



MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PARA UNA CIUDAD SOSTENIBLE: EL CASO DE LA PROPUESTA PARA LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MUNICIPIO DE ALAJUELA, COSTA RICA

Nidia Cruz Zúñiga¹

¹Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. Email: nidia.cruz@ucr.ac.cr

RESUMEN

La dinámica de crecimiento urbano de las ciudades latinoamericanas dificulta el contar con sistemas adecuados para el manejo de residuos, en particular aquellos que tienen alguna característica que los convierten en especiales, como los residuos de construcción y demolición (RESCOND). Éstos, al no recibir tratamiento óptimo, generan serios impactos al medio y son focos de contaminación que afectan la salud pública. Luego de analizar el trabajo con este tipo de residuos en tres ciudades latinoamericanas (Santiago, Chile; Belo Horizonte, Brasil y Alajuela, Costa Rica) y comparar sus prácticas, se pudieron establecer pautas generales sobre la gestión integral de residuos en el sector y aplicarlas a un modelo de estimación para crear una propuesta de solución para la Municipalidad de Alajuela; con miras a que esta ciudad sea más sostenible, responsable ambiental y socialmente. La metodología utilizada contempló entrevistas a actores claves, la observación de casos puntuales y la revisión bibliográfica. Entre los principales hallazgos encontrados destacan la importancia de trabajar en forma conjunta entre todos los involucrados y el aprovechar nichos de oportunidad para la reutilización de residuos, tanto para generar nuevos productos (en este caso agregados para la construcción), como para la restauración de sitios alterados por procesos mineros. Se evidenció la relevancia de documentar las lecciones aprendidas y evaluar la aplicabilidad a otras ciudades.

Palabras-clave: Demolición, Procesamiento de residuos, Reciclaje, Residuos de construcción, Valorización de residuos.



INTEGRATED WASTE MANAGEMENT FOR A SUSTAINABLE CITY: THE PROPOSAL FOR CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN THE MUNICIPALITY OF ALAJUELA, COSTA RICA

ABSTRACT

The dynamics of urban growth in Latin American cities makes it difficult to have adequate systems for waste management, particularly those who have some characteristic that makes them special, such as construction and demolition waste. If those not receiving optimal treatment, generate serious impacts to the environment and are sources of pollution affecting public health. After analyzing the management of this waste in three Latin American cities (Santiago, Chile, Belo Horizonte, Brazil and Alajuela, Costa Rica) and compare their practices, they were able to establish general guidelines on integrated waste management in the sector and apply an estimation model to pose a proposed solution for the Municipality of Alajuela; with a view to making this city more sustainable and environmentally and socially responsible. The methodology complemented the interviews with stakeholders with the observation of specific cases and literature review. Major findings highlight the importance of working together between all involved, while taking advantage of niche opportunities for reuse of waste, both to generate new products (in this case aggregate for construction), and for the restoration of sites degraded by mining processes. Further evidenced that is relevant document these findings to have lessons learned and evaluate the applicability to other cities.

Keywords: Construction waste, demolition, recycling, recovery of waste, waste processing.

1 Introducción

El desafío del desarrollo sostenible de las ciudades emergentes en América Latina se enmarca en la búsqueda de acciones concretas que les permitan ser competitivas, aumentar su productividad, y mejorar la forma en como gestionan sus recursos y residuos. Los Objetivos del Milenio buscan que los países cumplan con metas de desarrollo sostenible, sin embargo al 2015 muchas de las metas no lograron alcanzarse totalmente. Todavía existen brechas que saltar para minimizar las disparidades que se viven en algunos países (Pndu, 2014).

Uno de los ejes prioritarios para lograr que las ciudades sean más sustentables es la gestión adecuada



de los residuos sólidos, ya que esto favorece el tener ciudades más limpias y seguras. El trabajar en su manejo le permite a los gobiernos locales impulsar políticas que ayuden a que sus asentamientos humanos sean más inclusivos, seguros y sostenibles. La investigación de base (Cruz, 2015) buscó evaluar la prefactibilidad de crear una planta de tratamiento integral de RESCOND para el cantón de Alajuela, con el fin de obtener agregados reciclados para la construcción y separar otros residuos valorizables para su adecuada gestión y aprovechamiento. A la vez, este estudio permitió valorar como proyectos concretos para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) pueden contribuir con el desarrollo de una ciudad, propiciando modelos más industrializados e innovadores, que vengan a resolver un problema cotidiano al que se enfrentan. Una ciudad donde no se cuente con sistemas eficientes de manejo de residuos tendrá focos de contaminación diversos, asociados a las malas prácticas de las personas, lo que propicia la proliferación de botaderos clandestinos. Algunos tipos de residuos son más propensos a generar estos focos, especialmente los que no son atendidos por el sistema de recolección municipal, o son voluminosos, como los RESCOND. Otro desafío asociado al correcto manejo de estos residuos es la falsa sensación de que por ser inertes no generan impacto ambiental, ni son riesgosos para las personas, sin embargo se comprobó que existe una fracción de ellos que son peligrosos.

Las ciudades latinoamericanas, para lograr ser sostenibles, también requieren contemplar acciones con el fin de planificar su crecimiento, expansión y remodelación. Muchas ciudades en Costa Rica han crecido sin tener parámetros de regulación adecuados, cuentan con infraestructura obsoleta, que se requiere mejorar para seguir siendo competitivas. Los espacios urbanos cada vez están más saturados, el precio de la tierra se incrementa, lo que ocasiona una mayor presión para que las ciudades crezcan verticalmente. En Costa Rica esta tendencia se ha generado en los últimos años, lo que también aumenta la generación de escombros producto de las demoliciones y nuevas construcciones. Es en este sentido donde se evidencia la necesidad de desarrollar opciones tecnológicas para trabajar con RESCOND para generar nuevos productos, y que estas opciones estén al alcance de todos. La propuesta de la planta de procesamiento de RESCOND bajo un modelo municipal aspira a ser una solución de este tipo, pues al ser una tecnología financiada desde el municipio, le garantiza el acceso a toda la población. A la vez se planteó que los productos que se generen del procesamiento sean utilizados para obras públicas, que beneficien a los ciudadanos, lo que estaría contribuyendo a la satisfacción de las demandas sociales para contar con ambientes limpios y mejorar espacios públicos.



El contexto nacional costarricense en el que se desarrolló el análisis parte de la promulgación de la Ley para la Gestión Integrada de Residuos (Ley Gir, 2010). Esta Ley marca un hito en la forma en cómo los municipios deben enfrentar los retos de manejo de residuos. A partir de ella se realizan varios estudios, que aportan insumos para la presente investigación. Por otra parte, el apoyo de organizaciones internacionales sin fines de lucro fue clave para que en los tres casos se lograra tener regulación de vanguardia en cuanto al enfoque de prevención de la contaminación y la reutilización maximizada de recursos. Estos puntos son claves para alcanzar la sostenibilidad a largo plazo. En Costa Rica se realizaron varios proyectos piloto. En conjunto con las autoridades nacionales, se propició que los municipios contaran con planes de gestión de residuos, enfocados a sus realidades. A la fecha la mayoría de las municipalidades cuentan con sus planes propios; solamente 14 de los 81 cantones no lo tienen (Contraloría, 2016).

Uno de los fines de la investigación fue evaluar una opción novedosa de aplicación de la GIRS y ver cómo esta contribuye a lograr una ciudad más sostenible, con mejores opciones para sus habitantes y más armoniosa con el ambiente. En ciudades con Santiago de Chile se han implementado acciones privadas para la recolección y disposición de los RESCOND, de donde se tomó la iniciativa de utilizar los tajos abandonados como sitios a restaurar con estos residuos. En Belo Horizonte desde hace varios años el municipio opera una planta similar a la propuesta, con resultados exitosos.

2 Métodos

Por la particularidad del estudio presentado se tienen dos ejes centrales: un análisis de casos y el bosquejo de diseño de la propuesta de procesamiento. Se partió de un análisis documental y del contexto de la realidad del manejo de residuos en las ciudades seleccionadas para el estudio: Santiago, Chile; Belo Horizonte, Brasil y Alajuela, Costa Rica. Las dos primeras se consideraron referentes en el tema, y en la tercera se evaluó la posibilidad de réplica de las lecciones aprendidas y la aplicación del proyecto. Se visitaron los centros de documentación e instituciones relacionadas con el manejo de residuos sólidos en cada ciudad, tanto en el ámbito público como privado, lo que permitió entender sus similitudes y diferencias. Se realizaron entrevistas a actores claves en el manejo de los RESCOND en cada país, procesando los datos y sintetizando los resultados. Posteriormente, se visitaron sitios de procesamiento de materiales similares (áridos y residuos de construcción). Se efectuó un análisis comparativo y se



seleccionaron los mejores aspectos a aplicar para el caso de estudio.

En la Municipalidad de Alajuela se realizó un levantamiento de información base en los diferentes departamentos involucrados. Se entrevistaron funcionarios clave, que ayudaron a dimensionar la necesidad y los posibles usos. También se evaluó cada uno de los terrenos probables para la ubicación de la planta, para lo cual se utilizó una ficha de levantamiento de campo con una serie de criterios ponderados.

Luego, con base en la información recopilada se realizó un bosquejo para el diseño de la planta, lo que contempló un esquema de procesos con cada una de las operaciones unitarias requeridas en las diferentes fases de desarrollo. Se trabajó en el dimensionamiento requerido según la disponibilidad de espacio y la cantidad de RESCOND que se esperan recibir. Finalmente, se realizó un costeo detallado de cada insumo requerido y se estimó la factibilidad financiera de acuerdo a un rango de tarifas definido.

3 Resultados y Discusión

Uno de los principales hallazgos detectados es que existe una necesidad real de las ciudades en desarrollo de contar con un adecuado sistema para la disposición eficiente de escombros si quieren seguir creciendo de manera sostenible. Cada vez los espacios disponibles en estas ciudades son más escasos, costosos y no aptos para disponer RESCOND. Además los costos de una inadecuada gestión son altos, en especial para los municipios, que deben enfrentar problemas de contaminación por residuos que no está claramente definido quién debe manejarlos. Las ciudades actualmente generan más demoliciones y desarrollan proyectos más densos que en el pasado, lo que aumenta la concentración de RESCOND en pocos Km². Díaz et al. (1997) brinda una serie de factores para la factibilidad del procesamiento y reciclaje de RESCOND que se tomaron en cuenta para este análisis, los resultados se resumen en la Tabla 1.

Tab. 1: Requisitos para la factibilidad de procesamiento de RESCOND

Criterio	Aplicación al caso de Alajuela
Marco normativo que ampare y propicie el correcto manejo	Ley GIR.
Mercado para materiales reciclados, calidad y precios Competitivos	Mercado interno municipal
Costo de alternativas para el manejo	Costo de disponer en relleno sanitario
Disponibilidad de espacio para el descarte final	Tajos abandonados de la zona
Costo de las instalaciones para el proceso de reciclaje	Costos de mercado para la instalación y operación

Fuente: Adaptación de los parámetros de Díaz (1997).

Se concretó la importancia de definir correctamente los *stakeholder* involucrados en el proceso de generación, manejo y disposición de RESCOND, para lo cual se consideraron los resultados de las entrevistas realizadas en las tres ciudades. Se presenta en la Figura 1 un mapa de actores clave para el caso de Alajuela.

Fig. 1: Mapeo de Actores Clave para el caso de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Se concretó el cálculo de las estimaciones de demanda, considerando la tendencia histórica de los m² de construcción tramitados ante el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, y considerando una tasa de generación de residuos promedio de 17.08 kg/m² construido, tomando el promedio de valores encontrados en la bibliografía (Leiva, 2011; Poveda, 2007; Kofoworola, 2009; Villalobos, 1995). Se

estimó mediante varios modelos las proyecciones de la demanda de material a procesar, dando mejores resultados con la regresión lineal simple (R^2 0.8289) y el modelo exponencial (R^2 0.8562). La oferta del sistema se definió a partir de los tamaños mínimos de equipos existentes en el mercado y el espacio disponible en el terreno seleccionado. Con ello se definieron costos y tarifas, para evaluar 6 escenarios de sensibilidad para el análisis financiero. La Figura 2 resume parte de los resultados obtenidos.

Fig. 2: Análisis de sensibilidad para la factibilidad del proyecto



Fuente. Elaboración propia, 2016.

Se cuantificaron los ahorros para el municipio y para la comunidad al contar con una planta como la propuesta. Estos fueron contemplados para el análisis financiero (ver Figura 3):

Fig. 3. Distribución de ingresos estimada



Fuente. Elaboración propia, 2016.



Un estudio realizado por Contraloría (2016) establece que existe un desafío para los municipios en cuanto a ser más eficientes y buscar soluciones conjuntas en recuperación y aprovechamiento de los residuos, ya que lo recuperado solo alcanzó el 1.26% en el 2014 frente a un 93% que se esperaba según el Plan Nacional de Residuos Sólidos (PRESOL). Si se logra concretar la construcción de la planta y su operación, se tendría un ahorro significativo de espacio en el relleno sanitario utilizado por el municipio, y a la vez ese mismo volumen de residuos se sumaría a los porcentajes de recuperación. En la Tabla 2 se presenta dicha estimación según las modelaciones realizadas.

Tab. 2. Cuantificación de ahorro de espacio en relleno sanitario

Año	Volumen de residuos que no llegaría al relleno sanitario (Miles de Toneladas ahorradas)											
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	TOTAL
Lineal	13.0	13.8	14.6	15.4	16.2	16.9	17.7	18.5	19.3	20.1	20.8	186.3
Exponencial	13.3	14.6	16.1	17.6	19.4	21.3	23.3	25.6	28.1	30.9	33.9	244.3

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Se definieron desafíos para el funcionamiento de la planta, entre los que figuran: la voluntad política de impulsar el proyecto; la búsqueda de fondos para su construcción (recaudación mediante una tasa especial única de \$21 por contribuyente o mediante un apalancamiento con IFAM o la Banca Nacional); legislación específica para regular la GIRS de los RESCOND (Ministerio de Salud no ha normado este tipo de residuos debido a que falta tener opciones concretas para el manejo) y la necesidad de ir creando cultura para el manejo de los residuos especiales.

4 Conclusiones

La sostenibilidad de una ciudad tiene muchas aristas, el uso equilibrado de la tecnología y de los principios de gestión integral resultan clave a la hora de buscar soluciones para los RECOND. Ciudades viejas, poco conectadas y sin planificación, con estructuras colapsadas y en sitios con alta vulnerabilidad sísmica y climática son comunes en América Latina; esto aumenta la probabilidad de demoliciones y



nuevas construcciones que generarán más residuos.

Se ratificó la relevancia de una opción para aprovechamiento de RESCOND en las ciudades analizadas. Uno de los principales ahorros sociales y económicos es el uso más eficiente del espacio en rellenos sanitarios. Aunado con ello, se evidenció como en las ciudades donde se tienen opciones específicas se presenta una reducción de microbasurales y se da un aprovechamiento de recursos que no eran utilizados. Sería interesante analizar más a fondo las potenciales sinergias que el sistema propuesto puede tener con acciones para propiciar la recolección selectiva y trabajo en mancomunidades.

El proceso de factibilidad técnica comprobado en esta investigación da la base para la toma de decisiones y proceder a concretar el proyecto. El análisis financiero realizado tiene limitaciones en cuanto a los parámetros de ingreso que dan origen a la generación proyectada de RESCOND, pero son conservadores en cuanto a las tasas de generación y los tamaños mínimos del sistema, por lo que se considera que los resultados son confiables y positivos para continuar con una segunda fase de análisis del caso o la aplicabilidad para otras ciudades de Costa Rica.

Referencias

- Contraloría General de la República (2016). Auditoría Operativa: Recolección de Residuos Ordinarios. San José, Costa Rica.
- Cruz, N. (2015). Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición: Análisis y propuesta de solución para el cantón de Alajuela, Costa Rica. Universidad de Santiago de Chile.
- Díaz, L. ; Ortellado, J. ; Savegre, G. (1997). El manejo de residuos de construcción y demolición. Artículo del Boletín Estadístico. CCHC, v.24: no.288(1997:Jul.), p. 7.3-7.12
- Kofoworola, O.F., Gheewala, S.H. (2009). Estimation of construction waste generation and management in Thailand. *Waste Management* 29, 731–738.
- Leiva Cordero, J. D. (2011). Estudio de las causas de la generación de desechos en la construcción de vivienda tradicional. Proyecto Final de graduación de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- ONU. (2016). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible Consultado el 15-02-16 en: <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/1>
- PNUD. (2014). Informe: Objetivos de Desarrollo del Milenio, consultado el 12-02-16 en: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/mdg/the-millennium-development-goals-report-2>



Revista Verde

Green Journal

ISSN: 2764-9024

doi: 10.29327/275527.1.2

014.html .

Poveda, M. (2008). Evaluación de la prefactibilidad técnica y financiera de reutilizar los residuos de construcción como agregados para concreto. Proyecto Final de graduación para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.

Villalobos, A. J. (1995). Estudio de Generación de Desechos en la Construcción de Viviendas de Mampostería. Lic thesis, Universidad de Costa Rica.