

DISEÑO DE PROCESO PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) GENERADOS EN EL CONO NORTE DE LA CIUDAD DE LIMA

R. Erazo Erazo y J.C. Woolcott Hurtado

Departamento Académico de Procesos, Facultad de Química e Ingeniería Química
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Resumen: En este trabajo se propone un proceso para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en el cono norte de Lima. La planta se instalará en el distrito de Puente Piedra, región de Lima. La capacidad de tratamiento es de 1500 TM/día y se produce etanol, metano y diesel 2 como productos de valor agregado, asimismo se logra una reducción superior al 80% en volumen de RSU destinados actualmente a la disposición final en los rellenos sanitarios de Zapallal y La Vizcacha. El impacto de la implementación de este proceso será positivo tanto en los aspectos tecnológico, económico y ambiental.

Palabras claves: Residuo sólidos, urbano y tratamiento de residuos, tecnología de residuos.

Abstract: In this work we present the design of a process for the treatment of the urban solid wastes (USW) produced in the northern part of Lima. The plant will be installed in the district of Puente Piedra, region of Lima. The treatment capacity is of 1500 TM/day and ethanol, methane and diesel 2 has been produced of added value, also a higher reduction is achieved to 80% in volume of USW destination at present to the final disposition in the sanitaries fillings fields of Zapallal and The Vizcacha. The impact of the implementation of this process will be positive so much in the technological, economic and environmental aspects.

Key words: Urban solid waste, treatment of wastes, technology of wastes.

INTRODUCCIÓN

El acelerado desarrollo de la ciudad de Lima, en las últimas décadas y en forma centralizada tanto en el aspecto industrial así también en lo comercial, ha estado asimismo acompañado de un proceso de urbanización acelerado y desordenado, lo que ha ocasionado un incremento en la población y consecuentemente también se han incrementado la demanda de materia prima, energía, productos de bienes y servicios, originando un aumento en la producción de residuos sólidos urbanos (RSU) a un promedio de 4000 toneladas métricas por día (TM/día).

En la actualidad, sólo el 50% aproximadamente de estos RSU son dispuestos y confinados técnicamente en tres rellenos sanita-

rios: Portillo Grande, Zapallal y la Vizcacha, ubicados estratégicamente en los conos sur y norte de Lima, el resto son lanzados en botaderos clandestinos, riberas de los ríos Lurín, Chillón y Rimac, en las calles de la ciudad y en otros lugares inapropiados, convirtiéndose en un riesgo potencial para la salud pública y ambiental.

Las limitantes del relleno sanitario son su tiempo de vida útil [1] y su alto costo de operación, por lo que es indispensable aplicar las nuevas tecnologías en el tratamiento de los RSU. En este sentido, se propone aplicar los principios de las operaciones y procesos unitarios de la Ingeniería Química para la síntesis y análisis del diseño de procesos para el tratamiento de los RSU generados en el cono norte de la ciudad de Lima.

En el Perú no existen antecedentes en relación a este tema. A nivel internacional, se han desarrollado diversos patentes que aplican diferentes tratamientos tanto fisicoquímicos, biológicos, térmicos o tratamiento combinado [2, 3, 4, 5].

MATERIA PRIMA

La materia prima para el diseño del proceso de tratamiento son los RSU, que para los objetivos del presente trabajo se eligieron los rellenos sanitarios de Zapallal y la Vizcacha ubicados en la Panamericana Norte de Lima, en cuyas instalaciones se hicieron los ensayos, tomando muestras representativas y por intervalos de tiempos diferenciados en días obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 1, así también se obtuvieron una densidad promedio de 190,70 Kg/m³ y una humedad promedio en peso de 35%, conforme a los métodos estandarizados. [6, 7]

Tabla 1. Composición promedio de los residuos sólidos urbanos generados en el cono norte de la ciudad de Lima.

| Componentes | % peso /peso |
|--|--------------|
| Papel | 18.00 |
| Cartón | 2.00 |
| Vidrio | 1.50 |
| Metal ferroso | 3.50 |
| Metal no ferroso | 0.50 |
| Plásticos | 4.50 |
| Madera | 0.50 |
| Cuero, telas | 2.00 |
| Restos alimenticios y compuestos orgánicos | 30.00 |
| Otros agregados gruesos, finos, etc. | 37.50 |

TAMAÑO DE PLANTA

Para este efecto y en concordancia con la literatura especializada [8, 9, 10, 11], se han considerado los factores siguientes: mercado, costos unitarios y capacidad de abastecimiento de materia prima. Tomando como base los datos de producción per cápita de RSU [1], así como la proyección del crecimiento poblacional al año 2005, el tamaño de planta propuesto para el tratamiento de los RSU generados en el cono norte de Lima es 1500 TM/día.

LOCALIZACIÓN DE PLANTA

De acuerdo a los principios y consideraciones ambientales, se han tomado en consideración la disponibilidad de materia prima, energía, agua, mano de obra, transporte, equipamiento urbano, facilidades de construcción, vulnerabilidad de la operación normal, distancia de la zona urbana más próxima, topografía de la zona, factores climáticos e hidrológicos así como las consideraciones de impacto ambiental en aire, agua y suelo. En base a los indicadores anteriores, la planta se localizará en el km 38 700 de la panamericana norte en el distrito de Puente Piedra, provincia de Lima y ocupará una extensión aproximada de 5 hectáreas.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo del proceso propuesto para el tratamiento de los RSU generados en el cono norte de Lima. Este proceso permitirá la producción de etanol, metano y diesel N.º 2 como productos de valor agregado y reducirá aproximadamente en un 80% el volumen de RSU destinado a la disposición final en un relleno sanitario.

El proceso se inicia con la recepción de los RSU, excepto los nucleares y explosivos, convirtiendo la mayor parte de la basura sólida en productos residuales para la venta. El proceso de selección de la biomasa se realizará de tal forma que no contribuye a la contaminación del ambiente tanto en aire, agua y suelo.

Sigue una etapa de recuperación y clasificación, tanto de grandes objetos de metal (aluminio, cobre, fierro, etc.), cristales plásticos duros, madera, neumáticos, etc., los cuales son comercializables. Eventualmente, y dependiendo de la estructura, los plásticos duros se enviarán a la unidad de pirolisis para su conversión en diesel 2. Posteriormente, los RSU clasificados y constituidos fundamentalmente por compuestos orgánicos (restos de alimentos, celulosa, lignitos, etc.) pasan a un pretratamiento y esterilización para asegurar la aceleración de los tratamientos biológicos que siguen.

La hidrólisis, sacarificación y filtración producen la glucosa quedando restos de sólidos que no reaccionan, tales como lignitos, plásticos, gomas, etc., los que se envían a la unidad de pirólisis.

La fermentación de la glucosa produce etanol, el cual por destilación se recupera hasta su concentración comercial de 96% v/v y puede comercializarse como combustible. Sigue a esta fase del proceso la digestión anaeróbica de los residuos de fondo de la columna de destilación para controlar la demanda de oxidación biológica y química, obtener metano, CO₂ y otros residuos. El metano puede usarse para producir calor y electricidad que precisa el proceso.

Finalmente, la pirólisis de lignitos, plásticos, gomas, etc. produce diesel 2 y carbón (vegetal y carbón negro); todos ellos comercializable, adicionalmente en esta fase se produce metano.

Por otro lado, se disponen de una gama importante de tecnología probados para el reciclaje de residuos, de los cuales destacan: la ceramización, la absorción, la adsorción, la vitrificación, estabilización y solidificación, sistemas mixtos y el compostaje. Las características de estas tecnologías aseguran la inertización y son ambientalmente seguros y posibilitan una adecuada valorización de residuos.

El fango de los sistemas de fermentación contiene por término medio un 70% de humedad y su fracción seca está compuesta por materia orgánica e inorgánica. Durante la cocción los compuestos orgánicos del fango, celulosa, lignina, grasas, microorganismos patógenos, etc. se destruyen y en contraparte se forman unos poros cerrados los que dan lugar a las propiedades térmicas de estos materiales. Los componentes inorgánicos tales como: arcillas, tierras, metales pesados, etc., quedan insertados en la matriz vítrea del cuerpo cerámico y por tanto inertizado.

Cuando el residuo orgánico es encapsulado dentro de una pasta cerámica y sometido luego a temperatura, se obtiene los áridos ex-

pandidos que al mezclarse con el hormigón produce un nuevo material de bajo peso específico, y por lo tanto, la edificación es más barata. Un hormigón convencional, con una resistencia típica de 200 Kg/cm², tiene una densidad de 2500 Kg/cm³, sustituyendo el árido denso por un ligero, la densidad se reduce a 1600 Kg/cm², manteniendo casi la misma resistencia.

IMPACTO AMBIENTAL

La implementación de este proceso de tratamiento de los RSU tiene un impacto positivo en el ambiente. Los RSU se convierten en materia prima para obtener nuevos productos de valor agregado (etanol, metano, diesel 2). Los residuos del proceso como el CO₂ puede, eventualmente, mezclarse con agua para riego de invernaderos lo que aumentaría significativamente las cosechas, los residuos de fangos de tratamiento aerobio y anaerobio de los residuos sólidos orgánicos son mezclados como parte de carga para la fabricación de ladrillos termoaislantes.

CONCLUSIONES

El desarrollo del tratamiento propuesto permitirá reducir costos de disposición final de los RSU y en contra parte obtener mayores beneficios económicos como resultados de la práctica de reciclado y venta de los productos de valor agregado como etanol, metano y diesel 2.

Se reducirán en más del 80% en volumen de los RSU destinados actualmente a los rellenos sanitarios permitiendo que éstos tengan una vida útil mayor y se destinen efectivamente para residuos sólidos peligrosos.

El impacto de la aplicación de este proceso de tratamiento de RSU será positivo tanto desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

Agradecimiento al consejo Superior de Investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por el financiamiento económico en la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Erazo Erazo. *Diseño del relleno sanitario «La Vizcacha» del distrito de Puente Piedra*. Lima, Perú. Rev. Peruana de Quím. E Ing. Química. Vol.3. p. 58, 2000.
- [2] Tchobanoglous, G. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Ed. Mc. Graw-Hill. Inc N.Y., 1997.
- [3] Buchan R. and Yarar, B. *Application of mineral – processing technology to plastics recycling*. *Mining Eng.* November, 1996.
- [4] David, T. Allen and Kirsten Sinclair Rosselot. *Pollution Prevention for Chemical Processes*. Ed. John Wiley of Sons Inc. N.Y. 1997.
- [5] M. Seoanez C. *Tratado de Reciclado y Recuperación de Productos de los residuos* Ed. Alambra Mexicana, México, 1999.
- [6] H. M. Freeman. *Standard of Hazardous Waste. Treatment and Disposal*. Ed. Mc. Graw – Hill. N.Y., 1988.
- [7] D. Gómez O. *Evaluación del Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa. Ed. Agrícola Española S.A. España, 1999.
- [8] N. Sapag Ch y Sapag Ch. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Ed. Mc Graw-Hill Interamericana. Santiago de Chile, 2000.
- [9] I. Alegre E. *Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*. Ed. Ediciones e Impresiones Gráficas América S.R.L. Lima, 2003.
- [10] E. Vásquez H. *Gerencia Social. Diseño, Monitoreo y Evaluación de Proyectos Sociales*. Ed. Universidad del Pacífico. Lima, 2003.
- [11] J. Collados C. *Manual de proyectos de Inversión para el Nuevo Milenio*. Ed. San Marcos. Lima, 2001.