles	USD 200											
Energía Eléctrica	USD 415											
Seguros	USD 100											
Art. Limpieza	USD 100											
Telefonía	USD 350											
Gas	USD 0											
Subtotal III	USD 1.165											
Total Costos Indirectos	USD 2.615											
Año 2												
Sem 1												
USD 250	USD 250	USD 250	USD 250	USD 250	USD 250	USD 250	USD 250	USD 250	USD 250	USD 250	USD 250	USD 250
USD 600	USD 1.200											
USD 1.200	USD 2.400											
USD 2.050	USD 3.850											
Sem 2												
USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0
USD 1.800	USD 3.600											
USD 1.800	USD 3.600											
USD 1.800	USD 3.600											
USD 5.400	USD 10.800											
USD 1.200	USD 2.400											
USD 415	USD 415	USD 415	USD 415	USD 415	USD 415	USD 415	USD 415	USD 415	USD 415	USD 415	USD 415	USD 415
USD 600	USD 1.200											
USD 100	USD 100	USD 100	USD 100	USD 100	USD 100	USD 100	USD 100	USD 100	USD 100	USD 100	USD 100	USD 100
USD 350	USD 350	USD 350	USD 350	USD 350	USD 350	USD 350	USD 350	USD 350	USD 350	USD 350	USD 350	USD 350
USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0
USD 2.665	USD 4.465											
USD 10.115	USD 19.115											



Posición IVA

IVA Compras	Año 1											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Costos Directos Producción												
Hidróxido de calcio	USD 19.635	USD 22.141	USD 18.470	USD 21.303	USD 19.995	USD 20.483	USD 21.601	USD 21.831	USD 23.000	USD 21.831	USD 23.474	USD 21.513
Piedra caliza	USD 20.730	USD 23.376	USD 19.500	USD 22.490	USD 21.110	USD 21.625	USD 22.806	USD 23.096	USD 24.283	USD 23.048	USD 24.783	USD 22.713
Energía eléctrica	USD 0											
Amoniaco	USD 108.463	USD 122.308	USD 102.029	USD 117.675	USD 110.451	USD 113.147	USD 119.324	USD 120.635	USD 127.053	USD 120.592	USD 125.672	USD 118.837
gas	USD 1.532	USD 1.727	USD 1.441	USD 1.662	USD 1.560	USD 1.598	USD 1.685	USD 1.704	USD 1.794	USD 1.703	USD 1.831	USD 1.678
Subtotal I	USD 150.359	USD 169.552	USD 141.440	USD 163.130	USD 153.116	USD 156.853	USD 165.416	USD 167.233	USD 176.130	USD 167.174	USD 179.761	USD 164.741
Gs. Generales Fabricación												
Insumos de producción	USD 53											
Elementos de seguridad	USD 21											
Art. de limpieza	USD 42											
Subtotal II	USD 116											
Gs. Comercialización												
Fletes (como % s/ Ventas Netas de IVA)	USD 0											
Publicidad	USD 63											
Comunicaciones	USD 63											
Mantenimiento rodado	USD 63											
Subtotal III	USD 189											
Gs. Administración												
Papelaría y útiles	USD 42											
Seguros	USD 87											
Art.Limpieza	USD 21											
Telefonia	USD 21											
Gas	USD 60											
EE	USD 0											
Subtotal IV	USD 231											
Gs. Financieros												
Total IVA Compras	USD 150.894	USD 170.088	USD 141.975	USD 163.665	USD 153.651	USD 157.988	USD 165.951	USD 167.768	USD 176.665	USD 167.709	USD 180.296	USD 2.460.000



Año 2		Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Sem 1	Sem 2								
USD 126.908	USD 138.588	USD 274.788	USD 283.031	USD 290.107	USD 297.360	USD 303.307	USD 309.373	USD 315.560	USD 318.716
USD 133.985	USD 146.316	USD 290.111	USD 298.815	USD 306.285	USD 313.942	USD 320.221	USD 326.625	USD 333.158	USD 336.489
USD 0									
USD 701.036	USD 765.557	USD 1.517.924	USD 1.563.462	USD 1.602.548	USD 1.642.612	USD 1.675.464	USD 1.708.973	USD 1.743.153	USD 1.760.584
USD 8.900	USD 10.811	USD 21.436	USD 22.079	USD 22.631	USD 23.197	USD 23.661	USD 24.134	USD 24.617	USD 24.863
USD 974.829	USD 1.061.272	USD 2.104.259	USD 2.167.387	USD 2.221.571	USD 2.277.110	USD 2.322.653	USD 2.369.106	USD 2.416.488	USD 2.440.653
USD 53									
USD 126	USD 126	USD 252							
USD 252	USD 252	USD 504							
USD 431	USD 431	USD 809							
USD 0									
USD 378	USD 378	USD 756							
USD 378	USD 378	USD 756							
USD 378	USD 378	USD 756							
USD 1.134	USD 1.134	USD 2.268							
USD 252	USD 252	USD 504							
USD 87									
USD 126	USD 126	USD 252							
USD 21									
USD 60									
USD 0									
USD 546	USD 546	USD 924							
USD 2.216.527	USD 2.107.116	USD 1.973.634	USD 1.810.786	USD 1.612.112	USD 1.369.729	USD 1.074.022	USD 713.260	USD 273.130	USD 0
USD 3.190.466	USD 3.170.497	USD 4.081.893	USD 3.982.173	USD 3.837.683	USD 3.650.840	USD 3.400.675	USD 3.086.366	USD 2.693.618	USD 2.444.653



		Año 1											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IVA Ventas													
Total Ventas		USD 687.092	USD 786.075	USD 655.740	USD 756.239	USD 709.873	USD 727.200	USD 766.886	USD 775.321	USD 816.569	USD 775.049	USD 833.404	USD 763.767
Total IVA Ventas		USD 687.092	USD 786.075	USD 655.740	USD 756.239	USD 709.873	USD 727.200	USD 766.886	USD 775.321	USD 816.569	USD 775.049	USD 833.404	USD 763.767

		Año 2									
		Sem 1	Sem 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
		USD 4.504.379	USD 4.918.944	USD 9.753.139	USD 10.045.733	USD 10.296.877	USD 10.554.299	USD 10.765.385	USD 10.980.692	USD 11.200.306	USD 11.312.309
		USD 4.504.379	USD 4.918.944	USD 9.753.139	USD 10.045.733	USD 10.296.877	USD 10.554.299	USD 10.765.385	USD 10.980.692	USD 11.200.306	USD 11.312.309

		Año 1											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Posición Técnica IVA													
IVA Ventas - IVA Compras		USD 546.198	USD 615.988	USD 513.765	USD 592.634	USD 556.222	USD 569.812	USD 600.945	USD 607.553	USD 639.904	USD 607.340	USD 653.108	-USD 1.696.233

		Año 2									
		Sem 1	Sem 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
		USD 1.313.914	USD 1.748.446	USD 5.671.246	USD 6.063.561	USD 6.459.194	USD 6.903.459	USD 7.364.709	USD 7.894.326	USD 8.506.688	USD 8.867.656

		Año 1											
		Periodo 0 + Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Recupero de IVA													
Inversión		USD 15.363.388	USD 16.452	-USD 24.098	USD 18.592	-USD 8.684	USD 3.204	USD 7.339	USD 1.558	USD 7.626	-USD 7.677	USD 10.789	-USD 12.875
Recupero		USD 546.198	USD 615.988	USD 513.765	USD 592.634	USD 556.222	USD 569.812	USD 600.945	USD 607.553	USD 639.904	USD 607.340	USD 653.108	USD 0
Saldo		USD 14.823.170	USD 14.293.424	USD 13.653.339	USD 13.158.166	USD 12.556.948	USD 12.003.930	USD 11.441.457	USD 10.842.070	USD 10.242.143	USD 9.594.562	USD 8.998.012	USD 8.332.029

		Año 2									
		Sem 1	Sem 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
		USD 691.915	USD 76.678	USD 894.131	USD 54.118	USD 46.451	USD 47.613	USD 39.042	USD 39.823	USD 40.620	USD 20.716
		USD 1.313.914	USD 1.748.446	USD 5.671.246	USD 6.063.561	USD 6.459.194	USD 6.903.459	USD 7.364.709	USD 7.894.326	USD 8.506.688	USD 8.867.656
		USD 10.720.177	USD 9.482.941	USD 8.628.625	USD 8.011.497	USD 0					



Composición de los sueldos y jornales

		adm	operario	supervisor	analista	encargado/jefe	gerente	gg
		1	2	3	4	5	6	7
Básico mensual	(A)	USD 711	USD 842	USD 1.053	USD 1.053	USD 1.316	USD 1.526	USD 1.842
Sueldo Bruto Mensual	(A)*(1+(B))	USD 711	USD 842	USD 1.053	USD 1.053	USD 1.316	USD 1.526	USD 1.842
Asignación Familiar	% s/C	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Jubilación	% s/(C, H, I)	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%
Obra Social	% s/(C, H, I)	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
Seguros	% s/(C, H, I)	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
1/2 Aguinaldo		USD 462	USD 547	USD 684	USD 684	USD 855	USD 992	USD 1.197
Vacaciones		USD 71	USD 84	USD 105	USD 105	USD 131	USD 152	USD 183

Balance de personal

Categorías	Gerencia	Remuneraciones		
		C	I	H
Gerente General	1	USD 1.842	USD 183	USD 1.197
Adjunto	1	USD 1.526	USD 152	USD 992
Gerencia de Operaciones				
Gerente de Operaciones	1	USD 1.526	USD 152	USD 992
Analista de PCP	1	USD 1.053	USD 105	USD 684
Supervisor de turno	5	USD 1.053	USD 105	USD 684
Operarios	20	USD 842	USD 84	USD 547
Sector mantenimiento				
Gerente Mtto	1	USD 1.526	USD 152	USD 992
Supervisor Mtto electromecánico	2	USD 1.053	USD 105	USD 684
Supervisor Mtto de Instrumentos	2	USD 1.053	USD 105	USD 684
Asistentes mantenimiento	2	USD 842	USD 84	USD 547
Gerencia Seg, Cal & MA				
Gerente Seg, Cal & MA	1	USD 1.526	USD 152	USD 992
Responsable	1	USD 1.316	USD 131	USD 855
TSH	1	USD 1.053	USD 105	USD 684
RRHH				
Gerente RRHH	1	USD 1.526	USD 152	USD 992
Jefe de Personal	1	USD 1.316	USD 131	USD 855
Relaciones Laborales	1	USD 711	USD 71	USD 462
Almacenes				
Encargado de almacenes	1	USD 1.316	USD 131	USD 855
Coordinador	1	USD 711	USD 71	USD 462
Compras				
Encargado Compras	1	USD 1.316	USD 131	USD 855
Asistentes compras	2	USD 711	USD 71	USD 462
Legales				
Encargado	1	USD 1.053	USD 105	USD 684
total empleados	48,00			



	Año 1											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Sector de Producción	USD 37.384	USD 54.745										
Sector mantenimiento	USD 10.386	USD 15.210										
Seg. Cal & MA	USD 4.604	USD 6.742										
Administración	USD 10.018	USD 14.671										
Total Rem. y Cgas. Sociales	USD 62.392	USD 91.368										

	Año 2									
	Sem 1	Sem 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
USD 241.663	USD 241.663	USD 483.327								
USD 67.142	USD 67.142	USD 134.284								
USD 29.762	USD 29.762	USD 59.523								
USD 64.761	USD 64.761	USD 129.522								
USD 403.328	USD 403.328	USD 806.656								

Determinación del Costo de M.O.D.

Total MOD	USD 4.833.270
Total unidades producidas	184.800
Relación MOD/Unidades	USD 26,15

por mw/h



Supuestos Política de Stock y Créditos Comerciales

Días de Producción por período		Mes	Semestre	Año									
		29	175	350									
Activo Corriente													
Disponibilidades mínimas caja y Bancos	Período 0	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Crédito a Compradores Mercado Interno	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Crédito a Compradores Mercado Externo	0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Anticipo a Proveedores Nacionales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stock Productos Terminados	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Stock Productos en Proceso	12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Stock Materia prima Nacional	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Stock materiales y Accesorios Nacionales													
Stock materiales y Accesorios Importados													
Stock de Combustibles													
Pasivo Corriente													
Crédito Prov. Materia Prima Nacional	1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Crédito proveedores Insumos	1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Crédito Proveedores Mat. Prima Importada													
Crédito Proveedores Accesorios Importados													
Crédito Proveedores Servicios de Terceros													
Anticipos de Clientes													
Créditos de Evolución													
Otras Cuentas a Pagar													
Año 2													
Sem 1	Sem 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10				
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5				
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10				
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15				
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15				
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				



		Año 1												
		Período 0	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Activo Corriente														
Disponibilidades mínimas caja y Bancos	USD 0	USD 56.906	USD 64.169	USD 53.530	USD 61.739	USD 57.949	USD 59.383	USD 62.604	USD 63.291	USD 66.659	USD 63.269	USD 66.033	USD 62.348	
Crédito a Compradores Mercado Interno	USD 0	USD 616.503	USD 695.199	USD 579.931	USD 668.864	USD 627.806	USD 643.130	USD 678.237	USD 685.687	USD 722.167	USD 685.447	USD 737.056	USD 675.469	
Stock Productos Terminados	USD 0	USD 205.501	USD 231.733	USD 193.310	USD 222.955	USD 208.269	USD 214.377	USD 226.079	USD 228.562	USD 240.722	USD 228.482	USD 245.865	USD 225.156	
Stock Materia prima Nacional	USD 0	USD 169.548	USD 191.190	USD 159.490	USD 183.948	USD 172.656	USD 176.871	USD 186.525	USD 188.575	USD 198.607	USD 188.508	USD 202.702	USD 185.764	
Stock materiales y Accesorios Nacionales	USD 0	USD 186.563	USD 210.378	USD 175.486	USD 202.409	USD 189.984	USD 194.621	USD 205.245	USD 207.489	USD 218.539	USD 207.427	USD 223.044	USD 204.407	
Pasivo Corriente														
Crédito proveedores Insumos	USD 0	USD 279.845	USD 315.587	USD 263.244	USD 303.613	USD 284.976	USD 291.931	USD 307.867	USD 311.249	USD 327.808	USD 311.140	USD 334.566	USD 306.611	
Otras Cuentas a Pagar	USD 0	USD 341.433	USD 385.017	USD 321.179	USD 370.432	USD 347.693	USD 356.180	USD 375.623	USD 379.749	USD 399.952	USD 379.616	USD 408.198	USD 374.090	
Total Capital de Trabajo	USD 0	USD 613.742	USD 692.066	USD 577.335	USD 665.869	USD 624.995	USD 640.250	USD 675.200	USD 682.617	USD 718.833	USD 682.378	USD 733.756	USD 672.445	
Variación Capital de Trabajo	USD 0	USD 613.742	USD 78.344	-USD 114.751	USD 88.535	-USD 40.874	USD 15.255	USD 34.950	USD 7.417	USD 36.316	-USD 36.556	USD 51.378	-USD 61.311	

		Año 2									
		Sem 1	Sem 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
USD 3.67.704	USD 401.546	USD 796.175	USD 820.060	USD 840.561	USD 861.575	USD 878.807	USD 896.383	USD 914.311	USD 923.454		
USD 3.984.632	USD 4.351.361	USD 8.627.753	USD 8.886.586	USD 9.108.750	USD 9.336.469	USD 9.523.198	USD 9.713.662	USD 9.907.936	USD 10.007.015		
USD 1.328.211	USD 1.450.454	USD 2.875.918	USD 2.962.195	USD 3.036.250	USD 3.112.156	USD 3.174.399	USD 3.237.887	USD 3.302.645	USD 3.335.672		
USD 1.095.851	USD 1.196.709	USD 2.372.799	USD 2.443.983	USD 2.505.083	USD 2.567.710	USD 2.619.064	USD 2.671.445	USD 2.724.874	USD 2.752.123		
USD 1.205.789	USD 1.316.765	USD 2.610.844	USD 2.689.169	USD 2.756.398	USD 2.825.308	USD 2.881.814	USD 2.939.451	USD 2.998.240	USD 3.028.222		
USD 1.808.684	USD 1.975.148	USD 3.916.265	USD 4.033.753	USD 4.134.597	USD 4.237.962	USD 4.322.721	USD 4.409.176	USD 4.497.359	USD 4.542.333		
USD 2.206.227	USD 2.409.278	USD 4.777.048	USD 4.920.359	USD 5.043.368	USD 5.169.452	USD 5.272.841	USD 5.378.298	USD 5.485.864	USD 5.540.723		
USD 3.967.277	USD 4.332.409	USD 8.590.175	USD 8.847.880	USD 9.069.077	USD 9.295.804	USD 9.481.720	USD 9.671.355	USD 9.864.782	USD 9.963.430		

		Año 1												
		Período 0	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IVA Capital de Trabajo	USD 0	USD 128.886	USD 16.652	USD 24.098	-USD 16.592	USD 8.594	USD 3.204	USD 7.339	USD 1.558	USD 7.626	-USD 7.677	USD 10.789	-USD 12.875	

		Año 2									
		Sem 1	Sem 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
USD 691.915	USD 76.678	USD 894.131	USD 54.118	USD 46.451	USD 47.613	USD 39.042	USD 39.823	USD 40.620	USD 20.716		



CONSUMO DE GAS NATURAL		TN RSU	CONSUMO PROMEDIO MENSUAL(M3/TN)	TOTAL(M3/DIA)	MES (M3)	AÑO(M3)
		1500	1,2	1800	54000	19710000

CONSUMO VARIABLE SEGÚN OPERACIÓN

\$ 8,58 por tonelada
 0,225789474 toneladas por tonelada

TARIFACION

Tarifa de gas SGP3 (< 108000 m3 al año)	Consumo al año(m3)	Cargo fijo	cargo por m3	Tota(\$/MES)
	19710000,00	\$ 5.714,12	\$ 7,15	\$ 391.814,12
Tota(\$/AÑO)				\$ 4.701.769,45

CALCULO DE GASTOS

RESUMEN DE GASTOS



CAMUZZI GAS PAMPEANA S.A.

Resolución ENRG N°289

Fecha Resolución:

05/10/2018

Vigencia:

08/10/2018

TARIFAS FINALES A USUARIOS RESIDENCIALES, P1, P2, P3(1), SDB Y GNC ABASTECIDOS CON GAS NATURAL - SIN IMPUESTOS

Tipo de cargo	Categoría/Subzona	Buenos Aires	
Cargo fijo por factura	R1	153,784170	
	R2-1	162,737136	
	R2-2	186,278497	
	R2-3	210,925704	
	R3-1	275,861260	
	R3-2	320,626091	
	R3-3	430,379575	
	R3-4	698,968558	
	P1-P2	392,284350	
	P3	1.497,031196	
	GNC INTERRUMPIBLE	5.714,120562	
	GNC FIRME	5.714,120562	
	SDB	9.049,270056	
Cargo por m3 de consumo	R1	7,712620	
	R2-1	7,712620	
	R2-2	7,868680	
	R2-3	7,870056	
	R3-1	8,050172	
	R3-2	8,050172	
	R3-3	8,344755	
	R3-4	8,344755	
	P1-P2	0 a 1000 m3	7,220702
		1001 a 9000 m3	7,150644
		más de 9001 m3	7,093655
	P3	0 a 1000 m3	7,341122
		1001 a 9000 m3	7,249978
		más de 9001 m3	7,158869
	GNC INTERRUMPIBLE	6,022992	
	GNC FIRME	6,353275	
	SDB(2)	0,954694	
Cargo por reserva (m3/día)(3)	GNC FIRME	5,037906	

Tarifas por peaje entre 30KW y 50KW		Unidad	ANEXO 41		
Por capacidad de suministro contratada		\$/MW-mes			229.170,23
Cargo variable por energía		\$/MWh			1.068,74
Tarifa N°3 (Grandes Demandas)		Unidad	ANEXO 41		
			BT	MT	AT
Cargo por Capacidad de Suministro Contratado en Punta		\$/kW-mes	237,01	177,35	46,75
Cargo por Capacidad de Suministro Cont. Fuera de Punta		\$/kW-mes	191,60	142,49	36,05
Cargo Variable por Energía en horario de pico <300KW		\$/kWh	1,4600	1,3237	1,2284
Cargo Variable por Energía en horario de resto <300KW		\$/kWh	1,3990	1,2686	1,1754
Cargo Variable por Energía en horario de valle <300KW		\$/kWh	1,3382	1,2137	1,1226
Cargo Variable por Energía en horario de pico ≥ 300KW		\$/MWh	1,8431	1,6708	1,5522
Cargo Variable por Energía en horario de resto ≥ 300KW		\$/MWh	1,7652	1,6005	1,4838
Cargo Variable por Energía en horario de valle ≥ 300KW		\$/MWh	1,6866	1,5295	1,4156
Tarifas por peaje		Unidad	ANEXO 41		
			BT	MT	AT
Cargo por Capacidad de Suministro Contratado en Punta		\$/MW-mes	234.290,59	174.631,05	44.036,31
Cargo por Capacidad de Suministro Cont. Fuera de Punta		\$/MW-mes	186.982,65	139.539,29	35.163,90
Cargo Variable por Energía en horario de pico <300KW		\$/MWh	222,2600	86,0000	36,9600
Cargo Variable por Energía en horario de resto <300KW		\$/MWh	212,8100	82,4400	35,5200
Cargo Variable por Energía en horario de valle <300KW		\$/MWh	203,3700	78,8800	34,0800
Cargo Variable por Energía en horario de pico ≥ 300KW		\$/MWh	280,0700	107,7800	45,7800
Cargo Variable por Energía en horario de resto ≥ 300KW		\$/MWh	267,8700	103,1800	43,9200
Cargo Variable por Energía en horario de valle ≥ 300KW		\$/MWh	255,6800	98,5900	42,0600

Energía Eléctrica T3 - GRANDES DEMANDAS (Potencia contratada mayor o igual a 300 kW) MEDIA TENSION(MT)

	MT	Por contrato/mes
CARGO por potencia contratada	\$/KW-mes	
CARGO por potencia máxima	\$/KW-mes	1.42,49 \$ 56.450,26
CARGO VARIABLE por energía consumida	\$/KW/h	1.6708
CARGO VARIABLE por energía consumida	\$/KW/h	1.6005
CARGO VARIABLE por energía consumida	\$/KW/h	1.5295

Valle	Resto	Pico	COS FI
06:00 a 18:00	18:00 a 23:00	23:00 a 06:00	0,9
7	12	5	

APORTADA AL SISTEMA	22137,83
1 MW = 1000 KW	

Valle	Resto	Pico
1,5295	1,6005	1,6708

EQUIPOS	UTILIZACION	HS	Kw	Pot. Nominal		Energía Pico (kw)		Funcionamiento (Hs/día)				Energía Consumida (Kw/día)				Tarifa SP - AT		Total			
				Valle	Resto	Valle	Resto	Valle	Resto	Valle	Resto	Valle	Resto	Valle	Resto	Valle	Resto		Pico	\$/día	
				30	30	30	30	7	7	5	5	189,00	324,00	810,00	810,00	289,08	518,56		1353,35	2160,99	
HORNO		24	30	30	30	7	7	12	12	5	5	52,73	90,40	63,05	80,65	144,68	105,35	330,68			
TURBINA(wb1)		24	8,37	8,37	8,4	7	7	12	12	5	5	1277,64	2190,24	37015,06	1954,15	3505,48	61844,76	67304,39	78.738,58	POR DIA	
TURBINA(wb2)		24	202,8	202,8	203	7	7	12	12	5	5	189,00	324,00	810,00	289,08	518,56	1353,35	2160,99	\$2.362.157,52	POR MES	
LIMPIEZA DE GASES		24	30	30	30	7	7	12	12	5	5	189,00	324,00	810,00	289,08	518,56	1353,35	2160,99			
SALAS DE CONTROL		24	30	30	30	7	7	12	12	5	5	189,00	324,00	810,00	289,08	518,56	1353,35	2160,99			
PUENTE GRUA (2)		24	18	18	18	7	7	12	12	5	5	113,40	194,40	291,60	173,45	311,14	487,21	971,79			
ILUMINACION PLANTA		14	40	40	40	7	7	2	2	5	5	252,00	72,00	1440,00	385,43	115,24	2405,95	2906,62			
INSTRUMENTACION SISTEMA PI		24	15	15	15	7	7	12	12	5	5	94,50	162,00	202,50	144,54	289,28	338,34	742,16			
ILUMINACION PREDIO GENERAL		14	10	10	10	7	7	2	2	5	5	63,00	18,00	90,00	96,36	28,81	150,37	275,54			
ADMINISTRACION		8	7	7	7	0	0	8	8	0	0	0,00	50,40	44,10	0,00	80,67	73,68	154,35			
ALMACENES		8	5	5	5	0	0	8	8	0	0	0,00	36,00	22,50	0,00	57,62	37,59	95,21			
TOTAL			396,17																		
TOTAL POR FACTURA DIA																					
TOTAL POR FACTURA MES																					

cap teorica mes	1500	ln rsu día
Suma de energía variab	78738,58	\$/día

consumo específico	52,49	\$/ por tn rsu
	1,38	

T3 - GRANDES DEMANDAS (potencia contratada mayor o igual a 300 kW)

TOTAL POR FACTURA DIA	\$ 135.713,95	\$ 64.062,12
TOTAL POR FACTURA MES	\$ 2.434.360,72	

Total	\$ 15.752,94	por día t
Total	\$ 79.263,68	por día t
Total	\$ 2.377.910,46	



Modelo de Valuación de Activos de Capital (CAPM)

Tasa Libre de Riesgo (Bonos Gobierno EEUU) = 3,13%

Estructuración Capital

E	50,00%
D	50,00%

TNA = 22%

Situación del Mercado Probabilidad de Ocurrencia		Rm	$P_{(s)} R_m$	$R_m - R_{m(m)}$	$(R_m - R_{m(m)})^2$	$P_{(s)} (R_m - R_{m(m)})^2$
P(s)						
Altamente recesivo	5%	-73,00%	-3,65%	-73,00%	0,5329	0,026645
Moderadamente Recesivo	30%	-1%	-0,30%	-1,00%	0,0001	0,00003
Neutro	48%	16%	7,68%	16,00%	0,0256	0,012288
Moderada Recuperación	15%	27%	4,05%	27,00%	0,0729	0,010935
Fuerte recuperación	2%	76%	1,52%	76,00%	0,5776	0,011552
100%			9,30%			

Rendimiento promedio esperado por Dividendos = 3%

Rm Total esperado = 12%

Varianza (Rm) = 0,06145

q (m) = 0,247891105

Cálculo de los Rendimientos Esperados y de la Covarianza del Proyecto bajo Análisis

Situación del Mercado Probabilidad de Ocurrencia		$R_{(j)}$	$P_{(s)} R_{(j)}$	$R_{(j)} - (3)$	$R_m - R_{m(m)}$	(4)*(5)	P(s)*(6)
P(s)							
Altamente recesivo	5%	16,00%	0,80%	0,1600	-73,00%	-0,1168	-0,00584
Moderadamente Recesivo	30%	16,83%	5,05%	0,1683	-1,00%	-0,001683	-0,0005049
Neutro	48%	17,28%	8,29%	0,1728	16,00%	0,027648	0,01327104
Moderada Recuperación	15%	17,92%	2,69%	0,1792	27,00%	0,048384	0,0072576
Fuerte recuperación	2%	18,41%	0,37%	0,1841	76,00%	0,139916	0,00279832
			17,20%				

Covar. Proyecto = 0,01698206

β_u del Proyecto = 0,28

β_L del Proyecto = 0,46

$\beta_{Activo Total}$ Proyecto = 0,37

K_E =	15,39%
WACC =	14,8%



Flujo de Fondos Proyectado

	Año 1											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
INGRESOS OPERATIVOS												
VENTAS	USD 3.319.488	USD 3.743.217	USD 3.122.573	USD 3.601.422	USD 3.380.349	USD 3.462.688	USD 3.667.886	USD 3.662.004	USD 3.888.423	USD 3.660.708	USD 3.968.591	USD 3.636.994
EGRESOS OPERATIVOS												
COSTOS DIRECTOS PRODUCCION	USD 1.198.756	USD 1.351.775	USD 1.127.644	USD 1.300.869	USD 1.220.734	USD 1.250.530	USD 1.316.793	USD 1.353.281	USD 1.404.213	USD 1.332.813	USD 1.433.164	USD 1.313.412
GASTOS FABRICACION	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936	USD 10.936
GASTOS COMERCIALIZACION	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504	USD 5.504
GASTOS ADMINISTRATIVOS	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183	USD 11.183
FLUJO DE CAJA OPERATIVO	USD 2.083.109	USD 2.283.818	USD 1.967.205	USD 2.273.229	USD 2.151.992	USD 2.173.060	USD 2.365.470	USD 2.331.100	USD 2.456.567	USD 2.330.272	USD 2.507.804	USD 2.284.335
INGRESOS NO OPERATIVOS	USD 54.706.128	USD 546.198	USD 513.765	USD 592.634	USD 556.222	USD 589.612	USD 600.945	USD 607.553	USD 639.904	USD 607.340	USD 653.108	USD 0
RECUPERATIVA	USD 546.198	USD 615.988	USD 513.765	USD 592.634	USD 556.222	USD 589.612	USD 600.945	USD 607.553	USD 639.904	USD 607.340	USD 653.108	USD 0
APORTE ACCIONISTAS												
EGRESOS NO OPERATIVOS	USD 729.925	USD 203.356	-USD 3.461	USD 214.584	USD 77.438	USD 136.655	USD 162.766	USD 136.638	USD 172.411	USD 92.619	USD 190.279	USD 2.705.282
INVERSION EN ACTIVOS	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0
VARIACION DE CAPITAL DE TRABAJO	USD 613.742	USD 783.344	USD 114.751	USD 86.535	-USD 40.874	USD 15.255	USD 34.950	USD 7.417	USD 26.316	-USD 36.556	USD 51.378	-USD 61.311
IMPUESTOS A INGRESOS BRUTOS	USD 116.182	USD 131.013	USD 109.290	USD 126.050	USD 113.312	USD 121.200	USD 127.816	USD 129.220	USD 136.095	USD 120.175	USD 138.901	USD 127.294
IMPUESTOS A LAS GANANCIAS												
FLUJO DE CAJA NO OPERATIVO	-USD 54.706.128	USD 406.632	USD 519.227	USD 378.049	USD 478.784	USD 433.357	USD 438.160	USD 470.915	USD 467.493	USD 514.720	USD 462.829	-USD 2.705.282
FLUJO DE CAJA SIN FINANCIAM.	-USD 54.706.128	USD 2.770.650	USD 2.486.532	USD 2.651.279	USD 2.610.776	USD 2.606.447	USD 2.748.649	USD 2.802.015	USD 2.924.000	USD 2.844.393	USD 2.970.633	-USD 403.947
INGRESOS FINANCIEROS												
EGRESOS FINANCIEROS	USD 0	USD 914.083	USD 1.076.925									
INTERESES	USD 914.083	USD 914.083	USD 914.083	USD 914.083	USD 914.083	USD 914.083	USD 914.083	USD 911.362	USD 906.595	USD 905.768	USD 902.293	USD 900.016
AMORTIZACION DE CAPITAL	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 162.842	USD 165.563	USD 168.330	USD 171.142	USD 174.002	USD 176.309
FLUJO DE CAJA CON FINANCIAM.	USD 0	USD 1.856.567	USD 1.572.449	USD 1.737.196	USD 1.696.693	USD 1.682.364	USD 1.666.724	USD 1.735.090	USD 1.847.155	USD 1.768.088	USD 1.833.708	-USD 1.497.872
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	USD 895.300	USD 2.851.867	USD 4.424.117	USD 6.161.313	USD 7.858.006	USD 9.550.370	USD 11.217.064	USD 12.942.164	USD 14.789.339	USD 16.557.407	USD 18.451.115	USD 16.953.243



Año 2		Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Sem 1	Sem 2								
USD 21.449.425	USD 23.423.541	USD 46.443.520	USD 47.836.825	USD 49.032.746	USD 50.258.564	USD 51.263.736	USD 52.289.011	USD 53.334.791	USD 53.868.139
USD 7.747.896	USD 8.460.980	USD 16.776.187	USD 17.279.472	USD 17.711.459	USD 18.154.245	USD 18.517.330	USD 18.887.677	USD 19.265.431	USD 19.458.085
USD 69.192	USD 138.134								
USD 35.162	USD 35.162	USD 70.323							
USD 67.426	USD 67.426	USD 133.987							
USD 13.529.750	USD 14.790.782	USD 29.324.889	USD 30.214.909	USD 30.978.843	USD 31.761.875	USD 32.403.962	USD 33.058.890	USD 33.726.917	USD 34.067.610
USD 1.313.914	USD 1.748.446	USD 5.671.246	USD 6.063.561	USD 3.057.948	USD 47.613	USD 39.042	USD 39.823	USD 40.620	USD 20.716
USD 1.313.914	USD 1.748.446	USD 5.671.246	USD 6.063.561	USD 3.057.948	USD 47.613	USD 39.042	USD 39.823	USD 40.620	USD 20.716
USD 4.045.563	USD 4.385.091	USD 7.000.456	USD 7.340.969	USD 8.033.520	USD 8.820.963	USD 9.660.864	USD 10.636.024	USD 11.775.208	USD 12.889.777
USD 0	USD 0	-USD 2.760.626	USD 1.249.436	USD 1.285.945	USD 1.280.416	USD 1.321.228	USD 1.313.719	USD 1.313.719	USD 1.408.499
USD 3.294.833	USD 365.132	USD 4.257.766	USD 257.705	USD 221.197	USD 226.727	USD 185.916	USD 189.634	USD 193.427	USD 96.648
USD 750.730	USD 819.824	USD 1.625.523	USD 1.674.289	USD 1.716.146	USD 1.759.050	USD 1.794.231	USD 1.830.115	USD 1.866.718	USD 1.885.385
	USD 3.200.135	USD 3.867.793	USD 4.159.559	USD 4.810.231	USD 5.554.770	USD 6.359.489	USD 7.298.763	USD 8.401.344	USD 9.497.244
-USD 2.731.649	-USD 2.636.645	-USD 1.329.210	-USD 1.277.428	-USD 4.975.571	-USD 8.773.350	-USD 9.621.822	-USD 10.596.200	-USD 11.734.588	-USD 12.869.061
USD 10.798.101	USD 12.154.137	USD 27.995.680	USD 28.937.481	USD 26.003.272	USD 22.988.525	USD 22.782.140	USD 22.462.689	USD 21.992.328	USD 21.198.550
USD 6.461.550	USD 6.461.550	USD 12.923.099							
USD 5.277.446	USD 5.277.446	USD 10.033.884	USD 9.398.256	USD 8.622.791	USD 7.676.723	USD 6.522.520	USD 5.114.393	USD 3.396.477	USD 1.300.620
USD 1.184.105	USD 1.184.105	USD 2.889.216	USD 3.524.843	USD 4.300.309	USD 5.246.376	USD 6.400.579	USD 7.908.707	USD 9.526.622	USD 11.622.479
USD 4.336.552	USD 5.692.587	USD 15.072.580	USD 16.014.382	USD 13.080.172	USD 10.065.426	USD 9.859.041	USD 9.539.590	USD 9.069.229	USD 8.275.450
USD 21.289.795	USD 26.982.382	USD 42.054.962	USD 58.069.344	USD 71.149.516	USD 81.214.942	USD 91.073.983	USD 100.613.573	USD 109.682.801	USD 117.959.252



Rentabilidad

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
FLUJO DE CAJA CON FINANCIAMIENTO	USD 0	USD 16.953.243	USD 10.029.139	USD 15.072.580	USD 16.014.382	USD 13.080.172	USD 10.065.426	USD 9.859.041	USD 9.539.590	USD 9.069.229	USD 8.275.450
APORTE PROPIO	USD 54.706.128										
VALOR RESIDUAL TÉCNICO	USD 0										USD 26.045.545
FLUJO DE CAJA DEL CAPITAL	-USD 54.706.128	USD 16.953.243	USD 10.029.139	USD 15.072.580	USD 16.014.382	USD 13.080.172	USD 10.065.426	USD 9.859.041	USD 9.539.590	USD 9.069.229	USD 34.320.996

TIR DEL ACCIONISTA 21,98%

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
FLUJO DE CAJA DE CAPITAL	-USD 54.706.128	USD 16.953.243	USD 10.029.139	USD 15.072.580	USD 16.014.382	USD 13.080.172	USD 10.065.426	USD 9.859.041	USD 9.539.590	USD 9.069.229	USD 34.320.996
INGRESOS FINANCIEROS	USD 0	USD 11.946.046	USD 12.923.099								
EGRESOS FINANCIEROS	USD 0	USD 10.927.256	USD 10.554.880	USD 10.033.884	USD 9.398.256	USD 8.622.791	USD 7.676.723	USD 6.522.520	USD 5.114.383	USD 3.396.477	USD 1.300.620
INTERESES Y COMISION	USD 0	USD 1.018.788	USD 2.366.210	USD 2.893.216	USD 3.524.843	USD 4.300.309	USD 5.246.376	USD 6.400.579	USD 7.808.707	USD 9.526.622	USD 11.622.479
AMORTIZACION DE CAPITAL	USD 0	USD 3.824.540	USD 3.894.211	USD 3.511.859	USD 3.289.390	USD 3.017.977	USD 2.866.853	USD 2.282.882	USD 1.790.037	USD 1.188.767	USD 455.217
PROTECCION FISCAL	USD 0	USD 25.074.749	USD 19.258.027	USD 24.483.820	USD 25.648.091	USD 22.985.295	USD 20.304.672	USD 20.499.258	USD 20.672.652	USD 20.803.561	USD 46.788.878

TIR DEL PROYECTO 17,24%

VAN	USD 9.236.719
WACC	14,8%

INVERSION EN ACTIVOS	USD 109.412.256
VAN	USD 9.236.719
TIR	17,24%
PAYBACK	9

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
PAYBACK										
AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
-USD 109.412.256	USD 25.074.749	USD 19.258.027	USD 24.483.820	USD 25.648.091	USD 22.985.295	USD 20.304.672	USD 20.499.258	USD 20.672.652	USD 20.803.561	USD 46.788.878
-USD 109.412.256	21730850,91	16688830,38	21218726,86	22227733,99	19920040,77	17594296,2	1765534,65	17915805,28	18029256,65	40549244,7
-109412256,2	-87681405,28	-70991574,9	-49772848,04	-27545114,05	-7625073,278	9969224,925	27734759,57	45660564,85	63679821,51	104239066,2



Características del Financiamiento

años	10
Monto U\$S	USD 54.706.128
Plazo	120
T.E.M	2%
T.N.A.(Cap. 360 días)	22%
Plazo de Gracia	6
Comision	2,50%
Cuota:	\$ 1.076.925
Sistema	Francés

	Periodo 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Amortización Capital	-	1.018.788	2.368.210	2.889.216	3.524.843	4.300.309	5.246.376	6.400.579	7.808.707	9.526.622	11.622.479
Interés	-	10.927.258	10.554.890	10.033.884	9.398.256	8.622.791	7.676.723	6.522.520	5.114.393	3.396.477	1.300.620
Comisión	1.367.653	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
iva		2.294.724	2.216.527	2.107.116	1.973.634	1.810.786	1.612.112	1.369.729	1.074.022	713.260	273.130

Consolidación para CR y FF

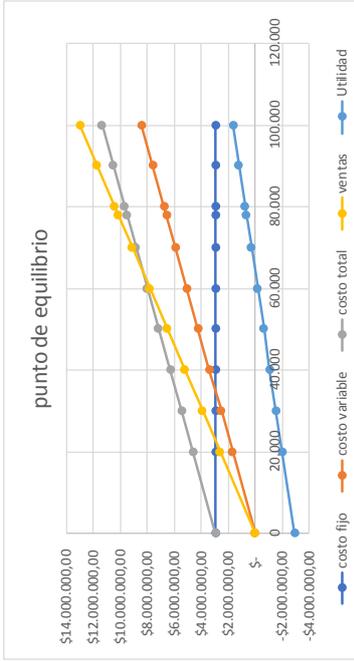
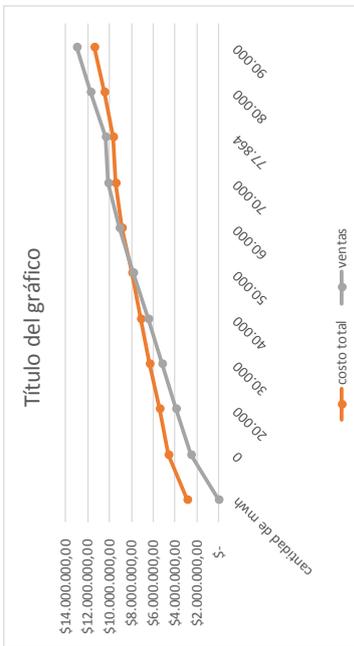
	Periodo 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Amortización del capital	-	1.018.788	2.368.210	2.889.216	3.524.843	4.300.309	5.246.376	6.400.579	7.808.707	9.526.622	11.622.479
Interés	-	10.927.258	10.554.890	10.033.884	9.398.256	8.622.791	7.676.723	6.522.520	5.114.393	3.396.477	1.300.620
Comisión	1.367.653	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total intereses + comisión	\$ 1.367.653	\$ 10.927.258	\$ 10.554.890	\$ 10.033.884	\$ 9.398.256	\$ 8.622.791	\$ 7.676.723	\$ 6.522.520	\$ 5.114.393	\$ 3.396.477	\$ 1.300.620



Punto de Equilibrio

COSTO TOTAL	COSTO FIJO	C.V. UNITARIO	PRODUCCION	PRECIO	PRECIO de equilibrio	PRODUCCION
\$ 2.924.016,79	\$ 2.923.932,45	\$ 84,34	184.800	\$ 130,00	\$ 100,16	64.034,4

cantidad de mwh	costo			ventas	Utilidad
	costo fijo	costo variable	costo total		
0	\$ 2.923.932,45	\$ -	\$ 2.923.932,45	\$ -	-\$ 2.923.932,45
20.000	\$ 2.923.932,45	\$ 1.686.762,55	\$ 4.610.695,00	\$ 2.600.000,00	-\$ 2.010.695,00
30.000	\$ 2.923.932,45	\$ 2.530.143,83	\$ 5.454.076,28	\$ 3.900.000,00	-\$ 1.554.076,28
40.000	\$ 2.923.932,45	\$ 3.373.525,10	\$ 6.297.457,56	\$ 5.200.000,00	-\$ 1.097.457,56
50.000	\$ 2.923.932,45	\$ 4.216.906,38	\$ 7.140.838,83	\$ 6.500.000,00	-\$ 640.838,83
60.000	\$ 2.923.932,45	\$ 5.060.287,66	\$ 7.984.220,11	\$ 7.800.000,00	-\$ 184.220,11
70.000	\$ 2.923.932,45	\$ 5.903.668,93	\$ 8.827.601,38	\$ 9.100.000,00	\$ 272.398,62
77.864	\$ 2.923.932,45	\$ 6.566.903,97	\$ 9.490.836,42	\$ 10.122.320,00	\$ 631.483,58
80.000	\$ 2.923.932,45	\$ 6.747.050,21	\$ 9.670.982,66	\$ 10.400.000,00	\$ 729.017,34
90.000	\$ 2.923.932,45	\$ 7.590.431,48	\$ 10.514.363,94	\$ 11.700.000,00	\$ 1.185.636,06
100.000	\$ 2.923.932,45	\$ 8.433.812,76	\$ 11.357.745,21	\$ 13.000.000,00	\$ 1.642.254,79





ANEXO VII

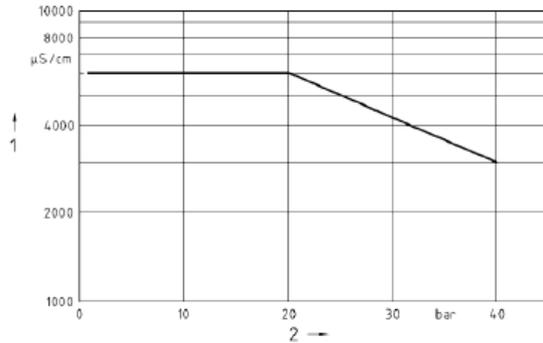
Principales impurezas del agua y sus efectos			
Impureza		Forma	Efectos
Dióxido de Carbono	CO ₂	Gas	Corrosión
Oxígeno	O ₂	Gas	Corrosión
Materias en suspensión	-	Sólidos no disueltos	Corrosión
Materias orgánicas	-	Sólidos disueltos y no disueltos	Depósitos, espumas y arrastres
Aceites y grasas	-	Coloides	Depósitos, espumas y arrastres
Acidez	H ⁺	-	Corrosión
Dureza	Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺	Sales disueltas	Incrustaciones
Alcalinidad	CO ₃ ⁻ , CO ₃ H ⁻ , OH ⁻	Sales disueltas	Espumas, arrastres, desprendimiento de CO ₂ , fragilidad cáustica
Salinidad (TDS)	-	Sales disueltas	Depósitos, espumas y arrastres
Cloruros	Cl ⁻	Sales disueltas	Aumento de salinidad y corrosividad
Sílice	SiO ₂	Sales disueltas	Incrustaciones
Hierro, Manganeseo	Fe, Mn	Sales disueltas o partículas	Depósitos
Cobre	Cu	Sales disueltas o partículas	Depósitos y corrosión

Parámetro	Unidad	Agua de la caldera para calderas de vapor que utilizan			Agua de la caldera para calderas de agua caliente
		Agua de alimentación de conductividad directa >30 µS/cm	Agua de alimentación de conductividad directa ≤ 30 µS/cm		
Presión de servicio	bar	> 0,5 a 20	> 20	> 0,5	intervalo total
Apariencia	-	clara, sin espuma estable			
Conductividad directa a 25 °C	µS/cm	< 6000 ^a	véase la figura 5-1 ^a	< 1500	< 1500
Valor del pH a 25 °C	-	10,5 a 12,0	10,5 a 11,8	10,0 a 11,0 ^{b,c}	9,0 a 11,5 ^d
Alcalinidad compuesta	mmol/l	1 a 15 ^a	1 a 10 ^a	0,1 a 1,0 ^c	< 5
Concentración de sílice (SiO ₂)	mg/l	dependiente de la presión, según figura 5-2			
Fosfato (PO ₄) ^e	mg/l	10 a 30	10 a 30	6 a 15	-
Sustancias orgánicas	-	véase la nota ^f al pie de tabla			-

a. Con recalentador se considera como valor máximo el 50% del valor más alto indicado.
b. El ajuste del pH básico se hace por inyección de Na₃PO₄, y una inyección adicional de NaOH sólo si es el valor del pH < 10.
c. Si la conductividad ácida del agua de alimentación de la caldera es < 0,2 µS/cm, y si su concentración de Na + K es < 0,010 mg/l, no es necesaria la inyección de fosfato. Alternativamente puede aplicarse AVT (tratamiento totalmente volátil, agua de alimentación con pH ≥ 9,2 y agua de la caldera con pH ≥ 8,0) cuando la conductividad ácida del agua de la caldera es < 5 µS/cm.
d. Si en el sistema hay presentes materiales no ferrosos, por ejemplo, aluminio, puede requerir un valor inferior del pH y de la conductividad directa; sin embargo, la protección de la caldera tiene prioridad.
e. Si se utiliza un tratamiento de fosfato coordinado; considerando todos los demás valores, son aceptables concentraciones de PO₄ más altas.
f. Véase e en la tabla 5-1.

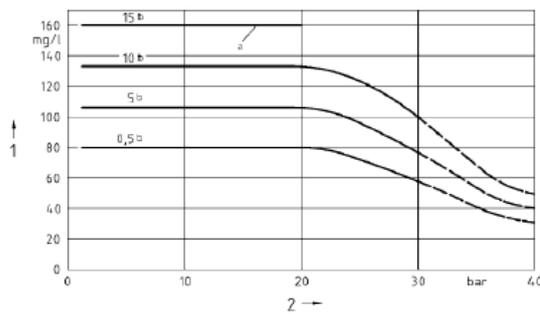


Tabla 5-1 Conductividad directa máxima admisible del agua de la caldera en función de la presión; conductividad directa del agua de alimentación > 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$



Leyenda
1 Conductividad directa
2 Presión de servicio

Contenido de sílice máximo admisible (SiO_2) del agua de la caldera en función de la presión



Leyenda
1 Contenido máximo de sílice
2 Presión de servicio
a) Este nivel de alcalinidad no es admisible a presión > 20 bar
b) Alcalinidad en mmol/l

Normas para Muestreo de Agua

Capacidad ácida	EN ISO 9963-1
Conductividad	ISO 7888
Cobre	ISO 8288
Hierro	ISO 6332
Oxígeno	ISO 5814
pH	ISO 10523
Fosfato	ISO 6878-1
Potasio	ISO 9964-2
Sílice	Hasta ahora no se dispone de norma europea o internacional correspondiente; véase por ejemplo la Norma DIN 38405-21 Métodos normalizados alemanes para el examen del agua, agua residual y lodos; aniones (grupo D); determinación del silicato disuelto por espectrometría, (D 21).
Sodio	ISO 9964-1
COT	ISO 8245 Alternativamente, la determinación del índice de permanganato de acuerdo con la Norma ISO 8467 puede medirse si se han especificado los valores.
Dureza total (Ca + Mg)	ISO 6059



PARÁMETROS	VAPOR	AGUA DE ALIMENTACIÓN	AGUA DE CALDERAS
Oxígeno Disuelto (O ₂)		< 0.007 ppm	
Hierro Total (Fe)		< 0.03 ppm	<1ppm
Dureza Total (CO ₃ Ca)		<0.2	
pH (Rango) a 25 °C	8,2 - 8,5	7,5 - 10	10.0 - 12 10 - 11.5
Aceite		< 0.5 ppm	
Sílice (SiO ₂)	0,02 ppm	< 1ppm	<30ppm
Alcalinidad Total (CO ₃ Ca)			<200ppm <300ppm
Solidos disueltos totales	< 2 ppm		2500 ppm
Na + K	< 0,5 ppm		
Conductividad us/cm	<5	<70	<1500 <3000
Cloruros (como ClNa)		<6	<100 <200
Alcalinidad OH			<120 <300
Nexguard (ppm)		0.5 a 1.5	<200
Ciclos de concentracion			<75 <100
Eliminox (ppm)		0.5 - 1ppm	



NOMENCLATURA

h	Entalpia específica [kJ /kg]
\dot{m}	Flujo másico [kg/s]
$\dot{m}_{\text{vapor.ten}}$	Flujo másico de vapor tentativo [kg/s]
P	Presión [kPa]
PCI	Poder calorífico inferior [kJ /kg]
PCS	Poder calorífico superior [kJ /kg]
\dot{Q}_{cald}	Flujo de calor transmitido por la calderas al fluido [kW]
s	Entropía específica [kJ/kg·K]
T	Temperatura [°C]
W_{cons}	Potencia de red o consumo [kW]
W_{neta}	Potencia neta [kW]
W_{TV}	Potencia de la turbina de vapor [kW]
W_B	Potencia de bomba [kW]
DTF	Diferencia de temperaturas de los fluidos en regenerador tipo superficie [°C]
X	Calidad [-]
B	Bomba
$Cond$	Condensador
CV	Colector de vapor
$(\Delta T)_{k-T}$	Caída de temperatura entre la caldera y la turbina [°C]
$(\Delta P)_{B-T}$	Caída de presión entre bombas y turbina [kPa]
η_{mec}	Eficiencia mecánica
η_{trans}	Eficiencia del transformador eléctrico
η_{aux}	Eficiencia de equipos auxiliares
η_{gen}	Eficiencia del generador eléctrico
η_{cald}	Eficiencia térmica de la caldera



η_b	Eficiencia isentrópica de bombas
η_{TVAP}	Eficiencia isentrópica de la turbina de alta presión
η_{TVBP}	Eficiencia isentrópica de la turbina de baja presión
Cond	Condensador
IA	Intercambiador de calor tipo abierto
IC	Intercambiador de calor tipo cerrado
EES	Engineering Equation Solver
VT	Trampa de vapor
CV	Colector de vapor
B	Bomba
TVAP	Turbina de vapor de alta presión
TVBP	Turbina de vapor de baja presión
HRSG	Caldera recuperadora de calor
$(\Delta T)_{opt}$	Diferencia de temperatura óptima