



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS RESIDENCIALES (GIRSOR)

**Christian Andrés Guevara Cárdenas, Daniela Holguin Noreña, Carlos Horacio
Mesías Suárez, Estefany Rey Becerra**

**Pontificia Universidad Javeriana
Cali, Colombia**

Resumen

El plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Orgánicos Residenciales (GIRSOR) es un sistema de gestión integral constituido por un manual de estandarización de procesos y de control de residuos sólidos. GIRSOR tiene como objetivo plantear nuevas metodologías para el manejo de residuos, enfocándose en las etapas de la gestión de residuos de las viviendas multifamiliares de la Comuna 22 de la ciudad de Cali. El manual consta de un instructivo de manejo, teniendo como principal objetivo unir los componentes teóricos y prácticos, siendo identificada esta unión como falencia en otro tipo de manuales. Además, el sistema de control se basó en el Cuadro de Mando Integral.

El diseño del plan GIRSOR fue evaluado a través de tres herramientas de ingeniería para verificar su desempeño: método de simulación Monte Carlo, análisis costo beneficio y análisis ASSIPAC (por sus siglas en inglés: Assessing the Sustainability of Societal Initiatives and Proposing Agendas for Change). Este último es un mecanismo de identificación y evaluación de impactos potenciales de una iniciativa con relación al desarrollo sostenible de una sociedad.

Se concluyó que para implementar GIRSOR se requiere una inversión de \$5.593.481, obteniendo un Valor Presente Neto promedio de \$29.626.050, una tasa de aprovechamiento de material orgánico del 66,38%, una tasa de aprovechamiento de material reciclable de 71,7%, una tasa de reducción de desechos de 55,8% y una tasa de reducción en costos de limpieza de 45,34%. El análisis ASSIPAC permitió concluir que GIRSOR, al centrar sus esfuerzos en desarrollar un plan que permita manejar de manera íntegra los residuos, le da paso a consecuencias tales como: dignificación y generación de empleos, asociación y cooperación entre involucrados, diversificación de la economía y disminución del impacto ocasionado por la acumulación de residuos orgánicos en la disposición final. Es así como se ve en la iniciativa un gran potencial en cuanto a la integración con el desarrollo sostenible. La apertura del alcance de GIRSOR con el fin

de poder abarcar más viviendas, y posteriormente más ciudades, traería consigo una mejor sincronización con la sostenibilidad de la sociedad.

Palabras clave: residuos orgánicos; viviendas multifamiliares; gestión integral de residuos

Abstract

Integral Management for Organic Residential Waste (GIRSOR in its Spanish acronym) is a integral system based in an operating and control manual of organic solid waste that seeks to propose a new way of managing the organic waste. The project focuses its efforts in the stages of waste management in the multifamily housing spaces in the district 22 in Cali. In most cases, waste management has been applied to different scenarios without knowing the context in depth, without adapting to the characteristics of each place. Consequently, one of the key methodologies for the development of GIRSOR is the integration of theory and practice. The control system was made by using the tool Balanced Scorecard (BSC).

GIRSOR's design required three engineering tools to verify its performance: Monte Carlo simulation method, benefit cost analysis and ASSIPAC (Assessing the Sustainability of Societal Initiatives and Proposing Agendas for Change) analysis, being the last one a mechanism to identify and evaluate potential impacts of an initiative in relation with the society's sustainable development.

After evaluating GIRSOR it was found that its implementation requires an investment of \$5.593.481, generating a net present average value of \$29.626.050, an organic waste utilization rate of 66,38%, a recyclable waste utilization rate of 71,7%, a solid waste reduction rate of 55,8% and a cleaning charge reduction rate of 45,34%. By means of the ASSIPAC analysis it was concluded that this initiative is potentially sustainable since it promotes the creations and dignification of jobs, the cooperation between the stakeholders, economic diversification and the decrease of impacts generated by the accumulation of organic waste in the final disposition. That's how GIRSOR is seen as an alternative that matches with the sustainable development. Opening the scope of GIRSOR, covering more housing and more cities, would bring a better synchronization with the sustainability of the society.

Keywords: organic waste; multifamily housing; integrated waste management

1. Introducción

La producción de residuos sólidos es una inevitable consecuencia de la actividad humana; la urbanización, la población y la riqueza son los principales factores que incrementan dicha producción (Vergara, et al., 2012). Los residuos mal gestionados contribuyen al cambio climático, a la contaminación del aire, del agua y del suelo, y a la proliferación de enfermedades. Lo anterior da lugar a externalidades y costos más altos de lo que generaría gestionar correctamente los residuos (Hoornweg, et al., 2012). Específicamente, los residuos sólidos son clasificados según su actividad de procedencia en: agrícolas, industriales y municipales, siendo los residuos sólidos

municipales (RSM) la categoría en mayor crecimiento. El último informe de gran alcance realizado en el 2012 por el Banco Mundial señala un aumento del 70% de los RSM a nivel global para el 2025: se estima que para el 2025 la población en las ciudades supere los 4,3 billones de habitantes generando un total de 2,2 billones de toneladas por año (Hoorweg, et al., 2012).

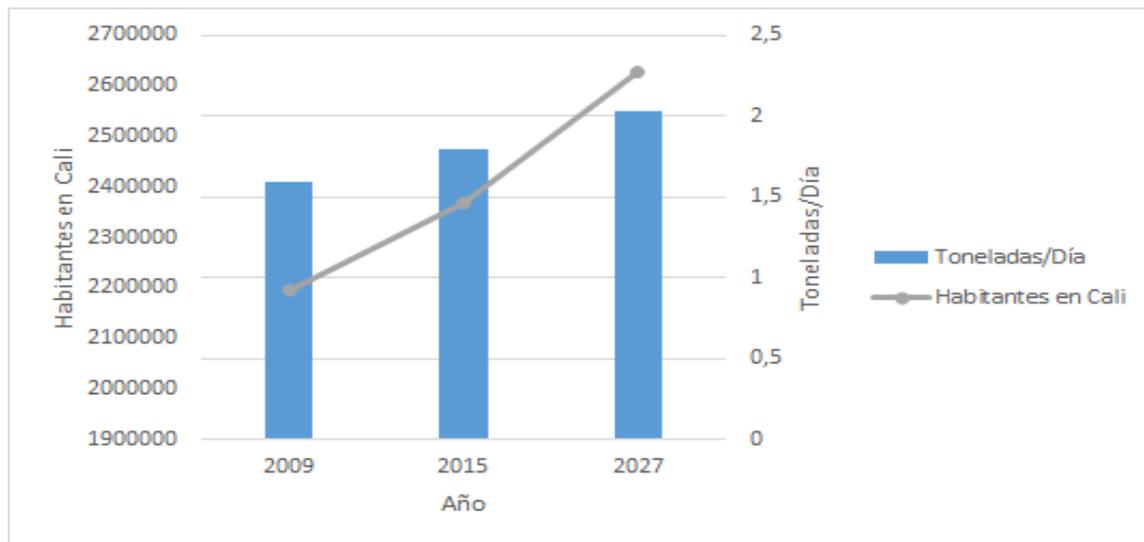
Dependiendo de las condiciones económicas, políticas, sociales y ambientales, propias de cada región, la caracterización de los RSM varía: entre más grande sea la tasa de desarrollo económico y de urbanización, más grande es el nivel de RSM generados. La región de América Latina y el Caribe (LAC), conformada en su mayoría por países en desarrollo, ocupa el tercer lugar en la lista de las regiones contribuyentes a la producción de RSM con un total del 24%. Se estima dicha cifra alcance el 66% para el 2025 (Hoorweg, et al., 2012).

Dentro del grupo de los RSM, los residuos son clasificados en orgánicos (restos de comida, desechos de jardín, cáscaras de alimentos y madera) e inorgánicos, estando éste último grupo conformado por las categorías de metal, papel, vidrio, plástico y otros (textiles, cueros, desechos electrónicos y otros materiales inertes). La categoría de residuos orgánicos representa aproximadamente el 50% del total generado mientras que la segunda categoría más grande (otros) ocupa el 18% (Hoorweg, et al., 2012). Estos datos revelan la gran diferencia que existe entre la fracción generada de residuos sólidos orgánicos y las demás categorías.

Generalmente, países con bajos, medio-bajos y medio-altos niveles de ingresos tienden a tener mayores porcentajes de materia orgánica presente en el total de RSM (entre 50 y 60%), haciendo que el consumo de RSM inorgánicos aumenta, mientras que la fracción de orgánicos disminuye (Hoorweg, et al., 2012). Esto ocurre en la región LAC donde la cantidad de materia orgánica presente en los RSM se encuentra por encima del 50% del total generado, del cual aproximadamente el 2% recibe tratamiento conveniente para su aprovechamiento, teniendo un 98% de materia orgánica restante depositada en vertederos y rellenos sanitarios (Marmolejo, et al., 2009).

Colombia, siendo parte de la región de LAC, considerado como un país en desarrollo, con un nivel de ingresos medio-alto, produce actualmente 27.500 toneladas por día de residuos sólidos (Osorio, 2016). Del total de la producción de residuos sólidos, aproximadamente el 40% proviene de las cuatro grandes ciudades capitales: Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali (Osorio, 2016), dicho porcentaje es una prueba de que la generación de residuos sólidos está estrechamente ligado a los escenarios urbanos. La Figura 1 muestra la producción de RSM diarios y la población total en la ciudad de Cali para los años 2009, 2015 y 2027. Se puede observar que estas dos variables han aumentado, y se proyecta que sigan aumentando, conforme pasa el tiempo, evidenciando una relación directa. Se espera que el incremento total de la producción de RSM diarios desde el 2009 al 2027 sea de aproximadamente un 30% y el de la población de 20%.

Figura 1. Generación de RSM por día y habitantes en Cali en el periodo 2009-2027.



Fuente: Adaptados del PGIRS 2015 realizado por la Alcaldía de Santiago de Cali con base en los datos del DANE (Osorio, 2016) (Universidad del Valle, s.f) (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015)

Actualmente, el 0,4% de los RSM totales de Cali son recuperados y aprovechados, teniendo un 99,6% restante depositado en el relleno sanitario regional de Colomba - El Guabal, en el municipio de Yotoco (93,5%) y en botaderos ilegales a cielo abierto (6,1%) (Osorio, 2016). Del total de RSM generado, el sector residencial, conformado por viviendas uni y multifamiliares, es el mayor generador con un porcentaje del 78,9% (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015). En el año 2015, el 25% de la población de la ciudad habitaba en residencias multifamiliares. Cabe resaltar que estas residencias están distribuidas en los estratos 2, 3, 4, 5 y 6 (Maldonado, et al., 2015). Dentro de los RSM generados, los residuos de comida son el componente presente en mayor cantidad en todos los estratos socioeconómicos de la ciudad. Alrededor del 60% de estos residuos provienen de alimentos, procesados y sin procesar (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015). La generación de residuos sólidos urbanos se encuentra ligada al estrato socio económico de la población, siendo los sectores de mayor ingreso económico los que más residuos sólidos aportan (Universidad del Valle, s.f).

El manejo de RSM dentro de Cali ha sido controlado bajo la normativa nacional. Desde 1979 el Ministerio de Salud emitió la Ley 09, la cual da las pautas de las medidas sanitarias sobre el manejo de los residuos sólidos. Desde ese entonces ha existido varias normativas; la última, la resolución 1045 de 2003 radicada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, adopta la metodología del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) (Ávila, 2017). Existen 5 tipos de PGIRS para responder a las diferentes necesidades de los grandes generadores de residuos: conjuntos residenciales, instituciones educativas, centros comerciales, empresas y eventos masivos. De los 5 grandes generadores de residuos, los conjuntos residenciales cuentan con la mayor tasa de crecimiento para el periodo 2015-2027 (3,3% anual), comparado con los demás (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015). Por esta razón, este proyecto centra su interés en la producción de RSM dentro de las unidades residenciales del municipio.

Teniendo como base las tres variables fundamentales en la generación de residuos sólidos (riqueza, urbanización y población), la comuna 22 es identificada como agente principal dentro de la generación de RSM de la ciudad. En esta zona se identifican estratos socioeconómicos medios, medio-altos y altos (2,3,4,5 y 6). Además, la comuna 22 cuenta con el mayor desarrollo residencial de la ciudad (de los 17.755.320 m² licenciados en Cali para el 2011, el 96,5% fueron construidos en esta comuna (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2014)) y dentro de los límites de la comuna está el área denominada expansión urbana, establecida como la única zona de expansión viable de la ciudad (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2014).

2. Metodología

La Tabla 1 muestra los objetivos específicos del proyecto, con las respectivas actividades y herramientas utilizadas para su desarrollo.

Tabla 1. Objetivos específicos, métodos, actividades, herramientas y entregables del diseño

Objetivo	Actividades	Herramientas
Seleccionar los casos de estudio identificando los principales estratos socioeconómicos generadores de residuos sólidos de las viviendas multifamiliares ubicadas en la comuna 22.	1.1. Realizar cálculo de muestreo para las unidades residenciales ubicadas en la comuna 22	Estadística inferencial, entrevista semiestructurada
	1.2. Recolectar datos que permitan comprender el contexto en cuanto a la generación de residuos sólidos en las unidades residenciales seleccionadas como muestra	
	1.3. Establecer y calcular la producción de RSM por habitante en cada unidad residencial de la muestra	
	1.4. Identificar los principales estratos socioeconómicos generadores de residuos sólidos de las viviendas multifamiliares de la comuna 22	
2. Caracterizar los residuos sólidos orgánicos producidos por las viviendas multifamiliares escogidas como casos de estudio.	2.1. Realizar un sondeo detallado a los residentes de las viviendas seleccionadas como caso de estudio sobre el consumo de alimentos en el hogar	Estadística inferencial, método sencillo del análisis de residuos sólidos (Sakurai, s.f), KPI (Key Performance Indicator)
	2.2. Definir y calcular indicadores de gestión en cada vivienda caso de estudio (PPC- Producción Per Cápita)	

	2.3. Realizar muestreo y separación de los residuos sólidos generados por las unidades caso de estudio	
3. Establecer los parámetros de GIRSOR para cada una de las etapas de la gestión de residuos orgánicos (generación, almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento, aprovechamiento y disposición final) en cada vivienda multifamiliar escogida como caso de estudio.	3.1. Definir los límites de cada una de las etapas de gestión de residuos orgánicos en viviendas multifamiliares.	Diagramas de flujo, análisis DOFA, producción más limpia (Cervantes, et al., 2009)
	3.2. Analizar el estado actual de la gestión de residuos sólidos en cada vivienda escogida como caso de estudio	
	3.3. Describir el manejo de cada una de las etapas de gestión de residuos orgánicos para cada unidad residencial escogida como caso de estudio	
4. Evaluar el plan GIRSOR en las viviendas multifamiliares de la comuna 22 escogidas como caso de estudio	4.1. Analizar la sustentabilidad del plan G.I.R.S.O.R	ABC (Análisis Beneficio Costo), ASSIPAC (Assessing the Sustainability of Societal Initiatives and Proposing Agendas for Change)(Paez, 2003)
	4.2. Establecer nuevos indicadores de control	KPI
	4.3. Simulación del escenario G.I.R.S.O.R.	Montecarlo
	4.4. Realizar manual de funcionamiento y control del plan G.I.R.S.O.R	Balanced scorecard (CMI)

Basándose en la problemática asociada a la generación de residuos sólidos orgánicos en la fuente y a su posterior descomposición en la etapa de disposición final, este proyecto busca diseñar un plan que pueda tratar dichos residuos. El diseño del plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Orgánicos Residenciales (GIRSOR) para las viviendas multifamiliares de la comuna 22 con el fin de poder aumentar el porcentaje de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos destinados actualmente a la etapa de disposición final.

La selección del caso de estudio se realizó por medio de un muestreo estratificado por conglomerados aleatorio simple. El indicador evaluado fue m³ de RSM por habitante por día. Una vez seleccionados los casos de estudio, se procedió a la debida caracterización de los residuos. Dicha caracterización se realizó por medio de un sondeo detallado, la caracterización de composición y la caracterización de cantidad. El sondeo permitió medir el nivel de interés de los habitantes y sus hábitos de consumo. Por medio del método sencillo del análisis de residuos sólidos (Sakurai, s.f), fue posible identificar el porcentaje de generación de cada categoría de residuos.

Por último, se calculó la Producción Per Cápita para cada caso de estudio (Kg/habitante*día) pesando diariamente los residuos totales dispuestos en la Unidad de Almacenamiento de Residuos (UAR) de la vivienda multifamiliar.

En la mayoría de los casos, la gestión de residuos se ha aplicado a diferentes escenarios sin conocer a fondo el contexto, es decir, sin adaptarse a las características propias de cada lugar. En consecuencia a lo anterior, una de las metodologías claves para el desarrollo del plan GIRSOR es la integración de la teoría con la práctica. Después de haber caracterizado los residuos sólidos orgánicos en cada vivienda caso de estudio, se estableció el funcionamiento teórico de cada una de las etapas de la gestión de dichos residuos. Una vez se definieron las etapas, teniendo listo el componente teórico, se le dió paso al componente práctico por medio del análisis del estado actual de cada una de estas etapas en los casos de estudio. Posteriormente a la definición del plan en cada caso de estudio, se realizó la evaluación del plan en general por medio de una simulación MonteCarlo en Excel, un análisis de riesgos y un examen de verificación basado en el método ASSIPAC. Con estos análisis se buscó que la evaluación de la iniciativa se estudie desde los tres ámbitos principales: economía, ambiente y sociedad.

Además, con el fin de poder identificar la factibilidad del proyecto y delimitar el alcance de este, es de suma importancia señalar las posibles restricciones asociadas a su diseño. Al abordar este proyecto desde el enfoque interdisciplinario, implica que su diseño sea limitado por restricciones de carácter social, técnico, económico y ambiental. Cabe recalcar que cada una de las restricciones identificadas en este apartado no pertenecen únicamente a un área específica (social, técnica, económica y ambiental), puesto que el desarrollo del plan GIRSOR busca alejarse del enfoque reduccionista propio de las metodologías lineales convencionales.

3. Resultados y discusión

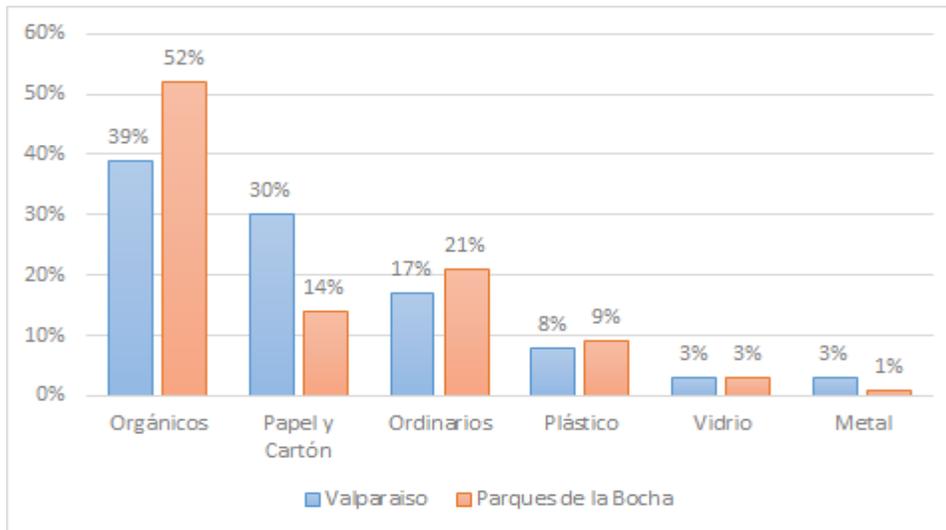
El muestreo estratificado permitió concluir que más del 60% de las viviendas multifamiliares de la comuna 22 pertenecen al estrato 6, 21,5% al estrato 5 y por último, 13,9% al estrato 4. Con el fin de poder calcular la generación de RSM por estrato, se realizó un muestreo por conglomerados. Los datos brindados por el estudio estadístico permiten concluir que el estrato 6 en las viviendas multifamiliares dentro de la comuna 22 genera un 53% más de residuos sólidos que el estrato 4 y un 45% más que el estrato 5, siendo catalogado como el principal generador de residuos sólidos en la zona.

El principal criterio de selección para los casos de estudio es la generación de RSM per cápita, por esta razón, los casos de estudio son viviendas multifamiliares pertenecientes a los estratos altos. Los casos de estudio se encuentran ubicados al nororiente de la comuna 22: vivienda multifamiliar Parques de la Bocha (con 192 apartamentos y aproximadamente 555 habitantes) y Valparaíso (con 160 apartamentos y aproximadamente 400 habitantes).

Durante la caracterización de los residuos se identificó que la categoría de mayor variación es la de papel y cartón; en la vivienda Valparaíso Ciudad Bochalema consta de un 30% del total de residuos mientras que en Parques de la Bocha es del 14%. Sin embargo, en ambos casos, la categoría con mayor porcentaje es la de residuos orgánicos siendo en Valparaíso de un 39% y en

Parques de la Bocha es de un 52%. El resto de las categorías no cuentan con una diferencia significativa entre viviendas como se observa en la Figura 2.

Figura 2: Composición de los residuos en vivienda de las dos Unidades en estudio

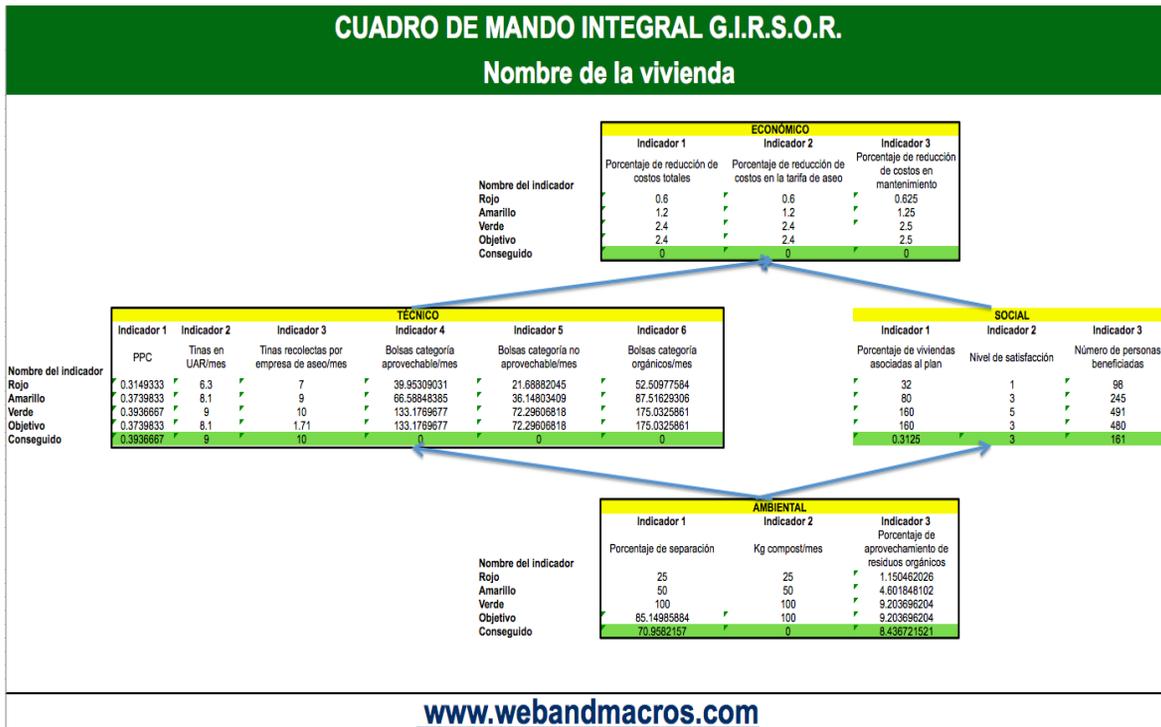


Fuente: Residuos Valparaíso Ciudad Bochalema y residuos Parques de la Bocha

Los residuos no aprovechables, la categoría de ordinarios, aquellos que serán destinados a la disposición final, equivalen en promedio al 19% del total generado. Este último porcentaje permite identificar que una vez el plan GIRSOR se lleve a cabo, aproximadamente una quinta parte de los residuos serán recogidos por la empresa de aseo, disminuyendo así los gastos en las tarifas de aseo. Por otro lado, los residuos aprovechables (papel y cartón, plástico, vidrio y metal) aportan entre un 30 y 40% a la generación total. La caracterización de los residuos también permitió calcular la Producción de residuos Per Cápita en los casos de estudio: en la vivienda Valparaíso Ciudad Bochalema 0,38 Kg/habitante*día y en Parques de la Bocha 0,40 Kg/habitante*día.

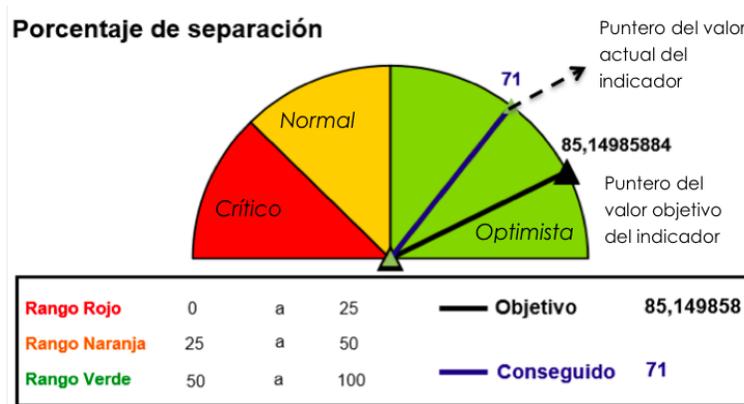
Una vez definido el plan para los casos de estudio se procedió a diseñar el plan GIRSOR, el cual contiene: recomendaciones para el análisis de la situación actual, etapas de la gestión integral de residuos, guía de indicadores de desempeño, manual de control y recomendaciones finales. El manual de control se complementa con el uso de la herramienta de Cuadro de Mando Integral (CMI). La herramienta cuenta con 4 perspectivas: ambiental, social, técnica y económica. Cada perspectiva tiene asignada un número de indicadores, como lo muestra la Figura 3. El gráfico de control de cada indicador se divide en las tres secciones: crítico, normal y optimista como se ve en la Figura 4. Dichas secciones son descritas en el manual de control junto a las acciones preventivas, de alerta y de cambio que deben tomarse dependiendo del estado del indicador. Los punteros indican el valor conseguido (puntero azul) y el objetivo a lograr con la implementación del plan (negro).

Figura 3. Perspectivas e indicadores del Cuadro de Mando Integral G.I.R.S.O.R.



Una vez el modelo escenario GIRSOR se planteó y validó, se procedió a simularlo. Por medio del análisis de los datos obtenidos en la simulación, se espera que una vez el plan esté en marcha, el porcentaje de aprovechamiento de residuos reciclables se encuentre entre 71,50% y 71,96% con una desviación estándar del 11% aproximadamente. Estos valores permiten concluir que la debida gestión de los residuos orgánicos, agente principal de estudio de este proyecto, ayuda significativamente al aprovechamiento de otro tipo de residuos. Por otro lado, el aprovechamiento de los residuos orgánicos, objetivo principal de este proyecto, se espera que esté entre 65,78% y 66,9% con una desviación estándar de 30%. Como consecuencia de los altos porcentajes de aprovechamiento de los residuos reciclables y orgánicos, la simulación arrojó que aproximadamente 3,37 ton/mes de residuos serán destinados a la disposición final. En consecuencia con los porcentajes de aprovechamiento y la disminución de residuos a disposición final, es posible obtener una reducción en la tarifa de aseo de aproximadamente 45,34%.

Figura 4. Ejemplo de resultados



El modelo del escenario GIRSOR también permitió plantear un análisis de flujo de efectivo para cada vivienda dentro de la vivienda multifamiliar que se adhiera al plan. Este análisis dio como resultado que una vez el plan GIRSOR se lleve a cabo, la vivienda podrá tener un valor presente neto promedio de \$29.626.050 con una inversión de \$5.593.481. En cuanto al análisis ASSIPAC, se identificó que el proyecto tiene un alcance limitado, lo cual hace que se descuiden aspectos tales como la integración a través de diferentes sectores, el aseguramiento de generaciones futuras y el empoderamiento de diferentes agentes involucrados en el proceso. A pesar de lo anterior, el hecho de que GIRSOR centre sus esfuerzos en desarrollar un plan que permita manejar de manera íntegra los residuos orgánicos residenciales generados en las viviendas multifamiliares, le da paso a demás consecuencias favorables tales como: generación de nuevos empleos, dignificación de los encargados del proceso de aseo a nivel urbano, asociación y cooperación entre los habitantes de las viviendas y los encargados del aseo, diversificación de la economía y disminución del impacto ocasionado por la acumulación de residuos orgánicos en la disposición final. Es así como se ve en la iniciativa un gran potencial de explotación en cuanto a la integración con el desarrollo sostenible: abarcando aspectos sociales, económicos y ambientales. La apertura del alcance de GIRSOR con el fin de poder abarcar más viviendas, traería consigo una mejor sincronización con la sostenibilidad de la sociedad.

4. Referencias

Artículos de revistas

- Cervantes Torre-Marín, Sosa Granados G., Rodríguez Herrera R. y Robles Martínez F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. Artículo de divulgación. Ingeniería 13-1, pp. 63-70.
- Hoornweg, D. and Bhada-Tata P. (2012). What a waste. Urban Development Series, Vol. 15, pp. 8-32.

Libros

- Ávila, N. (2017). Principales normas ambientales colombianas. Universidad EAN, Bogotá D.C.

Fuentes electrónicas

- Departamento Administrativo de Planeación Municipal. (2014). Revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial de Santiago de Cali. Consultado el 5 de abril de 2017 en: <http://www.cali.gov.co/descargar.php?idFile=8155>
- Departamento Administrativo de Planeación Municipal. (2015). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Santiago de Cali. Santiago de Cali. Consultado el 25 de febrero de 2017 en: <http://www.cali.gov.co/documentos/413/documentos-actualizacion-pgirs/>
- Maldonado, M. y Rincón, M. (2015). Acerca de los motivos para vivir en espacios residenciales multifamiliares. PROSPECTIVA. Consultado el 20 de marzo de 2017 en: <http://sociedadyeconomia.univalle.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/3217>
- Marmolejo, L., Torres, P., Oviedo, E., Bedoya, D., Amezcua, C., Klinger, R. y Díaz, L. (2009). Flujo de residuos. Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos municipales. Ingeniería y Competitividad. Consultado el 4 de abril de 2017 en: <http://www.redalyc.org/pdf/2913/291323541009.pdf>.
- Osorio, E. (2016). Valoración costo-beneficio, del manejo integral de los residuos sólidos, aplicable a conjuntos residenciales en la ciudad de Cali. Tesis de economía, Facultad de economía, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Consultado el 5 de junio de 2017 en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/9262/1/0534156-P-E-2016-1.pdf>
- Páez, A. (2003). El método ASSIPAC de Evaluación de la Sostenibilidad. Revista Mad. No.9. Departamento de Antropología, Universidad de Chile. Consultado el 1 de junio de 2017 en: <http://www.facso.uchile.cl/publicaciones/mad/09/paper03.pdf>.
- Sakurai, K. (s.f.). MÉTODO SENCILLO DEL ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS. CEPIS/OPS. Consultado el 28 de mayo de 2017 en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>.
- Universidad del Valle. (s.f.). Proyecto Cali Visión 2036: tendencias eje desarrollo territorial. Universidad del Valle, Cali. Consultado el 8 de abril de 2017 en: <http://www.cali.gov.co/descargar.php?id=30616>
- Vergara, S and Tchobanoglous, G. (2012). Municipal solid waste and the environment: a global perspective. Annual Review of Environment and Resources. Consultado el 30 de marzo de 2017 en: doi: 10.1146/annurev-environ-050511-122532.

Sobre los autores

- **Christian Andrés Guevara Cárdenas**, Estudiante de Ingeniería Industrial, décimo semestre. Pontificia Universidad Javeriana, Santiago de Cali. cristhiang26@javerianacali.edu.co
- **Daniela Holguín Noreña**, Estudiante de Ingeniería Industrial, décimo semestre.

- Pontificia Universidad Javeriana, Santiago de Cali. daniela123@javerianacali.edu.co
- **Carlos Horacio Mesías Suárez**, Estudiante de Ingeniería Industrial, décimo semestre. Pontificia Universidad Javeriana, Santiago de Cali. mesi2103@hotmail.com
 - **Estefany Rey Becerra**, Ingeniera Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Máster en Ingeniería y Gestión del Politecnico di Milano. Profesora Instructor Pontificia Universidad Javeriana Cali. estefany.rey@javerianacali.edu.co
-

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)