

FOMENTO DEL METABOLISMO ENERGÉTICO CIRCULAR MEDIANTE GENERACIÓN ELÉCTRICA PROVENIENTE DE RELLENOS SANITARIOS: ESTUDIO DE CASO, CUENCA, ECUADOR

PROMOTING CIRCULAR ENERGY METABOLISMS THROUGH ELECTRICITY GENERATION FROM LANDFILLS: CASE STUDY CUENCA, ECUADOR

Edgar A. Barragán^{1,*}, Pablo D. Arias², Julio Terrados³

Resumen

La provisión de recursos y energía para las ciudades es un reto para los planificadores urbanos. Más del 50 % de la población está concentrada en las ciudades y se espera que esta tendencia se incremente. Bajo el enfoque del metabolismo urbano, a las ciudades se las puede considerar como un ecosistema artificial, que requiere de materiales, nutrientes, agua y energía. La obtención de estos recursos ejerce una enorme presión sobre el medioambiente, no solo por el requerimiento de materia prima, sino por la generación de emisiones, residuos y efluentes. Por ello se plantea nuevas formas de recuperar los recursos, cambiando el modelo urbano desde un metabolismo lineal a uno circular. Una de las tecnologías que reúne estos requisitos es utilizar el biogás de los rellenos sanitarios para producir energía eléctrica. De esta manera, se disminuye la importación de energía hacia la ciudad y se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. Se focaliza el análisis al Relleno Sanitario de Pichacay, ubicado en la ciudad de Cuenca, Ecuador.

Palabras clave: metabolismo urbano, energías renovables, biogás, sostenibilidad energética.

Abstract

The provision of resource and energy for the cities is the goal for the urban planning team. 50% or more of the people is living on the metropolitan area of the cities and this trend is expected to increase. Under the urban metabolism approach to cities they can be considered as an artificial ecosystem that requires materials, nutrients, water and energy. Obtaining these resources causes enormous pressure on the environment, not only by the requirements of raw material but by production of contaminants. This paper propose a new behavior of recovering resources arises, changing the urban model from a linear to a circular metabolism. One technology that meets these requirements is to use biogas from landfills to generation of electricity. Reducing purchasing of energy import to the city and emissions of greenhouse gases are reduced too. The analysis of Pichacay Landfill, located in the city of Cuenca, Ecuador, was prepared.

Keywords: Urban metabolism, renewable energy, biogas, energy sustainability.

^{1,*}Carrera de Ingeniería Eléctrica, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca – Ecuador. Autor para correspondencia ✉: ebarragan@ups.edu.ec

²Carrera de Ingeniería Eléctrica, Universidad Católica, Cuenca – Ecuador.

³Grupo de Investigación IDEA, Universidad de Jaén, Jaén – España

Recibido: 13-09-2016, aprobado tras revisión: 29-09-2016

Forma sugerida de citación: Barragán, E.; Arias, P. y Terrados, J. (2016). «Fomento del metabolismo energético circular mediante generación eléctrica proveniente de rellenos sanitarios: Estudio de caso, Cuenca, Ecuador». *INGENIUS*. N.º 16, (Julio-Diciembre). pp. 36-42. ISSN: 1390-650X.

1. Introducción

Las ciudades son creaciones humanas, que inicialmente se asentaron lo más cerca posible de los sitios en donde se encontraban los recursos. A medida que los estilos de vida se modificaron, las poblaciones fueron alejándose de los lugares en donde se encontraban dichos recursos [1].

Más del 50 % de la población mundial vive en áreas consideradas como urbanas, que consumen más de dos tercios de la energía primaria, que provocan entre el 70 y 80 % de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía [2–4].

Las ciudades han transformado profundamente los ecosistemas en donde se han asentado, debido a la remoción del suelo y a la transformación de áreas ocupadas por plantas y animales [4]. Para el año 2050, se prevé que el 85 % de la población se encuentre en las zonas urbanas [5]. Es decir, las transformaciones se irán acentuando dentro y fuera de sus límites, pues una ciudad puede requerir entre una a dos veces de su superficie para mantenerse [6]. A pesar de los altos requerimientos de energía y materiales, se mantiene la desigualdad per cápita, se estima que solo 10 % de la población consume el 40 % de energía y el 27 % de materiales [7].

La disposición de desechos municipales es uno de los más serios y controversiales problemas del manejo municipal a nivel global, a tal punto que los gobiernos locales están especialmente preocupados en su gestión y administración [8]. Estos han optado por una gestión integrada enmarcada en la prevención, reciclaje, tratamiento biológico, tratamiento térmico o la disposición en rellenos sanitarios [9–11].

Las ciudades disponen de variada energía residual o de recursos que pueden ser incorporados a las matrices energéticas, por ejemplo, las energías renovables distribuidas como la energía solar, microhidroeléctrica, eólica [5], o geotermia [11]. El reto a largo plazo es reformular una política energética que permita modificar la demanda de la comunidad [12]. Y a su vez se provoque el cambio en el comportamiento de los consumidores, la dinámica del mercado y las fuerzas políticas.

En la ciudad de Cuenca, Ecuador, se eligió como alternativa para la gestión de desechos la conformación de un relleno sanitario. Estas instalaciones están implantadas en un área de 123 hectáreas y funcionan desde octubre de 2001 en el sector de Pichacay, en la parroquia Santa Ana, a 21 km de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay (Figura 1). Allí, se depositan 430 toneladas al día de desechos sólidos.

En un relleno sanitario se depositan cientos de toneladas al día de desechos sólidos que son tratados con procesos técnicos [9]. Los desechos se ubican

sobre una geomembrana que impide el paso de lixiviados al suelo, y luego son compactados y recubiertos. En medio de esas capas de desechos hay sistemas de conducción conectados a chimeneas. Producto de la descomposición de la materia orgánica y de otros residuos, se producen una serie de gases que se emiten a la atmósfera [13]. Según los estudios que se realice, se determina, la calidad, cantidad y composición del gas con el fin de darles usos alternos.

Actualmente, el biogás está siendo desarrollado rápidamente como un método efectivo para generar energía renovable (ER), de tal forma que está jugando un importante papel dentro de la producción y protección ambiental [13]. De entre los usos que pueden generar beneficios, está la producción de electricidad, utilizando motores. Estos motores utilizan como materia prima el gas metano (CH_4), componente principal del biogás.



Figura 1. Ubicación del relleno de Pichacay

En el año 2007 la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC EP) junto con Eastern Research Group Inc. y Carbon Trade «empresas contratadas por Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, siglas en inglés de Environmental Protection Agency)», realizaron un estudio en el que se indica que la cantidad estimada de gas disponible en el relleno sanitario de Pichacay es suficiente para mantener operativa una planta de biogás de 1 MW de potencia en el primer año de operación, y al tercer año se sumaría 1 MW adicional.

En este contexto y con el fin de promover los estudios técnicos y económicos para la construcción y operación de una planta de generación termoeléctrica que utilice el biogás del relleno sanitario, se conformó la empresa de economía mixta EMAC – BGP ENERGY CEM en diciembre de 2012.

2. Las energías renovables y la ciudad

El metabolismo urbano compara a las ciudades con organismos biológicos, pues necesitan energía y recursos, para transformarlos y convertirlos en trabajo y desechos. Desde esta perspectiva, a una ciudad puede considerarse como un ecosistema «nuevo» poco desarrollado [4] altamente dependiente de los recursos provenientes de fuera de sus límites. En este espacio los humanos intercambian materiales y energía con el exterior [14], con el fin de alimentarse, trabajar, residir, transportarse y comunicarse [15].

A diferencia del metabolismo natural que se lo considera circular (entradas y salidas relacionadas), el metabolismo urbano es lineal (entradas y salidas no relacionadas) [15]. Esta linealidad consiste en disponer como entradas extensas cantidades de insumos (por ejemplo energía, alimentos o materia prima) con lo que se tienen salidas como bienes, servicios y desechos.

Desde esta perspectiva se tienen dos problemas: i) una alta necesidad de recursos, que comprometen las fuentes de provisión de los mismos y ii) masiva disposición de desechos que causan contaminación [16]. Por ello se busca que este modelo lineal sea convertido en un modelo circular, que disminuya la importación de recursos y disminuya los desechos y emisiones.

En [17] se sostiene que una de las formas para promover el metabolismo urbano circular es la aplicación de las tecnologías de generación renovable. Una de estas tecnologías es la generación de electricidad en rellenos sanitarios. Este enfoque argumenta que la energía renovable puede utilizarse con el fin de disminuir la importación energética.

3. Energía proveniente de los rellenos sanitarios

A partir del proceso de descomposición de los desechos sólidos inicia la producción de biogás que se prolonga por un lapso estimado de 15 años después del término de la operación del relleno. El biogás se compone de partes aproximadamente iguales de CH_4 y CO_2 , con un pequeño porcentaje de oxígeno (O), nitrógeno (N) y vapor de agua; así también están presentes trazas de compuestos orgánicos volátiles (COVs) y polutantes peligrosos al aire (HAPs) [18].

Dependiendo de la calidad del biogás y en función de una valoración de su potencial energético se lo puede utilizar como combustible ya que su valor calorífico se encuentra entre los 15 a los 18 MJ/m^3 , que es aproximadamente la mitad del valor del gas natural [19].

La EPA definió algunas opciones para el uso del biogás: industria, procesos de agricultura o generación

de energía eléctrica. Además, el contenido de CH_4 del biogás también puede ser separado en otros componentes para ser utilizado como suplemento del gas natural o como combustible para vehículos. Puesto que el metano es uno de los gases de efecto invernadero (GEI), su captura y oxidación a CO_2 resulta ser beneficiosa para el ambiente [18].

Si la porción de metano es lo suficientemente alta para la producción de electricidad, se puede utilizar motores de combustión interna [9], que son altamente eficientes, a más de tener una rápida respuesta a la carga [10]. Los estudios de cantidad y calidad del gas, permiten determinar la potencia de los equipos, y el futuro potencial que se pueda extraer y las posibilidades de ampliación.

4. Características generales de un proyecto de generación eléctrica con biogás

Se define a una central a biogás, como aquella que genera electricidad utilizando como combustible el biogás obtenido en un digestor como producto descomposición anaerobia (sin oxígeno) de desechos domésticos y comerciales depositados en un relleno sanitario, con el fin de producir electricidad [9].

Otra etapa que se puede añadir es el aprovechamiento del gas producto del proceso de combustión, que es utilizado como energía térmica [10], para calentamiento de agua o para la operación de los evaporadores en el tratamiento biológico. Experiencias indican que la implementación de esta nueva fase puede aumentar en 35 % la eficiencia global del sistema así como disminuye los costos hasta en un 6 %.

La operación de la planta, debe ser controlada de tal forma que se evite una extracción excesiva de gas pues podría producir la destrucción de las bacterias, que son responsables de la metanogénesis (formación de CH_4), y por lo tanto podría detener la producción de gas [10].

4.1. Proceso de producción de electricidad

El biogás capturado es conducido a través de una red de tuberías secundarias hasta un tubo de encabezamiento principal. Luego en la central, ocurrirá la transformación de la energía química obtenida del biogás, en energía mecánica, producto de la combustión interna de los motores.

Mediante generadores eléctricos acoplados a los ejes de los motores de combustión (grupo motor-generator), se aprovecha el movimiento mecánico para producir

energía eléctrica, esta última va a la subestación eléctrica elevadora para su distribución a los centros de consumo [20, 21].

Desde el punto de vista operativo, una planta de este tipo se divide en tres partes: i) captura y extracción, ii) sistema de tratamiento, y iii) análisis y producción de electricidad [20]. El esquema general de una instalación se presenta en la Figura 2.

La operación, además, permite reducir cantidades importantes de CO₂, pues el funcionamiento de la central permite controlar las emisiones del CH₄ liberado a la atmósfera. El resto de los componentes del biogás es extraído y se queman para disminuir la producción de olores. Este tipo de máquinas requieren un mantenimiento frecuente por lo que el factor de disponibilidad de la planta es de aproximadamente 80 % [10].

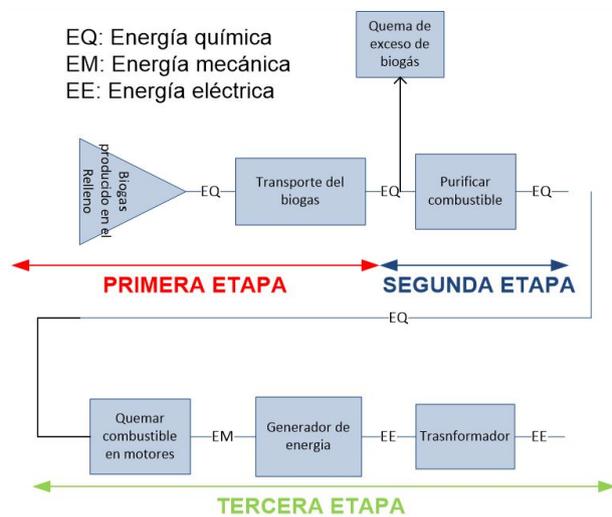


Figura 2. Esquema de la generación eléctrica

La cantidad de gas, así como la cantidad de desechos que ingresan a la planta dependen del volumen de desperdicios que entran al relleno sanitario, y estos a su vez dependen del tipo de consumo y cantidad de población a la que sirven. Sobre la base de estas características, se determina la viabilidad financiera del proyecto [9].

El porcentaje de composición orgánica del desecho juega un importante papel en la predicción, por ello se recomienda que los modelos empleados para el dimensionamiento sean aplicados para condiciones similares, es decir, se debe evitar que la aplicación en países en vías de desarrollo incluya información utilizada en países desarrollados [13].

Para la estimación del biogás en un relleno sanitario se han desarrollado varios modelos matemáticos [13]. En Pichacay la modelación permitió concluir que en el sitio se tiene una buena calidad de biogás, con una disponibilidad en todo el relleno de alrededor de 504

m³/hora [18]. Se espera la disponibilidad del recurso más allá del 2022 si la cantidad de biogás continúa incrementándose.

Luego de unos años de madurez la calidad y cantidad de gas disminuye hasta llegar a límites en donde el aprovechamiento energético ya no es rentable.

Esto suele contrarrestarse con el incremento de extensión del área del relleno, lo que permite mantener o aumentar la producción de energía [19].

4.2. Situación en el Ecuador

En el Ecuador se encuentran vigentes varios mecanismos para la promoción de las ER: tarifa regulada, objetivos nacionales, mecanismos de mercado, incentivos financieros, fomento a la inversión pública, investigación y desarrollo e información y prospección de recursos [21].

A partir del año 2000, se establecen en el Ecuador, tarifas preferenciales para tecnologías no convencionales, y hasta junio de 2016 se encontraban vigentes los precios preferenciales solo para tecnologías como la pequeña hidroeléctrica, biomasa y biogás [22].

La regulación vigente, considera como precios preferenciales para la energía que utiliza el biogás, 11,08 ¢USD/kWh para el territorio continental ecuatoriano. Según lo que se indica en [9], las plantas de generación con biogás en rellenos sanitarios son financieramente atractivas para poblaciones de más de 200 000 habitantes, por lo que habría un interesante potencial en el Ecuador, siempre y cuando la disposición sea ejecutada de forma técnica.

5. Reducción de emisiones y producción eléctrica

Al utilizarse como materia prima para la producción de energía eléctrica los desechos sólidos urbanos, no solo se obtiene beneficios producto de la venta de energía, sino una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La reducción de emisiones puede incluso representar ingresos extras dependiendo de las condiciones de los mercados de emisiones.

5.1. Emisiones atmosféricas

Este factor considera los efectos positivos que se produce al reducir el CH₄, a CO₂, es decir, una disminución de emisiones de GEI [20, 23], puesto que las características del biogás producido contienen 50 % de metano, se espera la destrucción de este gas a través de su combustión. La destrucción del metano (el CH₄, tiene una equivalencia de 21 veces el CO₂). En el caso particular de la central proyectada, se prevé la reducción anual de 60 000 toneladas de CO₂.

Aporte de energía al cantón Cuenca (urbano), por la operación de la Central Pichacay

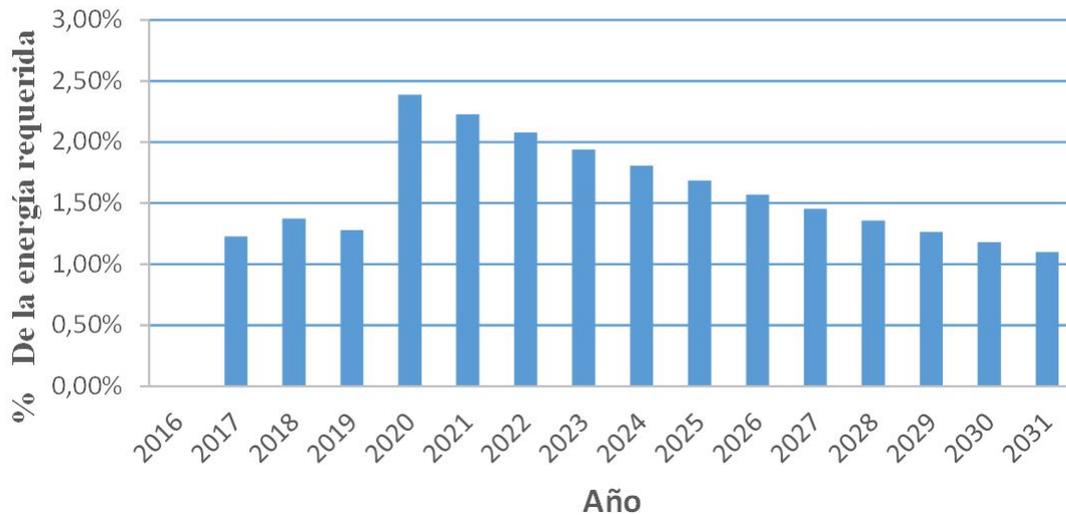


Figura 3. Aporte de energía a la ciudad de Cuenca

5.2. Generación de electricidad

Este tipo de generación se considera eficiente, pues reemplaza energía proveniente de centrales que utilizan combustibles fósiles contaminantes [24].

La construcción de la central contribuirá a los objetivos que se propone el Ecuador en el marco de alcanzar independencia energética eléctrica, no solo con el uso de centrales de hidrogenación, sino con fuentes consideradas renovables.

Según la matriz energética ecuatoriana, se busca que para el 2020 la electricidad que consume el país sea generado por el 93,53 % por plantas hidroeléctricas, 4,8 % por térmicas, 0,57 % por eólicas, 0,72 % por geotérmica y 0,32 % por biomasa [23].

En este sentido, el incremento de potencia de generación, permitirá abastecer a la demanda futura, asimismo la colocación de las unidades de generación permitirá mantener los niveles de tensión del sistema eléctrico de distribución, disminuirán las pérdidas del sistema, es decir, garantizará el servicio en forma continua y con calidad.

Según [18], la potencia eléctrica de un generador es de 847 kW. En el primer año se espera 6900 horas de trabajo anuales, en el segundo y tercer año 8280 horas.

En el primer año de operación se estima que la central generaría 5 844 300 kWh (con un generador), en el segundo año 7 013 160 kWh desde el tercer año se generaría 14 026 320 kWh (con dos generadores y 8280 horas operativas cada uno) a excepción del noveno, decimoprimer, decimotercer y decimoquinto año en

donde disminuye la generación a 13 924 680 kWh, por la disminución del biogás.

En la Figura 3 se observa que el porcentaje de demanda cubierta se incrementa al operar dos unidades de generación (alrededor del 2,5 %). Sin embargo, a medida que crece la demanda de la ciudad de Cuenca, este aporte disminuye al 1 %.

Se indica también el porcentaje de demanda de energía cubierta en la ciudad de Cuenca (urbana), asumiendo los datos presentados en la Tabla 1 (2011). No se considera incremento de la demanda por consumos especiales o campañas de eficiencia energética.

Tabla 1. Condiciones del análisis

Población	329 928	habitantes
Consumo per cápita	949,6	kWh/año
Tasa de crecimiento poblacional	1,93	%
Tasa de crecimiento energía	5,2	%

5.3. Ingresos por venta de energía

Se estima un precio referencial de 11,08 ¢USD/kWh. La venta de energía aportaría con USD 647 548 para el primer año, en el segundo y tercer año USD 777 058.

Desde el tercer año la potencia se incrementa a 1694 kW generando ingresos por USD 1 554 116 a excepción del noveno, decimoprimer, decimotercer y decimoquinto año en donde se disminuye las horas de trabajo, por lo que los ingresos bajan a USD 1 542 854 en esos años.

La destrucción del CH₄ por otro lado propicia que este proyecto pueda ser seleccionado como un proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio), lo que permitiría obtener los Certificados de Reducción de Emisiones (CER) y por tanto su comercialización en el mercado internacional de carbono.

La cotización de la tonelada de carbono equivalente ("tCO₂e") en el mercado difiere según su origen y su destino, mientras en el 2005, se tenía un valor de 8,13 €/Ton en el 2010 llegó a 24,90 €/Ton. Sin embargo, los actuales precios de los CER (según <http://www.sendeco2.com/>, a mayo de 2016, los precios de los CER son menores a 42 € €/Ton), no son considerados como determinantes para incrementar los ingresos por este concepto.

6. Conclusiones y recomendaciones

El proyecto tiene particularidades, pues su implantación se proyecta en un área rural, junto a una infraestructura sensible (relleno sanitario).

La generación de electricidad utilizando el biogás del relleno sanitario, es una tecnología considerada como renovable. Se espera que un equivalente del 1 % al 2,5 % de la energía de Cuenca, sea generada por esta tecnología. La materia prima proviene de la ciudad, y se disminuye la importación de energía a la urbe, promoviendo el metabolismo urbano circular.

Este tipo de propuestas resulta un aporte al desarrollo sostenible, considerando la tendencia mundial respecto a la conservación del medioambiente. La operación de la planta se considera una externalidad positiva, que conlleva beneficios, como el control de GEI, la generación de energía, así como la diversificación energética.

Agradecimientos

Al Ing. Miguel Corral, exgerente de la EMAC – BGP ENERGY CEM, por las facilidades prestadas para el uso de la información presentada en este documento.

Referencias

[1] W. R. W. A. Leduc and F. M. G. Van Kann, "Spatial planning based on urban energy harvesting toward productive urban regions," *J. Clean. Prod.*, vol. 39, pp. 180–190, 2013.

[2] J. Keirstead, M. Jennings, and A. Sivakumar, "A review of urban energy system models: Approaches, challenges and opportunities," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 6, pp. 3847–3866, 2012.

[3] S. Chen and B. Chen, "Network environ perspective for urban metabolism and carbon emissions: A case study of vienna, austria," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 46, no. 8, pp. 4498–4506, 2012.

[4] S. Pincetl, "Nature, urban development and sustainability – what new elements are needed for a more comprehensive understanding?" *Cities*, vol. 29, no. Supple, pp. S32–S37, 2012.

[5] T. Dixon, M. Eames, J. Britnell, G. B. Watson, and M. Hunt, "Urban retrofitting: Identifying disruptive and sustaining technologies using performative and foresight techniques," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 89, pp. 131–144.

[6] C. Kennedy, J. Cuddihy, and J. Engel-Yan, "The changing metabolism of cities," *J. Ind. Ecol.*, vol. 11, no. 2, pp. 43–59, 2007.

[7] H. Weisz and J. K. Steinberger, "Reducing energy and material flows in cities," *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, vol. 2, no. 3, pp. 185–192, 2010.

[8] B. Assamoi and Y. Lawryshyn, "The environmental comparison of landfilling vs. incineration of msw accounting for waste diversion," *Waste Manag.*, vol. 32, no. 5, pp. 1019–1030, 2012.

[9] R. Mambeli Barros, G. L. Tiago Filho, and T. R. da Silva, "The electric energy potential of landfill biogas in brazil," *Energy Policy*, vol. 65, pp. 150–164, 2014.

[10] D. Gewald, K. Siokos, S. Karellas, and H. Splithoff, "Waste heat recovery from a landfill gas-fired power plant," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 4, pp. 1779–1789, 2014.

[11] W. R. W. A. Leduc and R. Rovers, "Urban tissue: The representation of the urban energy potential," *PLEA 2008 - Toward Zero Energy Build. 25th PLEA Int. Conf. Passiv. Low Energy Archit. Conf. Proc.*, 2008.

[12] P. S. Grewal and P. S. Grewal, "Can cities become self-reliant in energy? a technological scenario analysis for cleveland, ohio," *Cities*, vol. 31, 2013.

[13] Q. Aguilar-Virgen, P. Taboada-González, and S. Ojeda-Benítez, "Analysis of the feasibility of the recovery of landfill gas: a case study of mexico," *J. Clean. Prod.*, vol. 79, pp. 53–60, 2014, iSSN 1424-8220.

[14] S.-L. Huang and C.-W. Chen, "Theory of urban energetics and mechanisms of urban development," *Theory of urban energetics and mechanisms of urban development*, vol. 189, no. 1-2, pp. 49–71, 2005.

- [15] P. H. Brunner, "Reshaping urban metabolism," *J. Ind. Ecol.*, vol. 11, no. 2, pp. 49–53, 2007.
- [16] C. M. Agudelo-Vera, W. R. W. A. Leduc, A. R. Mels, and H. H. M. Rijnaarts, "Harvesting urban resources towards more resilient cities," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 64, pp. 3–12, 2012.
- [17] E. Barragán and J. Terrados, "Sustainable cities?: An analysis of the contribution made by renewable energy under the umbrella of urban metabolism," *Int. J. Sustain. Dev. Plan.*, vol. In press, 2016.
- [18] EMAC, "Estudio de prefactibilidad del potencial del biogás: Relleno pichacay," 2007.
- [19] G. Xydis, E. Nanaki, and C. Koroneos, "Exergy analysis of biogas production from a municipal solid waste landfill," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 4, pp. 20–28, 2013.
- [20] F. Caresana, G. Comodi, L. Pelagalli, P. Pierpaoli, and S. Vagni, "Energy production from landfill biogas: An italian case," *Biomass and Bioenergy*, vol. 35, no. 10, pp. 4331–4339, 2011.
- [21] J. L. Espinoza and E. A. Barragán, "Renewable energy policy and legitimacy?: a developing country case," *Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2010 45th International*, no. 11, 2013.
- [22] E. Barragán and J. L. Espinoza, "Políticas para la promoción de las energías renovables en el ecuador. en: Energías renovables en el ecuador. situación actual, tendencias y perspectivas," *Peláez Samaniego, M. R and Espinoza Abad J. L. Eds. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, Gráficas Hernández*, 2015.
- [23] A. Nahman, "Pricing landfill externalities: Emissions and disamenity costs in cape town, south africa," *Waste Manag*, vol. 31, no. 9–10, pp. 2046–2056, 2011.
- [24] MEER, "Políticas y estrategias para el cambio de la matriz energética del ecuador," 2014.