

GESTIÓN LOGÍSTICA Y OPERACIONAL DE LA UNIDAD DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

LOGISTICS AND OPERATIONAL MANAGEMENT OF RECYCLING OF CONSTRUCTION WASTE AND DEMOLITION

Álvaro Chávez Porras^{1,*}, Nataly Lorena Guarín Cortés¹

RESUMEN

La escasez de las reservas de recursos naturales e impactos medioambientales causados por los procesos de desarrollo, con el crecimiento demográfico y la industrialización de las grandes ciudades, conllevan a una reforma en la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición –RCD (enfocándose en su reducción, reutilización y reciclaje, permitiendo su aprovechamiento y valorización). Esta problemática concibe una baja en el suministro de materias primas de productos naturales que actualmente se maneja en una tasa anual de 6000 kg/hab, a nivel mundial; acrecentando sus costos y menguando los ecosistemas. La reincorporación de los “agregados reciclados” en el sector ha evolucionado favorablemente, imperando la necesidad de desarrollar instrumentos que incentiven su uso, promoviendo el “Desarrollo Sostenible”. Se generan RCD, en países desarrollados como Japón, Dinamarca, España y Holanda en cantidades aproximadas de 0,52 y 0,76 m³/hab/año. Para el caso de Colombia, en urbes como Bogotá D.C., se reflejan valores de aproximadamente 15158798 m³/año. En el presente estudio se realizó un diagnóstico en la ciudad de Bogotá, identificando el volumen generado, para establecer la disponibilidad de materia prima para la Unidad de Reciclaje. Utilizando un modelo de ruteo y programación, se estableció la posible ruta que minimizó la distancia recorrida. Adicionalmente, se implantó una distribución en planta básica potencial, para finalmente concluir con el planteamiento de un modelo de gestión que impondrá valor agregado a partir de la recolección y reciclaje de los residuos generados. Se diseñó el proceso de transformación, especificando las tecnologías básicas necesarias para su operación. Concluyendo en una estrategia apropiada, en la misión de dar valor agregado a los RCD.

Palabras Clave: Unidad Piloto, reciclaje, logística, escombros, Bogotá D.C.

ABSTRACT

The shortage of reserves of natural resources and environmental impacts caused by the processes of development, with population growth and industrialization of large cities, leading to a reform of the management of Construction and Demolition Wastes –CDW (focusing on their reduction, reuse and recycling, allowing their use and recovery). This issue sees a diminution in the supply of raw materials from natural products which are currently handled at an annual

¹Programa de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación Producción, Innovación y Tecnología, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia. grupopit@unimilitar.edu.co

*Autor para correspondencia: alvaro.chavez@unimilitar.edu.co

rate of 6000 kg per capita, at the global level; increasing costs and dwindling ecosystems. The reinstatement of the “recycled aggregates” in the sector has evolved favorably, prevail the need to develop tools that encourage their use, promoting the “Sustainable Development”. RCD are generated in developed countries such as Japan, Denmark, Spain and the Netherlands in approximate amounts of 0,52 and 0,76 m³/inhab/year. The situation in cities such as Bogotá D.C., Colombia, reflects values of about 15158798 m³/year. In this study, a diagnosis was made in the city of Bogotá, identifying the volume generated to establish the availability of raw material for Recycling Unit. Using a model of routing and scheduling, the possible route that minimized the distance was established. Additionally, it was introduced a potential basic distribution plant to finally conclude with the approach of a management model that impose value added from the collection and recycling of waste generated. The transformation process was designed, specifying the basic technologies necessary for its operation. Concluding with an appropriate strategy in the mission of adding value to the CDW.

Keywords: Pilot Unit, recycling, logistics, debris, Bogotá D.C.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción civil utiliza gran variedad y cantidad de productos naturales, en tasas anuales de aproximadamente 6000 kg/hab a nivel mundial; a su vez genera gran cantidad de residuos debido a los procesos propios de edificación o demolición. Algunos estudios afirman que en los países desarrollados los “Residuos de Construcción y Demolición – RCD” son una gran fuente de desechos, con valores aproximados entre 520 y 760 kg/hab/año; constituyéndose aproximadamente el 60% de la cantidad total de los residuos generados a nivel global. Generalmente estos van a parar a vertederos clandestinos como terrenos baldíos o rellenos sanitarios, causando impactos negativos en las áreas ecológicas. (Romero, 2007; Domínguez *et al*, 2004a; Chávez, 2007)

Actualmente, debido al crecimiento demográfico y la industrialización de las grandes ciudades, existe la preocupación a nivel global dirigida a la protección de los recursos naturales, mediante políticas regidas al diseño de estrategias y acciones preventivas encaminadas a la promoción del “Desarrollo Sostenible”. Lo que hace necesario una reforma en la gestión de toda clase de residuos, buscando su aprovechamiento y valorización, concretamente a través de la reducción, reutilización y reciclaje.

El reciclaje de RCD es una actividad cada vez más consolidada y estimulada por varios países como Japón, Holanda, Dinamarca, Austria, Suiza, Alemania y España, que disponen de leyes exigiendo el uso de materiales reciclados en la construcción. El uso de los agregados reciclados se ha venido incrementando notablemente en los últimos años debido a que se ha comprendido su importancia económica y ecológica. Igualmente, se ve reflejado en la creación de comités como el de la Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayos e Investigación sobre los Materiales y las Construcciones - RILEM y el *European Demolition Association* - EDA con la intención de crear y promover, estrategias y normas, para la utilización de este tipo de agregados. (Domínguez *et al.*, 2004a; Domínguez *et al*, 2004b).

La problemática en las urbes ha impulsado propuestas de implementación de algunos programas piloto en la gestión de residuos, incluyendo, aunque en menor medida, los RCD; con fines estratégicos para la conservación de los ecosistemas. Evitando la escasez de las reservas de recursos naturales e impactos medioambientales causados por los procesos de desarrollo.

No obstante, para el caso de Bogotá D.C., Colombia, se manifiesta una insipiente organización y control respecto al actual manejo. Lo que genera impactos negativos socioambientales y económicos, como disminución en el abastecimiento de materias primas de origen natural, obstaculización en la movilidad, obstrucción de los sistemas de alcantarillado, aumento en costos de mantenimiento, probabilidades de inundación, disminución en la vida útil de los rellenos sanitarios legalmente propuestos y alteración en las características ecosistémicas de los humedales y otros cuerpos de agua de la región, entre otros (Prieto & Alonso, 2007).

Por lo anterior, este estudio propone el diseño y la implementación de un modelo de productividad logístico y operacional, reflejado en una planta o **“Unidad de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición en Bogotá D.C.”**, que permita considerar los RCD como potencial materia prima de reincorporación a las cadenas productivas, para la obtención de agregados reciclados. Para su ejecución se propone disponer del predio Buenos Aires, un terreno existente en la Ciudad, ubicado a un costado del Relleno Sanitario de Doña Juana, destinado por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP, como posible centro de recuperación de escombros.

Los objetivos logrados, fueron la cuantificación de la materia prima o medición de la generada en la Ciudad por los diferentes proveedores urbanos de RCD (domiciliarios e industriales). También, la concepción de un modelo de recolección en la etapa primaria de implementación, con rutas de acopio o abastecimiento; apoyado en planes de ruteo y sistemas computacionales como WinQSB. Así mismo, se desarrolló el diseño del proceso de transformación en reciclados, especificando las tecnologías necesarias para su operación; junto con el diseño de planta básico funcional. Concluyéndose así, el generar valor agregado a los RCD.

METODOLOGÍA

En primera instancia se obtuvo una visión del panorama de los RCD en la Ciudad; una vez estructurada se realizó un diagnóstico, identificando el volumen generado, para establecer la disponibilidad de materia prima para la Unidad.

Se realizó la cuantificación y análisis de la composición física, en especial los generados en las localidades de Tunjuelito, Ciudad Bolívar, Bosa, Kennedy y Usme; que constituye el área de influencia del predio Buenos Aires, destinado por la UAESP, como posible centro de recuperación de escombros. Con el fin de obtener un pilotaje que permita definir los procesos a realizar. La cuantificación se obtuvo con datos suministrados por la Secretaria Distrital de Ambiente – SDA (2012) y la UAESP (2009).

Para la recolección y ruteo óptimo, en las cinco localidades, se eligió un punto central, ubicado por medio de la herramienta *Web Google Earth*, donde se simuló la recolección temporal de los RCD. Utilizando un modelo de ruteo y programación, además del software WinQSB, se resolvió el problema de optimización, estableciendo la posible ruta que minimizó la distancia recorrida, para transportar la cantidad objetivo al centro de acopio, representado por la Unidad.

Se procedió con la estructuración o diseño del método logístico y operacional; primeramente con la identificación de las tecnologías para su operación, teniendo en cuenta diferentes aspectos como tipo y capacidad de las máquinas y equipos a usar. Luego, se diseñó el sistema productivo, que consistió en la descripción de las operaciones a realizar y su respectivo mapa de procesos.

Para el montaje y operatividad de la Unidad, se propusieron tres fases. Secuencialmente se realizó una distribución en planta básica potencial, adoptando las particularidades del predio predestinado para este proyecto.

Finalmente y a partir de este diseño, se concibió un modelo de gestión que generará valor agregado a partir de la recolección y reciclaje de los producidos; cumpliendo con características competitivas y técnicas, en el mercado de la construcción civil de la región.

Gestión logística y operativa para el reciclaje de RCD en Bogotá D.C.

Generalidades

El problema ambiental que plantean los RCD se deriva del creciente volumen de generación y su inadecuado tratamiento; hoy en día insatisfactorio en la mayor parte de los casos. Apoyado en la insuficiente prevención de su producción en origen, la escasa reutilización y reciclaje de los que se generan (Martínez, 2012).

Estos son residuos inertes, constituidos básicamente por tierras, agregados mezclados, piedras, concreto, ladrillos, cristales, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, plásticos, yesos, metales, vidrios, maderas y todos los desechos generados en las actividades propias de construcción, remodelación, rehabilitación, reformas, demolición y mantenimiento de infraestructuras civiles (COAMBIENTE, 2009).

En las plantas de tratamiento y reciclaje existentes, hasta el 80% de los RCD admitidos pueden ser sometidos al proceso de valorización. La tecnología a utilizar supone una primera etapa de preclasificación de materiales, trituración y clasificación final del producto de salida. El objetivo es obtener un producto similar a los agregados que se comercializan y que son la materia prima del sector de la construcción (Bravo, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la ciudad de Bogotá D.C., Colombia, según proyecciones realizadas con datos de la UAESP (2009), se analizó el problema, obteniendo un diagnóstico de la situación actual, identificando y cuantificando el volumen generado. Para lo cual se utilizó la proyección de la cantidad según fuentes de generación para el año 2013, con una tasa de crecimiento de 7% anual en promedio, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Volumen de Escombros Generados en la ciudad de Bogotá, según proyecciones realizadas con datos de la UAESP para el año 2013.

| GENERADOR | CANTIDAD | UNIDADES |
|------------------|-----------------|---------------------------|
| Sector Privado | 8438818 | m ³ |
| Sector Público | 6517019 | m ³ |
| Clandestinos* | 202961 | m ³ |
| Total | 15158798 | m³ /año |

Fuente: UAESP. (2009).

*Secretaría Distrital de Hábitat (2008).

Con una cantidad total de RCD de 15158798 m³/año (UAESP, 2009), se obtiene un volumen promedio de 41530 m³/día. Según el área de influencia de la zona y los puntos de generación, se trazó como objetivo inicial la gestión de la cantidad diaria del 34,4%, representado por el valor generado por las cinco localidades aledañas al predio que generan mayor cantidad de escombros (Tunjuelito, Ciudad Bolívar, Bosa, Kennedy y Usme), para un total de 14286 m³/día.

Al analizar la composición de los RCD (Chávez, 2009), se observa que la mayor parte son reciclables; concluyéndose para el proyecto, que un 61% es objetivo para la Unidad Piloto, lo

que reduce el volumen a tratar a 8715 m³ /día.

El proyecto se presenta propuesto en tres fases de implementación para lograr la cobertura total. Iniciando con el procesamiento del 15% del objetivo descrito en la Fase I con 1.200 m³/ día; cobertura del 40% en la Fase II con 3480 m³ /día; y totalizando el 100% en la Fase III con 8715 m³ /día. Aclarando que este documento se enfatiza en la descripción de los procesos para la Fase I.

Para ésta (Fase I), se propone el diseño de un proceso de separación, clasificación, triturado y cribado que permita obtener los materiales con valor agregado; basado en una línea de producción que describe el conjunto de las operaciones básicas como se observa en la figura 1.

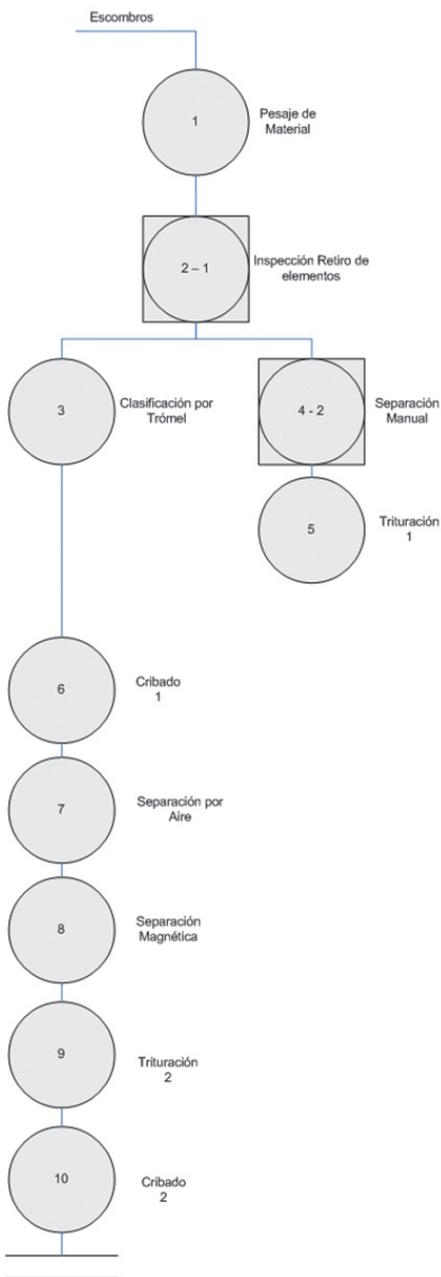


Figura 1. Diagrama de operaciones básicas de la Unidad.

En esta se contará con la instalación de dos “Plantas Móviles” con sus respectivas máquinas (METSO, 2010), lo que permite presentar una “Capacidad Máxima” y una “Capacidad Utilizada”, según la etapa de operación (mostrada en la tabla 2).

Tabla 2. Capacidad de Producción Fase I

| FASE I | |
|--------------------------|--------------------------|
| PLANTA MÓVIL 1 | MÁQUINA 1 |
| CAPACIDAD MÁXIMA | 450 t/h |
| CAPACIDAD UTILIZADA | 33,3% |
| PLANTA MÓVIL 2 | MÁQUINA 1 |
| CAPACIDAD MÁXIMA | 400 t/h |
| CAPACIDAD UTILIZADA | 37% |
| CANTIDAD A TRATAR | 150 m ³ /h |
| CANTIDAD A TRATAR | 1200 m ³ /día |

El proceso de recolección inicia en el centro de acopio, de donde salen las volquetas con capacidad de 14 m³ (disponibilidad comercial) recorriendo las 5 localidades (ubicadas en la herramienta *Web Google Earth*), como se observa en la figura 2. Así mismo se designa la ruta desde el predio hacia los diferentes puntos, obteniendo una distancia y tiempos aproximados, mostrados en la tabla 3.

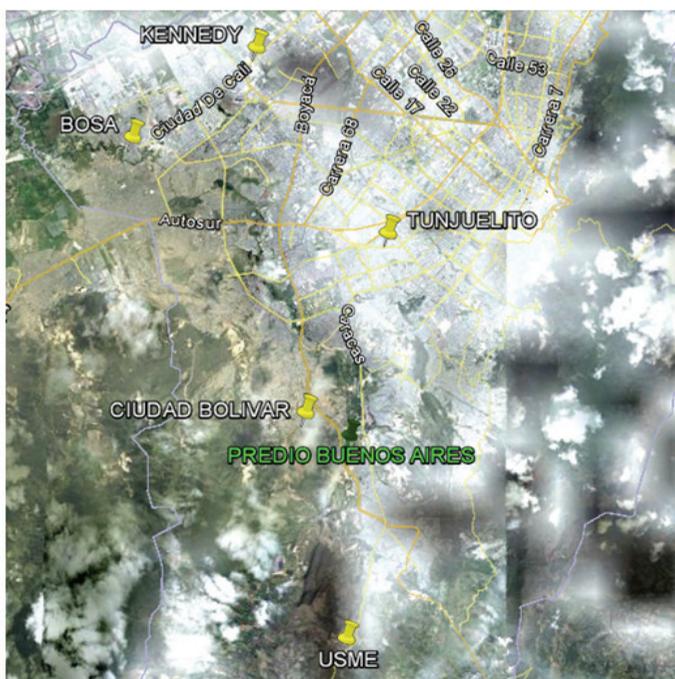


Figura 2. Localidades del área de Influencia y Ubicación del predio Buenos Aires.

Tabla 3. Distancias y Tiempos desde y hacia el centro de acopio (Predio)

| LOCALIDAD | DISTANCIA MEDIA HACIA EL PREDIO (km) | TIEMPO MEDIO AL PREDIO (min) | PORCENTAJE RECOLECTADO | CANTIDAD FASE I (m ³) |
|----------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| TUNJUELITO | 7,3 | 16 | 5,3% | 63,2 |
| CIUDAD BOLÍVAR | 2,5 | 8 | 24,3% | 291,9 |
| BOSA | 13,5 | 26 | 16,4% | 196,5 |
| KENNEDY | 14,5 | 26 | 42,1% | 505,3 |
| USME | 10,8 | 25 | 11,9% | 143,2 |
| TOTAL | | | 1200 | 1200 |

Según Daza, Montoya & Narducci (2009), para un modelo de ruteo de vehículos, que pretende minimizar las distancias, representado por la ecuación (1), con sus respectivas restricciones simbolizadas en las Ecuaciones (2) a (7), se tienen las siguientes variables:

Q = Capacidad de cada vehículo (14 m³)

V = {V₀, V₁, V₂, V₃ ... V_n} Conjunto de localidades a visitar (n=5)

V₀ = Centro de Acopio (Unidad)

C_{ij} = Distancia de la ciudad **i** a la ciudad **j**

X_{ij} = $\begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ si el arco (i, j) está dentro del recorrido

k = Número de vehículos de la flota (20)

Dt = Mínima demanda a satisfacer (1200 m³)

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1, \forall j \in V \setminus \{0\} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n C_{ij} = 1, \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i0} = k \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{0j} = k \quad (5)$$

$$\sum_{i \notin S} \sum_{j \in S} X_{ij} \geq r(S), \forall S \subset V \setminus \{0\}, S \neq \phi \quad (6)$$

$$X_{ij} \in \{1,0\}, \forall i, j \in V \quad (7)$$

Complementando datos, para el problema del transporte, con los valores presentados en la tabla 4 y tabla 5, utilizando un modelo de ruteo y el software de implementación de algoritmos matemáticos WinQSB, se permitió resolver estableciendo la ruta que minimiza la distancia a recorrer (Figura 3).

Tabla 4. Datos Complementarios para el problema de transporte

| DISTANCIA (km) | CIUDAD | | | | | |
|----------------|-----------------|---------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| | UNIDAD (Nodo 1) | TUNJUELITO (Nodo 2) | KENNEDY (Nodo 3) | BOSA (Nodo 4) | BOLIVAR (Nodo 5) | USME (Nodo 6) |
| UNIDAD | 0 | 7,3 | 14,5 | 13,5 | 2,5 | 10,8 |
| TUNJUELITO | | 0 | 11,2 | 10,6 | 12,2 | 20,4 |
| KENNEDY | | | 0 | 5,2 | 14,6 | 22,9 |
| BOSA | | | | 0 | 14,1 | 22,3 |
| CIUDAD BOLÍVAR | | | | | 0 | 10,4 |
| USME | | | | | | 0 |

Tabla 5. Número de volquetas para cada localidad.

| Número de Volquetas | CIUDAD | | | | | |
|---------------------------------------|--------|------------|---------|------|---------|------|
| | UNIDAD | TUNJUELITO | KENNEDY | BOSA | BOLÍVAR | USME |
| UNIDAD | 0 | 4 | 20 | 14 | 20 | 10 |
| Faltante por rutear (m ³) | | 0,52 | 225,30 | 0,36 | 11,90 | 0,23 |
| Número de volquetas | | 1 | 17 | 1* | 1 | 1* |

*La misma volqueta, completando las 20 volquetas disponibles.

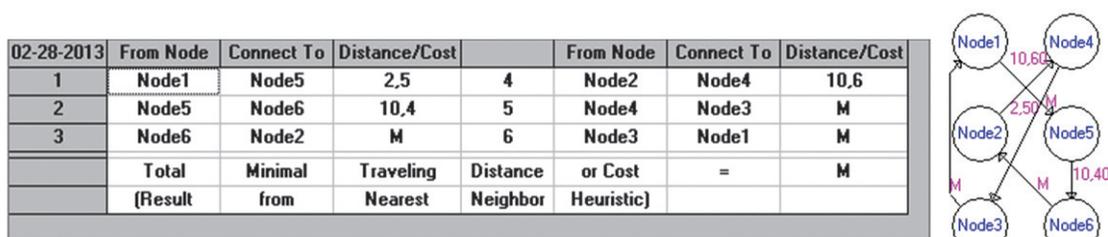


Figura 3. Solución al problema de Ruteo (WinQSB). Ruta que minimiza la distancia: Unidad - Ciudad Bolívar - Usme - Tunjuelito - Bosa - Kennedy - Unidad.

Por otro lado, atendiendo a los principios de “Manufactura Esbelta” y “Producción en Línea” se realiza la organización espacial del diseño de planta, como se observa en la figura 4; siguiendo la configuración del flujo de material. Además se diseñan áreas de circulación, carga y descarga de volquetas, almacenaje, entre otras. Para el caso, el almacenamiento inicial se realiza de forma diferenciada, según el tipo (concreto, cerámicos, asfaltos, etc.), para garantizar la calidad del producto a obtener (Burrarena, 2008).

Gestión Operacional - Proceso Productivo

A continuación se describen las principales operaciones que conformaron el sistema productivo de la Unidad, las cuales justifican el diseño de la planta de acuerdo al flujo de material (Burrarena, 2008; Daza *et al.*, 2009; Euroestudios - Ingenieros de Consulta, 2006; Gabinete de Estudios Ambientales y Agronómicos - G.A. Ingenieros, 2009; GEDESMA, s.f; Serrano & Acosta, 2009; Taberner, 2008).

Recepción del Material y Basculación.- para el ingreso se recomienda una vía de doble sentido de 8,5 m de ancho (dato comercial) - para la Fase I, se contará con una flota de 20 vehículos con tonelaje de 14 m³ (los de mayor capacidad) con el fin de alcanzar la gestión de recolección diaria de 1200 m³/día. El área propuesta de almacenamiento inicial es de 3000 m² para acumular aproximadamente 6000 m³ contando con la demanda diaria y una holgura de hasta 5 días de acopio por cualquier imprevisto.

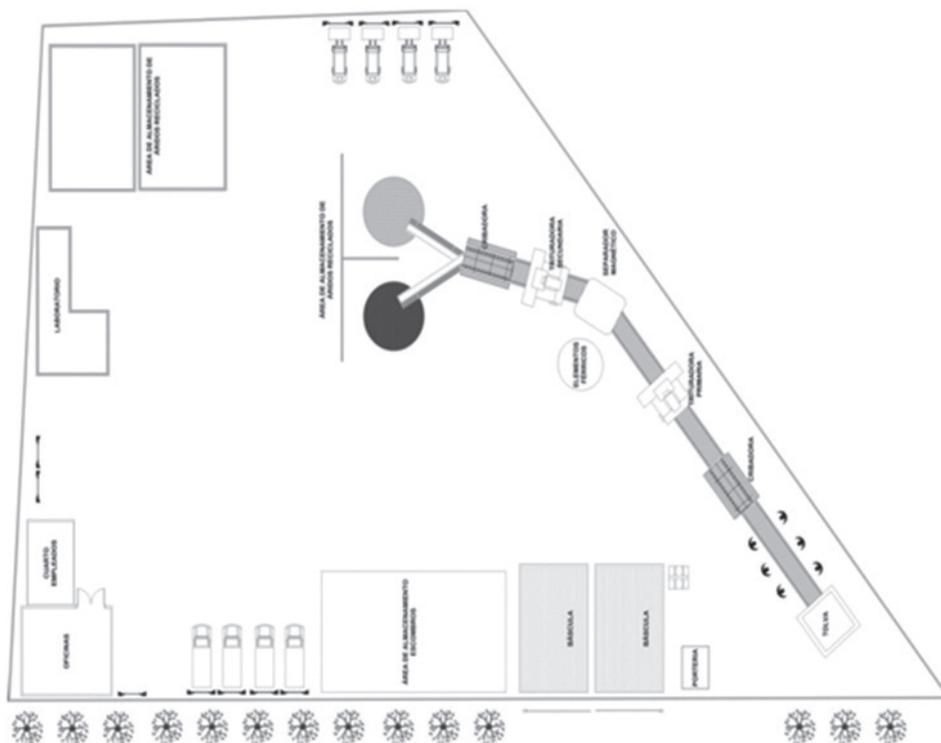


Figura 4. Distribución de planta inicial, teniendo en cuenta la secuencia del proceso.

Para conocer las dimensiones óptimas del área de recepción de material o patio de maniobras y suponiendo una relación de los lados 2:1, se utilizó la Ecuación Áurea de la Arquitectura –Ecuación 8. (Palacio, 2011)

$$Ancho_1 = \sqrt{\frac{3000 \text{ m}^2}{2}} = 38,7 \approx 40 \text{ m} \quad (8)$$

Por lo tanto el lado 2, longitud sería dos veces la cantidad obtenida para el ancho, es decir un total de 80 m. Una vez determinadas las dimensiones del patio de maniobras, el número de muelles se determinó por el modelo de “Planeación de la Zona con Puerta Trasera”. Luego se propone incluir en el área 7 muelles, resultado del análisis de las siguientes variables: distancia entre los centros de las volquetas de 4,0 m, con un ancho total de 29,4 m y un largo total de 18,5 m (Palacio, 2011).

- Control: El material descargado es inspeccionado visualmente, observando que no existan elementos que contaminen el proceso.

- Clasificación primaria: Se obtienen materiales como metales, maderas, plásticos, compuestos orgánicos, elementos visibles, entre otros; los cuales son depositados en acopios adecuados para cada tipo.
- Cribado o clasificación por granulométrica: La clasificación granulométrica se realiza con equipos de cribado que separan las partículas grandes de las pequeñas, por medio del movimiento a través de unas mallas o láminas perforadas. Este proceso se complementa con el transporte de material de diferente granulometría a través de las bandas mecánicas.
- Operaciones de trituración primaria: Se elige una trituradora comercial de Mandíbulas, ya que posee capacidad de entrada de elementos voluminosos. Las partículas que tienen una granulometría > 35 mm luego de ser trituradas, siguen con las operaciones de separación magnética y neumática.
- Clasificación neumática: Se retiran elementos de baja densidad que aún están contenidos dificultando el proceso.
- Separación magnética: Utilizando un electroimán se retiran los elementos metálicos valorizables presentes en esta etapa del proceso productivo.
- Operaciones de trituración secundaria.- Con una trituradora comercial de Impacto que dispone de un rotor provisto de barras, reduce el tamaño del material en una relación muy alta con respecto a la alimentación; el material > 35 mm es sometido nuevamente a un proceso de pulverización para obtener fracciones más finas que al ser cribadas nuevamente, se obtiene como producto final agregados reciclados con granulometrías de <10 mm, que comercialmente se conocen como agregados finos.

CONCLUSIONES

Los objetivos logrados, fueron la cuantificación de la materia prima o medición de la generada en la Ciudad por los diferentes proveedores urbanos de RCD (domiciliarios e industriales). Al analizar la composición de los RCD se observó que la mayor parte son reciclables; concluyéndose que un 61% es objetivo para la Unidad Piloto. La magnitud del proyecto permite proponer tres fases de diseño para lograr la cobertura total. Iniciando con el procesamiento del 15% del objetivo en la Fase I con $1200 \text{ m}^3 / \text{día}$; cobertura del 40% en la Fase II con $3480 \text{ m}^3 / \text{día}$; y totalizando el 100% en la Fase III con $8715 \text{ m}^3 / \text{día}$, teniendo en cuenta la capacidad de las tecnologías disponibles en el mercado.

Se concibe un modelo de recolección en la etapa primaria de implementación, con rutas de acopio o abastecimiento; apoyado en planes de ruteo y sistemas computacionales como WinQSB. Éste, iniciaría en el centro de acopio, de donde salen las volquetas con capacidad de 14 m^3 (disponibilidad comercial) recorriendo las 5 localidades. Se obtuvo la ruta que minimiza la distancia recorrida, teniendo en cuenta variables como Tiempo Medio, Distancia Media y Cantidad generada por Localidad: Unidad - Ciudad Bolívar - Usme - Tunjuelito - Bosa - Kennedy – Unidad, razón por la cual se concluye que el modelo de enrutamiento es aplicable a la solución de este problema, mediante la correcta identificación de variables.

Se propone el diseño de un proceso de separación, clasificación, triturado y cribado, en unalínea de producción que permite obtener materiales reciclados y valorizables, especificando las tecnologías básicas necesarias para su operación; proponiendo el diseño y la implementación de un modelo de productividad logístico y operacional, reflejado en un diseño de planta básico funcional. Además, se generó un modelo de recolección en la I Fase de implementación.

Concluyéndose que esta Unidad Piloto es apropiada para Bogotá en la misión de dar valor agregado a los RCDA partir de la recolección y reciclaje de los residuos generados.

REFERENCIAS

Asesorías y Consultorías Técnicas y Ambientales – COAMBIENTE. Gestión Integral de Escombros Anteproyecto para la Gestión Integral de los RC&D en el Distrito Capital – Bogotá. Colombia, 2009. 121 p.

Biurrarena. Planta de reciclaje de RCD mezclados y muy mezclados Ecovert, en la comarca del Bajo Cinca (Huesca) [Reportaje]. España, 2008.

BRAVO, F. Reciclado y reutilizo de Residuos de Construcción y Demolición, una herramienta para el desarrollo económico local [en línea]. Secretaría Internacional IDEASS. México, 2010. <<http://www.ideassonline.org/public/pdf/RCDDocumentEsp.pdf>>[Consulta: Enero de 2013]

CHÁVEZ, Á. Uso de lodo de estación para tratamiento de agua y agregado reciclado para la fabricación de elementos de albañilería [tesis doctoral]. Campinas, Brasil: Universidad Estatal de Campinas, 2007. Ingeniería Civil.

CHÁVEZ, Álvaro. Determinación de propiedades físico-químicas de los materiales agregados en muestra de escombros en la ciudad de Bogotá D.C. Revista Ingenierías. Universidad de Medellín. Colombia, 2009. vol. 12. no. 22. p. 45-56.

DAZA, J., MONTROYA, J., and NARDUCCI, F. Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento meta heurístico de dos fases. Revista EIA. Antioquia – Medellín. Colombia, 2009. no.12. p. 23 – 38.

DOMÍNGUEZ, J., MARTÍNEZ, E., and VILLANUEVA, V. Caracterización físico-química de agregados reciclados. Revista Tecnología y Construcción. Universidad Central de Venezuela. Venezuela, 2004a. vol. 20.

DOMÍNGUEZ, J., MARTÍNEZ, E., and VILLANUEVA, V. Elementos constructivos aplicables a viviendas de interés social fabricados con áridos reciclados. Revista Ingeniería de Construcción. 2004b. vol. 19. No. 1.

Euroestudios - Ingenieros de Consulta. Planta de Tratamiento de RCD en Arganda Del Rey. Arganda del rey, Madrid. España, 2006.

Gabinete de Estudios Ambientales y Agronómicos - G.A. Ingenieros. Proyecto de planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición en Burgohondo. España, 2009.

Gestión y Desarrollo del Medio Ambiente de Madrid – GEDESMA. Complejo de Tratamiento Integrado de Residuos de Construcción y Demolición de Navalcarnero. Madrid. España.

MARTÍNEZ, C. Gestión de residuos de construcción y demolición (RCDS): importancia de la recogida para optimizar su posterior valorización. En: 9° Congreso Nacional del Medio Ambiente, Cumbre del Desarrollo Sostenible. Comunicación Técnica. 2012. 30 p.

METSO. Plantas móviles de trituración Serie Lokotrack para contratistas. Folleto 1127-06-10-ESBL/Tampere-Español. Finlandia, 2010.

PALACIO, O. Diseño de Naves de Almacenamiento. Zona de Carga y Descarga - Muelles. Notas de Clase. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia, 2011.

PRIETO, F., and ALONSO, J. Reciclaje de escombros de la construcción: Una alternativa ecológica para México. Revista AIDIS ARGENTINA. Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Argentina, 2007. vol. 93. p. 93-101.

ROMERO, E. Residuos de Construcción y Demolición, Máster Ingeniería Ambiental. Universidad de Huelva. España, 2007.

Secretaria Distrital de Ambiente - Alcaldía Mayor de Bogotá. Guía Ambiental para el Manejo Integral de Escombros en la Ciudad de Bogotá, Colombia. Colombia, 2012.

SERRANO, M., and ACOSTA, M. Evaluación económica de una microempresa de reciclaje de escombros. En: II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. (Barranquilla, 24 y 25 de septiembre de 2009). Colombia, 2009. 9 p.

Tabernero, J.A. Planta de Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición de Gardelegui. 1º Congreso Local: Empresas y Medio Ambiente, Miranda de Ebro. España, 2008.

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP. Diagnóstico del Manejo Integral de Escombros en Bogotá Distrito Capital. Bogotá D.C. Colombia, 2009.