

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ENERGÉTICA DE
LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LOS MUNICIPIOS DE ARGELIA,
BALBOA, LA VEGA Y BOLÍVAR PERTENECIENTES AL SUR DEL
DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**



EVELIN ALEJANDRA MENESES SANCHEZ

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
2017**

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ENERGÉTICA DE
LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LOS MUNICIPIOS DE ARGELIA,
BALBOA, LA VEGA Y BOLÍVAR PERTENECIENTES AL SUR DEL
DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**



EVELIN ALEJANDRA MENESES SANCHEZ

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

Director

Ingeniero Ambiental

FABIÁN FERNÁNDEZ

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
2017**

NOTA DE ACEPTACION

El director y los jurados del trabajo de grado: **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LOS MUNICIPIOS DE ARGELIA, BALBOA, LA VEGA Y BOLÍVAR PERTENECIENTES AL SUR DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**, una vez realizado el informe final y aprobada la sustentación del mismo, autorizan la realización de los trámites requeridos para optar al título: profesional en Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

Primer jurado

Segundo jurado

Fabián Fernández

Director

Popayán, 2017

DEDICATORIA

A DIOS Y A LA SANTISIMA VIERGEN

Por bendecirme y guiarme en cada paso que doy en mi vida, por acompañarme a donde vaya, ayudándome con las adversidades que se me han presentado a lo largo de este camino, por brindarme sabiduría y por permitirme concluir uno de mis sueños.

A MIS PADRES

Por su apoyo incondicional, sus consejos, por inculcarme sus valores que me han permitido llegar a mi meta, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y me han infundido siempre.

A MI HERMANO

Por su infinito amor, por ser incondicional frente a cualquier adversidad y su apoyo a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen Santísima por darme todo lo que en este momento tengo en mi vida

A mis padres y mi hermano por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida y mi carrera profesional, por ayudarme a salir adelante, por enseñarme y darme todo lo que está a su alcance.

A mis docentes quienes me brindaron todo su conocimiento, en especial a mi decano y amigo Juan Pablo Prado quien con su experiencia ayudó con mi formación como profesional y me guio en gran parte de mi carrera, en el semillero de investigación y en mi trabajo.

A la empresa ASERHI por brindarme su confianza y la oportunidad de llevar a cabo mi proyecto; por el apoyo económico y por cada uno de sus aportes y asesorías para la culminación del trabajo. Al Ingeniero Elkin Giraldo, Dra Leidy Niño, Ingeniera Zandra Ruiz e Ing Cesar Ramírez, quienes con su experiencia fueron de apoyo para la realización del mismo.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABLAS	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCION	12
CAPITULO I: PROBLEMA.....	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN	14
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. Objetivo General:	16
1.3.2. Objetivos Específicos:	16
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	17
2.1. ANTECEDENTES.....	17
2.1.1. Clasificación de residuos sólidos urbanos	20
2.1.2. Composición física de residuos sólidos urbanos en Colombia	21
2.1.3. Jerarquización de los Residuos sólidos Urbanos	22
2.2. BASES CONCEPTUALES.....	23
2.2.1. Residuos Solidos	23
2.2.2. Residuo Sólido Aprovechable	23
2.2.3. Residuo Sólido no Aprovechable	23
2.2.4. Aprovechamiento y/o Valorización	23
2.2.5. Gestión Integral de Residuos Solidos.....	23
2.2.6. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).....	24
2.2.7. Calor o Capacidad Calorífica	24
2.3. MARCO LEGAL.....	24
CAPITULO III: METODOLOGIA.....	28
3.1. FASE 1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LAS ZONAS.....	28

3.1.1.	Actividad 1. Consulta y revisión bibliográfica.....	28
3.1.2.	Actividad 2. Revisión de documentación existente en las Alcaldías.	29
3.1.3.	Actividad 3. Revisión de entidades prestadoras de servicios públicos de aseo. 29	
3.1.4.	Actividad 4. Revisión del personal o entidad encargada del reciclaje.....	29
3.1.5.	Actividad 5. Verificación de implementación y actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).....	30
3.1.6.	Actividad 6. Encuestas realizadas al personal encargado y/o persona jurídica por parte de las entidades prestadoras de servicio; Alcaldías o Secretarías de Planeación.....	30
3.2.	FASE 2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	31
3.2.1.	Actividad 1. Características cuantitativas y cualitativas de los residuos sólidos urbanos identificando sus contenidos y propiedades a partir de la revisión de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).....	31
3.3.	FASE 3. ANÁLISIS DE DATOS.....	32
3.3.1.	Actividad 1. Análisis comparativo de los PGIRS del año 2012 al año actual, para determinar la variación de la población y así mismo la generación de residuos sólidos urbanos.	32
3.3.2.	Actividad 2. Análisis de los porcentajes y los diferentes componentes encontrados en los residuos sólidos urbanos, para así determinar capacidad de generación energética.....	33
3.4.	FASE 4. IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRUCTURA.....	34
3.4.1.	Actividad 1. Analizar y verificar la viabilidad para el aprovechamiento energético.....	34
CAPITULO IV: RESULTADOS.....		38
4.1.	UBICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.....	38
4.2.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LAS ZONAS	39
4.3.	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	47
4.4.	ANÁLISIS DE DATOS	52
4.5.	PODER CALORIFICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	55
4.6.	IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRUCTURA.....	64
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....		71
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES.....		72
BIBLIOGRAFIA.....		73
ANEXOS.....		77

Anexo 1. ENCUESTA	77
Anexo 2. FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA	81
Anexo 3. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE ARGELIA.....	82
Anexo 4. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE BALBOA	84
Anexo 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	85
Anexo 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE LA VEGA.....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Combustión con recuperación de energía o Residuos a energía.....	18
Figura 2. Clasificación de los residuos sólidos urbanos.....	21
Figura 3. Composición física de residuos sólidos urbanos (RSU) en Colombia	21
Figura 4. Jerarquización de RSU	22
Figura 5. Características del combustible de los componentes de los residuos sólidos	34
Figura 6. Potencial energético de los residuos.....	35
Figura 7. Opciones de conversión de biomasa a formas secundarias de energía	36
Figura 8. Sur del Departamento del Cauca.....	38
Figura 13. Relleno Sanitario Argelia – Cauca.....	44
Figura 14. Relleno Sanitario La Unión- Nariño	45
Figura 15. Celda Transitoria Bolívar – Cauca.....	46
Figura 16. Tipo de RSU con mayor generación	53
Figura 17. Cantidad de RSU generados (Ton/mes)	54
Figura 18. Poder Calorífico Inferior de los RSU del municipio de Argelia.....	57
Figura 19. Poder Calorífico Inferior de los RSU del municipio de Balboa.....	59
Figura 20. Poder Calorífico Inferior de los RSU del municipio de Bolívar	61
Figura 21. Poder Calorífico Inferior de los RSU del municipio de La Vega	63
Figura 22. Comparación del PCI entre los municipios	64
Figura 23. Empresa de servicios públicos.....	82
Figura 24. Reciclador Independiente	82
Figura 25. Alcaldía Municipal	83
Figura 26. Relleno Sanitario	83
Figura 27. Empresa de servicio publico.....	84
Figura 28. Alcaldía Municipal	84
Figura 29. Comité de Cafeteros	85
Figura 30. Alcaldía Municipal	85
Figura 31. Empresa de Servicios Públicos.....	86
Figura 32. Relleno Sanitario	86
Figura 33. Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos (Compostaje).....	87
Figura 34. Reciclaje en el Relleno Sanitario	87
Figura 35. Aprovechamiento de las botellas plásticas en el relleno sanitario	88
Figura 36. Reciclador Independiente	89
Figura 37. Empresa de Acueducto y Alcantarillado	89
Figura 38. Alcaldía Municipal	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Poder calorífico de algunos de los combustibles fósiles utilizados como fuente de energía térmica.....	36
Tabla 2. Clasificación de los Residuos Solidos	47
Tabla 3. Peso unitario para los Residuos Solidos	47
Tabla 4. Composición Física de los Residuos Sólidos en el casco Urbano.....	48
Tabla 5. Caracterización Física de los Residuos Solidos	49
Tabla 6. Clasificación de los Residuos Solidos	49
Tabla 7. Peso Unitario para los Residuos Solidos.....	50
Tabla 8. Composición Física de los Residuos Sólidos en el casco Urbano.....	50
Tabla 9. Composición de los Desechos Sólidos.....	51
Tabla 10. Comparación entre la encuesta y el PGIRS	52
Tabla 11. Comparación entre la encuesta y el PGIRS	52
Tabla 12. Comparación entre la encuesta y el PGIRS	52
Tabla 13. Comparación entre la encuesta y el PGIRS	52
Tabla 14. Poder calorífico de algunos de los combustibles fósiles utilizados como fuente de energía térmica.....	69
Tabla 15. Poder Calorífico Inferior de los Municipios (PCI Kcal/Kg)	69

RESUMEN

Uno de los problemas de política pública que se presenta en Colombia se relaciona con la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU); la situación poco a poco se ha tomado varias regiones del país y el Sur del Departamento del Cauca no ha sido ajeno a la situación. Si bien en el Capítulo 21 de la Agenda 21, establece las bases para un manejo integral de los residuos sólidos municipales como parte del desarrollo sostenible. En el documento mencionado anteriormente se establece que el manejo de los residuos debe contemplar la minimización de la producción de residuos, el reciclaje, la recolección, el tratamiento y disposición final adecuados.

Las etapas del sistema de manejo de residuos anteriormente mencionadas implican una capacidad significativa de recursos humanos, presupuestales y de gestión que muchas veces, se presentan en un marco de ausencia de coordinación entre entidades públicas y/o privadas, de normatividad, y falta de conocimientos específicos y en algunos casos de personal capacitado.

Entonces, la problemática proviene de un panorama en el que coexisten botaderos a cielo abierto sin control ni vigilancia, rellenos sanitarios sin técnicas de saneamiento, próximos a culminar su vida útil y a ignorar las iniciativas de reciclado y recuperación de los diferentes tipos de residuos generados, la falta de recursos económicos y una perplejidad general a un contexto futuro que evidencia soluciones parciales y contundentes.

De esta manera a través del levantamiento de datos sobre la gestión general de los residuos sólidos urbanos de los municipios de Argelia, Balboa, La Vega y Bolívar situados al Sur del Departamento del Cauca, junto con la caracterización física que brinda el PGIRS (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos), se establecerá la implementación de una estructura para el manejo adecuado del aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos.

Palabras claves: Residuos sólidos urbanos, aprovechamiento energético.

ABSTRACT

One of the problems of public policy presented in Colombia is related to the management of urban solid waste; the situation gradually is has taken several regions of the country and the South of the Department of the Cauca not has been oblivious to the situation. Although in chapter 21 of the Agenda 21, it establishes the basis for a comprehensive management of municipal solid waste as part of sustainable development. In the document mentioned previously is establishes that the management of them waste must contemplate the minimization of the production of waste, the recycling, the collection, the treatment and available end appropriate.

The stages of the identified waste management system imply a significant capacity of human, budgetary and management resources that often appear in a framework of lack of coordination between public and / or private entities, of normativity and lack of specific knowledge and In some cases trained personnel.

Then, the problematic comes of a panorama in which coexist dumps to sky open without control or surveillance, stuffed health without technical of sanitation, next to culminate his life useful and to ignore them initiatives of recycled and recovery of them different types of waste generated, the lack of resources economic and a perplexity general to a context future that evidence solutions partial and forceful.

In this way, through the collection of data on the general management of municipal solid waste in the municipalities of Algeria, Balboa, La Vega and Bolívar located in the South of the Department of Cauca, together with the physical characterization provided by the PGIRS Of Integrated Management of Solid Waste), establishes the implementation of a structure for the proper management of the energy use of urban solid waste.

Keywords: municipal solid waste, energy use.

INTRODUCCION

El manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) es uno de los desafíos de política pública, que enfrentan los municipios de Argelia, Balboa, La Vega y Bolívar situados al Sur del Departamento del Cauca en la actualidad y ha evolucionado simultáneamente a la urbanización y al crecimiento económico. El tipo y el volumen de estos residuos que se generan en cada localidad, está definido por las diversas actividades económicas, población, ubicación geográfica y niveles socioeconómicos, entre otros factores. No obstante, los desafíos a los que se enfrentan, son similares. [1]

Para abordar el manejo de los residuos sólidos urbanos no basta conocer los aspectos técnicos de la recolección, limpieza de calles, transporte y disposición final. Se requiere también aplicar los nuevos conceptos relacionados al financiamiento de los servicios, mayor participación del sector privado y participación comunitaria. Aunque el problema de los residuos sólidos urbanos ha sido reconocido hace varias décadas, las soluciones que hasta ahora se han logrado no se han implementado en algunos de estos municipios del Sur del departamento del Cauca, a razón de diferencias políticas, administrativas o sociales que se encuentran en las diferentes entidades públicas, privadas y demás.[2]

Por otra parte, la falta de articulación entre las diferentes jurisdicciones de los municipios mencionados anteriormente, solo profundiza la problemática, por lo que las denominadas “3 R” (reducción, reutilización y reciclado) no pueden aún constituir la base de un Plan de gestión integral de residuos sólidos que responda a este grave problema social, económico y ambiental. [1]

Este trabajo se llevó a cabo con el fin de aportar alternativas de solución al manejo de los diferentes tipos de RSU generados en los municipios de Argelia, Balboa, La Vega y Bolívar situados al Sur del Departamento del Cauca. Para ello particularmente, se describe la caracterización física de los residuos sólidos urbanos, contenidos en los diferentes Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de cada municipio, encontrando la capacidad calorífica teórica para cada tipo de residuo y analizando la viabilidad de la implementación de estructuras para dicho aprovechamiento energético, como alternativa de solución.

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento acelerado del desarrollo económico, la demografía, la urbanización y la revolución tecnológica con el paso del tiempo han venido acompañado de cambios en el estilo de vida y patrones de producción y consumo de la población; como resultado directo de estos procesos, ha habido un aumento en la producción de residuos sólidos urbanos, tanto en cantidad como la diversidad. [3]

Muchos de los países de América Latina y El Caribe con la generación de este tipo de residuos, pretenden crear nuevas perspectivas hacia el aprovechamiento energético.[5] De hecho, al principio las fuentes de energía provenían de los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural), que con el paso del tiempo se encontraron limitados y su reserva disminuían a medida que se iban consumiendo;[6] La demanda de estos recursos se mantiene en el 70%, lo que las confirma como las principales fuentes en el sector energético de la Región.[5]

Los recursos energéticos tienen una relación directa con la economía, el medio ambiente y el bienestar social, por lo que toda sociedad que pretenda consolidarse en el panorama socioeconómico mundial debe garantizar un suministro eficaz de energía. [6] La región tiene una dependencia “extraordinaria” de la generación de energía hidroeléctrica, que “Para lograr un avance en la oferta habría que darle paso a otro tipo de energías renovables, las cuales están muy poco explotadas”.[7]

Colombia, es uno de los países que ha desembocado en el desarrollo y la aplicación de nuevas energías a añadir a las convencionales: las energías renovables; que además de proporcionar el complemento necesario para satisfacer la demanda regional, es un cambio de estrategia energética.[6]

A pesar de esto, en el Sur del Departamento del Cauca el manejo de los residuos sólidos urbanos, no se ha tomado con la seriedad y la importancia requerida para tratarlos y muchos de los intentos por querer hacerlo se ven finalizados por el hecho de desviar los recursos para dicho fin.

Por lo anterior, la gran generación de residuos urbanos en los diferentes municipios crea la necesidad de preocuparse por la disminución y/o aprovechamiento de esta clase de residuos, para lo cual es primordial el

levantamiento de datos reales y actualizados acerca de la cantidad y tipos de residuos sólidos urbanos generados en los municipios de Argelia, Balboa, La Vega y Bolívar pertenecientes al sur del departamento del Cauca. Con el fin de establecer tecnologías adecuadas donde se pueda aprovechar el valor energético que puede brindar esta clase de residuos. Por lo tanto esta pasantía recolectará información verás acerca de la generación, manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos generados en los municipios mencionados anteriormente.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La composición física de los residuos sólidos urbanos en nuestro país está constituida con el 77% de residuos domésticos, 13% comerciales, 4% industrial, 7% institucional, 2% construcciones y 1% otros. [9] Actualmente en el departamento del Cauca la mayor parte de estos residuos continúan teniendo como destino final el relleno sanitario o en algunos casos un botadero a cielo abierto, aunque sea ésta la opción menos sostenible a nivel ambiental. No obstante, la tendencia es ir reduciendo esta práctica en favor de alternativas más interesantes, tanto desde el punto ambiental, como económico. De igual manera, el no aprovechamiento implica que la vida útil de los rellenos sanitarios se agote de manera más rápida. [8]

Apuntándole a aspectos referidos a la innovación tecnológica necesaria para la generación de productos alternativos renovables y el análisis de la tecnología adecuada para su uso, se implementarán los instrumentos de manejo basados en principios de eficiencia, eficacia y efectividad que generen una sostenibilidad ambiental a partir de una relación costo-beneficio óptimo. El análisis de los procesos adecuados para el aprovechamiento y manejo apropiado de los residuos urbanos se convierte en un factor primordial para crear los escenarios que determinen la viabilidad técnica, económica y ambiental asociada al tema. Este aprovechamiento conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final. [8]

La disposición final y la aplicación de los planes de manejo ambiental a este componente generarán en un futuro cercano incrementos tarifarios que afectarán la economía familiar, o por el contrario, de no aplicarse pondrían en riesgo la viabilidad económica y financiera de las empresas prestadoras del servicio público domiciliario del aseo[8]; como lo es el caso de la empresa ASERHI S.A.S E.S.P

que además de prestar el servicio de recolección y disposición final adecuada de los residuos hospitalarios e industriales en la Ciudad de Popayán(Cauca), ha decidido modificar la gestión externa de residuos debido a la implementación de una política ambiental bastante estricta que busca la eliminación de la actividad de disposición final y evitar el envío de cualquier tipo de residuo hacia rellenos sanitarios o celdas de seguridad.[4]

Se pretende fortalecer y sistematizar la información existente, para hacer un análisis reflexivo en torno al aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos que sirva de insumo en la formulación de nuevas propuestas en temas de avance e innovación en pro del medio ambiente, para el aprovechamiento de estos, como lo es el compostaje, reciclaje y potencial energético, siendo este último una alternativa de la cogeneración de energía, aprovechando el potencial energético de un porcentaje de los residuos, apostándole al cambio en la disposición final de este tipo de residuos generados.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General:

- Determinar la capacidad de generación energética de los residuos sólidos urbanos en los municipios de Argelia, Balboa, La Vega y Bolívar pertenecientes al sur del departamento del Cauca

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Obtener las caracterizaciones físicas de los residuos sólidos urbanos generados en los municipios de Argelia, Balboa, La Vega y Bolívar.
- Realizar un análisis de los datos obtenidos a partir de la caracterización física de los residuos sólidos urbanos.
- Implementar una estructura para determinar la factibilidad de manejo de aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, con la llegada de la revolución industrial, la generación de RSU, mostro un incremento acelerado, por factores vinculados al crecimiento y la migración de las poblaciones y a los modelos económicos socialistas y capitalistas. La población mundial pasó de 1,6 millones de habitantes (1900) a 7 mil millones de habitantes (2011), concentrándose en las zonas urbanas, especialmente en América Latina.[10]

A raíz del acelerado crecimiento poblacional, la generación y acumulación de residuos sólidos a causa de la producción y consumo de bienes es una problemática mundial, que prevalece a pesar de los acuerdos establecidos en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro, Brasil, en la cual se establecen las bases para un manejo integral de los residuos sólidos urbanos, como parte del desarrollo sostenible [11]. En él, la actividad se desarrolla como una perspectiva de un sistema abierto en el que los diferentes actores, como la sociedad, los gobiernos, las organizaciones no gubernamentales, etc. interactúan como escalones de la gestión, donde se contempla la minimización, la reutilización, la recogida, el transporte, el reciclaje, el compostaje, recuperación de energía y la disposición final adecuada.[10]

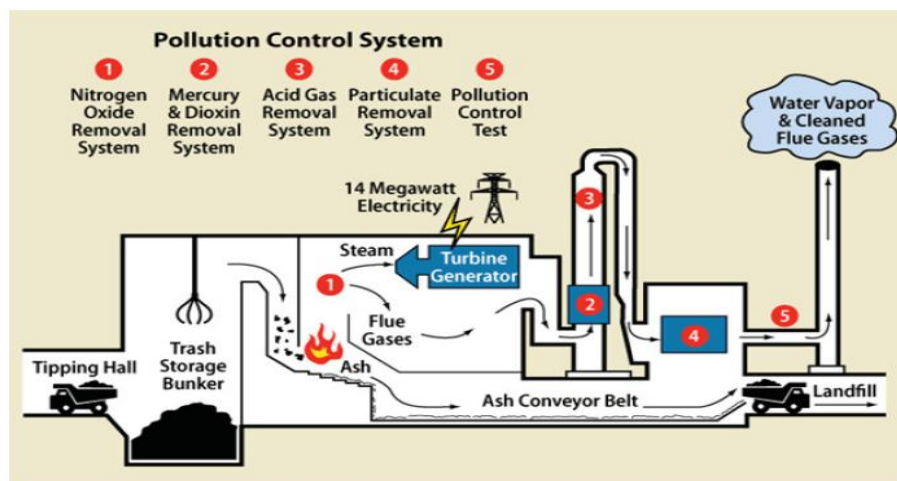
La gestión integrada de RSU está estructurada en una jerarquía, que se llamó inicialmente "3R" (reducir, reutilizar y reciclar), pero tuvo la incorporación de una cuarta a la cual se denominó recuperación de energía o valoración "R". Esta jerarquía está presente en las leyes, tales como la de Brasil, donde la ley 12.305 / 2010 establece el siguiente orden de prioridad: no generación, reducción, reutilización, reciclaje, recuperación de energía y eliminación final. Un claro ejemplo lo podemos ver en los Países Bajos, que utiliza el 88% de su RSU para su reciclaje, compostaje y recuperación de energía.[10]

Hay muchas áreas de las tecnologías ambientales que facilitan tanto el tratamiento de residuos como la generación de energía en un ciclo. Los RSU son uno de los ejemplos típicos de los sistemas de recuperación de energía. Existen varias opciones disponibles para convertir este tipo de residuos en energía, como la incineración, la gasificación, la pirolisis, la digestión anaeróbica, entre otros. [12]

El papel de la incineración de los RSU en los países Europeos varía de un país a otro. En Alemania por ejemplo, el tratamiento térmico de los RSU se realiza principalmente en plantas equipadas con sistemas de cocción de parrillas; utilizándose también en forma individual en plantas de pirolisis, gasificación, en lecho fluidizado o en plantas que utilizan una combinación de estas etapas de proceso. En casi todas las plantas de incineración de RSU, el calor producido durante la incineración se utiliza para la generación de vapor; dicho vapor producido en los incineradores de RSU presenta presiones entre 14 y 120 bar y temperaturas entre 196 y 525°C. Los parámetros comunes de vapor son 40 bar y 400 ° C. Una alta eficiencia de utilización del calor sólo puede lograrse si se controla la incineración para que las cantidades producidas de vapor puedan estar disponibles continuamente para el suministro directo de calor y electricidad a una planta industrial o para su uso en una estación de calefacción o una planta de cogeneración. [13]

Como se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo, posterior al reciclaje y el compost, la mejor operación para desechar los RSU, es la combustión con recuperación de energía o residuos a energía. Las plantas incineradoras queman los residuos sólidos bajo condiciones controladas y generan vapor que se utiliza en una turbina para generar electricidad; esta práctica reduce los desechos en aproximadamente 90%, dejando un 10% restante como cenizas. Estas cenizas en los países Europeos, e incluso en países como las Islas Bermudas, son reutilizadas en más del 70% para aplicaciones asociadas a la construcción. [14]

Figura 1. Combustión con recuperación de energía o Residuos a energía



Fuente: Recovering Energy From Waste

En el caso de Viena (Austria), la ciudad ha adoptado un plan exitoso de minimización de residuos desde 1990, consistentemente de acuerdo con la jerarquía de los RSU adoptando por primera vez un Plan Piloto de Minimización de Residuos logrando una reducción / prevención de residuos del 15,1%. [14]

Durante el periodo comprendido entre 2004 y 2006, Viena siguió la jerarquía de los RSU, basándose en la estrategia de minimización de residuos secundarios que consiste en la recuperación:

- Reciclado con y sin recuperación de desechos
- Recuperación de materiales orgánicos
- Recuperación de energía

Como resultado de estas iniciativas, la cantidad de RSU a los vertederos disminuyó un 3,9% y la energía recuperada de los residuos aumentó un 4,4% en 2005 en comparación con los niveles de 1999. [14]

Es claro que el desarrollo de cualquier país está sujeto en gran medida a la disponibilidad y uso que da a sus recursos energéticos, la actualización del modelo económico y las políticas derivadas de este proceso no podían dejar de incluir el tema de la energía dentro de las prioridades Nacionales.[15]

En Colombia, los RSU, se han venido manejando mediante la implementación de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, focalizándose en el aprovechamiento y valorización de la mayor cantidad posible de residuos y la disposición final de aquellos materiales que no tiene posibilidad de ser aprovechados o que no tienen opciones para la transformación o mercadeo en el entorno.[16]

La importancia de dicho aprovechamiento y valorización de residuos sólidos empieza cada vez a adquirir una mayor dimensión e importancia para el País, ya que ha logrado consolidar su política al respecto a través de la resolución 0754 del 25 de Noviembre del 2014, “por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)”. [17]

En el sur del departamento del Cauca, principalmente en los municipios que son objeto de estudio, el manejo que se le da a los RSU no es precisamente el más adecuado ya que no se tiene control ni vigilancia de dichos procesos, debido al desconocimiento y no aplicación de la normatividad expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Un fiel reflejo de dicha situación se presenta en los municipios de La Vega y Balboa quienes no cuentan con un PGIRS actualizado. Por el contrario es destacable la gestión de las autoridades del municipio de Bolívar porque maneja campañas de conciencia ambiental, aprovechamiento del material orgánico y reutilización del material reciclado para dar cumplimiento a la resolución 0754 del 25 de Noviembre del 2014, siendo un ejemplo para el departamento al igual que lo que se viene desarrollando en el municipio de Argelia donde se realizan campañas de educación ambiental como estrategia para la implementación del PGIRS en el municipio. [17]

Adicional a esta resolución, existe el decreto 2981 de 2013 por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo, donde debe llevarse a cabo “recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables y no aprovechables, hasta el sitios de disposición final o hasta las estaciones de clasificación”. El municipio de La Vega no cuenta con una empresa encargada del servicio de aseo público, por lo cual el municipio se ve obligado a hacerse cargo del manejo de los residuos sólidos urbanos.[18]

Existe también el decreto 596 del 11 de abril del 2016 "... en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio...". Para este caso, los municipios de La Vega, Argelia y Balboa por falta de recursos económicos, intereses políticos y personal capacitado, no cumple con dicho decreto. Ocurriendo lo contrario en el municipio de Bolívar, que tiene como objetivo, el aprovechamiento como actividad complementaria del servicio público de aseo, recolectando los residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios y posteriormente transportándolos hasta la estación de clasificación o aprovechamiento. [19]

2.1.1. Clasificación de residuos sólidos urbanos

Los RSU son aquellos que se generan en los espacios urbanizados, como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas (viviendas), servicios (hostelería, hospitales, oficinas, mercados, etc.) y tráfico viario (papeleras y residuos viarios de pequeño y gran tamaño. [20]

Figura 2. Clasificación de los residuos sólidos urbanos

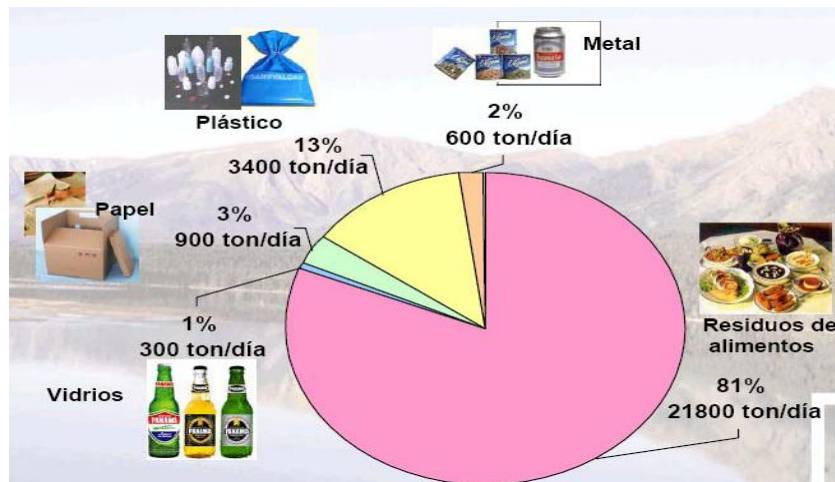


Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Composición física de residuos sólidos urbanos en Colombia

La generación de residuos varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. En Colombia se generan 27.500 toneladas/día de residuos sólidos (1086 municipios 32 departamentos). [20]

Figura 3. Composición física de residuos sólidos urbanos (RSU) en Colombia



Fuente: Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en Colombia

2.1.3. Jerarquización de los Residuos sólidos Urbanos

En la cumbre del G8 en el año 2004 se planteó que las 3R fueran reducir, reutilizar y reciclar. No obstante, con el paso del tiempo se han añadido otras variables en un orden racional para que cualquier tipo de generador pueda cumplir directa o indirectamente con las acciones expuestas en la siguiente pirámide invertida, donde vale la pena aclarar que el motivo de su posición busca sensibilizar la necesidad de que el volumen de residuos generados deberá ser el mínimo al momento de su disposición. [21]

Figura 4. Jerarquización de RSU



Fuente: Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos

2.2. BASES CONCEPTUALES

2.2.1. Residuos Solidos

Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas. [22]

2.2.2. Residuo Sólido Aprovechable

Cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo. [22]

2.2.3. Residuo Sólido no Aprovechable

Todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición. [22]

2.2.4. Aprovechamiento y/o Valorización

Proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos. [22]

2.2.5. Gestión Integral de Residuos Solidos

Conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. [22]

2.2.6. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)

Instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutara durante un periodo determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluando a través de la medición de resultados. Corresponde a la entidad territorial la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización del PGIRS. [18]

2.2.7. Calor o Capacidad Calorífica

Es la magnitud física que determina el calor que es necesario proporcionar a un cuerpo para hacer de esto una variación térmica. También está relacionada con las interacciones intermoleculares, la estabilidad de una etapa, la conductividad térmica y la capacidad de almacenar energía. Es decir, es necesaria la capacidad calorífica para saber la cantidad de energía almacenada de los residuos y por lo tanto ser capaz de diseñar dispositivos para el procesamiento de energía de estos materiales. [23]

2.3. MARCO LEGAL

Las diferentes políticas que se han establecido en Colombia se hicieron para la planeación, organización y administración del estado, y dentro de ellas existen las políticas ambientales; instituyendo unas leyes específicas para el manejo de residuos sólidos.

A continuación se presentarán los referentes legales que contextualizan el marco normativo que será soporte en la construcción y desarrollo de este trabajo.

La Constitución Política de Colombia de 1991 elevó a norma constitucional el manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. Dentro de la constitución en el Capítulo III, establece los derechos Colectivos y del Ambiente; concretamente en su Artículo 79, donde consagra que: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, que garantice la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Además señala que el estado tiene el deber de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. [24]

Entendiéndose como desarrollo al crecimiento económico, al bienestar social y la calidad de vida, sin agotar la base de los recursos naturales renovables, ni deteriorar el medio ambiente, la Constitución Nacional en desarrollo de este principio consagró en su Art. 80 que: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Lo anterior implica asegurar que la complacencia de las necesidades actuales se realice de una manera tal que no implique la capacidad y el derecho de las futuras generaciones para satisfacer las propias. [24]

Así mismo, el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto 2811 de 1974), define que el estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública y deber social. Este decreto tiene por objeto fomentar la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente y de los recursos naturales renovables. [25]

Para lograr el objetivo que se plantea en este decreto, en el título III especifica el manejo que se le debe dar a los residuos, basuras, desechos y desperdicios, para que a través de mejores métodos, de acuerdo con los avances de la ciencia y tecnología, realicen una buena recolección, tratamiento, procesamiento o disposición final. Prohibiendo además la disposición de cualquier tipo de residuos en las vías públicas o lugares donde puedan deteriorar los suelos, para evitar la proliferación de vectores que a su vez pueden causar enfermedades a la comunidad (Art. 34 a Art.38). [25]

A partir de la implementación del decreto anteriormente mencionado, el Congreso de la Republica ve la necesidad de crear una Ley donde se empleen Medidas Sanitarias (Ley 9 de 1979), para la protección del medio ambiente, cuyas normas generales sirvan de base para la disposición y reglamentación necesaria para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en los procedimientos y medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que puedan afectar la salud humana o las condiciones sanitarias del ambiente.[26]

Para que se pueda llevar acabo algunas de las disposiciones anteriormente mencionadas, como por ejemplo, el buen manejo que se le pueda dar a los residuos sólidos. Se establecen normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos

ordinarios (Decreto 1713 del 2002), en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios; garantizando la calidad de servicio a toda la población. [18]

Prestar eficaz y eficientemente el servicio en forma continua e ininterrumpida, desarrollando una cultura de la no basura, fomentando el aprovechamiento, minimizar y mitigar el impacto en la salud y el medio ambiente, ocasionado desde la generación hasta la eliminación de los residuos sólidos, son los objetivos a los cuales se pretende llegar con dicho decreto.[18]

La Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos al jerarquizar las estrategias para su gestión, considero el aprovechamiento y valorización como la base para el manejo de los residuos generados; siendo la composición de los residuos sólidos urbanos (RSU) del país uno de los soportes esenciales. Tal como lo reporta el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), el contenido de materiales potencialmente aprovechables en los RSU alcanza proporciones significativas (65% materia orgánica, 5% papel y cartón, 14% plásticos, 4% vidrio y 1% metales).[27]

La gestión de los RSU ha venido evolucionando, incorporándose opciones de aprovechamiento a los componentes que incluía por tradición la recolección, transporte y disposición final de R.S [27]; para esto el decreto 596 de 2016 se establece en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, requiriendo el aprovechamiento de los residuos sólidos, como actividad complementaria del servicio público de aseo, mediante campañas de concientización a la comunidad, para que entiendan la importancia de la clasificación y separación de los diferentes tipos de residuos desde los hogares o técnicamente hablando desde la fuente.[19]

Para lograr dicho aprovechamiento se requiere la ayuda de los recicladores; cuyo objetivo es la clasificación y pesaje de los diferentes tipos de residuos dentro de una Estación de Clasificación y Aprovechamiento (ECA). Dentro de este decreto se contempla la organización de dichos recicladores, generándoles una oportunidad de empleo, y una mejor calidad de trabajo, sin exponerse a los diversos riesgos que conlleva la manipulación de algunos residuos en la vía pública sin la protección adecuada.[19] Para esto, es indispensable conocer las especificaciones correspondientes a los requerimientos mínimos que deben tenerse en cuenta para la utilización de los residuos sólidos en las diferentes

actividades de aprovechamiento el cual está especificado en el Artículo 184 del Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000).[28]

Por otro lado, para poder lograr un análisis de la viabilidad de implementación de tecnologías para el aprovechamiento, es necesaria una caracterización física de residuos sólidos; para ello en la resolución 0754 del 2014, se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos; la cual nos ayudará a contar con información concreta y valida a la hora de realizar los análisis pertinentes para dicho fin.[17]

Aunque el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000) establece que la caracterización de los residuos debe llevarse a cabo al menos cada dos años, ninguno de los municipios cumple con este requisito y puede atribuirse a la limitación de recursos financieros para la obtención de esta información desviando los recursos para dicho fin. [28]

CAPITULO III: METODOLOGIA

La metodología para llevar a cabo la determinación de la capacidad de generación energética de los residuos sólidos urbanos se basó inicialmente en la revisión de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, identificando la caracterización física y hallando para cada porcentaje que lo compone, un poder calorífico; y así analizar y verificar la viabilidad para el aprovechamiento energético.

3.1. FASE 1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LAS ZONAS

Para el cumplimiento de la misma se realizó mediante las siguientes actividades:

3.1.1. Actividad 1. Consulta y revisión bibliográfica.

Este trabajo está soportado en la revisión y análisis de memorias e informes técnicos tales como trabajos de grado, artículos científicos, antecedentes particulares de otros países, localidades y ciudades relacionados con el tema de la valorización energética y/o aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos.

La revisión de información secundaria para el desarrollo del proyecto en los municipios de Argelia, Balboa, la Vega y Bolívar situados al sur del departamento del Cauca, se llevará a cabo mediante la consulta de bases de datos como “Scientific Electronic Library Online” (SciELO); biblioteca electrónica que incluye una colección seleccionada de revistas científicas chilenas, relacionadas con el área de conocimiento específico para este trabajo; se consultaron también estudios de alto impacto que se realizaron en países como Alemania y China donde el tema de la valorización energética de residuos urbanos es un tema de vanguardia y tecnológicamente mucho más desarrollado que en otras latitudes.

Por otro lado se consultara la base de datos con la que cuenta la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca EBSCO, que es una base de datos para investigación que ofrece una cantidad de revistas académicas y científicas en diferentes idiomas que facilitan la contextualización del manejo de los residuos sólidos en algunas localidades y regiones del mundo explicando el manejo que se le da a los residuos sólidos urbanos y la valorización que pueden tener dicho tipo de residuos.

También se consultara “Google Académico” que se especializa en literatura científica-académica indicando editoriales, bibliotecas, repositorios, bases de datos bibliográficas, entre otros; en sus resultados se pueden encontrar citas,

enlace a libros, artículos de revistas científicas, comunicaciones y ponencias a congresos, informes científicos-técnicos, tesis, tesinas, archivos depositados en repositorios insumos muy relevantes para este proyecto.

Se consultara de igual forma la Constitución Política de Colombia, el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el Congreso de la Republica, la Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos, el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000) y todas normas y leyes que reglamentan el manejo de los mismos además de libros con temas específicos como la valorización, aprovechamiento y manejo de residuos sólidos urbanos.

3.1.2. Actividad 2. Revisión de documentación existente en las Alcaldías.

Para esta actividad se consultó el respectivo sitio web correspondiente a cada uno de los municipios que son objeto de estudio, donde se revisaron contenidos relacionados con el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y el Plan de Desarrollo Municipal (PDM), con el objetivo de encontrar datos puntuales sobre el número de habitantes, la economía, el manejo de residuos sólidos, entre otros.

En caso de que la información se encuentre desactualizada, se procederá a realizar el desplazamiento hasta los municipios para indagar sobre la actualización de la documentación pertinente para la elaboración de este trabajo.

3.1.3. Actividad 3. Revisión de entidades prestadoras de servicios públicos de aseo.

La identificación de las entidades prestadoras de servicio público de aseo en los municipios en cuestión, se realizó con las visitas que pretenderán establecer un dialogo con la comunidad, para instaurar contactos con el personal idóneo que ayude con la información adecuada para lograr el cumplimiento de nuestros objetivos.

3.1.4. Actividad 4. Revisión del personal o entidad encargada del reciclaje.

El proceso para desarrollar la identificación de las personas o entidad encargada del reciclaje, se realizó mediante la información obtenida a través de un dialogo con la persona encargada del manejo de los residuos sólidos y la información brindada por parte de la comunidad de cada municipio.

Posterior a la indagación por parte de las entidades anteriormente mencionadas, se procedió a reconocer si las personas encargadas del reciclaje están

organizadas, sin son independientes o si estas personas están capacitadas; con el fin de saber cómo es el proceso del manejo del reciclaje y como están tratando las cantidades, los precios, y demás en cada una de estas localidades.

3.1.5. Actividad 5. Verificación de implementación y actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).

A través del dialogo con la persona encargada del manejo de residuos sólidos (RS) en las empresas prestadoras de servicios públicos y en la Alcaldía por parte de la oficina de planeación, se verificó la actualización y como se está llevando a cabo la implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).

Esto se realizó con el fin de basarnos en datos concretos y reales que se encuentren en la caracterización tanto cualitativa como cuantitativa de los residuos sólidos urbanos en cada uno de los municipios que son objeto de estudio en este trabajo, ya que la información contenida en estos apartados son esenciales para el desarrollo de este trabajo.

3.1.6. Actividad 6. Encuestas realizadas al personal encargado y/o persona jurídica por parte de las entidades prestadoras de servicio; Alcaldías o Secretarías de Planeación.

En las investigaciones sociológicas es muy común utilizar fuente de datos primarios y secundarios; y para el desarrollo del trabajo es necesario hacer la recolección de información de tipo secundaria, ya que es la obtención de datos ya existentes para la verificación y comparación.

Como fuente de apoyo, la encuesta es quizás el instrumento más conocido y utilizado cuando se quiere lograr precisión y representatividad a la hora de la recolección de datos.[29] En la realización de la encuesta existen dos elementos a tener en cuenta: el tipo de muestreo estadístico y el método de recolección de la información. El primero hace referencia al número de sujetos que serán encuestados, mientras que el segundo explica el método de intercambio de información entre el encuestado y el encuestador.[30]

Para el tipo de muestreo existen dos tipos de técnicas, las probabilísticas y las no probabilísticas. Un muestreo probabilístico es en el cual “cada elemento de la población tiene una oportunidad conocida de ser seleccionado” y el no probabilístico “la selección de elementos se basa parcialmente en el criterio del investigador”. Dentro de los no probabilísticos se incluyen: muestras por conveniencia, por juicios y por cuotas.[31]

De acuerdo con lo dicho anteriormente se utilizó para este proyecto el muestreo por conveniencia, debido a que las personas que tiene conocimiento acerca del manejo de residuos sólidos son las encargadas de las empresas de servicios públicos y en algunos casos funcionarios de la Alcaldía en las oficinas de Planeación.

Para este trabajo se seleccionó la encuesta de tipo personal, que es una de las más utilizadas en la investigación social; aunque es la modalidad menos económica, la información obtenida es la más completa y permite captar el entorno que rodea a la encuesta. (Anexo 1)

Una vez entendido como se realizará la encuesta, es importante realizar una ficha técnica (Anexo 2); para esto es trascendental que los contenidos de esos conceptos o claves técnicas sean precisos y que expresen fielmente los criterios que han guiado la realización de la encuesta. [32]

3.2. FASE 2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para el cumplimiento de la misma se realizó las siguientes actividades:

3.2.1. Actividad 1. Características cuantitativas y cualitativas de los residuos sólidos urbanos identificando sus contenidos y propiedades a partir de la revisión de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).

La caracterización de residuos sólidos permite observar el potencial de reutilización, reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos generados, teniendo como factor de mayor importancia la producción de materia orgánica y contemplando las posibles soluciones en la generación y tratamiento de residuos como plásticos, vidrio, cartón y papel, entre otros, que facilitarían los procesos pertinentes al manejo integral de los residuos.

Por esta razón es fundamental conocer cuáles son los diferentes tipos de residuos que generan la población: como el papel, cartón, vidrio, madera, plástico, chatarra, entre otros y la especificación de los diferentes materiales que lo componen.

Adicional a esta información, es importante conocer el contenido de humedad que se encuentra en los diferentes tipos de residuos, para así poder identificar más adelante el poder calorífico de cada uno de ellos. Así mismo para lograr este objetivo, se debe conocer la cantidad de generación de los residuos sólidos urbanos en cada uno de los municipios a trabajar.

Esta caracterización tanto cualitativa como cuantitativa la obtendremos a través de la revisión del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de cada uno de los municipios anteriormente mencionados.

3.3. FASE 3. ANALISIS DE DATOS

Para el cumplimiento de la misma se realizó las siguientes actividades:

3.3.1. Actividad 1. Análisis comparativo de los PGIRS del año 2012 al año actual, para determinar la variación de la población y así mismo la generación de residuos sólidos urbanos.

Considerando que la información de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) en los municipios de Balboa y La Vega se encuentra desactualizada, no se puede llevar a cabo el análisis comparativo entre el PGIRS de 2012 y el actual. Por esta razón se realizó el análisis comparativo correspondiente entre la encuesta y el PGIRS encontrado en cada uno de los municipios.

La categorización que constituye sin duda una importante herramienta en el análisis de los datos cualitativos, hace posible clasificar conceptualmente las unidades que son cubiertas por un mismo tópico. Por ejemplo, las cuestiones incluidas en cuestionarios o guiones de entrevista pueden ser tomadas como fuente de categorías útiles para reducir los datos. Los sistemas de observación sistemática, mediante los cuales el observador recoge información sobre actividades o fenómenos usando un conjunto predeterminado de categorías, pueden ser aplicados como herramientas analíticas para la categorización de registros en audio, vídeo y también transcripciones de discursos, elaborados a partir de las situaciones observadas.[33]

Una vez entendido lo que concierne a categorización, a continuación se dará las diferentes categorías a comparar y analizar entre la encuesta de cada municipio:

- Tipos de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que más se generan
- Cantidad de RSU generados (ton/mes)
- Actividad económica predominante

3.3.2. Actividad 2. Análisis de los porcentajes y los diferentes componentes encontrados en los residuos sólidos urbanos, para así determinar capacidad de generación energética.

El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía (KJ o kcal) que produce la combustión de 1 kilo del mismo. El poder calorífico superior (PCS) es el calor que desprende 1 kilo de combustible completamente seco, contando con el calor latente de vaporización del agua formada por la combustión del hidrogeno (si lo hay). En los procesos industriales no se aprovecha el calor de condensación del vapor, puesto que los gases se evacuan a una temperatura superior al punto de rocío. Es por eso que en el proceso de desarrollo de este trabajo se usará el poder calorífico inferior (PCI) o (H_{low}).[33]

Para determinar un valor calorífico inferior (H_{Low}) para cada tipo de residuo, se utilizará la siguiente fórmula, la cual se usó para lograr los objetivos de este trabajo: [12]

$$H_{Low} = H_{awf} * C - 2445 * W \text{ in } \frac{kJ}{Kg}$$

Con el fin de evaluar las características de los combustibles de un residuo en particular, el contenido de cenizas (A), la fracción combustible (C) y la humedad (W) de los residuos crudos se establecerán el porcentaje en peso. Dado que el valor de calentamiento de los RSU es un parámetro importante en el proceso de toma de decisiones. [12]

En la ecuación, H_{awf} explica los valores caloríficos libres de cenizas y de agua, que pueden ser utilizados para diversos componentes de desecho. Mediante la ponderación de estos H_{low} individuales para cada tipo de residuo con el porcentaje de peso húmedo, se puede encontrar el valor calorífico inferior global en cada uno de los municipios que son objeto de estudio. [12]

Figura 5. Características del combustible de los componentes de los residuos sólidos

Fuel characteristics of solid waste components				
Component	Moisture %W	Ash %A	Combustible %C	Energy value, H_{awf} (kJ/kg)
Food and organic waste (to be analyzed in each case)	66	13	21	15,000–20,000
Plastics				
Polyethylene (bottles, foil, etc.)				45,000
PVC (bottles, etc.)				15,000–25,000
Polystyrene (wrapping)	29	8	63	40,000
Polypropylene				45,000
Paper and cardboard	47	6	47	16,000–19,000
Rubber and leather	11	26	63	20,000–25,000
Textiles	33	4	63	19,000
Wood	35	5	60	19,000
Glass	3	97	0	0
Metal	6	94	0	0
Inert	10	90	0	0
Fines (<12 mm mesh)	32	46	22	15,000

Fuente: Energy Potential of Municipal Solid Wastes

3.4. FASE 4. IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRUCTURA

Para el cumplimiento de la misma se realiza las siguientes actividades:

3.4.1. Actividad 1. Analizar y verificar la viabilidad para el aprovechamiento energético.

Para analizar y verificar la viabilidad del aprovechamiento energético que se obtuvo en los diferentes tipos de residuos encontrados en el PGIRS de cada municipio, se evaluará los siguientes puntos:

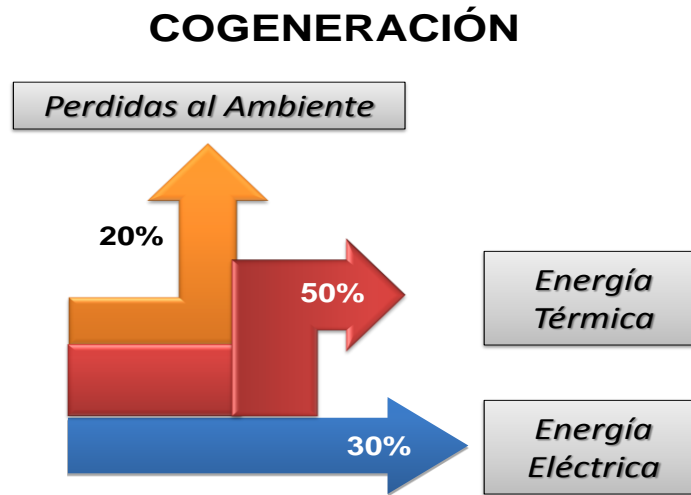
- 1) Proyección de la población hasta el año 2020.

La caracterización de los RSU parte de la identificación de quienes lo producen y un indicador es el crecimiento de la población. Una manera sencilla de modelar la dinámica de una población parte de la hipótesis de que esta aumenta o disminuye en proporción al número de individuos; por esta razón se consultará la base de datos del DANE para obtener la información de la población proyectada hasta el 2020, con el fin de determinar la cantidad de residuos generados hasta el mismo año. [34]

2) Potencial de generación (Co–generación)

De modo de aprovechar al máximo el potencial energético de los residuos sólidos urbanos, resulta conveniente aplicar la estrategia que se denomina “co-generación” en donde una parte de la energía de los residuos se aprovecha como energía térmica y otra parte se convierte en energía eléctrica.[35]

Figura 6. Potencial energético de los residuos



Fuente: Conversión de los residuos sólidos urbanos en energía

Para poder hallar un potencial energético lo haremos a modo de ejemplo. [35]

- Consideremos un poder calorífico de $9,25 \frac{Mj}{Kg}$ de RSU y 1 tonelada de RSU, tendríamos un potencial de generación diarios de:

$$\frac{1000 \text{ Kg}}{\text{dia}} * \frac{9,25 \text{ Mj}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86.400 \text{ Seg}} * 0,50 = 0,11 \frac{\text{MW térmicos}}{\text{Ton diaria}}$$

$$\frac{1000 \text{ Kg}}{\text{dia}} * \frac{9,25 \text{ Mj}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86.400 \text{ Seg}} * 0,30 = 0,064 \frac{\text{MW eléctricos}}{\text{Ton diaria}}$$

$$\frac{1000 \text{ Kg}}{\text{dia}} * \frac{9,25 \text{ Mj}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86.400 \text{ Seg}} * 0,20 = 0,043 \frac{\text{MW pérdidas}}{\text{Ton diaria}}$$

Con el fin de analizar en cada municipio que cantidad de potencial energético (eléctrico, térmico) se puede generar.

3) Energía térmica

Para poder identificar qué fuente de energía es la más conveniente para este trabajo, se evaluará el poder calorífico inferior (PCI) estimado en los residuos sólidos urbanos (RSU) de cada municipio, con el poder calorífico (PC) de algunos de los combustibles fósiles más utilizados como fuente de energía térmica.

Tabla 1. Poder calorífico de algunos de los combustibles fósiles utilizados como fuente de energía térmica.

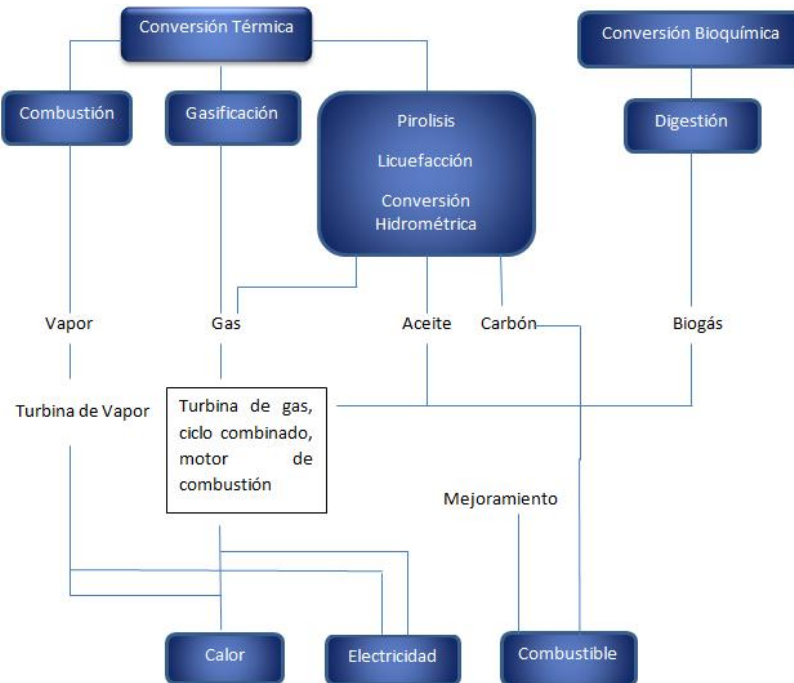
COMBUSTIBLE	PCI (Kcal/Kg)
ACPM	10800
Gas Propano	11250 a 16500
Gas Natural	8400 a 10200
Carbón Mineral	6000 a 7000
Bagazo de Caña	1700 a 2200

Fuente: Energía de la basura

4) Tecnologías de recuperación de energía de los RSU

Se pueden separar los procesos de recuperación de la energía de los residuos en dos grupos: Conversión Biológica y Conversión Térmica. [35]

Figura 7. Opciones de conversión de biomasa a formas secundarias de energía



Fuente: Conversión de residuos sólidos urbanos en energía

Finalmente se realizó un análisis de los diferentes tipos de tecnologías para el aprovechamiento, haciendo una comparación entre las ventajas y desventajas de la implementación de cada una de ellas en caso de que sea viable dicho aprovechamiento.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

Los Municipios de Argelia, Balboa, Bolívar y La Vega se encuentran ubicados al sur del departamento del Cauca, Colombia.

Figura 8. Sur del Departamento del Cauca



Fuente: OCHA - United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs

4.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LAS ZONAS

A partir de la información encontrada por medio de los las diversas plataformas anteriormente mencionadas de los diferentes casos realizados en otras localidades, países y ciudades sobre el aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos, se realizó la revisión existente de la documentación en las diferentes Alcaldías de estos municipios a trabajar.

- **Municipio de Argelia**

Para el municipio de Argelia se procede a obtener por medio de la página web de la alcaldía el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y el Plan de Desarrollo Municipal (PDM), con el fin de hallar información relacionada con el número de habitantes, la humedad, su economía, el manejo de residuos sólidos, entre otros. El EOT hallado se encuentra desactualizado cuya vigencia es del año 2016, ocurriendo lo mismo para el PDM que su vigencia es del año 2015. Posterior a la indagación vía web de dichos documentos, se procede a viajar al municipio de Argelia para la obtención del EOT y PDM actualizados; sin obtener respuesta satisfactoria ya que la información brindada por parte de esta entidad pública es deficiente.

- **Municipio de Balboa**

En el municipio de Balboa la situación no es diferente a la del municipio de Argelia; se realiza la búsqueda por medio de la página web de la alcaldía el EOT y el PDM, encontrando que el EOT tiene vigencia del año 2010 y el PDM del año 2015. Posteriormente se desplaza desde la Ciudad de Popayán hasta el Municipio de Balboa, indagando personalmente en la Alcaldía la actualización de dichos documentos; igualmente al momento de solicitar la información pertinente, la respuesta por parte de la persona encargada de la oficina de planeación no es satisfactoria, ya que manifestaron no saber sobre la actualización de estos documentos.

- **Municipio de Bolívar**

Por el contrario en el municipio de Bolívar al examinar la página web de la alcaldía, se encuentra que el PDM está actualizado, sin embargo el EOT no fue posible encontrarlo por vía electrónica. Después de indagar los documentos existentes, se procede a desplazarse hasta el municipio para realizar la visita correspondiente hasta la Alcaldía municipal; obteniendo la misma respuesta que en los municipios de Argelia y Balboa.

- **Municipio de La Vega**

Para el municipio de La Vega ocurre la misma situación que en los municipios de Argelia y Balboa, al momento de revisar la página web de la Alcaldía municipal, se encuentra que el PDM y el EOT se encuentran desactualizados y se procede a realizar el desplazamiento hasta el municipio para indagar sobre la actualización de la documentación pertinente para la elaboración de este trabajo y sin tener una respuesta diferente como en los municipios anteriormente mencionados, la obtención del EOT y PDM actualizados no se realizó a cabalidad.

Además de la recolección de información que se encuentra en las Alcaldías de cada una de estas localidades, es fundamental conocer las entidades que prestan el servicio público de aseo y así mismo la información que estas puedan brindar a cerca del manejo de residuos sólidos.

- **Administración Pública Cooperativa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo (APCOOAR E.S.P)**

Al momento de llegar al municipio de Argelia tras dialogar con la comunidad, se procede a la observación de la existencia de una entidad prestadora del servicio público de aseo. Corroborando la información brindada por los habitantes, se encuentra que la entidad “Administración Pública Cooperativa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo (APCOOAR E.S.P)”, es la empresa encargada del manejo de residuos sólidos urbanos que cuenta con una gerente que lleva aproximadamente 10 meses en el manejo de los mismos en el municipio y algunos corregimientos aledaños; brindando información pertinente que nos ayudará más adelante como fuente de apoyo al proyecto.

- **Cooperativa, Acueducto y Alcantarillado de Balboa (CAAB E.S.P)**

Al momento de llegar al municipio de Balboa, después de indagar con los habitantes de esta localidad, se encontró que la empresa “Cooperativa, Acueducto y Alcantarillado de Balboa (CAAB E.S.P)”, cuenta con un gerente que lleva 16 años al frente del manejo de los residuos sólidos urbanos del municipio y algunos corregimientos, quien brindó información eficaz para la elaboración de este trabajo.

- **Entidad territorial mixta EMBOLIVAR E.S.P S.A**

Después de averiguar con la comunidad del municipio de Bolívar, se percató que la empresa “EMBOLIVAR E.S.P S.A”, cuenta con una coordinadora que se encarga específicamente del manejo de los residuos sólidos urbanos en el

municipio, independiente del gerente que lleva escasos meses en esta entidad; colaborando con información concreta para el desarrollo de este trabajo.

- **Acueducto y Alcantarillado - La Vega Cauca**

Por el contrario en La Vega al averiguar con los habitantes del municipio, se encontró que existe una entidad prestadora de servicio de acueducto y alcantarillado; dejando la responsabilidad del manejo de residuos sólidos en manos del municipio. Al momento de indagar en la Alcaldía municipal el secretario de apoyo de la secretaria de planeación, brindó información puntual a cerca del manejo de los residuos sólidos urbanos que nos ayudará para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo.

Adicional a lo identificado anteriormente y no menos importante es la revisión del personal o entidad encargada del reciclaje en los municipios de Argelia, Balboa, Bolívar y La Vega.

- **Manejo del reciclaje en el Municipio de Argelia**

En el municipio de Argelia al momento de platicar con la persona encargada del manejo de residuo sólido, manifestó que en el municipio no existen recicladores de oficio ni independiente; sin embargo al momento de indagar con la comunidad afirman la existencia de recicladores independientes y de una asociación de recicladores que se hace llamar “ASMOIPAZ”.

Posteriormente a la indagación se realizó una entrevista a un reciclador independiente llamado Reimundo quien ostentó que lleva en este oficio aproximadamente 40 años, recolectando en el municipio por medio de una carretilla, chatarra, plástico, aluminio, papel, cartón, entre otros, realizando la venta estos materiales a su yerno quien es el representante legal de la asociación de recicladores “ASMOIPAZ”.

Una vez terminada la entrevista con el Sr. Reimundo se procede a entablar un dialogo con el representante legal de dicha asociación llamado Aparicio Ibarra, quien revela que su asociación está conformada legalmente, y que el material que recoge se lo compra a los recicladores del mismo municipio y posteriormente lo vende a la ciudad de Popayán en la Recicladora (no supo especificar) y a la ciudad de Cali en Recipat todo el material como Chatarra, plástico, PET, polietileno, polipropileno, bota de caucho, aluminio, pesticidas; adicional a esto informó que los socios quienes hace parte de este trabajo, estuvieron en

capacitación con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) a cerca del aprovechamiento del material orgánico, realizando compostaje.

- **Manejo del reciclaje en el Municipio de Balboa**

Después de buscar la información con la comunidad y el personal encargado del manejo de residuos sólidos se realiza una entrevista cara a cara con el reciclador existente en el municipio quien se hace llamar Chepe, quien actualmente trabaja en un lava autos y a su vez es reciclador.

A través de la entrevista con el reciclador, se pudo obtener los diferentes tipos de materiales que recoge como plástico, cobre, bronce, aluminio y baterías viejas, informando que su venta se realiza en las plazas de mercado en las ciudades de Pasto, Popayán, Cali y Pereira.

- **Manejo del reciclaje en el Municipio de Bolívar**

En el municipio de Bolívar el tema del reciclaje lo maneja tanto la empresa de servicios públicos como los recicladores independientes. La empresa de servicios públicos incentiva la separación en la fuente realizando campañas de concientización a los habitantes de esta localidad y posterior a esto se realiza la recolección de este material el último martes de cada mes, utilizando el material orgánico para la elaboración de compostaje, las botellas plásticas de manera artesanal en el relleno sanitario y el resto del material reciclable lo donan a los recicladores independientes existentes en el municipio.

Una vez terminada la indagación por parte de la empresa de servicios públicos, se procede a obtener información por parte del Sr. Eduardo o como le llaman en el municipio “Don Pipa”. Manifestando que los materiales que recoge como Chatarra, papel, plástico, PET, cobre, bronce, plomo, acero, bota pantanera, cartón, aluminio, entre otros son transportados y comercializados a Yumbo (Sidoc) y a la ciudad de Popayán (Calle 8-12, Chatarrería los mellizos).

- **Manejo del reciclaje en el Municipio de La Vega**

El manejo del reciclaje en el municipio de La Vega es caso contrario a los anteriormente mencionados, ya que al momento de buscar la información tanto el personal de la Alcaldía como la comunidad, manifestaron no tener conocimiento alguno sobre la existencia de recicladores; contribuyendo a que la vida útil del relleno sanitario de Popayán (sitio de disposición final de los residuos sólidos) sea menor que el tiempo proyectado.

Para poder basarnos en datos puntuales, concretos y certeros es necesario realizar la verificación de la implementación y actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) obteniendo los siguientes resultados:

Lo que concierne al municipio de Argelia al momento de obtener la información por parte de la gerente de la empresa de servicios públicos, manifiesta tener conocimiento sobre la actualización del PGIRS, sin tener respuesta satisfactoria al momento de solicitar en físico o forma digital el documento. Al igual que la persona encargada del manejo de los RS en el municipio, en la oficina de planeación brindan la misma información, sin embargo se obtiene el PGIRS en forma digital por medio de EMCASERVICIOS S.A E.S.P.

En el municipio de Balboa para obtener la información correspondiente, fue necesario platicar con el gerente de los servicios públicos y el encargado de la oficina de planeación en la Alcaldía; manifestando que el PGIRS con el que cuenta el municipio es del año 2013, sin embargo este documento no fue presentado ante la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) para su revisión y posterior aceptación. La obtención en forma digital del PGIRS lo brinda el gerente de servicios públicos, ya que al momento de solicitar el documento en la Alcaldía no se obtuvo respuesta alguna por la falta de conocimiento del documento actual.

Para el caso del municipio de Bolívar la situación es totalmente diferente, ya que al momento de averiguar por el PGIRS con la coordinadora encargada del manejo de los RS, se obtuvo respuesta inmediata expresando que la actualización del documento es del año 2015 y proporcionándolo en forma digital.

Casos como el de Argelia y Balboa se presenta en el del municipio de La Vega; como se menciona anteriormente este municipio no cuenta con una empresa que maneje los residuos sólidos urbanos, por tanto se consulta al Ingeniero de apoyo de la secretaria de planeación sobre la actualización del PGIRS, mencionando que dicho documento con el que cuenta la alcaldía es del año 2006, en espera de la aprobación del nuevo documento.

Para los municipios anteriormente mencionados, además de la información brindada sobre la actualización del PGIRS, los gerentes de servicios públicos manifiestan que utilizan la educación ambiental como estrategia para la implementación del PGIRS.

La información brindada por parte del personal ideo que maneja los RSU en cada una de estas localidades, se obtuvo a través de encuestas como fuente de apoyo para la elaboración de los objetivos a cumplir.

- **Encuesta realizada al personal encargado y/o persona jurídica por parte de la entidad prestadora de servicio público del municipio de Argelia**

Para el municipio de Argelia mediante la entrevista la gerente de la empresa de servicios públicos “Julieth Córdoba” manifestó que el municipio cuenta con un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos.

Figura 9. Relleno Sanitario Argelia – Cauca



Informando además que la recolección de estos residuos se realiza dos veces a la semana en la cabecera municipal y en los corregimientos Puerto rico, Sinaí, el Mango y La belleza, recolectando en una volqueta aproximadamente 16 toneladas semanales. Para la disposición de los residuos en los corregimientos pertenecientes al municipio que no cuentan con el servicio de aseo, se cuenta con un botadero a cielo abierto.

- **Encuesta realizada al personal encargado y/o persona jurídica por parte de la entidad prestadora de servicio público del municipio de Balboa**

A través de este medio para recolectar información acerca del manejo de los RSU en el municipio de Balboa, el gerente manifestó que no cuentan con una unidad para la disposición final de los residuos sólidos urbanos.

Sin embargo mediante una volqueta que alquila la empresa hacen la recolección de estos residuos tres veces a la semana, trasladan al municipio de la Unión (Nariño) un promedio mensual de 84 toneladas, llevándose a cabo únicamente en el casco urbano.

Figura 10. Relleno Sanitario La Unión- Nariño



Para la disposición de los residuos en los corregimientos pertenecientes al municipio cuentan con un botadero a cielo abierto, a excepción del corregimiento lomas, quienes vierten sus desechos al río Patía y el corregimiento La Planada, quienes hacen separación en la fuente, y disponen los residuos orgánicos para abonos.

- **Encuesta realizada al personal encargado y/o persona jurídica por parte de la entidad prestadora de servicio público del municipio de Bolívar**

La Ingeniera Aura María Gómez quien es la actual coordinadora de residuos sólidos, informa que el municipio cuenta con una celda transitoria para la disposición final de los residuos sólidos.

Figura 11. Celda Transitoria Bolívar – Cauca



La recolección de los residuos es netamente en la cabecera municipal, estimando que la generación de RSU es de 95 toneladas al mes, y su disposición final se realiza cinco veces a la semana, siendo transportada en un carro compactador.

Entre otras cosas manifiesta que los corregimientos pertenecientes al municipio que no cuentan con la cobertura del servicio que presta la empresa, se practica la separación en la fuente, sin ningún tipo de aprovechamiento.

- **Encuesta realizada al personal encargado y/o persona jurídica por parte de la entidad prestadora de servicio público del municipio de La Vega**

Mediante la encuesta se pudo determinar que el municipio no cuenta con una empresa prestadora del servicio de aseo público que se encargue del manejo de los residuos sólidos, por esta razón el municipio es el responsable de la recolección, transporte y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos, haciendo la recolección una vez a la semana en la cabecera municipal mediante una volqueta, trasladando al relleno sanitario de la Ciudad de Popayán aproximadamente 17 toneladas al mes.

Para la disposición de los residuos en los corregimientos pertenecientes al municipio se depositan en un botadero a cielo abierto y en algunos corregimientos hacen aprovechamiento integral.

4.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los ingenieros a cargo de la actualización del PGIRS en algunos de estos municipios, realizaron la caracterización tanto cuantitativa como cualitativa siguiendo los lineamientos estipulados en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), con lo establecido en el numeral F.1.4. TÍTULO F, SISTEMAS DE ASEO URBANO.[28]

- **Caracterización Cualitativa y Cuantitativa de los RSU del municipio de Argelia**

En el municipio de Argelia la caracterización de los residuos sólidos se llevó a cabo según la Resolución 0754 del 2014 “Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.”

Tabla 2. Clasificación de los Residuos Sólidos

MATERIAL		MATERIAL	
PAPEL	Blanco de primera	PLASTICO	PET-tereftalato de polietileno
	Archivo		PEAD-polietileno de alta densidad
	Directorio		PVC-policloruro de vinilo
	Revista		PEBD-polietileno de baja densidad
	Periódico		PP-polipropileno
CARTON	Kraft	PLASTICO	PS-poliestireno
	Corrugado		otros-resinas de plásticos o mezclas
	Plegadiza	CHATARRA FERROSA	Total chatarra ferrosa
VIDRIO	Vidrio transparente	CHATARRA NO FERROSA	Aluminio
	Vidrio ámbar		Cobre
	Vidrio verde		
OTROS	Otros	RCD	Residuos de Construcción y Demolición
MADERA	Madera	RESIDUOS DE PODA	Residuos de poda de árboles y corte de césped
		RESIDUOS DE COMIDA	Residuos de comida y alimentos

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Argelia-Cauca

Tabla 3. Peso unitario para los Residuos Sólidos

MATERIAL	PESO UNITARIO (Kg/m ³) Típico
Papel	89
Cartón	50
Vidrio	196
Plástico	65
Chatarra ferrosa	900

Chatarra no ferrosa	320
Residuos de comida	291
Residuos de poda	148
Madera	237

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Argelia-Cauca

Tabla 4. Composición Física de los Residuos Sólidos en el casco Urbano

MATERIAL	TOTAL CABECERA			
	Cantidad Promedio (Kg/Día)	Promedio ponderado (%)	Kg/mes	Ton/Mes
TOTAL	944,28	100,00	28328,4	28,33
Total papel	70,28	7,44	2108,3	2,11
Blanco de primera	11,34	1,20	340,1	0,34
Archivo	14,36	1,52	430,9	0,43
Directorio	24,40	2,58	732,0	0,73
Revista	11,92	1,26	357,5	0,36
Periódico	8,26	0,87	247,8	0,25
Total de cartón	14,59	1,55	437,8	0,44
Kraft	3,20	0,34	96,1	0,10
Corrugado	8,55	0,91	256,4	0,26
Plegadiza	2,84	0,30	85,3	0,09
Total vidrio	32,25	3,42	967,5	0,97
Vidrio transparente	4,39	0,47	131,8	0,13
Vidrio ámbar	18,79	1,99	563,8	0,56
Vidrio verde	9,06	0,96	271,9	0,27
Total plásticos	107,90	11,43	3237,0	3,24
PET-tereftalato de polietileno	23,10	2,45	692,9	0,69
PEAD-polietileno de alta densidad	26,21	2,78	786,2	0,79
PEBD-polietileno de baja densidad	2,21	0,23	66,3	0,07
PVC-policloruro de vinilo	38,70	4,10	1161,0	1,16
PP-polipropileno	7,38	0,78	221,4	0,22
PS-poliestireno	5,65	0,60	169,6	0,17
Otros-resinas de plásticos o mezclas	4,65	0,49	139,5	0,14
Total chatarra ferrosa	17,24	1,83	517,3	0,52
Total chatarra no ferrosa	1,58	0,17	47,5	0,05
Aluminio	1,58	0,17	47,5	0,05
Cobre	0,00	0,00	0,0	0,00
RCD	0,00	0,00	0,0	0,00
Otros	18,90	2,00	567,0	0,57
Residuos de comida y alimentos	681,53	72,17	20445,9	20,45
Residuos de poda de árboles y corte de césped	0,00	0,00	0,0	0,00
Madera	0,00	0,00	0,0	0,00

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Argelia-Cauca

- **Caracterización Cualitativa y Cuantitativa de los RSU del municipio de Balboa**

En el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Balboa se halló la siguiente caracterización física de residuos sólidos.

Tabla 5. Caracterización Física de los Residuos Solidos

DESCRIPCION	% EN PESO	PRODUCCION TON/MES
ORGANICOS FACILMENTE BIOEDEGRADABLES		
Residuos de alimentos	70,20	32,67
Podas	0,00	0,00
Subtotal(RSO)	70,20	32,67
INORGANICOS		
Aprovechables		
Papel y cartón	8,56	3,98
Vidrio	3,38	1,57
Plástico	4,77	2,22
Metales	0,74	0,34
Otros aprovechables	1,82	0,85
Subtotal	19,26	8,96
No aprovechables		
Barrido	6,67	3,10
Varios	2,42	1,12
Icopor	0,79	0,37
Peligrosos	0,65	0,30
Subtotal No Aprovechables	10,54	4,90
Total	100,00	46,54

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Balboa-Cauca

- **Caracterización Cualitativa y Cuantitativa de los RSU del municipio de Bolívar**

A continuación se presenta la caracterización física de los residuos sólidos en el municipio de Bolívar, hallados en el PGIRS

Tabla 6. Clasificación de los Residuos Solidos

MATERIAL		MATERIAL		
Papel	Blanco de primera	Platico	PET-tereftalato de polietileno	
	Archivo		PEAD-polietileno de alta densidad	
	Directorio		PVC-policloruro de vinilo	
	Revista		PEBD-polietileno de baja densidad	
	Periódico		PP-polipropileno	
Cartón	Kraft		PS-poliestireno	
	Corrugado		otros-resinas de plásticos o mezclas	
	Plegadiza		Chatarra Ferrosa	
				Total chatarra ferrosa

Vidrio	Vidrio transparente	Chatarra No Ferrosa	Aluminio
	Vidrio ámbar		Cobre
	Vidrio verde		RCD
Otros	otros	Residuos de comida	Residuos de comida y alimento
Madera	Madera	Residuos de poda	Residuos de poda de árboles y corte de césped.

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Bolívar-Cauca

Tabla 7. Peso Unitario para los Residuos Solidos

MATERIAL	PESO UNITARIO (Kg/m3) Típico
Papel	89
Cartón	50
Vidrio	196
Plástico	65
Chatarra ferrosa	900
Chatarra no ferrosa	320
Residuos de comida	291
Residuos de poda	148
Madera	237

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Bolívar-Cauca

Tabla 8. Composición Física de los Residuos Sólidos en el casco Urbano

MATERIAL	MATERIAL	Kg/día	PROMEDIO %	Kg/mes	Ton/mes
PAPEL	Blanco de primera	88.83	3.39	2,664.76	2.66
	Archivo	43.00	1.64	1,289.89	1.29
	Directorio	39.63	1.51	1,188.83	1.19
	Revista	34.78	1.33	1,043.49	1.04
	Periódico	20.94	0.80	628.34	0.63
Subtotal		227.18	8.68	6,815.32	6.82
CARTON	Kraft	26.23	1.00	787.01	0.79
	Corrugado	39.42	1.51	1,182.70	1.18
	Plegadiza	27.37	1.05	821.01	0.82
Subtotal		93.02	3.56	2,790.72	2.79
VIDRIO	Vidrio transparente	21.27	0.81	638.05	0.64
	Vidrio ámbar	36.05	1.38	1,081.39	1.08
	Vidrio verde	27.88	1.07	836.27	0.84
Subtotal		85.19	3.26	2,555.70	2.56
PLASTICO	PET-terafalato de polietileno	100.25	3.83	3,007.52	3.01
	PEAD-polietileno de alta densidad	77.45	2.96	2,323.61	2.32
	PVC-policloruro de vinilo	6.13	0.23	183.82	0.18
	PEBD-polietileno de baja densidad	131.71	5.03	3,951.21	3.95
	PP-polipropileno	4.74	0.18	142.09	0.14
	PS-poliestireno	24.86	0.95	745.88	0.75
	otros-resinas de plásticos o	31.60	1.21	948.06	0.95

	mezclas				
	Subtotal	376.74	14.40	11,302.19	11.30
CHATARRA FERROSA	Total chatarra ferrosa	26.34	1.01	790.24	0.79
CHATARRA NO FERROSA	Aluminio	2.86	0.11	85.92	0.09
	Cobre	-	-	-	-
	RCD	-	-	-	-
	Subtotal	2.86	0.11	85.92	0.09
OTROS	Otros	194.48	7.43	5,834.52	5.83
RESIDUOS DE COMIDA	Residuos de comida y alimentos	1,609.13	61.50	48,273.97	48.27
RESIDUOS DE PODA	Residuos de poda de árboles y corte de césped	-	-	-	-
MADERA	Madera	1.71	0.07	51.43	0.05
TOTAL	2,617	100.00	78,500.00	78.50	TOTAL

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Bolívar-Cauca

- **Caracterización Cualitativa y Cuantitativa de los RSU del municipio de La Vega**

Finalmente para el municipio de la Vega la caracterización física de los residuos sólidos es la siguiente:

Tabla 9. Composición de los Desechos Sólidos

Tipo de material	% en Peso	Residuos sólidos producidos por componente ton/mes
Orgánicos fácilmente biodegradables		
Residuos de alimentos	63.50	17.95
Podas y corte prado.	0	0
Otros	1.20	0.34
Subtotal (RSO)	64.70	18.29
Inorgánicos		
Papel y cartón	11.80	3.34
Vidrio	15.40	4.35
Plástico	5.6	1.58
Metales	1.2	0.34
Otros aprovechables	1.3	0.37
Subtotal (RSI)	35.30	9.98
No aprovechables		0.0
TOTAL	100	28.27

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, La Vega-Cauca

4.4. ANALISIS DE DATOS

En cada uno de los municipios se plasmó la información obtenida en la encuesta y en el PGIRS, estableciendo que para la información a trabajar de aquí en adelante para este documento se tomará datos reales a partir de la que se obtuvo en campo a través de las encuestas.

- **Municipio de Argelia**

Tabla 10. Comparación entre la encuesta y el PGIRS

	ENCUESTA	PGIRS
Tipo de RSU que más se genera	Plástico, orgánico	Chatarra, orgánico
Cantidad de RSU generados (Ton/mes)	16	28,3
Actividad económica	Agricultura	Agricultura y ganadería

Fuente: Elaboración Propia

- **Municipio de Balboa**

Tabla 11. Comparación entre la encuesta y el PGIRS

	ENCUESTA	PGIRS
Tipo de RSU que más se genera	Plástico, vidrio, papel y cartón, chatarra	Orgánico
Cantidad de RSU generados (Ton/mes)	21	46,54
Actividad económica	Agricultura	Agricultura

Fuente: Elaboración Propia

- **Municipio de Bolívar**

Tabla 12. Comparación entre la encuesta y el PGIRS

	ENCUESTA	PGIRS
Tipo de RSU que más se genera	Orgánico	Orgánico
Cantidad de RSU generados (Ton/mes)	95	78.5
Actividad económica	Agricultura	Agricultura y ganadería

Fuente: Elaboración Propia

- **Municipio de La Vega**

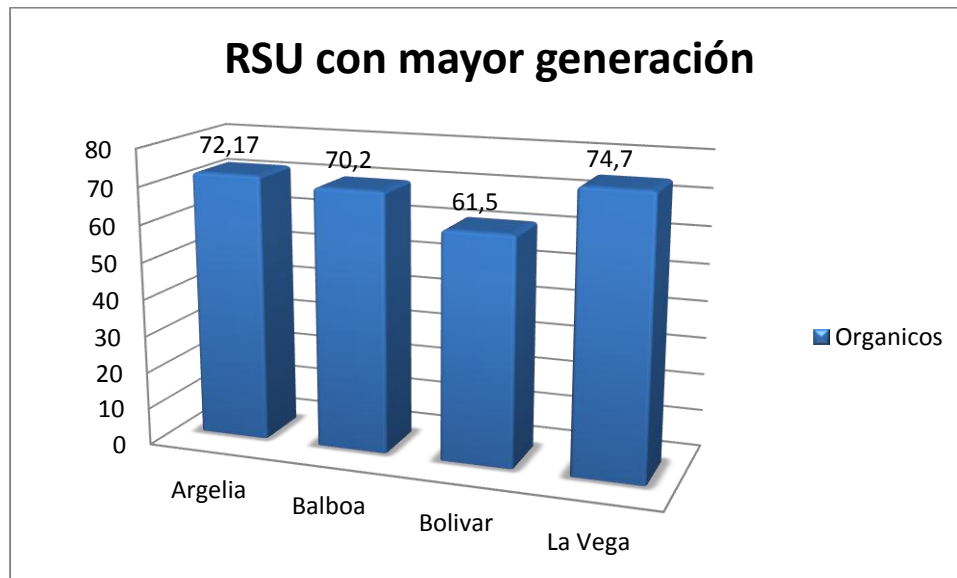
Tabla 13. Comparación entre la encuesta y el PGIRS

	ENCUESTA	PGIRS
Tipo de RSU que más se genera	Orgánico	Orgánico
Cantidad de RSU generados (Ton/mes)	17	29.5
Actividad económica	Agricultura	Agricultura

Fuente: Elaboración Propia

En las siguientes graficas se podrá observar las comparaciones de la información obtenida a través de la encuesta entre los cuatro municipios.

Figura 12. Tipo de RSU con mayor generación



Fuente: Elaboración Propia

Al momento de evaluar las respuestas obtenidas a través de las encuestas, se determina que el tipo de residuos sólidos con mayor generación en cada uno de los municipios son los residuos orgánicos (RO); además como lo muestra la gráfica La Vega es el municipio que más RO genera entre estas cuatro localidades.

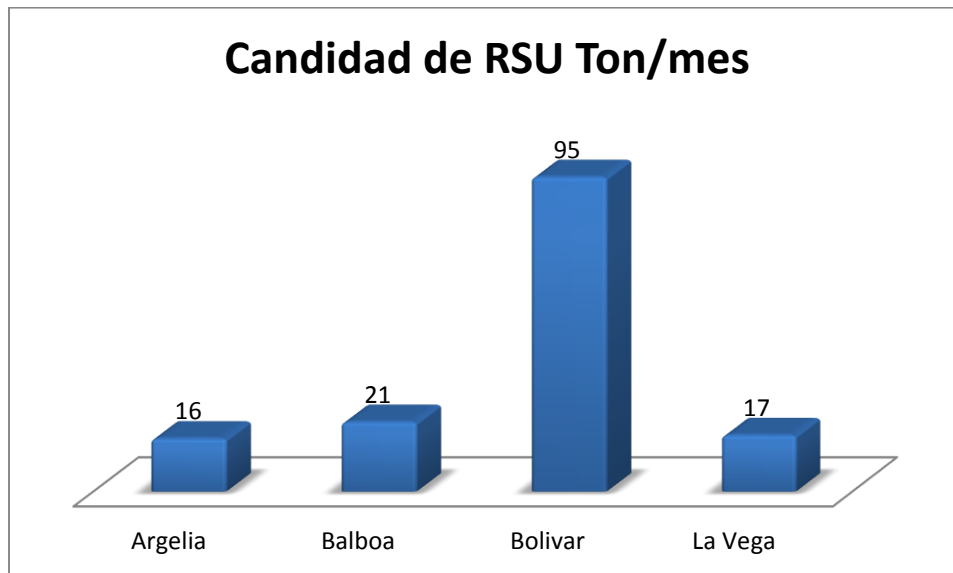
Si bien es cierto, el crecimiento desorbitado de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en Colombia no es una alarma nueva dentro de las diferentes adversidades que conlleva el manejo de los residuos sólidos.

Sin embargo en la actualidad se ha tratado de buscar solución a esta problemática incentivando a llevar a cabo la separación en la fuente y a partir de esta separación se han buscado usos alternativos benéficos para el entorno, como es el proceso de reciclaje para la transformación de los residuos sólidos orgánicos nuevamente en materia prima.[8]

El proceso de compostaje de los residuos orgánicos como biofertilizantes y acondicionadores de suelos, la producción de gas, humus, los biocombustibles, entre otros, son técnicas mediante las cuales se puede aprovechar éste tipo de

residuos,[8] de los cuales se hablará más adelante dependiendo de la capacidad calorífica generada en cada municipio.

Figura 13. Cantidad de RSU generados (Ton/mes)



Fuente: Elaboración Propia

Al momento de examinar las encuestas se pudo constatar que Bolívar es el municipio que más residuos sólidos urbanos genera; ya que sus áreas y por ende su población supera a los municipios de Argelia, Balboa y La Vega. Siendo esta localidad con mayor generación, podría ser de mayor rendimiento y viabilidad para llevar a cabo el aprovechamiento energético, caso que se analizará más adelante a través del poder calorífico de los RSU y con las diferentes tecnológicas para dicho aprovechamiento.

Finalmente como se ha venido exponiendo en el trayecto de este trabajo los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición inadecuada y porque cada vez son más, asunto asociado al incremento de la población humana, a los procesos de transformación industrial, y a los hábitos de consumo de los individuos.[8]

Para estos municipios localizados al sur del departamento del Cauca los residuos no dependen de la transformación de las industrias, ya que no existen como tal; predominando la Agricultura como actividad económica en estos municipios, por tal motivo se constata que la mayor generación de tipo de residuos sólidos son los orgánicos como se mencionaba anteriormente.

4.5. PODER CALORIFICO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

A continuación se muestra la capacidad calorífica de los diferentes tipos de residuos sólidos generados en cada uno de los municipios, calculados a través de la fórmula del Poder Calorífico Inferior (PCI o H_{Low}), con sus respectivos valores estandarizados para la fracción combustible (C), la humedad (W) de los residuos crudos que se establecerán el porcentaje en peso y para (H_{awf}) que explica los valores caloríficos libres de cenizas y de agua.

$$H_{Low} = H_{awf} * C - 2445 * W \text{ in } \frac{Kj}{Kg}$$

- Poder calorífico de los RSU del municipio de Argelia

Papel y Cartón:

$$H_{Low} = 17000 * 47\% - 2445 * 47\%$$

$$H_{Low} = 6840.85 \frac{Kj}{Kg} * (2108.3 \frac{Kg}{mes} + 437.8 \frac{Kg}{mes})$$

$$H_{Low} = 6840.85 \frac{Kj}{Kg} * 2582.1 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 17417488.2 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$H_{Low} = 4162879.6 \frac{Kcal}{mes}$
--

Vidrio:

$$H_{Low} = 0 * 0\% - 2445 * 3\%$$

$$H_{Low} = -73.35 \frac{Kj}{Kg} * 967.5 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = -70966.1 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = -16961.3 \frac{Kcal}{mes}$$

Plástico:

$$H_{Low} = 40000 * 63\% - 2445 * 29\%$$

$$H_{Low} = 24490.95 \frac{Kj}{Kg} * 3237.0 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 79277205.15 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 18947706.78 \frac{Kcal}{mes}$$

Chatarra:

$$H_{Low} = 0 * 0\% - 2445 * 6\%$$

$$H_{Low} = -146.7 \frac{Kj}{Kg} * 564.8 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = -82856.2 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = -19803.1 \frac{Kcal}{mes}$$

Residuos de Comida:

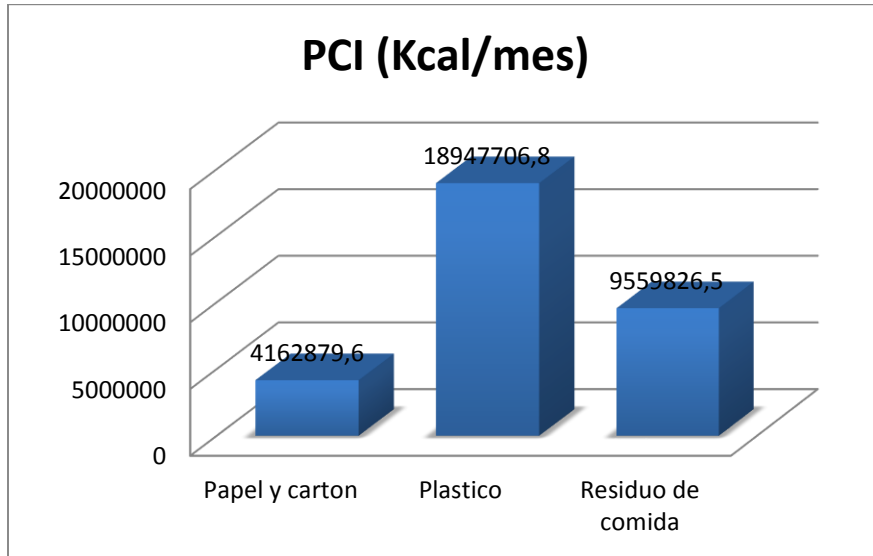
$$H_{Low} = 17000 * 21\% - 2445 * 66\%$$

$$H_{Low} = 1956.3 \frac{Kj}{Kg} * 20445,9 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 39998314.17 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 9559826.5 \frac{Kcal}{mes}$$

Figura 14. Poder Calorífico Inferior de los RSU del municipio de Argelia



Fuente: Elaboración Propia

Después de obtener el Poder Calorífico Inferior (PCI) de cada uno de los residuos generados en esta localidad, se pudo determinar que el plástico tiene mayor poder PCI; esto quiere decir que este tipo de residuo sólido almacena 18947706,8 Kcal de energía al mes.

- **Poder calorífico de los RSU del municipio de Balboa**

Papel y Cartón:

$$H_{Low} = 17000 * 47\% - 2445 * 47\%$$

$$H_{Low} = 6840.85 \frac{Kj}{Kg} * 3980 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 27226583 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 6507309.5 \frac{Kcal}{mes}$$

Vidrio:

$$H_{Low} = 0 * 0\% - 2445 * 3\%$$

$$H_{Low} = -73.35 \frac{Kj}{Kg} * 1570 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = -115159.5 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = -27523.8 \frac{Kcal}{mes}$$

Plástico:

$$H_{Low} = 40000 * 63\% - 2445 * 29\%$$

$$H_{Low} = 24490.95 \frac{Kj}{Kg} * 2220 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 54369909 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 12994720.1 \frac{Kcal}{mes}$$

Metales:

$$H_{Low} = 0 * 0\% - 2445 * 6\%$$

$$H_{Low} = -146.7 \frac{Kj}{Kg} * 340 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = -49878 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = -11921.1 \frac{Kcal}{mes}$$

Residuos de comida:

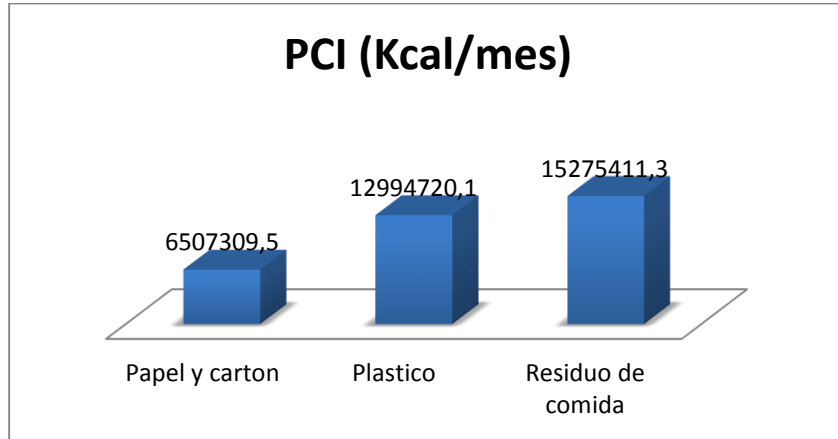
$$H_{Low} = 17000 * 21\% - 2445 * 66\%$$

$$H_{Low} = 1956.3 \frac{Kj}{Kg} * 32670 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 63912321 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 15275411.3 \frac{Kcal}{mes}$$

Figura 15. Poder Calorífico Inferior de los RSU del municipio de Balboa



Fuente: Elaboración Propia

Para este caso los residuos de comida son los que mayor cantidad de energía puede almacenar con un PCI de 15275411.3 Kcal al mes.

- **Poder calorífico de los RSU del municipio de Bolívar**

Papel y Cartón:

$$H_{Low} = 17000 * 47\% - 2445 * 47\%$$

$$H_{Low} = 6840.85 \frac{Kj}{Kg} * (6815.32 \frac{Kg}{mes} + 2790.72 \frac{Kg}{mes})$$

$$H_{Low} = 6840.85 \frac{Kj}{Kg} * (9606.04 \frac{Kg}{mes})$$

$$H_{Low} = 65713478.73 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 15705898.4 \frac{Kcal}{mes}$$

Vidrio:

$$H_{Low} = 0 * 0\% - 2445 * 3\%$$

$$H_{Low} = -73.35 \frac{Kj}{Kg} * 2555.70 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = -187460.6 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = -44804.1 \frac{Kcal}{mes}$$

Plástico:

$$H_{Low} = 40000 * 63\% - 2445 * 29\%$$

$$H_{Low} = 24490.95 \frac{Kj}{Kg} * 11302.19 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 276801483.2 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 66157115.2 \frac{Kcal}{mes}$$

Chatarra:

$$H_{Low} = 0 * 0\% - 2445 * 6\%$$

$$H_{Low} = -146.7 \frac{Kj}{Kg} * 85.92 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = -12604.5 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = -3012.5 \frac{Kcal}{mes}$$

Residuos de comida:

$$H_{Low} = 17000 * 21\% - 2445 * 66\%$$

$$H_{Low} = 1956.3 \frac{Kj}{Kg} * 48273.97 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 94438367.51 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 22571311.5 \frac{Kcal}{mes}$$

Madera:

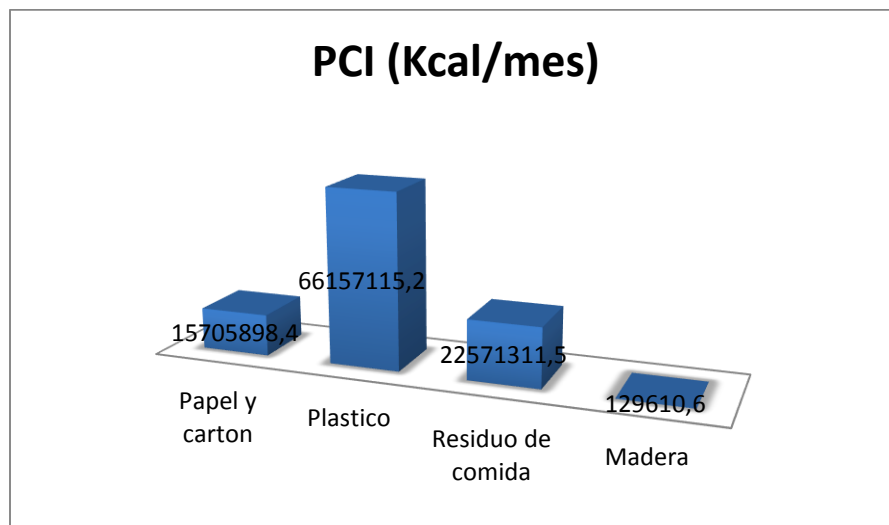
$$H_{Low} = 19000 * 60\% - 2445 * 35\%$$

$$H_{Low} = 10544.25 \frac{Kj}{Kg} * 51.43 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 542290.78 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 129610.6 \frac{Kcal}{mes}$$

Figura 16. Poder Calorífico Inferior de los RSU del municipio de Bolívar



Fuente: Elaboración Propia

Para el municipio de Bolívar el plástico es el que mayor poder calorífico contiene dentro los diferentes tipos de residuos sólidos, almacenando 66157115.2 Kcal de energía al mes.

- **Poder calorífico de los RSU del municipio de La Vega**

Residuos de alimento:

$$H_{Low} = 17000 * 21\% - 2445 * 66\%$$

$$H_{Low} = 1956.3 \frac{Kj}{Kg} * 17950 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 35115585 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$H_{Low} = 8392826.2 \frac{Kcal}{mes}$
--

Papel y Cartón:

$$H_{Low} = 17000 * 47\% - 2445 * 47\%$$

$$H_{Low} = 6840.85 \frac{Kj}{Kg} * 3340 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 22848439 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$H_{Low} = 5460907.9 \frac{Kcal}{mes}$
--

Vidrio:

$$H_{Low} = 0 * 0\% - 2445 * 3\%$$

$$H_{Low} = -73.35 \frac{Kj}{Kg} * 4350 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = -319072 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$H_{Low} = -76260.1 \frac{Kcal}{mes}$

Plástico:

$$H_{Low} = 40000 * 63\% - 2445 * 29\%$$

$$H_{Low} = 24490.95 \frac{Kj}{Kg} * 1580 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = 38695701 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = 9248494.5 \frac{Kcal}{mes}$$

Metales:

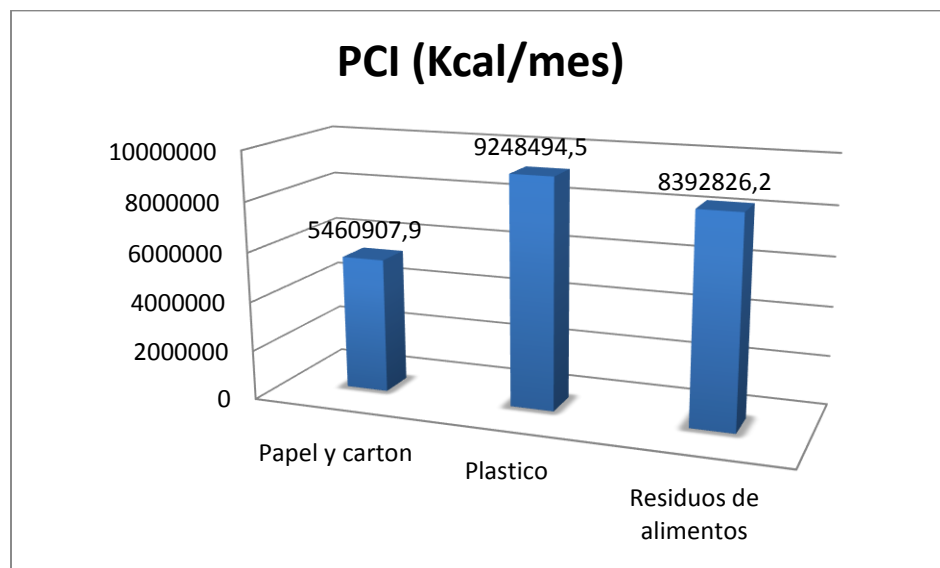
$$H_{Low} = 0 * 0\% - 2445 * 6\%$$

$$H_{Low} = -146.7 \frac{Kj}{Kg} * 340 \frac{Kg}{mes}$$

$$H_{Low} = -49878 \frac{Kj}{mes} * \frac{1 Kcal}{4,184 Kj}$$

$$H_{Low} = -11921.1 \frac{Kcal}{mes}$$

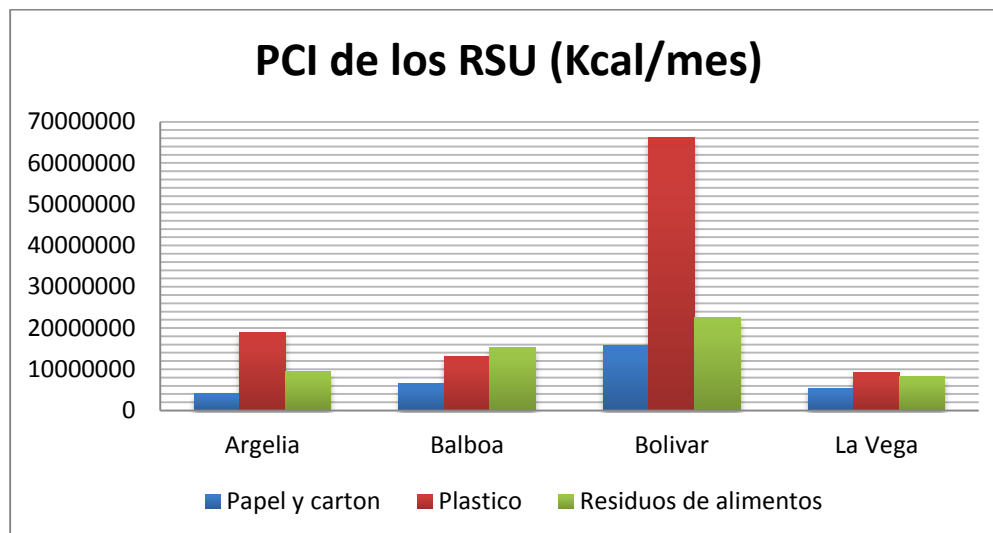
Figura 17. Poder Calorífico Inferior de los RSU del municipio de La Vega



Fuente: Elaboración Propia

En el municipio de La Vega nuevamente el plástico es el tipo de residuo sólido urbano que tiene una mayor capacidad calorífica.

Figura 18. Comparación del PCI entre los municipios



Fuente: Elaboración Propia

Al momento de comparar el poder calorífico generado en los diferentes tipos de residuos entre estos cuatro municipios, la gráfica muestra que el papel, cartón y los residuos de alimentos a comparación del plástico es muy poco la energía que pueden almacenar; teniendo Bolívar en el plástico un potencial energético elevado.

4.6. IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRUCTURA

En primera instancia se analizará brevemente la proyección de la población y así mismo la proyección de generación de RSU en cada uno de los municipios; realizando la proyección de los RSU por medio de una regla de tres simple.

- **Proyección de la población en el municipio de Argelia**

2017	2018	2019	2020
27.221	27.454	27.670	27.867

Fuente: DANE – Información Estadística

Proyección de generación de residuos sólidos urbanos

2017	2018	2019	2020
16 Ton/mes	16.1 Ton/mes	16.3 Ton/mes	16.4 Ton/mes

Fuente: Elaboración Propia

- **Proyección de la población en el municipio de Balboa**

2017	2018	2019	2020
26.005	26.210	26.384	26.538

Fuente: DANE – Información Estadística

- **Proyección de generación de residuos sólidos urbanos**

2017	2018	2019	2020
21 Ton/mes	21.2 Ton/mes	21.3 Ton/mes	21.4 Ton/mes

Fuente: Elaboración Propia

- **Proyección de la población en el municipio de Bolívar**

2017	2018	2019	2020
44.793	44.836	44.868	44.864

Fuente: DANE – Información Estadística

- **Proyección de generación de residuos sólidos urbanos**

2017	2018	2019	2020
95 Ton/mes	95.1 Ton/mes	95.2 Ton/mes	95.2 Ton/mes

Fuente: Elaboración Propia

- **Proyección de la población en el municipio de La Vega**

2017	2018	2019	2020
46.561	47.007	47.417	47.791

Fuente: DANE – Información Estadística

- **Proyección de generación de residuos sólidos urbanos**

2017	2018	2019	2020
17 Ton/mes	17.1 Ton/mes	17.3 Ton/mes	17.4 Ton/mes

Fuente: Elaboración Propia

Para este análisis hay que tener en cuenta que los sitios de disposición final de los municipios de Balboa y La Vega fueron clausurados debido al agotamiento de su capacidad y además debieron haber creado una adecuada estructura de

recolección y clasificación de los residuos para el posterior reciclaje y aprovechamiento.

Todo esto sumado a los beneficios que pueda resultar de la generación de empleo, disminución de agentes y vectores contaminantes, reclaman con urgencia una solución de nivel educativo y tecnológico en cada uno de los municipios; tecnologías que se analizarán más adelante.[34]

Antes de realizar el análisis respectivo de las tecnologías concernientes al aprovechamiento energético de los RSU, cabe denotar que la producción y el tipo de los residuos en la mayoría de los casos depende de las industrias, a raíz de esto la revolución demográfica produjo un éxodo masivo de campesinos hacia las ciudades; haciendo que el antiguo agricultor se convirtiera en obrero industrial. La ciudad industrial aumentó su población como consecuencia del crecimiento natural de sus habitantes y por el arribo de este nuevo contingente humano.[36]

El caso que se acabó de presentar no aplica para estos municipios; ya que para el sur del departamento del Cauca la población se mantiene económicamente a través de la Agricultura tradicional como trabajo de campo y no como la privatización del suelo y la aplicación de nuevos métodos y técnicas de cultivo; corroborando a través de las tablas que la proyección de habitantes se mantiene constante y a su vez la generación de residuos, sin generar cambios significativos al paso del tiempo.

- **Potencial de generación (Co-generación)**

Para el siguiente análisis se muestran las fracciones de conversión aproximadas que pueden obtenerse en un sistema de cogeneración. Cabe recordar que un 50% de la energía química puede convertirse en energía térmica, un 30% en energía eléctrica y el 20% restante se pierden.

- Para un municipio como Argelia, con una generación de RSU de $16 \frac{Ton}{mes}$ y un PCI de $33068.05 \frac{Kj}{Kg}$, se tendría un potencial de generación de:

$$16 \frac{Ton}{mes} * \frac{1 mes}{30 dias} * \frac{1000 Kg}{1 Ton} = 533.33 \frac{Kg}{dia}$$

$$33068.05 \frac{Kj}{Kg} * \frac{0,001 Mj}{1 Kj} = 33.07 \frac{Mj}{Kg}$$

$$533.33 \frac{Kg}{dia} * 33.07 \frac{Mj}{Kg} * \frac{1 dia}{86400 seg} * 0,50 = \mathbf{0,10 MW Térmicos}$$

$$533.33 \frac{Kg}{dia} * 33.07 \frac{Mj}{Kg} * \frac{1 dia}{86400 seg} * 0,30 = \mathbf{0,06 MW Electricos}$$

$$533.33 \frac{Kg}{dia} * 33.07 \frac{Mj}{Kg} * \frac{1 dia}{86400 seg} * 0,20 = \mathbf{0,04 MW Perdidas}$$

Dentro de este análisis se determinó que en el municipio de Argelia con la cantidad estimada de RSU por toneladas al mes y con el poder calorífico total de estos mismos residuos, puede generar 0,10 MW de energía térmica, 0,60 MW de energía eléctrica y 0,40 MW se pierden en el ambiente. Realmente la generación de energía de estos residuos es muy poca como para pensar en alguna alternativa como por ejemplo la Incineración para la generación de energía eléctrica para esta localidad.

- Para un municipio como Balboa, con una generación de RSU de $21 \frac{Ton}{mes}$ y un PCI de $33068.05 \frac{Kj}{Kg}$, se tendría un potencial de generación de:

$$21 \frac{Ton}{mes} * \frac{1 mes}{30 dias} * \frac{1000 Kg}{1 Ton} = 700 \frac{Kg}{dia}$$

$$33068.05 \frac{Kj}{Kg} * \frac{0,001 Mj}{1 Kj} = 33.07 \frac{Mj}{Kg}$$

$$700 \frac{Kg}{dia} * 33.07 \frac{Mj}{Kg} * \frac{1 dia}{86400 seg} * 0,50 = \mathbf{0,13 MW Térmicos}$$

$$700 \frac{Kg}{dia} * 33.07 \frac{Mj}{Kg} * \frac{1 dia}{86400 seg} * 0,30 = \mathbf{0,08 MW Electricos}$$

$$700 \frac{Kg}{dia} * 33.07 \frac{Mj}{Kg} * \frac{1 dia}{86400 seg} * 0,20 = \mathbf{0,05 MW Perdidas}$$

Si bien es cierto, la tecnología ha abierto las puertas a diversos procesos de transformación de los residuos hacia fuentes como la producción de energía, para este caso en el municipio de Balboa el potencial de generación de energía térmica (0,13 MW), energía eléctrica (0,08 MW) y las pérdidas de energía en el ambiente (0,05 MW), son muy pocas para llevarlo a cabo, ya que la generación de residuos no alcanza a abastecer la demanda requerida para este proceso.

- Para un municipio como Bolívar, con una generación de RSU de $95 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}}$ y un PCI de $43612.3 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$, se tendría un potencial de generación de:

$$95 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} = 3166.67 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

$$43612.3 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * \frac{0,001 \text{ Mj}}{1 \text{ Kj}} = 43.61 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}}$$

$$3166.67 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} * 43.61 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * 0,50 = \mathbf{0,8 \text{ MW Térmicos}}$$

$$3166.67 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} * 43.61 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * 0,30 = \mathbf{0,5 \text{ MW Electricos}}$$

$$3166.67 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} * 43.61 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * 0,20 = \mathbf{0,3 \text{ MW Perdidas}}$$

Aunque para esta localidad la pérdida de energía en el ambiente (0,3 MW) a comparación de la energía térmica (0,8 MW) y eléctrica (0,5 MW) es relativamente baja, la producción de las mismas es considera muy mínima para la implementación de una infraestructura que ayude con la generación de este tipo de energías.

- Para un municipio como La Vega, con una generación de RSU de $17 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}}$ y un PCI de $33068.05 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$, se tendría un potencial de generación de:

$$17 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} = 566.67 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

$$33068.05 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * \frac{0,001 \text{ Mj}}{1 \text{ Kj}} = 33.07 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}}$$

$$566.67 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} * 33.07 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * 0,50 = \mathbf{0,11 \text{ MW Térmicos}}$$

$$566.67 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} * 33.07 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * 0,30 = \mathbf{0,07 \text{ MW Electricos}}$$

$$566.67 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} * 33.07 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * 0,20 = \mathbf{0,04 \text{ MW Perdidas}}$$

En este municipio ocurre lo mismo que en las demás localidades, la generación de residuos no es suficiente para poder implementar las tecnologías adecuadas para el aprovechamiento energético.

- **Energía Térmica**

A través de la obtención del potencial energético por medio de la “co-generación”, se evidencia que el tipo de energía térmica es la que más se aprovecha en los RSU de los municipios de Argelia, Balboa, Bolívar y La Vega; es por esto que se comparará el PCI estimado de los RSU en cada municipio con el PCI de algunos de los combustibles fósiles más utilizados como fuente de energía térmica, para determinar la viabilidad de la tecnología adecuada para dicho aprovechamiento energético (generalmente a través de la generación de vapor para un proceso industrial o agua caliente para un proceso industrial o para calefacción de viviendas).[35]

Tabla 14. Poder calorífico de algunos de los combustibles fósiles utilizados como fuente de energía térmica.

COMBUSTIBLE	PCI (Kcal/Kg)
ACPM	10800
Gas Propano	11250 a 16500
Gas Natural	8400 a 10200
Carbón Mineral	6000 a 7000
Bagazo de Caña	1700 a 2200

Fuente: Energía de la basura

Tabla 15. Poder Calorífico Inferior de los Municipios (PCI Kcal/Kg)

MUNICIPIO	PCI (Kcal/Kg)
Argelia	7903.45
Balboa	7903.45
Bolívar	10423.6
La Vega	7903.45

Fuente: Elaboración Propia

El PCI estimado de los RSU en los municipios de Argelia, Balboa y La Vega se encuentra muy cerca del poder calorífico del Carbón Mineral, lo que lo convierte en una fuente de energía un tanto atractiva. Por otro lado el PCI estimado de los RSU del municipio de Bolívar se acerca más al Gas Natural, siendo este un potencial de generación de energía térmica para esta localidad.

Cabe resaltar que la cantidad de PCI disponible en los cuatro municipios por año al igual que la población, no tiene cambios significativos de acuerdo con la proyección realizada; por lo tanto no es una fuente confiable de energía.

- **Tecnologías de recuperación de energía de los RSU**

Para entender un poco como es la tecnología en pro de la recuperación de energía en los RSU se explicara los procesos por los cuales deben someterse estos residuos para llegar a obtener la energía requerida.

- 1) **Conversión Biológica:** Este proceso es efectuado por bacterias mediante el proceso de digestión anaerobia, donde la fracción orgánica de los residuos se descompone de manera natural en ausencia de aire. Este proceso ocurre en rellenos sanitarios (algunos controlados y otros no) donde se genera una mezcla de gases, conocida como biogás, cuyos dos componentes principales son el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2).[35]
- 2) **Conversión Térmica:** El proceso térmico consiste en la conversión de los RSU en productos gaseosos, líquidos y sólidos mediante reacciones químicas inorgánicas. La conversión térmica de los residuos puede darse de tres formas diferentes: combustión, gasificación y pirolisis. En la combustión y en la gasificación la reacción química que se produce es exotérmica, lo que significa que se libera energía directamente. Sin embargo en la gasificación se obtiene un producto gaseoso con un poder calorífico remanente que luego podrá ser aprovechado en una combustión posterior. En la pirolisis, la reacción es endotérmica, pero se obtiene un gas derivado cuyo poder calorífico también puede aprovecharse en una combustión posterior.[35]

Dentro de las tecnologías de conversión térmica la más popular y extensa en su uso es la incineración o quema en grilla / parrilla, luego está la gasificación por lecho fluido burbujeante, circulante y fijo. Estas tecnologías se utilizan principalmente en plantas de gran escala (capacidad mayor a 500 ton/día).[35]

Por lo dicho anteriormente las diferentes tecnologías para la recuperación de energía de los RSU en los municipios de Argelia, Balboa, Bolívar y La Vega no son viables, ya que la producción de los residuos sólidos urbanos no supera a 100 toneladas al mes y por ende el poder calorífico generado no es suficiente para este tipo de tecnologías.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- El estudio permite identificar las diferentes falencias que impiden un adecuado manejo de los RSU; sin embargo cabe destacar que el municipio de Bolívar es un referente importante en esta región del departamento pues destaca en la manera adecuada con la que desarrolla estas prácticas.
- En el municipio de Bolívar el programa de educación ambiental con foco en los estudiantes de varias Instituciones educativas y con la participación de la comunidad que a su vez realiza separación en la fuente, facilitan y potencian los diversos aprovechamientos que se le pueden dar a los RSU.
- La caracterización tanto cuantitativa como cualitativa de los RSU de los municipios de la Vega y Balboa son deficientes y poco confiables; ya que su PGIRS no se encuentra actualizado.
- A partir de la obtención de PCI de los diferentes tipos de RSU en cada uno de los municipios, se determinó que dicho potencial energético es muy bajo ya que la generación de RSU es poca, generado a su vez por el número de población existente en cada una de estas localidades.
- El poder calorífico de los RSU en los cuatro municipios no generan una viabilidad tecnológica ni económica para el aprovechamiento energético de los mismos, ya que la generación de este tipo de residuos no proporciona la suficiente cantidad para abastecer las diferentes opciones de tecnologías, siendo óptimas a mayor escala.
- Comparando el PCI disponible de los RSU con el PC de algunos combustible fósiles, se observa que desde el punto de vista energético los RSU pueden ser utilizados para producir energía térmica útil a pequeña escala, comparable con la utilización del Carbón Mineral en los municipios de Argelia, Balboa y La Vega y como Gas Natural en el municipio de Bolívar, aprovechándola en sus hogares por medio de biodigestores.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

- Es necesaria la actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) en los municipios de Balboa y La Vega, para la confiabilidad de los datos y la implementación de un buen manejo de los RSU.
- Invertir económicamente en los sitios de disposición final de los municipios de La Vega y Balboa quienes no cuentan con uno propio; ya que se encuentran clausurados por la CRC.
- Implementar estrategias de educación ambiental en los municipios de Argelia, Balboa y La Vega que incentiven la separación en la fuente para llevar a cabo las diferentes opciones de aprovechamiento, para reducir gastos en la disposición final de los RSU y así prolongar la vida útil de los sitios de disposición final y reducir la contaminación.
- Convenios que integren la participación de las Alcaldías municipales, las Instituciones Educativas de Nivel Superior (Universidades), las empresa de servicios públicos, el Comité de Cafeteros y la Corporación Regional del Cauca (CRC) para la ejecución de medidas de control de la implementación de dichas estrategias no solo en la cabecera municipal de cada municipio, sino también en los corregimientos pertenecientes a cada uno de ellos.
- Estudios con profundidad para la viabilidad de la obtención de gas metano a través de la materia orgánica para los corregimientos y/o casco urbano, como alternativa de aprovechamiento de este tipo de residuo, por medio de biodigestores caseros para los hogares de bajos recursos económicos de estas localidades.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Schejtman, L. & Irurita, N. (2012). "Diagnóstico sobre la gestión de los residuos urbanos en los municipios de la Argentina", Políticas publicas CIPPEC, Programa de desarrollo local, Área de instituciones y gestión política.
- [2] Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, O. & Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana.
- [3] Gouveia, N. (2012). Residuos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciencia & Saúde Coletiva* 6 (17). 1503-1510.
- [4] Aseo especializado de residuos hospitalarios e industriales. (2016). Plan de gestión integral de residuos hospitalarios y similares e industriales (02). Popayán, Cauca.
- [5] Organización Latinoamericana de Energía. (2010). Eficiencia energética y energías renovables para el desarrollo industrial situación energética en américa latina y el caribe. Recuperado de: http://www.cccartagena.org.co/docs/2010071712_PFE_Situacion%20Energetica%20en%20America%20Latina%20y%20el%20Caribe.pdf
- [6] Castells, X. E. (s.f.). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Cataluña, España: Díaz de Santos.
- [7] Granados, A. (25 de Abril del 2015). América Latina requiere más energía. *El País*. Recuperado de: http://economia.elpais.com/economia/2015/04/24/actualidad/1429894886_485908.html
- [8] Jaramillo Henao, G. & Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia (tesis de posgrado). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- [9] Contreras, C. (2006). Manejo integral de aspectos ambientales-Residuos Sólidos. *Diplomado Gestiona Ambiental Empresarial para funcionarios de ETB*. Diplomado dirigido por la Universidad Javeriana de Bogotá.

- [10] Godecke, M. V., Chaves, I. R., & Naime, R. H. (2012). Gestão de resíduos sólidos urbanos no brasil: o caso de canoas, rs. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 7(7), 1430-1439.
- [11] Saldaña Duran, C., Rosales, P., Messina Fernández, S. & Pérez Pimienta, J, “Viabilidad de la valorización energética de los RSU que se generan en el vertedero el Iztete, de Tepic-Nayarit”, *Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima*, 2011, 361-366.
- [12] Dolgen, D., Sarptas, H., Alpaslan, N. & Kucukgul, O. (October 2005). Energy Potential of Municipal Solid Wastes. *Energy Sources*. 27(15), 1483-1492.
- [13] Jhonke, B. Emissions from waste incineration. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 455-468.
- [14] Ganfer, N. (2011). Recovering energy from waste (Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for a M.S. Degree in Earth Resources Engineering). Department of Earth and Environmental Engineering, Columbia University, New York.
- [15] Bravo Hidalgo, D. Energía y Desarrollo Sostenible en Cuba, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Vol. 42, No. 4, pp. 14-25.
- [16] Marmolejo, L., Torres, P., Oviedo, E., Bedoya, D., Amezquita, C., Klinger, R., Alban, F. & Diaz, L, “Flujo de residuos: Elemento base para La sostenibilidad del aprovechamiento de residuos municipales”, *Ingeniería y competitividad*, Vol. 11, No.2, pp. 79 – 93.
- [17] Resolución N° 0754. “Por el cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos”. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 25 de Noviembre de 2014.
- [18] Decreto N° 2891. Reglamentario del Servicio Público de Aseo. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 20 de diciembre de 2013.
- [19] Decreto N° 596. “Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores

de oficio, y se dictan otras disposiciones”. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 11 de abril de 2016.

[20] Jaramillo Henao, G. & Zapata Marquez, L. (2008). Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en Colombia (especialización en gestión ambiental). Facultad de ingeniería, universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

[21] Ocampo, D. “Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos”, *Éxito Empresarial*, No. 230, 2013.

[22] Decreto N°1713. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial No. 44.893, 07 de agosto de 2002.

[23] Núñez, L. (2010). Avaliação de tecnologias para aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos (Tesis de pregrado “como requisito parcial para graduação em Engenharia Química”). Universidade Federal do Ceará, Brasil.

[24] Constitución política de Colombia 1991. En ejercicio de su poder soberano, representado por sus delegatarios a la Asamblea Nacional Constituyente, invocando la protección de Dios, y con el fin de fortalecer la unidad de la Nación y asegurar a sus integrantes la vida, la convivencia, el trabajo, la justicia, la igualdad, el conocimiento, la libertad y la paz, dentro de un marco jurídico, democrático y participativo que garantice un orden político, económico y social justo, y comprometido a impulsar la integración de la comunidad latinoamericana.

[25] Decreto N° 2811 (1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Diario Oficial No 34.243, 27 de enero de 1975.

[26] Ley N° 9. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. Diario Oficial. Año CXV. N° 35193.5, Febrero de 1979.

[27] Marmolejo, L., Torres, P., Oviedo, R., García, M., & Díaz, L. (2011). Análisis del funcionamiento de plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del valle del cauca, Colombia. Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA). (16), 163-174.

[28] Resolución N° 1096. Por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. 17 de Noviembre de 2000.

- [29] Encuesta estadística. Tipos de encuesta. Organización y diseño de cuestionarios. Casos prácticos. *Prácticas cualitativas*, pp. 1-39
- [30] Arriaza, M, (2006), *Guía práctica de análisis de datos*, Andalucía, España
- [31] Kinnear, T & Taylor, J, *Market Research*, Michigan, United States of America.
- [32] Comité de ética AEDEMO, (Marzo 2013). *¿Qué datos deben incluirse en la ficha técnica para publicar una encuesta?*
- [33] Rodríguez, G., Gil, J. & García, E, *Metodología de la investigación cualitativa*. Granada, España: Ediciones Aljibe.
- [34] Pérez, M., Valencia, J., Rubiano, J., Feo, D & Cuellar, E. (2010). Energía de la basura. *Revista Tecnura*. 14(26). 118-125.
- [35] Moratorio, D., Rocco, T & Catelli, M. (2012). Conversión de residuos sólidos urbanos en energía. *Memorias de trabajo de difusión científica y técnica*. (10). 115-126.
- [36] Patricia & Catherine. (5 de Diciembre de 2007). *Revolución Industrial*. Recuperado de <http://industrial-revol.blogspot.com.co/2007/12/revolucion-demografica.html>.

ANEXOS

Anexo 1. ENCUESTA



Municipio:	
Nombre de la Entidad:	
Nombre del encuestado:	
Cargo:	
Tiempo de trabajo en la entidad (meses):	

Propósito: El presente cuestionario tiene como objeto recopilar información relacionada con la gestión que se les hace a los residuos sólidos urbanos RSU municipales por parte de funcionarios o entidades públicas ligadas directa o indirectamente a la prestación de dicho servicio, con el ánimo de establecer línea base en la prospección de soluciones para el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en el departamento del Cauca.

- 1) ¿Cuál es la actividad económica que más predomina en el municipio?
 - a. Agricultura_____
 - b. Ganadería_____
 - c. Minería_____
 - d. Industrial_____
 - e. Otra____ ¿Cuál?_____

- 2) ¿Cuáles son los tipos de RSU que más se generan?
 - a. Plástico_____
 - b. Vidrio_____
 - c. Papel y cartón_____
 - d. Chatarra_____
 - e. Orgánico_____
 - f. Otro____ ¿Cuál?_____

- 3) Persona encargada de la gestión general de los residuos en el municipio?

- 4) ¿Qué cantidad de residuos sólidos urbanos se están generando el municipio?
_____ toneladas/mes.

5) ¿El municipio cuenta con PGIRS (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos)?

SI ___ NO ___, Año de actualización? _____

*Si su respuesta es NO, continúe con la pregunta 7.

6) ¿Cuál ha sido la estrategia que se utiliza para la implementación del plan de manejo de los RSU del municipio?

a. Educación ambiental

b. Incentivos

c. Sanciones

d. Otro _____ ¿Cuál? _____

7) ¿Existe algún programa de capacitación en relación al manejo de residuos?

SI ___ NO ___ ¿Cuándo fue el último? _____

8) ¿Con que tipo de unidad cuenta el municipio para la disposición final de los RSU (*Registro fotográfico*)?

a. Relleno Sanitario _____

b. Botadero a cielo abierto _____

c. Vertimiento a fuentes hídricas _____

d. Incineración _____

e. Introducen bajo tierra _____

f. Celdas transitorias o almacenamiento temporal _____

g. Aprovechamiento _____

Si utilizan celdas transitorias o almacenamiento temporal responda las preguntas 9, 10 y 11

9) ¿Cuántas celdas existen? _____

10) ¿Cuál es su capacidad de almacenamiento? _____

11) ¿Cuál es la medida para la disposición final de los residuos?

a. traslado a otro municipio _____

¿Cuál? _____

b. Otra _____

¿Cuál? _____

12) ¿A qué distancia del casco urbano se encuentra ubicado el sitio de disposición o almacenamiento temporal de los RSU? _____ kilómetros.

13) ¿El municipio cuenta con algún tipo de empresa para hacer la prestación del servicio de aseo público?

SI _____ NO _____

*Si su respuesta es NO, continúe con la pregunta 17.

14) ¿Cuál es el nombre de la empresa prestadora del servicio de aseo público?

15) ¿Cómo está constituida la empresa prestadora del servicio de aseo público?

a. Jurídico _____ **b.** Natural _____ **c.** Tercero _____ **d.** No cuenta _____

16) ¿Con cuántos vehículos cuenta la empresa para el transporte de los residuos sólidos urbanos? _____

17) ¿Con que frecuencia los vehículos hacen el recorrido de recolección de residuos en el municipio?

- a.** 1 vez a la semana
- b.** 2 veces a la semana
- c.** 3 veces a la semana
- d.** 4 veces a la semana
- e.** Otra frecuencia ¿Cuál? _____

18) ¿Todos los corregimientos del municipio cuentan con la cobertura de la empresa encargada de la recolección, transporte y disposición de los RSU?

SI _____ NO _____

19) ¿Qué prácticas utilizan los corregimientos que no cuentan con la cobertura del servicio de recolección de RSU (Registro fotográfico)?

- a.** Botadero a cielo abierto _____
- b.** Entierro de residuos _____
- c.** Disposición en fuentes hídricas _____
- d.** Aprovechamiento integral _____
- e.** Otro _____ ¿Cuál? _____

20) ¿El municipio cuenta con un esquema tarifario para el servicio de aseo?

SI _____ NO _____

*Si responde NO, pasar a la pregunta 21.

21) ¿Cuál es la tarifa servicio de aseo mensual?

- a.** 3.000 a 8.000
- b.** 8.000 a 15.000
- c.** 15.000 a 20.000
- d.** 20.000 a 25.000

22) ¿Qué mecanismo se utiliza para conocer la cantidad recolectada de RSU?

- a.** Capacidad de vehículo, cuál _____

- b.** bascula
- c.** Volumen del sitio de disposición
- d.** Otro_____ ¿Cuál?_____

23) ¿Cree usted que es conveniente contar con algún tipo de capacitación que ayude a elaboración de un programa para hacer el aprovechamiento y manejo integral de los RSU del municipio?
SI_____ NO_____

24) ¿Qué entidad o persona(s) es la encargada de realizar el reciclaje en su municipio?

25) ¿Dónde está ubicada y como es el área donde se realiza el reciclaje (*foto del lugar*)?

26) ¿Se hace separación en la fuente de los RSU del municipio?
SI_____ NO_____

*Si su respuesta es NO, termine aquí la encuesta.

27) ¿Cuáles son los tipos de materiales que se separan en la fuente?

- a.** Plástico_____
- b.** Vidrio_____
- c.** Papel y cartón_____
- d.** Chatarra_____
- e.** Orgánicos_____
- f.** Otra_____ ¿Cuál?_____

FIRMA

FECHA

Anexo 2. FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA

Ficha Técnica de la Encuesta	
Diseño y realización	La encuesta ha sido desarrollada por los pasantes de la Empresa ASERHI S.A.S E.S.P
Universo	Argelia, Balboa, Bolívar y La Vega municipios situados al Sur del Departamento del Cauca
Tamaño de la muestra	4 personas
Tipo de Encuesta	Entrevista personal
Supervisión, procesamiento e informe	Empresa ASREHI S.A.S E.S.P y la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
Dirección y coordinación de la investigación	Dra. Leidy Niño (tutora de la empresa ASERHI) Ingeniero Fabián Fernández (tutor de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca)

Distribución de preguntas	
La agricultura como la actividad económica predominante	4 municipios
Plástico como el tipo de RSU que más se genera	2 municipios
Orgánico como el tipo de RSU que más se genera	2 municipios
Cuenta el municipio con un PGIRS	4 municipios
Educación ambiental como estrategia para la implementación de un plan de manejo de RSU	4 municipios
Programa de capacitación en relación al manejo de RSU	1 municipio
No cuenta con una empresa para la prestación del servicio de aseo publico	1 municipio
Solo la cabecera municipal cuentan con la cobertura de la empresa encargada de la recolección, transporte y disposición de los RSU	4 municipios
No se realiza separación en la fuente de los RSU	4 municipios

Anexo 3. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE ARGELIA

Figura 19. Empresa de servicios públicos



Figura 20. Reciclador Independiente



Figura 21. Alcaldía Municipal



Figura 22. Relleno Sanitario



Anexo 4. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE BALBOA

Figura 23. Empresa de servicio publico



Figura 24. Alcaldía Municipal



Figura 25. Comité de Cafeteros



Anexo 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR

Figura 26. Alcaldía Municipal



Figura 27. Empresa de Servicios Públicos



Figura 28. Relleno Sanitario



Figura 29. Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos (Compostaje)



Figura 30. Reciclaje en el Relleno Sanitario



Figura 31. Aprovechamiento de las botellas plásticas en el relleno sanitario



Figura 32. Reciclador Independiente



Anexo 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE LA VEGA

Figura 33. Empresa de Acueducto y Alcantarillado



Figura 34. Alcaldía Municipal

