

GENERACION DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS¹

Chalecki, Sergio A.², Masloff Sebastian G.³, Schlender Rudy A.⁴, Klimiszyn David N.⁵,
Cabral Roberto J.⁶

¹ Trabajo de Enseñanza de la Ingeniería.

² Integrante de proyecto, Estudiante Ing. Electromecánica, sergio-adrian08@hotmail.com

³ Integrante de proyecto, Estudiante Ing. Electromecánica, sebastian.masloff@gmail.com

⁴ Integrante de proyecto, Estudiante Ing. Electromecánica, rudyschlender@hotmail.com

⁵ Tutor Académico, davidklimi@gmail.com

⁶ Tutor Académico, robert_rjc@hotmail.com

Resumen

Este proyecto consiste en la generación de energía eléctrica a partir de la incineración de los residuos sólidos urbanos (RSU). Atiende dos problemáticas, una es poder darle un tratamiento adecuado, reutilizando los RSU y la otra es poder aportar con energía a la demanda actual del sistema eléctrico.

Para llevar a cabo este proyecto se propuso el siguiente enfoque metodológico:

1. Clasificación de los RSU, mediante la implementación de una gestión integrada en los municipios involucrados.
2. Incineración controlada en hogares de combustión, en donde se utilizará los residuos inorgánicos
3. Generación de vapor en calderas acuotubulares, aprovechando la energía térmica en turbinas de vapor y mediante el uso de generadores para transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

Además, se emplea un tratamiento de los residuos orgánicos mediante rellenos sanitarios siguiendo con las actividades que en la actualidad se llevan a cabo en la planta de tratamientos de RSU ubicada en la ciudad de Fachinal departamento Capital, provincia de Misiones, en donde se propone como lugar del emplazamiento de este proyecto.

Palabras Clave: *RSU – Incineración – Generación de energía eléctrica- Relleno sanitario*

Introducción

La basura que se generan diariamente en las ciudades de Misiones, llamados técnicamente Residuos Sólidos Urbanos o RSU, actualmente son depositados en rellenos sanitarios, sin ningún tratamiento previo de reciclaje o compostaje.

La propuesta del proyecto es reutilizar los residuos inorgánicos, que llegan al relleno de Fachinal, y con ellos generar energía eléctrica por medio de la incineración aprovechando su poder calorífico y a la vez así reducir el volumen de los residuos que se destinaran al relleno sanitario.

Objetivos del proyecto

- Generación de energía eléctrica utilizando como combustible la parte inorgánica de los RSU proveniente de los centros poblacionales de la zona sur de la provincia de Misiones.
- Con este proyecto se pretenden establecer un tratamiento integral de los residuos con una vinculación pública-privada para lograr un manejo responsable y controlado de los RSU. Contribuyendo a la erradicación de los basurales a cielo abierto con la consecuente contaminación ambiental.

Metodología

Para la elaboración de este proyecto se procede con las siguientes metodologías

- Se realizan visitas para conocer el funcionamiento actual de los rellenos sanitarios.
- Se analizan las diferentes alternativas para el tratamiento más adecuado de los RSU.
- Se analizan e investigan distintas fuentes de generación de energía eléctrica asociadas a la reutilización y aprovechamiento de los RSU.
- Se consultan normativas vigentes para determinar los lineamientos a seguir en aspectos legales.

Alcance del proyecto

Este proyecto pretende abarcar en su implementación la zona sur de la Provincia de Misiones, incluyendo 8 departamentos como se indica en la Ilustración 1.

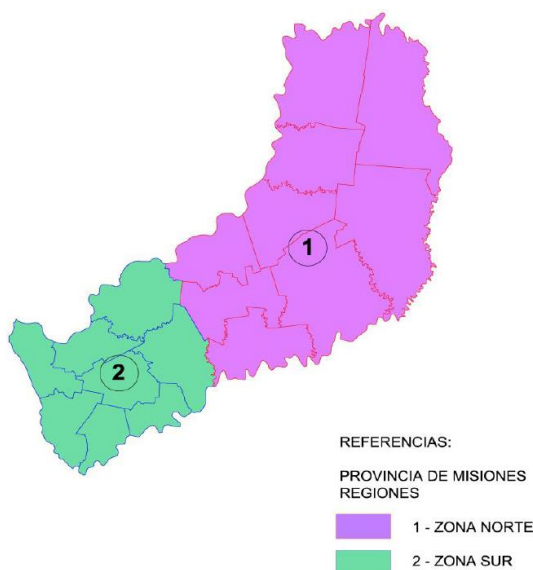


Ilustración 1-Regionalización del sistema GIRSU-Fuente: www.ecologia.misiones.gob.ar

Los aspectos técnicos del proyecto se limitan a los conceptos adquiridos en el transcurso del cursado de la carrera de ingeniería electromecánica, es decir que no se abordarán cuestiones que excedan a esta especialidad. De igual manera se tratarán de manera grosera estos aspectos.

El alcance legal será remitido en su mayor parte a las leyes ambientales vigentes.

El análisis económico está abocado al estudio de la viabilidad del proyecto, analizando de forma primordial cuestiones puramente técnicas, dejando las cuestiones asociadas a una aproximación de los costos implicados.

Estudio de caso

La ubicación geográfica del emplazamiento del proyecto será en la provincia de Misiones, República Argentina (ver *Ilustración 2*), más precisamente en la localidad de Fachinal, donde actualmente funciona el relleno sanitario Sur.



Ilustración 2. Ubicación global del lugar del emplazamiento del Proyecto

En la actualidad existen dos rellenos sanitarios en la provincia de Misiones uno ubicado en la zona Sur (Municipio de Fachinal); y el otro en Aguas Blancas (Municipio de Caragatatay) que atiende al Norte de Misiones.

AESA MISIONES S.A., filial de Veolia en Argentina, es la actual empresa prestadora de servicios de residuos en la Provincia de Misiones.

La cobertura del sistema actual de estos servicios son los indicados en la Ilustración 3, aquí también se identifican la ubicación geográfica de los rellenos sanitarios.



Ilustración 3. Ubicación geográfica de los Rellenos Sanitarios-Fuente: misionesonline.net

El relleno sanitario de la zona Sur cuenta con 50 hectáreas de tierras destinadas para tal fin, actualmente se aprovechan una hectárea por año aproximadamente, los habitantes beneficiados rondan en 1.000.000, existen 64 localidades atendidas y 190.000 toneladas de residuos gestionadas por año.

Por la disponibilidad de emplazamientos y aspectos técnicos-económicos hemos determinado como lugar, en donde se ejecutará el proyecto presentado, el relleno sanitario Sur, en el Municipio de Fachinal.

Resultados y Discusión

En un principio se realizó una investigación de la composición de los RSU en el NEA (noreste argentino). Según la bibliografía consultada (Gestión de residuos por Arq. Mg. MARIO RUBEN BERENT) el porcentaje de residuos del Nordeste Argentino sigue las siguientes proporciones de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1 – Composición residuos NEA (Arq. Mg. MARIO RUBEN BERENT).

Composición	Promedio NEA %
Mat. Orgánica	60
Plásticos	8,4
Metales	1,4
Vidrio	7,5
Papel/Cartón	14,3
Textiles	1
Otros	7,4

Conociendo la composición de los residuos se estimó el poder calorífico de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$P_s = \text{plastico\%} \times 9000 \text{ Kcal/kg} + (\text{Papel} + \text{textil})\% \times 4000 \text{ Kcal/kg} \quad (1)$$

$$P_s = 3994 \text{ Kcal/kg}_{comb.hu} \quad (2)$$

En donde:

plástico%: es el porcentaje de plástico contenido en los residuos.

(papel+ textil) %: es el porcentaje de papel y tela contenido en los residuos.

Ps: es el poder calorífico superior.

Estimando un 10% de humedad en los residuos inorgánicos.

$$P_i = 3940 \text{ Kcal/kg}_{comb.hu} \quad (3)$$

Donde:

Pi: es el poder calorífico inferior.

Con los datos de los residuos procesados en un año de servicio en el relleno de Fachinal, se procede a estimar el volumen de residuos disponibles para incinerar a lo largo de la vida útil de la planta (30 años). La tasa de crecimiento del volumen de residuos anuales puede ser observada de acuerdo con la Figura 1.

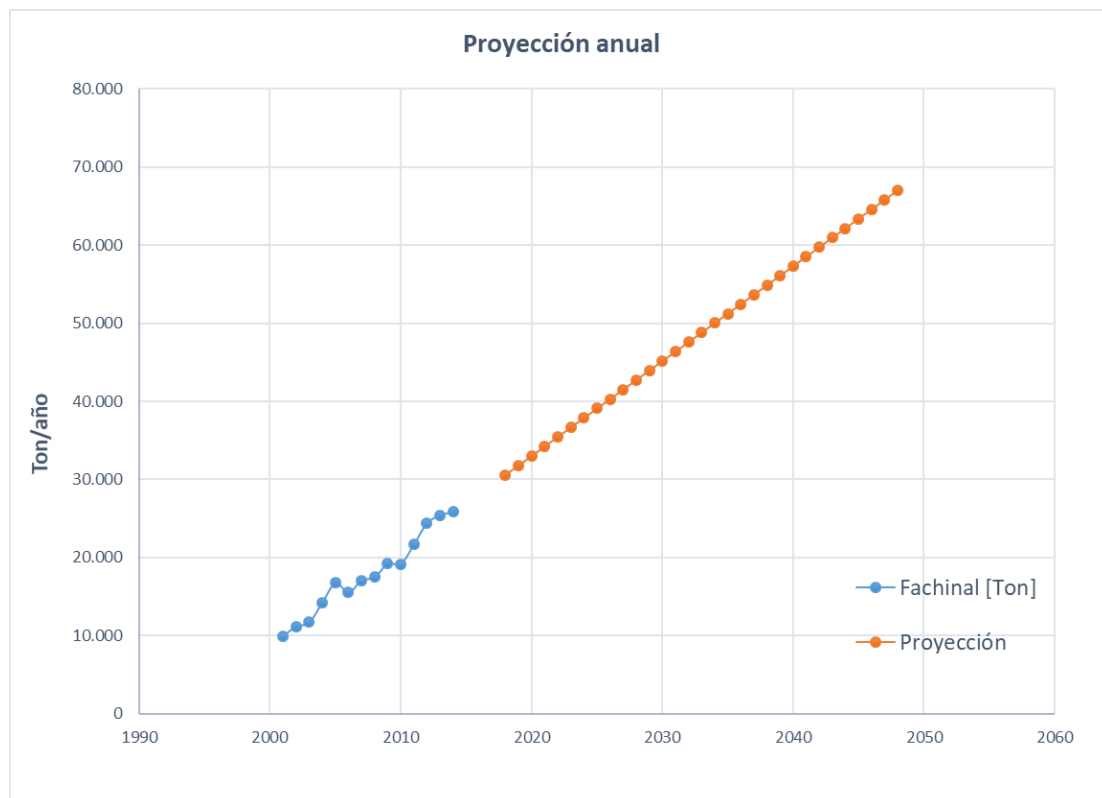


Figura 1 –Proyección anual de residuos a incinerar.

Donde:

- Volumen inicial 2018 → 30591 tn/año
- Volumen 10 años 2028 → 42700 tn/año
- Volumen 30 años 2048 → 67000 tn/año

Con estos datos se procede al diseño y selección del equipamiento necesario, sistema de alimentación del hogar, caldera, turbina-generator, y sistema depurador de gases productos de la combustión y las correspondientes protecciones eléctricas.

Incineración de residuos

Para llevar a cabo la incineración de residuos, es necesario contar con diversos elementos que constituyen a la planta. En la Ilustración 4 se puede observar sus principales partes.

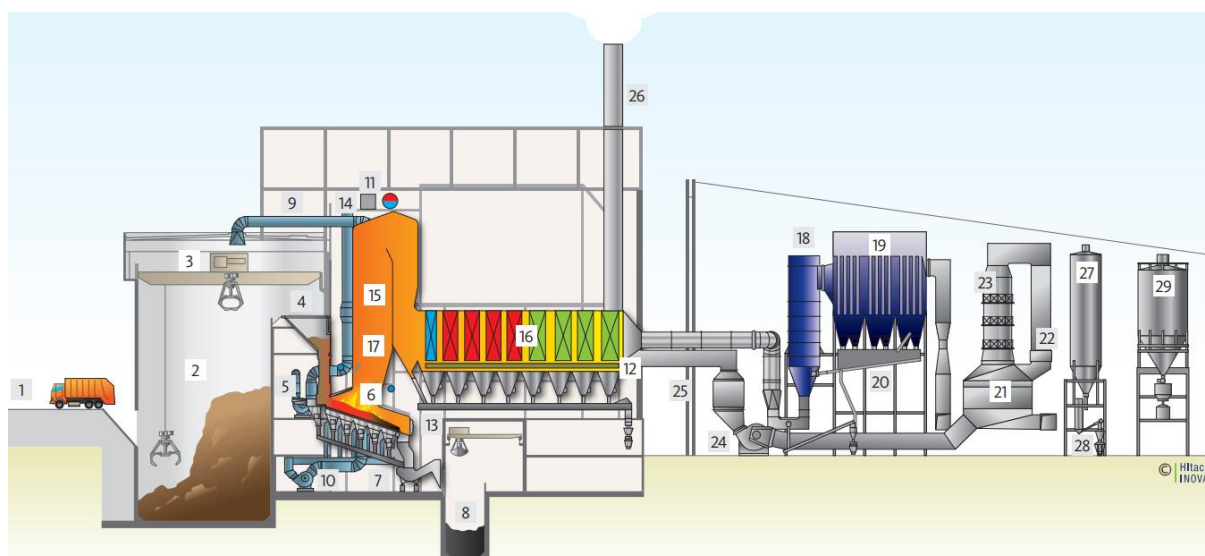


Ilustración 4-Partes constituyentes de la planta.

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

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 Pasillo de vaciado. | 16 Caldera. |
| 2 Pozo de desechos. | 17 Quemador de arranque. |
| 3 Grúa de residuos. | 18 Reactor semiseco. |
| 4 Tolva de alimentación. | 19 Filtro de tela. |
| 5 Aire secundario. | 20 Circulación de residuos. |
| 6 Parrilla Hitachi Inova. | 21 Intercambiador de calor de gas / gas |
| 7 Expulsor de cenizas. | 22 Precalentador de vapor |
| 8 Manejo de cenizas de fondo. | 23 SCR de NOx. |
| 9 Aire primario. | 24 Ventilador de aspiración inducido. |
| 10 Ventilador de aire primario. | 25 Muro antillama. |
| 11 Unidad de limpieza húmeda. | 26 Chimenea. |
| 12 Salida de gases. | 27 Silos de aditivos. |
| 13 Transporte de cenizas. | 28 Preparación de la cal. |
| 14 Ventilador de aire secundario. | 29 Planta de cementación. |
| 15 Cámara de postcombustión. | |

Algunas de las características seleccionadas para el diseño de este proyecto son las siguientes:

- Almacenamiento en fosa de residuos.
- Sistema de carga mediante puente grúa
- Sistema de alimentación por parrilla móvil.
- Hogar para alta temperatura.
- Tipo de caldera: acuo-tubular.
- Tratamiento de gases de escape.
- Sistema de filtrado de gases producto de la combustión

Características del Pozo de residuos

El cálculo de la fosa se determina con una proyección a 10 años, teniendo en cuenta un volumen esperado de 820 Tn semanales. Siendo la densidad de los residuos inorgánicos de $158,13 \text{ kg/m}^3$.

Por lo tanto, para acumular residuos por un periodo de una semana se prevé un pozo con las siguientes dimensiones:

Altura 8 m.	} Logrando un volumen disponible de 5440 m^3 .
ancho 17m.	
largo 40m.	

El mismo debe estar revestido en concreto revestido con una protección higroscópica brindándole resistencia y evitando filtraciones.

Puente grúa para residuos

La selección del sistema de carga mediante puente grúa se realiza teniendo en cuenta la masa de residuos a ingresar por unidad de tiempo.

Para el proyecto la grúa utilizada fue seleccionada de la empresa “GH Cranes & Components” que se especializa en la fabricación de grúas, y cuenta con un modelo diseñado especialmente para residuos sólidos urbanos. En la Ilustración 5 puede observarse el diseño del sistema de carga.

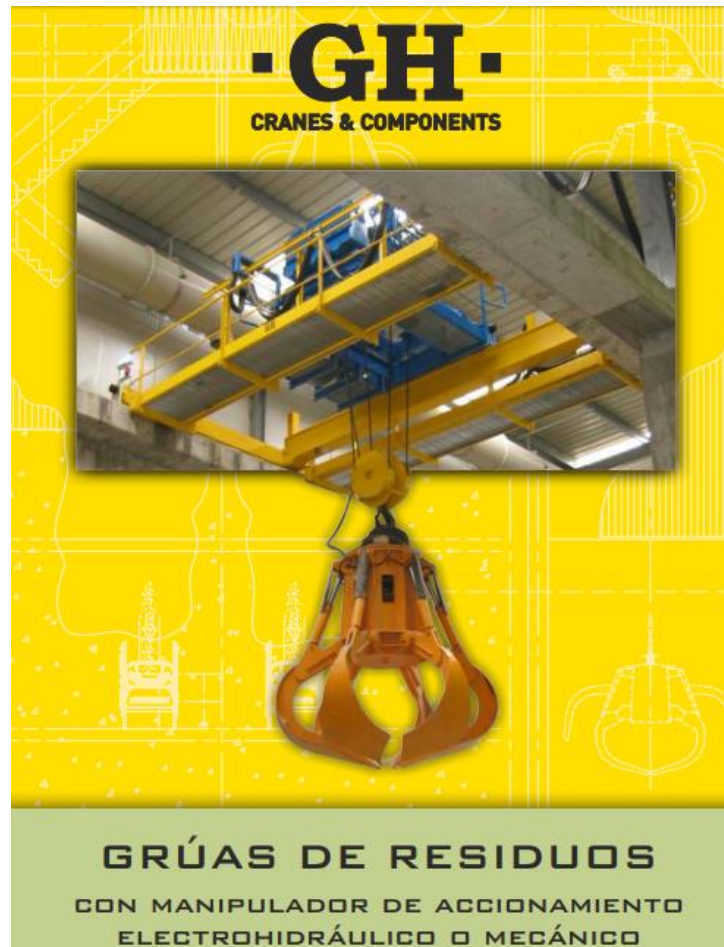


Ilustración 5-Puente grúa

Fuente: www.ghcranes.com

TABLA DE SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO

Tipo Reduc.	Cap. carga Tn	Carril	H m	Vel. Elev. m/min	Grupo FEM	Luz Puente m	Pulpo Cuchara m³	Apert. Máx. Pulpo	b1 mm	b2 mm	A mm	B mm	E E/C mm	F E/C mm	G mm	RV Máx Kg	RV Min Kg	RT Máx Kg	RF Kg		
	3,2		10÷30	16÷40	M8	5	2÷2,5	3075	1537	1538	3085	1650	2800	5000	5565	3456	2069	346	484		
						10										4547	2053	455	637		
						15										5644	2781	564	790		
						20										6518	3472	652	913		
						25					2955	1782			5625	7751	4594	775	1085		
GHF	4	A-65	10÷30	16÷40	M8	5	3	3075	1537	1538	3085	1650	2800	5000	5565	3733	2192	373	523		
						10										4885	2115	489	684		
						15										6003	2822	600	840		
						20										7303	3917	730	1022		
						25					2955	1782			5625	8127	4618	813	1138		
	5		10÷30	16÷38	M8	5	3÷3,5	3280	1640	1640	3345	1650	2800	5000	5565	4071	2480	407	570		
						10										5367	2259	537	751		
						15										6532	2918	653	914		
						20					3215	1782			5625	7856	3989	78	1100		
						25									8832	4813	883	1237			
	6,3		10÷30	16÷38	M8	5	4÷4,5	3650	1825	1825	3585	1650	2800	5000	5565	4598	3052	460	643		
						10										6430	2795	643	900		
						15					3455	1782			5625	7666	3334	767	1073		
						20										8813	4132	881	1233		
						25										9817	4928	982	1374		

Ilustración 6-Grúa seleccionada de catálogo

Fuente: www.ghcranes.com

La grúa seleccionada cuenta con una capacidad de carga de 3,2 Tn y un volumen de 2,5 m³.

Sistema de alimentación tolva y parrilla móvil

Para el sistema de alimentación y parrilla móvil se tiene en cuenta el volumen de residuos a incinerar por unidad de tiempo. Por lo tanto, seleccionamos la siguiente parrilla de la firma Hitachi mostrada en la Ilustración 7 que presenta las siguientes características:

El ancho total de la parrilla dependerá del volumen de residuos a incinerar y se diseñan con una carga térmica de unos 0,8MW/h.

La superficie de la parrilla necesaria es de 28,6 m².

Longitud de nuestra parrilla es de 9,2 m el ancho será de 3,1 m.

Altura de los RSU al ingreso en la parrilla 1 m

Las longitudes de sus parrillas van desde los 9,2m hasta los 10,8m para asegurar la combustión completa de los residuos y no tener restos sin quemar en las cenizas.



*Ilustración 7-Parrilla móvil Mitsubichi Hitachi.
Fuente: <http://eu.mhps.com/de/home.html>*

Conclusiones

Con la ejecución de este proyecto se podrá aprovechar o reutilizar los RSU, generando energía eléctrica de forma conjunta, según las investigaciones y análisis realizados la disponibilidad del combustible y su poder calorífico nos proporcionan potencias de generación redituables, que a su vez se podrán aumentar a medida que la población y consecuentemente los residuos generados se incrementen, posibilitando a una ampliación de la planta y a un margen de disponibilidad de potencia despachable mayor.

En referencia a aspectos medio ambientales involucradas se asegurará causar el menor impacto posible en cuanto a la incineración del combustible correspondiente trabajando con los gases residuales de la combustión y tomando las medidas necesarias con aquellos residuos que serán destinados a los rellenos sanitarios, promoviendo a una gestión integral de los RSU de forma controlada y totalmente esterilizada.

Referencias

Nota técnica: Análisis de la basura (por el *Dr. Kunitoshi Sakurai*). Consultado el 23 de marzo del 2017. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/012012/012012-09.pdf>

Parrillas móviles Mitsubichi Hitachi Power Systems Europe. Consultado el 13 de junio del 2017. Disponible en:

<http://eu.mhps.com/de/home.html>

Catálogo de grúas GH para residuos. Consultado el 13 de junio del 2017. Disponible en:

<https://www.ghcranes.com/GH-argentina/productos/catalogos/>

Plantas de incineración de residuos en funcionamiento. Consultado el 5 de junio del 2017. Disponible en:

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

Propuesta INTI: energía eléctrica de residuos sólidos urbanos. Consulta en línea. Consultado el 25 de abril del 2017. Disponible en:

<http://www.inti.gob.ar/e-renova/erBI/er24.php>

Cómo convertir “basura” en electricidad útil. Consulta en línea. Consultado el 10 de mayo del 2017. Disponible en:

<http://www.inti.gob.ar/e-renova/erBI/er13.php>

Valorización Energética de RSU (Residuos Sólidos Urbanos). Consulta en línea. Consultado el 20 de abril del 2017. Disponible en:

<http://www.inti.gob.ar/e-renova/erBI/pdf/AnalisisRSUenergia.pdf>

Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos. Consultado el 23 de marzo del 2017. Disponible en:

http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD_Incineracion_residuos_ES.pdf

Gestión de Residuos para Ciudades Pequeñas e Intermedias... CIUDAD VERDE. Consulta en línea. Consultado el 15 de mayo del 2017. Disponible en:

<http://www.servicios-publicos.com.ar/pdf/berent.pdf>

Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos un Ciudades Intermedias del NEA, Orígenes, Tipos y Composición de Residuos. Consulta en línea. Consultado el 1 de junio del 2017. Disponible en:

<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-029.pdf>