

**DIAGNÓSTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE FLORIDABLANCA A
PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA MEDIANTE EL MÉTODO
DE ANÁLISIS POR MUESTREO ESTADÍSTICO**

AQUIMÍN DAVID AMAYA RAMÍREZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2015**

**DIAGNÓSTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE FLORIDABLANCA A
PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA MEDIANTE EL MÉTODO
DE ANÁLISIS POR MUESTREO ESTADÍSTICO**

AQUIMIN DAVID AMAYA RAMÍREZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para
optar por el título de Ingeniero Químico**

Director

DUBAN FABIÁN GARCÍA NAVAS

Ing. Químico

Codirector

JUAN AGUSTÍN GUALDRÓN

Mag. Desarrollo Rural

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y fortaleza para poder cumplir mis metas y sueños.

A mis padres Aquimin Amaya y Zulma Ramírez, por brindarme todo su amor y cariño durante cada día de mi vida, por sus valiosos consejos que me han ayudado siempre a ser una buena persona, por sus apoyo incondicional y creer siempre en mí. Espero que sea el primero de muchas alegrías que quiero regalarles.

A toda mi familia por apoyarme y confiar en mí.

A mis amigos de la universidad, especialmente a Erika Lorena, Astrid Nayibe y Susan Stefanny quienes me ofrecieron una buena amistad y con las que pasé buenos momentos.

Aquimin David

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi gratitud a todos los que hicieron posibles el desarrollo de este trabajo, en especial a:

Ingeniero Químico Duban Fabián García Navas, Ingeniero Químico, director del proyecto, por sus aportes y orientación.

Dir. Ejecutivo Juan Agustín Gualdrón, co-director del proyecto, por su gran colaboración, orientación, y amistad brindada durante este tiempo.

A la escuela de Ingeniería Química (UIS) y a toda su planta de profesionales en la contribución de mi crecimiento profesional.

A la universidad Industrial de Santander por permitirme mi formación profesional.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 16 |
| 1.1 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS A NIVEL MUNDIAL | 16 |
| 1.2 INFORMACIÓN GENERAL | 17 |
| 2. METODOLOGÍA | 19 |
| 2.1 PLAN DE MUESTREO PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO | 19 |
| 2.1.1 Población de estudio | 19 |
| 2.1.2 Diseño muestral | 19 |
| 2.1.3 Tamaño de la muestra | 20 |
| 3. RESULTADOS | 22 |
| 3.1 PROYECCIONES DE POBLACIÓN Y PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS | 22 |
| 3.1.1 Proyección generación de residuos sólidos domiciliarios | 23 |
| 3.1.2 Población por usuario del servicio | 24 |
| 3.1.3 Residuos sólidos no domiciliarios | 24 |
| 3.1.4 Residuos sólidos generados en el municipio de Floridablanca | 24 |
| 3.1.5 Producción por usuario (PPU) para el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios | 26 |
| 3.1.6 Producción Per Cápita (PPC) | 26 |
| 3.1.7 Proyección de residuos sólidos domiciliarios generados | 27 |
| 3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS RESIDUOS | 29 |
| 3.2.1 Caracterización física | 30 |
| 3.2.2 Caracterización físico química | 30 |
| 3.2.3 Análisis sobre el peso total | 30 |
| 3.2.4 Determinación de la densidad | 31 |
| 3.2.5 Determinación del contenido de humedad | 31 |
| 3.3 PODERES CALORÍFICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS | 35 |
| 4. CONCLUSIONES | 40 |

| | |
|----------------------------|----|
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 41 |
| BIBLIOGRAFÍA | 44 |
| ANEXOS | 47 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Empresas del servicio de aseo del municipio de Floridablanca | 25 |
| Tabla 2. Valores de PPU Ajustados, según desviación estándar | 26 |
| Tabla 3. Toneladas de residuos por empresa de aseo en el municipio de Floridablanca | 32 |
| Tabla 4. Características fisicoquímicas de los residuos sólidos municipio de Floridablanca | 34 |
| Tabla 5. Composición de residuos de Floridablanca | 34 |
| Tabla 6. Poderes caloríficos de los residuos sólidos | 36 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Ubicación geográfica de Floridablanca | 18 |
| Figura 2. Proyección de Población Total 2009 – 2020 | 22 |
| Figura 3. Proyección Población Cabecera Municipal 2020 | 23 |
| Figura 4. Residuos recolectados por operador de Floridablanca | 25 |
| Figura 5. Proyección de generación de residuos cabecera municipal | 27 |
| Figura 6. Proyección de generación de residuos (ton/día) municipios del Área Metropolitana de Medellín | 28 |
| Figura 7. Prueba de humedad | 32 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Anexo A. Proyeccion de población 2009-2044 | 48 |
| Anexo B. Proyección de población casco urbano 2009-2044 | 48 |
| Anexo C. Proyección de generacion de residuos (ton/día) cabecera municipal | 48 |
| Anexo D. Tabla ANOVA | 49 |

RESUMEN

TÍTULO: DIAGNÓSTICO DE LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA *

AUTOR: AQUIMIN DAVID AMAYA RAMÍREZ**

PALABRAS CLAVES: Caracterización residuos, Análisis fisicoquímico residuos, plasma gasificado.

DESCRIPCIÓN:

El aumento en la generación de residuos sólidos asociado al crecimiento poblacional y la globalización que genera cultura consumista; ha llevado a la aplicación de tecnologías apropiadas para la disposición final de residuos sólidos que permitan un control racional de los impactos producidos por los residuos, sin que se ponga en alto riesgo el medio ambiente y la salud pública.

Con el fin de evitar impactos ambientales y de algún modo aportar a la gestión ambiental municipal, Inicialmente se realizó una caracterización fisicoquímica de los residuos residenciales del municipio de Floridablanca, utilizando metodologías establecidas para su respectiva implementación, identificando cada uno de los porcentajes en peso, porcentaje de humedad y porcentaje por componente químico de cada uno de los residuos estudiados, además se realizó un análisis de población.

La sostenibilidad ambiental es un punto fundamental para el Municipio, por lo cual se deben realizar acciones conducentes a promover el uso responsable de los bienes y servicios ambientales, la protección y preservación de micro cuencas, los sistemas agroforestales, la educación y sensibilización para la conservación y fortalecer del Sistema de Gestión Ambiental Municipal. Dentro de los compromiso de los habitantes del Municipio en relación con el medio ambiente, deben estar primordialmente la protección y conservación de los recursos naturales establecidas en la Constitución y la Ley.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director DUBAN Fabián García Navas.

ABSTRACT

TÍTULO: DIAGNOSIS OF PHYSICAL CHEMISTRY CHARACTERIZATION OF SOLID WASTE OF THE MUNICIPALITY OF FLORIDABLANCA *

AUTHOR: AQUIMIN DAVID AMAYA RAMÍREZ**

KEYWORDS: Waste characterization, waste analysis, Latest Technology, Plasma gasified.

DESCRIPTION:

The increase in solid waste generation associated with population growth and globalization generates consumer culture; has led to the implementation of appropriate disposal of solid waste permit rational control of the impacts of waste technologies without putting at high risk environment and public health.

In order to avoid environmental impacts and somehow contribute to the municipal environmental management, initially a physicochemical characterization of residential waste in the municipality of Floridablanca, using established methodologies to their respective implementation, identifying each of the weight percentages was performed, moisture content and percentage of each chemical component of the waste studied, and a population analysis.

Environmental sustainability is a key point for the Municipality, so be performed actions intended to promote the responsible use of environmental goods and services, protection and preservation of micro watersheds, agroforestry systems, education and awareness for conservation and strengthen the Municipal Environmental Management System. Within the commitment of the inhabitants of the municipality in relation to the environment, should be primarily the protection and conservation of natural resources under the Constitution and the law.

* Work Degree

** Faculty of Physical Chemical Engineering. School of Chemical Engineering . DUBAN director Fabián García Navas

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha producido un constante incremento en la generación de residuos sólidos urbanos que ha provocado en muchos casos una ruptura del equilibrio entre la biosfera del planeta y las actividades humanas [1]. A partir de la década de los 50 las basuras se han convertido en uno de los problemas ambientales más notables [2]. Particularmente en Colombia por citar un ejemplo, en el relleno sanitario Doña Juana, de Bogotá, la contaminación de las aguas del río Tunjuelito por la afluencia de lixiviados sin tratamiento del relleno sanitario, es un ejemplo típico de la problemática ambiental generada por los rellenos sanitarios no manejados técnica y ambientalmente; según estudios de la CAR (Corporaciones Autónomas Regionales) en 1984, en los botaderos El Cortijo y Gibraltar, de Bogotá, la contaminación de las aguas subterráneas por los lixiviados generados evidenció problemas de contaminación de aguas subterráneas con plomo, cromo, mercurio y sustancias orgánicas.

La caracterización y cuantificación de los residuos sólidos en una comunidad se constituye en uno de los ítems de información más importantes en la planeación de un servicio de aseo. Todas las etapas y operaciones del servicio, desde el almacenamiento hasta la disposición final dependen de la cantidad y características, tanto químicas como físicas, de los residuos sólidos.

El primer problema que se presenta en cuanto a los residuos sólidos es conocer cuánta basura y de qué tipo se produce en la ciudad o población que se atenderá en el relleno sanitario. El conocimiento de esta información permite establecer, entre otros, la necesidad de material de cobertura, el frente de trabajo y la morfología final.

En el presente trabajo se evaluarán las condiciones particulares de la población del municipio de Floridablanca, el PPU (Producción por usuario y el PPC

(Producción per cápita), de los usuarios (sector comercial, industrial y otros), así como en general, del mercado potencial para los productos obtenidos, para definir, inicialmente si es posible implementar un sistema con aprovechamiento o no.

El objetivo principal de este trabajo es hacer una proyección de la población y los residuos que generan sus habitantes, posteriormente caracterizar los residuos sólidos del municipio de Floridablanca para definir las pautas con las cuales se puedan aprovechar estos residuos y así mismo contribuir a la disminución del impacto ambiental de éste municipio.

1. MARCO TEÓRICO

El objetivo de la caracterización es realizar un estudio que permita identificar las principales características (componentes, propiedades y producciones) de los residuos sólidos para poder definir, planificar y/o implementar mejoras y acciones de los sistemas de manejo. Según el Decreto 838 de 2005 (Art. 1), la caracterización de residuos sólidos se refiere a:

“Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades”.

Entre los principales métodos para la caracterización de residuos sólidos están; el análisis de pesada total, el análisis de peso-volumen, el análisis de balance de masas y el análisis por muestreo estadístico; en este caso se realizó la caracterización por el método del análisis por muestreo estadístico.

1.1 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS A NIVEL MUNDIAL

El objetivo de la recogida de datos sobre residuos sólidos (cuantificación y caracterización de diversos flujos de residuos) y los sistemas de gestión existentes (recogida, transporte, tratamiento, disposición, reciclaje y recuperación) es el desarrollo de un plan de manejo integral de residuos sólidos. [3]

Aquí se describe el concepto de GISR con respecto a tres puntos de vista, a saber, ciclo de vida, la generación y gestión de residuos.

- Gestión Integrada de Residuos Sólidos a base de ciclo de vida

El primer concepto de GISR se basa en la evaluación del ciclo de vida de un producto desde su punto de producción y consumo de vista. La reducción en el

consumo, y utilización de productos desechados en el sistema de producción como un sustituto de nuevos recursos, puede conducir a la reducción de la generación de residuos al final de su ciclo; por lo tanto, menos esfuerzos y recursos serían requerida para la disposición final de los residuos.

- Gestión Integrada de Residuos Sólidos a base de Generación

El segundo concepto de GISR se basa en su generación a partir de diferentes fuentes, incluyendo doméstico, comercial, industrial y agrícola. Estos residuos podrían ser clasificados como residuos peligrosos y no peligrosos. El primero tiene que ser segregados en origen y tratadas para su eliminación de acuerdo con las regulaciones estrictas. Enfoque 3R (reducir, reutilizar y reciclar) es aplicable tanto en origen como en los diferentes niveles de gestión de residuos sólidos en cadena incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición.

- Gestión Integrada de Residuos Sólidos basado en la gestión

El tercer concepto de GISR se basa en su gestión, que incluye regulaciones y leyes, las instituciones, los mecanismos financieros, la tecnología y la infraestructura, y el papel de diversos actores de la cadena de gestión de residuos sólidos

1.2 INFORMACIÓN GENERAL

Floridablanca es un municipio y el tercero más importante del Departamento de Santander, noreste de Colombia, con 263.095 habitantes (2012). Tiene una extensión aproximada de 97 kilómetros cuadrados. Forma parte del Área Metropolitana de Bucaramanga.

Figura 1. Ubicación geográfica de Floridablanca



Fuente: Google maps

2. METODOLOGÍA

2.1 PLAN DE MUESTREO PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio de caracterización de los residuos sólidos residenciales de Floridablanca, se realizó por muestreo estadístico.

2.1.1 Población de estudio. La población de estudio es el conjunto de usuarios residenciales¹ de los servicios de aseo del municipio de Floridablanca. El listado de ellos, fue suministrado por las Empresas Prestadoras de Aseo del municipio, que constituyen la población de muestreo. Para efectos del presente estudio, el conjunto de usuarios se considera clasificado según los 260 barrios, los cuales están divididos en 8 comunas.

2.1.2 Diseño muestral. Para el diseño de la muestra se adoptó un esquema de muestreo probabilístico, estratificado, de conglomerados y polietápico. El muestreo es probabilístico en el sentido de que cada uno de los usuarios que constituyen la población de estudio tiene una probabilidad previamente definida de pertenecer a la muestra; estratificado ya que la población se considera dividida en los estratos que determinan los 260 barrios y los 6 estratos socioeconómicos del municipio, de conglomerados por que las viviendas se encuentran agrupadas en lados de una manzana y polietápico porque el diseño de la muestra contempla tres etapas: en la primera de ellas se seleccionan aleatoriamente las manzanas, en la segunda lados de manzana y en la tercera los usuarios dentro de los lados de manzana seleccionados. De acuerdo con la estratificación de cada sector, el 77% de las viviendas se encuentran en estrato 1, 2 y 3; el 15,46% es estrato 4 y sólo el 7% en estrato 5 y 6.

2.1.3 Tamaño de la muestra. El tamaño de la muestra se calculó inicialmente con base en la fórmula presentada por Levy y Lemeshow (1999) para el muestreo estratificado. [8] Posteriormente el tamaño de muestra resultante se ajustó con el efecto del diseño atribuible al esquema de conglomerados. La fórmula utilizada para la determinación del número de usuarios de la muestra es la siguiente:

$$n = \frac{\left(\frac{z^2}{N^2}\right) \sum_{h=1}^L \frac{N_h^2 \sigma_{hx}^2}{\pi_h x^2}}{\varepsilon^2 + \left(\frac{z^2}{N^2}\right) \left(\sum_{h=1}^L \frac{N_h \sigma_{hx}^2}{x^2}\right)}$$

Siendo:

z Percentil de la distribución normal que corresponda a la confiabilidad deseada,

N Tamaño de la población,

L Número de estratos,

N_h Tamaño del estrato h h=1..

σ_{hx}^2 Varianza de la variable de referencia en el estrato h

x Promedio de la variable de referencia

π_h Proporción de empresas de cada estrato en la muestra

ε Error relativo de la estimación

De otra parte, se determinó que la muestra tuviera una confiabilidad del 95% y un error relativo del 2,5%. Lo anterior conduce a que el valor de z correspondiente es 1,96. Como efecto del diseño por conglomerados, en relación con un diseño estratificado, se tomó un valor de 1,6. Como resultado de las consideraciones anteriores se obtuvo un tamaño mínimo de muestra de 3.070 usuarios. Para la determinación del número de viviendas en cada uno de los estratos se realizó una asignación óptima mediante la fórmula siguiente:

$$n_i = n \frac{N_i \sigma_{xi}}{\sum_{j=1}^L N_j \sigma_{xj}} \quad i = 1, \dots$$

Donde n es el tamaño de la muestra y n_i el número de usuarios que debe seleccionarse en el estrato i .

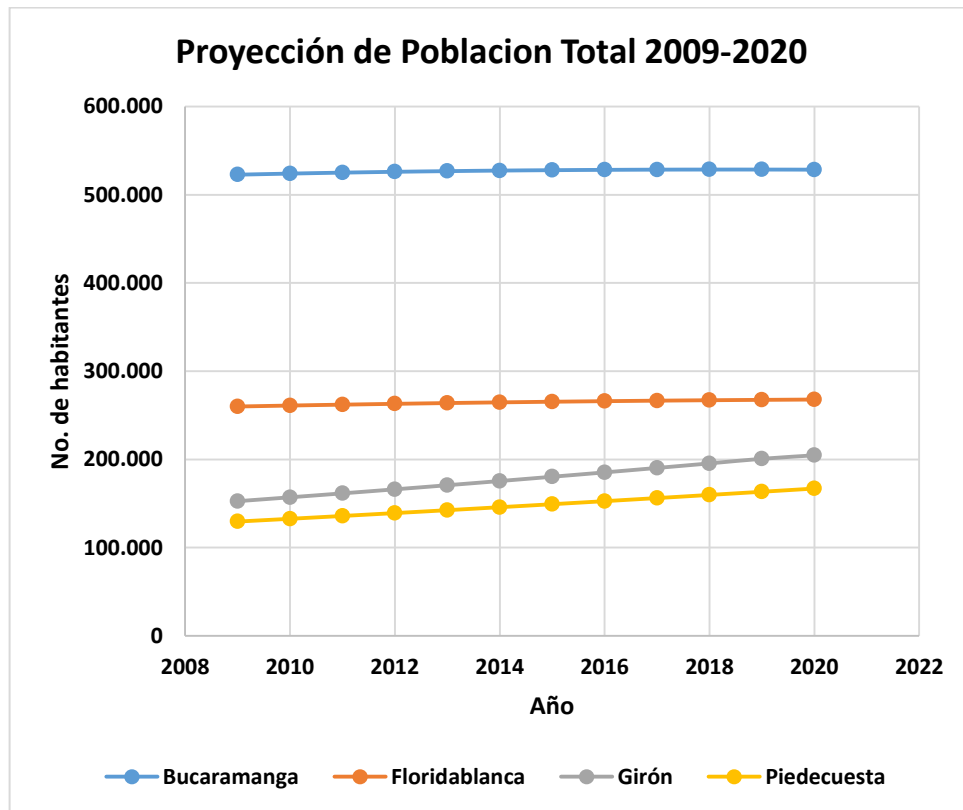
3. RESULTADOS

3.1 PROYECCIONES DE POBLACIÓN Y PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La proyección poblacional corresponde a la establecida por el DANE 1985 – 2020, tomando una tendencia lineal para cada proyección.

La proyección de población total de Floridablanca se compara con la población total de Bucaramanga y su área metropolitana según datos DANE, para el presente cálculo se tomó un periodo de 2009 – 2020, como se muestra la siguiente figura:

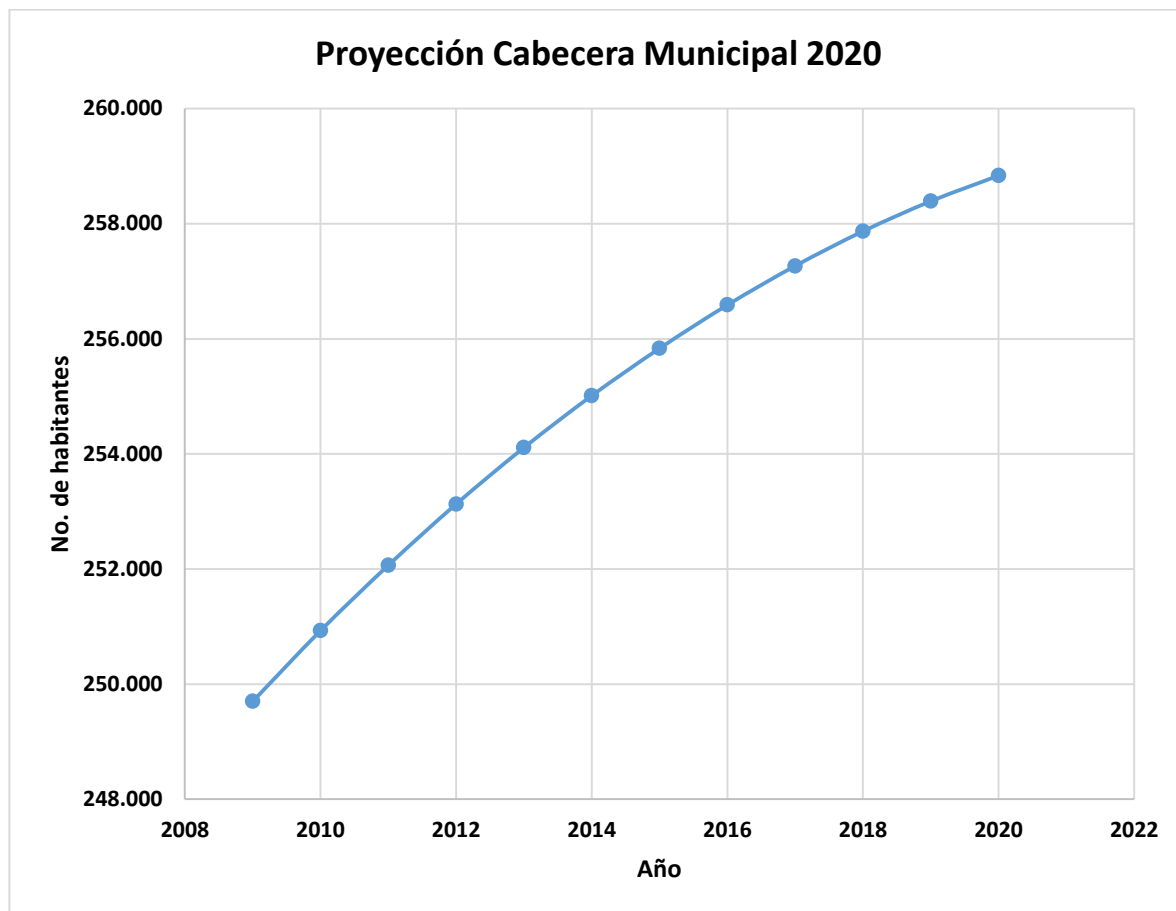
Figura 2. Proyección de Población Total 2009 – 2020



Fuente: DANE

En la siguiente figura se observan los datos de 2009 – 2020, calculando la proyección con tendencia lineal:

Figura 3. Proyección Población Cabecera Municipal 2020



Fuente: Calculo de proyección equipo técnico PGIRS

Para la población del Casco urbano o Cabecera municipal igualmente se tiene el cálculo para la proyección a 2044 con tendencia lineal como se muestra en la siguiente figura:

3.1.1 Proyección generación de residuos sólidos domiciliarios. Las proyecciones de generación de residuos sólidos domiciliarios, se ha realizado con base en la información del diagnóstico de la prestación del servicio de aseo del

municipio de Floridablanca, buscando el comportamiento de la PPU del municipio, en las diferentes etapas del año.

El municipio de Floridablanca tiene 76.364 usuarios que corresponde al 0,29%.

3.1.2 Población por usuario del servicio. Este indicador surge de relacionar el número de usuarios del servicio de aseo, con los datos de población del casco urbano proyectada para el año 2013.

El municipio de Floridablanca tiene 76.364 usuarios del servicio de aseo que corresponden a una población de 254.109 habitantes en el 2013, de acuerdo con el Diagnostico PGIRS AMB-DANE [4].

3.1.3 Residuos sólidos no domiciliarios. Dentro de estos residuos se encuentran los residuos de plazas de mercado, escombros, especiales e industriales y los residuos provenientes de otros municipios (que si bien algunos son domiciliarios, no se tendrán en cuenta para el cálculo de la PPC y PPU del municipio de Floridablanca)

3.1.4 Residuos sólidos generados en el municipio de Floridablanca. De conformidad a la información suministrada por las empresas prestadoras de servicios cuya función principal es brindar diversos servicios, que se divide en sectores, por ejemplo: saneamiento, desarrolladores de proyectos, consultoría, especializada en comunicación, control de plagas, diseño por computadora, etc. Cada servicio lo realiza un equipo humano especializado en la materia. Existen servicios que cuentan con ISO que es una certificación de calidad baja estándares ya fijados de acuerdo al sector que se refiera el servicio.

Del servicio de aseo del municipio de Floridablanca, en la formulación del diagnóstico se estableció lo siguiente:

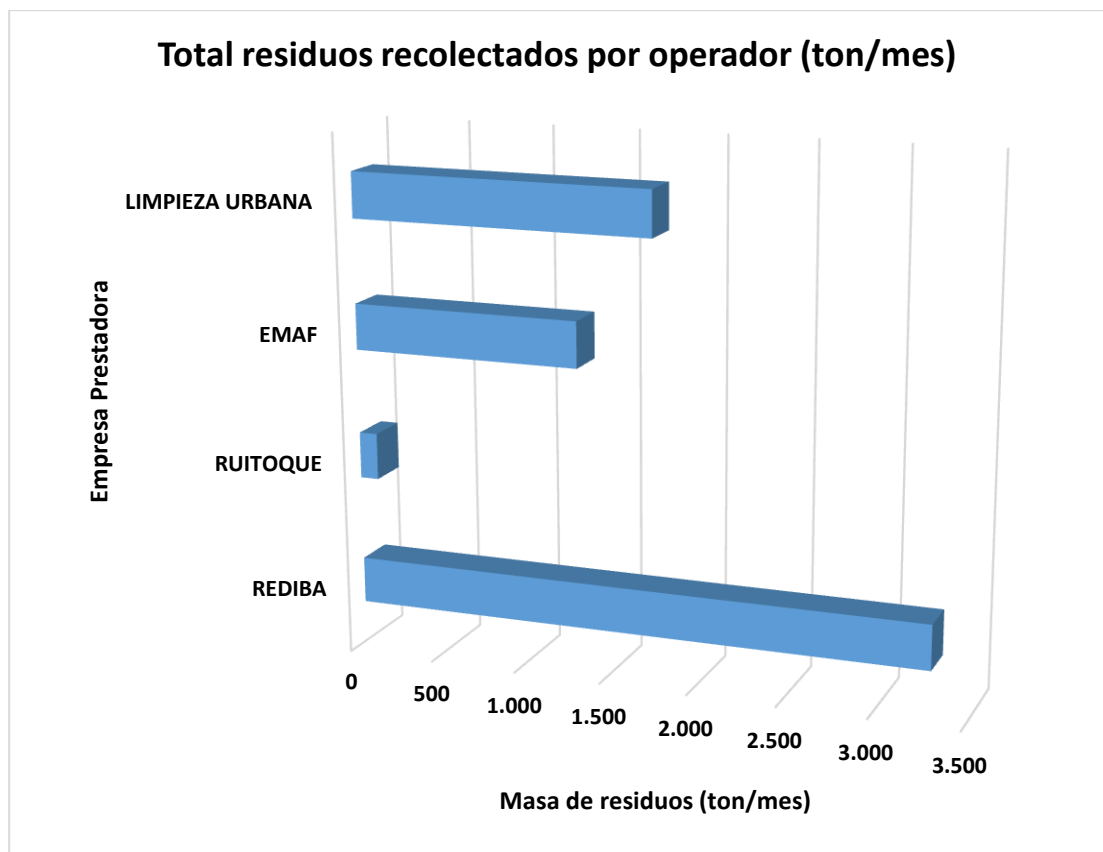
Tabla 1. Empresas del servicio de aseo del municipio de Floridablanca

| EMPRESAS DE ASEO | TONELADAS / MES |
|-------------------------|------------------------|
| REDIBA | 3.287 |
| RUITOQUE | 104 |
| EMAF | 1.307 |
| LIMPIEZA URBANA | 1.737 |

Fuente: Empresas prestadoras

En total se generaron 23.335 toneladas al mes, con un promedio de 777,83 toneladas/día, los cuales son dispuestos en el sitio de disposición final el Carrasco.

Figura 4. Residuos recolectados por operador de Floridablanca



Fuente: Empresas Prestadoras

3.1.5 Producción por usuario (PPU) para el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios. La producción por usuario, no es más, que la relación existente entre la cantidad de residuos dispuestos por el servicio en un mes (expresados en Toneladas / mes), sobre la cantidad de usuarios atendidos en el servicio.

$$\text{PPU} = \text{Producción mensual de residuos} / \text{usuarios productores}$$

Los valores de la PPU calculada para los municipios del Área Metropolitana, en el componente de aseo domiciliario, es el de reducir las cantidades de residuos domiciliarios generados por el número de usuarios por municipio de Floridablanca, Con el fin de establecer un valor mensual único para el cálculo de la PPC, los valores de PPU, fueron sometidos a un tratamiento estadístico, determinándose por medio de la desviación estándar de los datos, los promedios aritmético y geométrico por municipio, así como los valores máximos y mínimos que podrá alcanzar la PPU.

Tabla 2. Valores de PPU Ajustados, según desviación estándar

| Municipio | PPU (ton / usuario - mes) | | |
|---------------|---------------------------|--------------|------------|
| | PPU Mínima | PPU Promedio | PPU Máxima |
| Floridablanca | 0,0738 | 0,0785 | 0,0832 |

Fuente: Grupo técnico PGIRS

Para el cálculo de la PPC serán aplicados los valores de la PPU promedio calculados en la tabla anterior.

3.1.6 Producción Per Cápita (PPC). La Producción Per Cápita, es la cantidad de residuos generada por un habitante al día, expresada en kilogramos / habitante / día, y para este caso ha sido calculado a partir de la relación existente entre la

producción por usuario promedio y el número de habitantes por usuario, de la siguiente forma:

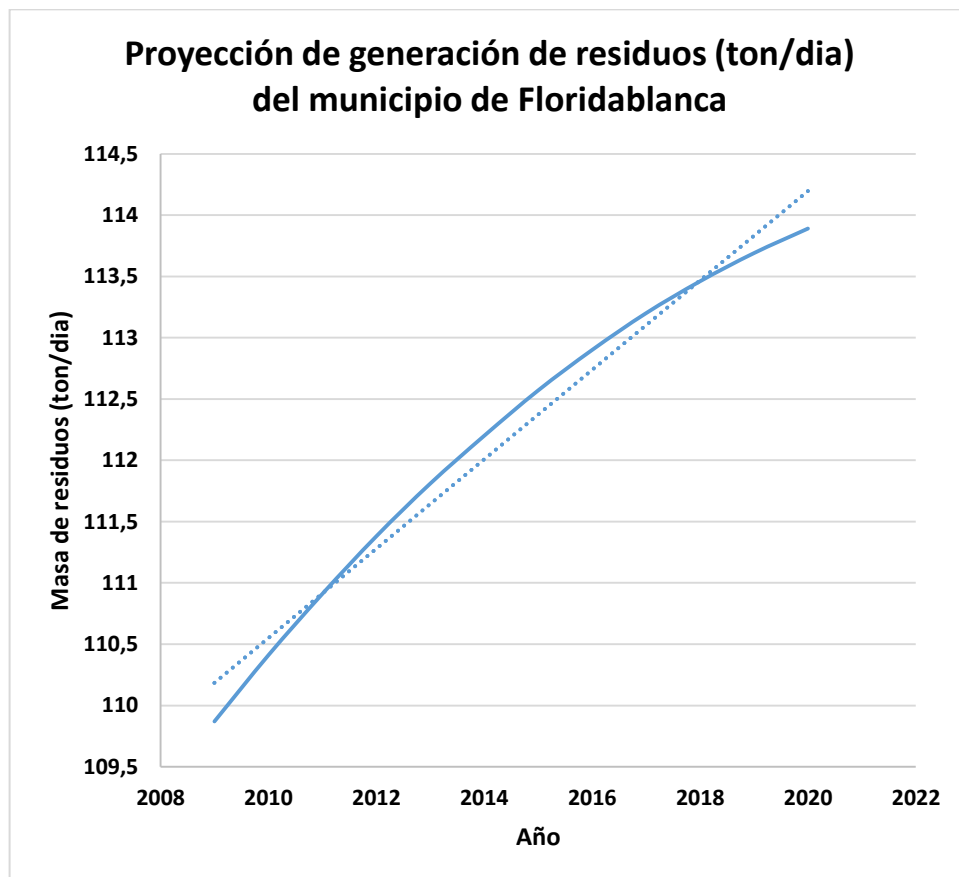
$$PPC = ((PPU/30 \text{ días}) * 1000) / (\text{No. de Habitantes/usuario})$$

$$PPC = \text{kg. / habitante} - \text{día}$$

El PPC del municipio de Floridablanca fue de 0,47 (kg. / hab. / día)

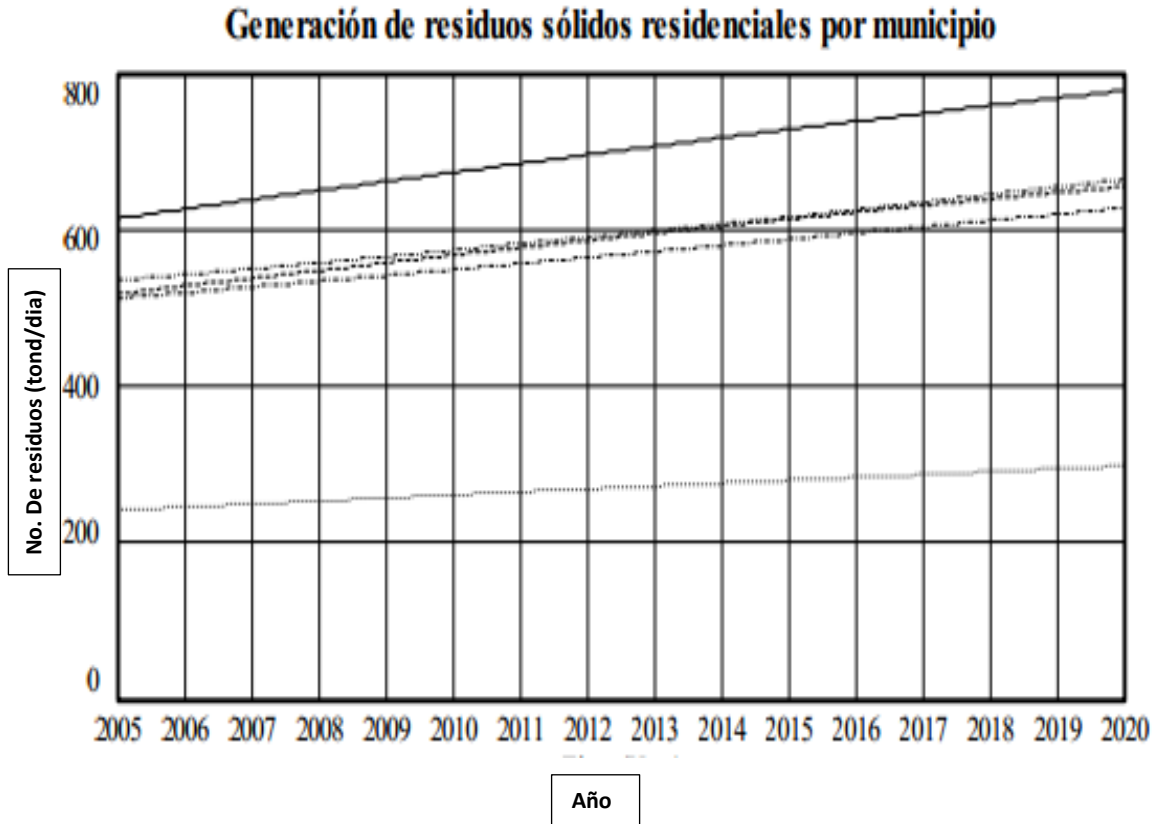
3.1.7 Proyección de residuos sólidos domiciliarios generados. En la siguiente figura se muestra la proyección de generación de residuos sólidos calculados a 2020, tomando como referencia datos de producción diaria por kilogramo y teniendo en cuenta la población según DANE.

Figura 5. Proyección de generación de residuos cabecera municipal



Fuente: Calculo equipo técnico PGIRS.

Figura 6. Proyección de generación de residuos (ton/día) municipios del Área Metropolitana de Medellín



Fuente: [5]

Los datos calculados se muestran en el anexo 3.

Si comparamos la figura 5 y 6, se puede ver que la tendencia en ambos es casi lineal, eso quiere decir que a medida que avanzan los años, la generación de residuos sólidos es cada vez mayor.

En este ítem, como se puede ver en las gráficas de población del municipio de Floridablanca, a pesar de que no es una ciudad muy grande hoy en día, se puede observar que según las proyecciones la población del municipio, el número de

habitantes del municipio va aumentando considerablemente en el pasar de los años, y asimismo va aumentando la producción de residuos sólidos por habitante, cuyas consecuencias son el aumento de la contaminación y por lo tanto el municipio se ve en la necesidad de aprovechar éstos residuos al máximo.

3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS RESIDUOS

El método utilizado fue un análisis por muestreo estadístico norma ASTM D 5231--92 [6] que implica la toma de un número representativo de muestras de residuos sólidos provenientes del municipio de Floridablanca, durante un tiempo determinado (5 a 7 días según norma). Se realizó la determinación de la composición de residuos sólidos municipales en el sitio de disposición final según la norma, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Selección al azar (método aleatorio) los vehículos para la toma de la muestra
- Toma de muestra
- Clasificación manual de los sólidos en un área limpia para los componentes establecidos.
- Registro de pesos por componente
- Estimación de desviaciones y promedios por componente
- Determinación de la composición de residuos por día de monitoreo
- Aplicación del cálculo según norma para la composición por municipio
- Preparación de la muestra para caracterización
- Análisis estadístico de los datos del monitoreo (seis días)

La caracterización fisicoquímica de los residuos se obtuvo de la composición física, la distribución en tamaños, el contenido de humedad del Material Mezclado, la densidad y otros parámetros químicos y biológicos.

La composición de la muestra representativa para enviarse al laboratorio para su caracterización fisicoquímica, se realizó con base en el procedimiento estadístico - --norma ASTM D 5231---92.

3.2.1 Caracterización física. Tradicionalmente la caracterización física se efectuó con 10 elementos que son:

1. Orgánicos
2. Plástico bolsas
3. Plástico botellas
4. Sanitario
5. Papel
6. Vidrio
7. Textil
8. Cuero
9. Metales
10. Otros

3.2.2 Caracterización físico química. Para someter la muestra a los análisis fisicoquímicos, se tuvo en cuenta la masa degradable que se selecciona a partir del procesamiento de los residuos por barrio y por estrato socioeconómico. Esta muestra está compuesta por los residuos de alimentos (preparados y no preparados), papel, cartón, jardín, madera y textil previamente homogenizada y cuarteada. La muestra se remitió al laboratorio de la Organización Ambientalista ECOJOVEN; Nit: 804001630-1

3.2.3 Análisis sobre el peso total. Este método consistió en pesar la totalidad de los residuos que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido [7], también se le llama análisis del número de cargas que implica el pesaje en básculas de un número de cargas que llegan a disposición final en un periodo determinado.

Las tasas de generación por unidad se determinaron utilizando datos de campo, entregados por el operador del sitio de disposición.

3.2.4 Determinación de la densidad. Se conoce también como peso específico y se refiere al peso de un material por unidad de volumen. Para encontrar el volumen fue necesario, aforar un recipiente cilíndrico, seleccionar una muestra por área del material clasificado, registrar en un formato la selección, posteriormente se introdujo el material en el recipiente hasta el borde, se levantó varias veces el recipiente a unos pocos centímetros del suelo, registrar en un formato el volumen no compactado de los residuos y aplicar la fórmula de la densidad.

$$Densidad = \frac{Peso (Kg)}{Volumen (m^3)}$$

Los valores de masa y volumen de residuos sólidos fueron datos importantes para seleccionar y definir actividades de manejo.

3.2.5 Determinación del contenido de humedad. Con la contraparte de residuos obtenida del cuarteo se homogenizó una muestra hasta de 50 litros, se depositó en recipientes de 20 litros perforados y pesados previamente (W_1), posteriormente se pesará cada recipiente con los residuos (W_2), se colocaron sobre una superficie que irradiaba calor, y después de cuatro días se volvieron a pesar (W_3). El contenido de humedad (peso – húmedo) se expresó como porcentaje del peso del material húmedo con la siguiente fórmula:

$$M = \left(\frac{w - d}{w} \right) * 100$$

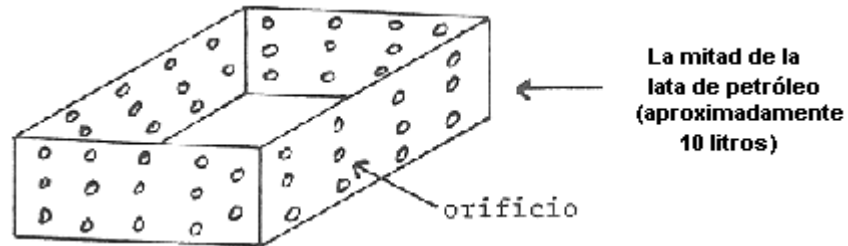
Donde;

M: Contenido de humedad en porcentaje.

w: Peso en Kg, de la muestra recolectada.

d: Peso en kg, de la muestra después de secarse a 105 °C.

Figura 7. Prueba de humedad



Fuente: Método sencillo del análisis de residuos sólidos.

En la siguiente tabla se muestran las toneladas dispuestas ordinarias en promedio por año, en cada empresa de aseo establecidas en el municipio de Floridablanca, EMAF solo registró datos del 2009.

Tabla 3. Toneladas de residuos por empresa de aseo en el municipio de Floridablanca

| EMPRESA | AÑO | TOTAL DE TONELADAS DISPUESTAS ORDINARIAS (ton/día) |
|-----------------|------|--|
| EMAF | 2009 | 1.863,74 |
| LIMPIEZA URBANA | 2009 | 117,95 |
| | 2010 | 255,43 |
| | 2011 | 413,79 |
| | 2012 | 441,14 |
| | 2013 | 416,28 |
| REDIBA | 2009 | 2.284,82 |
| | 2010 | 2.485,36 |
| | 2011 | 3.395,17 |
| | 2012 | 3.309,29 |
| | 2013 | 3.389,24 |
| | 2014 | 3.258,55 |
| RUITOQUE | 2009 | 38,34 |
| | 2010 | 51,35 |
| | 2011 | 95,42 |
| | 2012 | 34,76 |
| | 2013 | 132,07 |

En la siguiente tabla se muestran la mayoría de las características físicas y químicas de cada tipo de residuo en el municipio de Floridablanca, para someter la muestra a los análisis fisicoquímicos, se tuvo en cuenta la masa degradable que se selecciona a partir del procesamiento de los residuos. Esta muestra está compuesta por los residuos de alimentos (preparados y no preparados), plástico, pasta, papel, cartón, residuos sanitarios, cuero, gomas, corchos, barrido de calles, vidrios, chatarra, metales, residuos de construcción, madera y materiales textiles previamente homogenizados y cuarteados. La muestra se remitió al laboratorio y se analizaron los siguientes parámetros: Porcentaje en peso, densidad, Porcentaje de humedad, Porcentaje de Carbono, Porcentaje de Azufre, Porcentaje de Nitrógeno, Porcentaje de Materia Orgánica, Porcentaje de Grasa, Porcentaje de Proteína y Porcentaje de ceniza.

Con el fin de obtener una mayor precisión en los resultados, se obtuvo una muestra que supera en 30% el tamaño de la inicialmente planeada. Este aspecto es tenido en cuenta en el cálculo de los factores de expansión y ponderación.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de los residuos sólidos municipio de Floridablanca

| PARÁMETRO | UNIDAD | RESIDUO SÓLIDO DOMICILIARIO |
|------------------------|---------------|------------------------------------|
| Densidad Aparente | g/ml | 0,360 |
| Densidad Real | g/ml | 0,93 |
| Humedad | %p/p | 62,65 |
| Sólidos Totales | %p/p | 37,35 |
| Cenizas | %p/p | 11,32 |
| Carbono Orgánico Total | %p/p | 5,42 |
| Azufre | %p/p | 0,055 |
| Materia Orgánica | %p/p | 9,34 |
| Grasa | %p/p | 5,25 |
| Proteína | 1,8 | 4,3 |
| Nitrógeno | %p/p | 0,69 |

Tabla 5. Composición de residuos de Floridablanca

| Residuos | Floridablanca |
|-------------------|----------------------|
| Composición | % |
| Orgánicos | 55,6 |
| Plástico bolsas | 8,5 |
| Plástico botellas | 3,3 |
| Sanitario | 6,2 |
| Papel | 6,4 |
| Vidrio | 1,8 |
| Textil | 4,6 |
| Cuero | 0,8 |
| Metales | 1,4 |
| Otros | 11,4 |

De acuerdo con el procedimiento establecido en la norma ASTM D5231---92, se pudo concluir que el número de muestras seleccionado permite inferir la composición general de los residuos provenientes de los municipios seleccionados con un intervalo de confianza del 90% y una precisión del 10%

También es importante destacar que del análisis estadístico ANOVA (ver anexo 4), se comprueba la significancia de las composiciones determinadas en el rango de muestreo lo cual garantiza la reproducibilidad y la ausencia de sesgos en el monitoreo.

En este ítem, que tiene que ver con la caracterización fisicoquímica de los residuos, se llegó a la conclusión, que se debía ampliar la caracterización física tradicional, porque, entre otras razones, era necesario conocer las cantidades de alimentos no procesados, de los procesados, el plástico, vidrios y metales por su comercialización para orientar la recuperación; e identificar los residuos peligrosos entregados al servicio de aseo, porque se desconocían las características y volúmenes de generación conociendo de antemano la peligrosidad de estos desechos en los residuos sólidos domésticos. Los resultados obtenidos de los parámetros antes mencionados, suministran información no conocida y de gran utilidad para los programa de reciclaje, cálculo de gases y lixiviados y estudios de recuperación de energía, entre otros.

3.3 PODERES CALORÍFICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Para facilitar el cálculo del poder calorífico de la basura, en primer lugar se adoptan los siguientes valores como el poder calorífico de cada componente seco:

[9]

- | | |
|--------------------------|---------------|
| a) Papel y cartón..... | 4.000 kcal/kg |
| b) Trapos..... | 4.000 kcal/kg |
| c) Madera y follaje..... | 4.000 kcal/kg |

- d) Restos de alimentos..... 4.000 kcal/kg
- e) Plástico, caucho y cuero..... 9.000 kcal/kg
- f) Metales..... 0 kcal/kg
- g) Vidrios..... 0 kcal/kg
- h) Suelo y otros..... 0 kcal/kg

Un segundo lugar, se supone que toda la humedad de la basura está en los componentes de las clases a, b, c y d.

El poder calorífico superior de la basura (Ps) está dado por la ecuación siguiente:

$$Ps \text{ (kcal / kg)} = 40 (a + b + c + d - w) + 90e$$

Se calcula el poder calorífico inferior de la basura (Pi) usando la siguiente ecuación:

$$Pi \text{ (kcal / kg)} = Ps - \frac{W}{100} \times 600 = Ps - 6W$$

Tabla 6. Poderes caloríficos de los residuos sólidos

| Poderes caloríficos de los residuos sólidos del municipio de Floridablanca | |
|---|---|
| Poder Calorífico Superior (kcal/kg) | Poder calorífico inferior(kcal/kg) |
| 1356 | 980,1 |

En este ítem, que tiene que ver con los poderes caloríficos de los residuos, se tiene que tener en cuenta que, cuando se trata de seleccionar el proceso de incineración como un método de tratamiento de la basura con el objeto de reducir

su volumen y recuperar energía, hay que chequear el poder calorífico inferior de la basura usando las siguientes normas:

- Pi para incinerar la basura sin combustible auxiliar - cuando menos 1.000 kcal/kg
- Pi para recuperar energía - cuando menos 1.500 kcal/kg.

Como el poder calorífico de los residuos sólidos del municipio de Floridablanca dio menos de 1000 kcal/kg, se debe considerar cuidadosamente la disponibilidad de capital inicial y de recurso humano bien calificado para operario, aunque estos son generalmente muy difíciles de conseguir en los países en desarrollo, como regla general se puede decir que la incineración no es apropiada en los países en desarrollo a excepción de la incineración de residuos sólidos hospitalarios.

Con base a éstos ítems que se especificaron anteriormente, se propusieron ciertas estrategias para poder mitigar de una forma los impactos ambientales que se están presentando en el municipio:

1. Programa de sensibilización, educación y participación comunitaria en cada uno de los hogares mediante cortas capacitaciones puerta a puerta, apoyados por material didáctico.

Recolección de Material reciclables de usuarios residenciales: Bajo esta modalidad solo se debe proponer la recolección del material reciclable separado en la fuente, dicha recolección se deberá realizar semanalmente con vehículos debidamente acondicionados y en una tercera frecuencia, diferente a la de recolección de los residuos no aprovechables, así por ejemplo si el servicio de recolección del material no aprovechable se presta los días Lunes y Viernes, el servicio de recolección de reciclables se puede prestar el día Miércoles por ejemplo.

Tipo de residuos a recolectar: a los usuarios se les debe definir claramente el tipo de material que deben entregar a la ruta selectiva.

Frecuencia de recolección: la recolección del material reciclable se debe hacer con frecuencia de una vez por semana.

2. Antes de realizar el aprovechamiento se debe hacer un estudio de factibilidad para saber es económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente.

El aprovechamiento se entiende como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable.

Aprovechables son aquellos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial.

Los residuos se pueden clasificar de varias formas, tanto por estado, origen o por el tipo de manejo que se les debe dar.

Dentro de los tipos de aprovechamiento que se logran a partir del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos son: producción de bioabono, generación de biogás, compostaje, incineración con producción de energía, entre otros.

3. Retirar el porcentaje de retorno de los residuos sólidos que no pudieron ser aprovechados y regresarlos a su disposición final.
4. Después de demostrar la viabilidad de la alternativa de aprovechamiento, Se incorporará una estrategia técnica, operativa y administrativa que garantice la

gestión diferencial de residuos aprovechables y no aprovechables. La estrategia debe incorporar como mínimo un programa de separación en la fuente articulado con la implementación de rutas selectivas y la alternativa de aprovechamiento considerada viable.

4. CONCLUSIONES

Se pudo establecer que el contenido de humedad de todos los residuos sólidos generados en el municipio de Floridablanca es del 63%, lo que no facilita su tratamiento a través de un método convencional de tratamiento de residuos sólidos ya que el porcentaje de humedad debe estar comprendido entre el 25 y el 60% para usar estas técnicas, por lo que es necesario una tecnología un poco más avanzada para su tratamiento.

Los valores de la caracterización fisicoquímica permiten inferir que para un adecuado aprovechamiento es necesario la separación por componente de manera que se reduzca el contenido de metales y se haga un aprovechamiento energético de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Caracterización e implementación de un método fisicoquímico para el tratamiento del lixiviado proveniente del relleno sanitario el carrasco. Innovaciencia. Universidad de Santander. Oscar D. Guarín Villamizar y Sandra Milena Gómez Plata. Innovaciencia.udes.edu.co
- [2] Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. Estudio realizado para el congreso internacional SAFE FOOD. 2011. Dusseldorf, Alemania.
- [3] United Nations Environmental Programme, Division of Technology, Industry and Economics International Technology Centre. 2011. Developing Integrated Solid Waste Management Plan Training Manual. Volumen 2. Oasaka/Shiga, Japan.
- [4] Plan de Gestión Integral de Residuos del área metropolitana de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2000. www.bucaramanga.gov.co.
- [5] Universidad de Antioquia. Formulación del plan de gestión integral de residuos sólidos regional del valle de aburrá – pgirsr. Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- [6] Método sencillo del análisis de residuos sólidos. Dr. Kunitoshi Sakurai Asesor Regional en Residuos Sólidos. 2000.
- [7] Universidad de los Andes. Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. Runfola, J. Gallardo, A. España. 2006.
- [8] Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. Caracterización de los residuos sólidos residenciales en la ciudad de Bogotá. Bogotá. 2011.
- [9] CEPIS/OPS. Método sencillo del Análisis de residuos sólidos. Dr. Kunitosh Sakurai, asesor Regional en Residuos Sólidos. 2010.
- [10] American Society for Testing and Materials. (1992). Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. ASTM --- D 5231--- 92, 1---5.

- [11] Gallardo, A. (2000). Metodología para el diseño de redes de recogida selectiva de RSU utilizando sistemas de información geográfica. Creación de una base de datos aplicable a España. Valencia: Tesis doctoral publicada en la Universidad Politécnica de Valencia.
- [12] Runfola, J., Gallardo, A. (2009); Análisis comparativo de los diferentes , métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento Técnico del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico Ambiental RAS. Sección II, Título F. Mayo de 2010.
- [13] Procedimientos Estadísticos para los estudios de caracterización de Residuos sólidos. Cepis - Organización Panamericana de la Salud. Junio de 2005. Characterization Of Food Solid Wastes For Predicting Methane Potential And Degradability. C.Dumas*, V. Prabhudessai, S.Mutnuri, J.P. Steyer And M. Torrijos. Proceedings Sardinia 2011, Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 3-7 October 2011.
- [14] Impact Of Chemical Composition And Structural Features on Methane Potential Of Lignocellulosic Substrates. Proceedings Sardinia 2011, Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 3-7 October 2011.
- [15] Universidad de los Andes, Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental –CIIA-, Alcaldía Mayor de Bogotá, Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos. UESP. Estudio de caracterización y cuantificación de los materiales potencialmente reciclables presentes en los residuos sólidos municipales generados en Bogotá D.C. Colomer Mendoza, Francisco José; Gallardo Izquierdo, Antonio. – 2004.60 UAESP [16] CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RESIDENCIALES GENERADOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C – 2001

[17] Universidad del Valle, Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Cali, "Caracterización de los residuos sólidos residenciales generados en el municipio de Cali – 2006.

[18] Universidad Nacional de Colombia. Tecnología de plasma puede solucionar impacto ambiental de relleno Doña Juana. Enero del 2014.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (1992). Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. ASTM --- D 5231--- 92, 1---5.

CAGLIARI, Margherita di Pula. Impact Of Chemical Composition And Structural Features on Methane Potential Of Lignocellulosic Substrates. Proceedings Sardinia 2011, Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Italy; 3-7 October 2011.

CEPIS - ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Procedimientos Estadísticos para los estudios de caracterización de Residuos sólidos. Junio de 2005.

COLOMER MENDOZA, Francisco José; GALLARDO IZQUIERDO, Antonio. Estudio de caracterización y cuantificación de los materiales potencialmente reciclables presentes en los residuos sólidos municipales generados en Bogotá D.C. Universidad de los Andes, Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental –CIIA-, Alcaldía Mayor de Bogotá, Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos. UESP. 2004.

CONGRESO INTERNACIONAL SAFE FOOD. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. Dusseldorf, Alemania.

DUMAS, C.; PRABHUDESSAI, V.; MUTNURI, S.; STEYER, J.P. and TORRIJOS, M. Characterization Of Food Solid Wastes For Predicting Methane Potential And Degradability.. Proceedings Sardinia 2011, Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 3-7 October, 2011.

GALLARDO A., Runfola. Metodología para el diseño de redes de recogida selectiva de RSU utilizando sistemas de información geográfica. Creación de una base de datos aplicable a España. Valencia: Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. (2000).

GALLARDO A., Runfola. Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. Universidad de los Andes. España. 2006.

GALLARDO A., Runfola. Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. (2009)

GUARÍN VILLAMIZAR, Oscar D. y GÓMEZ PLATA, Sandra Milena. Caracterización e implementación de un método fisicoquímico para el tratamiento del lixiviado proveniente del relleno sanitario el carrasco. Innovaciencia. Universidad de Santander. (Citado en Marzo 28 2013). Disponible en: Innovaciencia.udes.edu.co

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Técnico del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico Ambiental RAS. Sección II, Título F. Mayo de 2010.

SAKURAI, Kunitoshi. Método sencillo del análisis de residuos sólidos. Asesor Regional en Residuos Sólidos. 2000.

SAKURAI, Kunitosh. CEPIS/OPS. Método sencillo del Análisis de residuos sólidos. asesor Regional en Residuos Sólidos. 2010.

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS. Caracterización de los residuos sólidos residenciales en la ciudad de Bogotá. Bogotá. 2011.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME, Division of Technology, Industry and Economics International Technology Centre. 2011. Developing Integrated Solid Waste Management Plan Training Manual. Volumen 2. Oasaka/Shiga, Japan.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá – pgirsr. Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

UNIVERSIDAD DEL VALLE. Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Cali, “Caracterización de los residuos sólidos residenciales generados en el municipio de Cali – 2006.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Plan de Gestión Integral de Residuos del área metropolitana de Bucaramanga.. 2000. (Citado en Junio 25 de 2013). Disponible en: www.bucaramanga.gov.co.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Tecnología de plasma puede solucionar impacto ambiental de relleno Doña Juana. Enero del 2014.

ANEXOS

Anexo A. PROYECCION DE POBLACIÓN 2009-2044

| MPIO | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Floridablanca | 259.994 | 261.096 | 262.105 | 263.041 | 263.908 | 264.695 |
| | | | | | | |
| MPIO | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Floridablanca | 265.407 | 266.049 | 266.617 | 267.124 | 267.538 | 267.886 |

Anexo B. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN CASCO URBANO 2009-2044

| MUNICIPIO | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Floridablanca | 249.700 | 250.929 | 252.065 | 253.128 | 254.109 | 255.011 |
| | | | | | | |
| MUNICIPIO | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Floridablanca | 255.833 | 256.587 | 257.265 | 257.868 | 258.390 | 258.835 |

Anexo C. PROYECCIÓN DE GENERACION DE RESIDUOS (ton/día) CABECERA MUNICIPAL

| MUNICIPIO | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Floridablanca | 109,87 | 110,41 | 110,91 | 111,38 | 111,81 | 112,2 |
| | | | | | | |
| MUNICIPIO | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Floridablanca | 112,57 | 112,9 | 113,2 | 113,46 | 113,69 | 113,89 |

Anexo D. Tabla ANOVA

| | Frecuencia | Media | Varianza |
|-------------------|------------|----------|----------|
| Orgánicos | 9 | 54,3656 | 83,8111 |
| Plástico bolsas | 9 | 7,94222 | 2,91114 |
| Plástico botellas | 9 | 2,88556 | 1,77953 |
| Papel | 9 | 6,98 | 14,5365 |
| Sanitario | 9 | 7,36111 | 16,1163 |
| Vidrio | 9 | 1,38333 | 0,900275 |
| Textil | 9 | 7,21444 | 52,3476 |
| Cuero | 9 | 0,733333 | 2,5936 |
| Metales | 9 | 1,25 | 0,512775 |
| Otros | 9 | 9,77667 | 16,2466 |
| Total | 90 | 9,98922 | 248,175 |

| | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|-------------------|-------------------|--------|--------|
| Orgánicos | 9,15484 | 40,94 | 69,33 |
| Plástico bolsas | 1,70621 | 5,68 | 11,46 |
| Plástico botellas | 1,33399 | 1,14 | 5,21 |
| Papel | 3,81268 | 1,73 | 14,04 |
| Sanitario | 4,01451 | 3,46 | 14,04 |
| Vidrio | 0,948828 | 0 | 3,33 |
| Textil | 7,23516 | 0,42 | 23,38 |
| Cuero | 1,61047 | 0 | 4,68 |
| Metales | 0,716083 | 0 | 2,34 |
| Otros | 4,03071 | 4,81 | 16,67 |
| Total | 15,7536 | 0 | 69,33 |

| Análisis de la varianza | | | | | |
|-------------------------|----------------|----|----------|-------|------------------------|
| Fuente | Sumas de Cuad. | Gl | Cuadrado | Medio | Coficiente--F P--Valor |
| Entre grupos | 20553,5 | 9 | 2283,73 | 119,1 | 0 |
| Intra grupos | 1534,04 | 80 | 19,175 | | |
| Total (Corr.) | 22087,6 | 89 | | | |

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 119,096, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a

0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 10 variables a un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, se seleccionan los Tests de Rangos Múltiples en la lista de Opciones Tabulares.