

Determinación del Potencial Energético de la Biomasa Contendida en los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en el Amazonas Colombo-Brasileño

Para optar por el título de Ingeniería Mecánica

Autores

Andrés Sánchez

Samuel Calderón

Directora

Yisselle Indira Acuña Hereira

Codirector

Germán Arturo López Martínez

Bogotá D.C - Colombia

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

2020

Dedicatoria

Dedico esta monografía a la región amazónica de Colombia y Brasil ya que sin ella no hubiese sido posible esta investigación, a su vez, a los profesores que nos guiaron en cada paso de la carrera orientándonos tanto en conocimiento como moralmente para llegar a ser profesionales que le sirvan de la manera óptima a la comunidad. Por último, a toda la academia que deposita su fe y estudio en la transición hacía las energías alternativas.

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a DIOS por darme la vida y por permitir llegar hasta acá a mis papas y a mis hermanos que me apoyaron en el transcurso de la carrera al profesor Germán López por darnos las herramientas para desarrollar este proyecto, a la profesora Yisselle por guiarnos y a la Universidad Distrital por brindarnos la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa Universidad

Contenido

1. Resumen	6
2. Introducción	7
3. Planteamiento del Problema	8
4. Objetivos	9
4.1 Objetivo General	9
4.2 Objetivos Específicos.....	9
5. Justificación	10
6. Estado del Arte	10
6.1 Caracterización de la Biomasa de Residuos Sólidos Urbanos.	13
6.2 Muestreo de la Biomasa Residual	14
6.3 Potencial energético	15
7. Marco Teórico y Antecedentes	17
7.1 Biomasa.....	17
7.2 Residuos sólidos urbanos	17
7.3 Reseña histórica	18
7.4 Residuos sólidos como generador de energía	18
7.5 Biocombustibles en Colombia	19
7.6 Biocombustibles en Brasil	20
7.7 Políticas colombianas para el manejo de residuos sólidos	20
8. Metodología	21
8.1 Determinación de La Población.....	21
8.2 Producción Anual de RSU Clasificado por Municipio	21
8.3 Caracterización de los Residuos Sólidos.....	22
8.4 Modelo Matemático	22
9. Obtención y Evaluación de Resultados	23
9.1 Marco Poblacional	23
9.1.1 Métodos utilizados para estimar las cantidades de residuos en la amazonia Colombo Brasileña	25
9.1.3 Método para estimar las cantidades de RSU en la amazonia brasileña.....	26
9.2 Determinación de las diferentes clases de residuos sólidos	27
9.2.1 Residuos domésticos	27
9.2.3 Residuos industriales.....	28

9.3 Método de clasificación de residuos que llevan al vertedero en la amazonia Colombo Brasileña	28
9.4 Estudio 1: Universidad del Amazonas del Perú	29
9.5 Estudio 2: Universidad Nacional Agraria de la Selva del Perú	30
9.6 Estudio 3: Gestión Integral de Residuos Sólidos en la Amazonia La metodología de sus Resultados y de su Aplicación recuperado de Ministério do Meio Ambiente Brasil (2018).	31
9.7 Caracterizacion de RSU en la amazonía colombo brasileña	32
9.7.1 Clasificación física de residuos sólidos en la amazonia brasileña	33
9.7.2 Clasificación física de residuos sólidos en la amazonia colombiana	34
9.7.3 Porcentaje de humedad de los residuos	35
9.7.4 Poder calorífico de los residuos	35
9.7.5 Total de potencial energético en la amazonia brasileña	37
9.7.6 Total de potencial energético en la Amazonía Colombiana	38
9.8 Potencial Energético Técnico	39
9.8.1 selección de ciclo a usar	39
9.8.2 Potencial Técnico Factible	41
9.8.3 Relacion entre el consumo de energía per capita y el potencial técnico energético contenido en los RSU de Brasil y Colombia	42
References	46

Índice de Tablas

Tabla 1. Poder calórico inferior para biomasa residual en Colombia	11
Tabla 2. Componentes químicos y bioquímicos de los RSU.	14
Tabla 3. Potencial energético RSU principales ciudades de Colombia	15
Tabla 4. Población por estado en la amazonia brasileña	24
Tabla 5. Población por departamentos en la amazonía colombiana	24
Tabla 6. Generación de RSU en t/año por departamento en la amazonía colombiana	26
Tabla 7. Suma de RSU t/Año por estado	26
Tabla 8. Relación de Residuos Generados por Componente	29
Tabla 9. Clasificación por tipo de residuo	31
Tabla 10. Composición física media de los RSU en las ciudades de Brasil	32
Tabla 11. Composición física media de las ciudades en porcentaje	32

Tabla 12. Promedio de la composición física de los residuos sólidos urbanos.....	33
Tabla 13. Porcentaje por tipo de residuo solido urbano, valor típico en la región amazónica de Brasil y Colombia.....	33
Tabla 14. Clasificación física de RSU en la amazonia brasileña.....	34
Tabla 15 Clasificación física de RSU en la amazonia colombiana.....	34
Tabla 16 Porcentaje de humedad de los RSU.....	35
Tabla 17 Densidad y poder calorífico de los componentes de los RSU.....	36
Tabla 18 Estimación del contenido energético en la muestra de RSU.....	36
Tabla 19 Potencial energético amazonia de Brasil.....	37
Tabla 20 Potencial energético Amazonía de Colombia.....	38
Tabla 21 Resumen potencial energético teórico Brasil.....	38
Tabla 22 Resumen potencial energético teórico Colombia.....	38
Tabla 23 Potencial técnico.....	41
Tabla 24. Comparativa con UPME.....	42
Tabla 25 Panorama energético Colombia/Brasil.....	43
Tabla 26 Comparación población/energía.....	43

Índice de Figuras

Figura 1. Proceso termólisis.....	12
Figura 2. Proceso digestión anaerobia.....	12
Figura 3. Mapa distribución potencial energético RSU.....	16
Figura 4. Residuos sólidos urbanos.....	27
Figura 5. Residuos comerciales.....	28
Figura 6. Esquema básico de la producción de biogas.....	40
Figura 7. Cubrimiento poblacional de la amazonia.....	44

1. Resumen

El Amazonas Colombo-Brasileño cuenta con una población de aproximadamente 1.215.446 habitantes en Colombia (DANE, 2018) y 18.142.207 en Brasil (IBGE, 2016), a su vez son los estados con mayor extensión superficial en los países vecinos (Universidad Nacional de Colombia, 2019), esto le permite a ambos territorios ser áreas propicias para fomentar el desarrollo de la obtención energética basada en materias primas que estén a su disposición y sean asequibles económicamente, por ejemplo, los residuos sólidos urbanos (RSU). En Colombia el sistema de disposición final predominante es el relleno sanitario atendiendo el 78% de los municipios de la nación (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017), y el porcentaje destinado al reciclaje según el Ministerio de Ambiente es de un 8.6% (El Tiempo, 2019), sin mencionar aquellos que no son tratados y terminan en el suelo o los ríos. Teniendo en cuenta que al menos el 70% de la población de la Amazonía en Colombia tiene cobertura de energía eléctrica (Porrás, 2015) y según cifras de The Global Economy un promedio de 95.79% para Brasil (The Global Economy, 2017) surge la necesidad de encontrar medios alternativos de producción energética que puedan ser generados en la misma zona y que simultáneamente puedan ser distribuidos entre la población local. Por consiguiente, resulta apropiado ahondar en la capacidad de generación energética disponible en el sector y teniendo en cuenta las actuales circunstancias relacionadas con la sostenibilidad ambiental es necesario concebir un esquema que abandone la producción energética habitual y fije su vista en un modelo sustentable que a la par no afecte al medio ambiente, de ahí, que pueda ser posible incurrir en el desarrollo de fuentes de energía no convencionales que permitan el acceso de la energía a sectores rurales, aquellos que se ubican en el último lugar en la cadena de distribución.

2. Introducción

En los últimos años el sector energético se ha visto enfrentado a numerosos cambios en términos de generación, disponibilidad y recursos. Uno de los que más ha sido tema de discusión es el uso de fuentes de energía no convencionales, debido a las políticas ambientales adoptadas por países como Brasil y Colombia se busca promover e implementar energías que respalden el bienestar de sus habitantes y el ecosistema.

A pesar de que los gobiernos tengan toda la intención de adoptar nuevos modelos la falta de conocimiento en estas áreas crea un retroceso en su instauración, de ahí nace la necesidad de tener una base de datos sólida con el potencial energético técnico de fuentes de energía. Los residuos urbanos constituyen una problemática a la cual se le debe hacer frente, para el caso colombiano el 78% de estos finalizan en botaderos a cielo abierto (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017) sin que se les de mayor utilidad y con el tiempo la cantidad seguirá aumentando. No obstante, existen métodos para tratar todas estas basuras y a la vez generar beneficios durante su implementación, procesos como el tratamiento térmico donde la incineración, gasificación y pirólisis logran generar energía a partir del calentamiento de los residuos, así mismo, la biometanización como proceso biológico donde en ausencia de oxígeno y a través de varias etapas con la intervención de microorganismos se logra transformar una fracción degradable de la materia orgánica en biogás (Serrano, 2014). Es necesario implementar estas tecnologías en nuestro país, sin embargo, resulta imposible si antes caracterizar la capacidad de generación con la que se cuenta, más aún, sin tener una distribución adecuada por zonas y tipos de generación.

3. Planteamiento del Problema

El mundo contemporáneo afronta numerosos retos en términos energéticos, especialmente en la implementación de energías alternativas que disminuyan radicalmente el impacto ambiental generado por los métodos tradicionales, ahora bien, tratando específicamente la región Amazónica en Colombia y Brasil que han sido víctimas de la fiebre del oro y la deforestación con distintos fines los cuales la han ayudado a desarrollarse económicamente pero que a su vez han alejado a sus habitantes de actividades sostenibles, además, los proyectos que buscan crear la distribución de energía a través de una red eléctrica son mínimos (Enel Américas, 2016). Para el caso de Colombia especialmente en el departamento de Amazonas la energía es distribuida entre los habitantes por medio de una central térmica (Centro Nacional de Monitoreo, 2018), plantas de generación que funcionan con Diesel emitiendo una cantidad considerable de material particulado al ambiente y elevando el costo del kw/h debido al sistema de generación al igual que las posibles bajas de distribución unidas a algún fallo en cualquiera de los equipos que se encuentren en operación. Precisamente por estas condiciones resulta necesario ahondar en los distintos métodos de generación que dependan de recursos disponibles y que se encuentren a la mano dándoles un uso sostenible, uno de estos son los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se encuentran distribuidos por la región en rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto, el hecho de tener definido el potencial energético de los RSU es el paso inicial para determinar el alcance que puede llegar a tener la energía generada usando distintas metodologías y subsanar los daños colaterales creados por los métodos tradicionales buscando satisfacer la creciente demanda de energía en la región con prácticas alternativas.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Determinar los potenciales energéticos teórico y técnico de la biomasa de los residuos sólidos urbanos (RSU) en los municipios de la región del Amazonas Colombo-brasileño, a partir de la información reportada en los censos poblacionales de Colombia y Brasil y demás fuentes disponibles.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la producción promedio de RSU generados por habitante en la región del Amazonas de Colombia y Brasil.
- Determinar la producción total anual de RSU generados por municipio en la Amazonia de Colombia y Brasil.
- Evaluar el potencial energético teórico de los RSU en los municipios de la Amazonia de Colombia y Brasil.
- Estimar el potencial técnico de los RSU de los municipios de la Amazonia de Colombia y Brasil.
- Redactar un artículo científico con los principales resultados obtenidos, para presentarlos en una revista indexada.

5. Justificación

A diario las actividades que desarrollamos los humanos generan grandes cantidades de residuos que se pueden etiquetar como residuos sólidos urbanos, que son desechados y se les da un mal uso final; esto a largo plazo genera un impacto ambiental negativo, por lo que sea hace necesario un ciclo de regeneración para utilizar dichos residuos en la generación de energía y a su vez una forma de mitigar el impacto en el medio ambiental. Adicional, según el Centro Nacional de Monitoreo el 51% del territorio nacional Colombiano presenta zonas no interconectadas (ZNI) compuestas en un 78% por la región Amazonía de Colombia en donde en un total de 227,439KW de capacidad operativa tan solo 6,787KW están instalados en energías renovables, es decir, tan solo un 2.98% del total en los cuales el restante 97% es generado por medio de plantas eléctricas que funcionan a base de Diesel impactando negativamente el ambiente con emisiones de al igual que aumentando los costos debido a que pertenece a entes con baja supervisión por parte del estado e igualmente el costo de generación aumenta si se compara con la energía hidráulica, aquella que en 2018 cuenta con un 67% de capacidad efectiva neta en Colombia (Operación y mercado, 2018) y un 60% para Brasil (ENEL GOV, 2019) fuentes con un impacto ambiental menor y de mayor distribución en los países. Por lo tanto, esta investigación se centra en encontrar el potencial energético de los residuos sólidos urbanos en las zonas amazónicas de Colombia y Brasil, y así poner en contexto el eventual aprovechamiento de dichos recursos en estas zonas.

6. Estado del Arte

El potencial energético de la biomasa ha sido tema de estudio durante muchos años, la creciente demanda de energías alternativas ha servido para desarrollar diversas investigaciones en la materia, por ejemplo, en Colombia la (UPME, 2011)desarrolla el Atlas del Potencial energético de la Biomasa Residual en Colombia con el fin de afrontar los retos financieros y económicos al igual que el crecimiento poblacional de manera sostenible con base a una política energética que conste de escenarios de abastecimiento diversificados que den un uso racional y eficiente de los recursos.

Las comunidades o centros urbanos generan residuos sólidos, estos se componen en su mayoría de vidrio, madera, plástico, materia orgánica, entre otros. Al descomponerse estos componentes se generan compuestos volátiles, tales como el dióxido de carbono y el metano.

Debido a sus propiedades los residuos sólidos urbanos (RSU) tienen un notable potencial energético por lo cual el Ministerio de Minas busca evaluar la factibilidad económica de convertir la biomasa de los residuos sólidos urbanos a energía eléctrica, teniendo en cuenta aspectos como el transporte, la recolección y su manejo.

A partir de este punto resulta clave el poder calorífico inferior (PCI), debido a que este se encuentra atado a una de las características fundamentales de los combustibles, su contenido energético, que a su vez es necesario para establecer el tipo de biomasa que puede utilizarse como combustible debido a que esta variable permite cuantificar la energía liberada en los procesos de combustión de la materia. A continuación, el poder calorífico de distintos residuos

Tabla 1. Poder calorífico inferior para biomasa residual en Colombia

Sector	Fuente de biomasa	Tipo residuo	PCI [Kcal/kg]
Agrícola	Palma de aceite	Cuesco	3.988
		Fibra	4.274
		Raquis	4.021
	Caña de azúcar	Rac	3.684
		Bagazo	4.456
	Caña para panela	Bagazo	4.456
		Hojas secas	4.007
		Rac	3.684
	Café	Pulpa	4.259
		Cisco	4.430
		Tallos	4.384
	Maíz	Rastrojo	3.429
		Tusa	3.390
		Capacho	3.815
		Hojas secas	4.274
	Arroz	tamo	3.113
		Cascarilla	3.603
	Banano	Raquis	1.809
Vástago		2.032	
Rechazo		2.488	
Plátano	Raquis	1.808	
	Vástagos	2.032	
Pecuario	Avícola	Ponedoras	2.248
		Engorde	3.645
	Bovino	Leche	2.801
		Doble propósito	3.680
		Carne	3.783
	Porcino	Tecnificado	6.049
No tecnificado		4.163	
RSOU	Plaza mercado	Sólido orgánico	3.772
	Centro acopio	Sólido orgánico	3.772
	Poda	Sólido orgánico	3.772

Fuente: (UPME, 2011).

Ahora bien, para transformar la biomasa en energía es necesario que esta cumpla con ciertos parámetros, además, seguir un proceso para llegar al biocombustible o biogás y con estos alimentar fuentes energéticas sostenibles. El aprovechamiento de la biomasa se puede dar de dos formas, la primera depende en gran parte que su contenido de humedad sea menor al 50%, esto se conoce como biomasa seca y está atada a la concentración de carbono y su valor de poder calorífico. Por lo contrario, la biomasa húmeda tiene contenidos de humedad mayores al 50% y se crea a partir de bacterias anaerobias las cuales consumiendo los residuos dan a lugar un proceso de bioconversión (UPME, 2011).

Para el caso de los RSU la transformación energética se puede dar de dos formas, por medio de tecnologías térmicas y tecnologías biológicas. La termólisis pertenece a las tecnologías térmicas y consiste en una reacción caracterizada por la separación de un compuesto al ser sometido a un aumento de temperatura.



Figura 1. Proceso termólisis

Fuente: (UPME, 2011)

La termólisis resulta de la reacción de un compuesto que se separa en al menos dos cuando se somete a un aumento de temperatura, para el caso de estudio en los RSU consiste en un proceso de gasificación de residuos sólidos con su calentamiento en condiciones donde no hay oxígeno. El uso de esta técnica para la obtención de energía no se ha implementado formalmente en Colombia, ya que a la fecha no se conoce ninguna planta funcionando en el país lo que resulta una excelente área de oportunidad el estudio del potencial energético en los RSU para determinar la viabilidad de la creación de una central de este tipo.

Por medio de la digestión anaerobia, proceso que pertenece a una de las tecnologías biológicas, diferentes microorganismos descomponen los RSU en ausencia de oxígeno, el proceso genera diversos gases tales como el metano y el dióxido de carbono, estos gases conforman el biogás (un biocombustible) el cual es aprovechado para la generación de electricidad y/o calor.



Figura 2. Proceso digestión anaerobia.

Fuente: (UPME, 2011)

Como se puede observar en la figura 2 el proceso inicia con la biomasa obtenida de distintas fuentes, por ejemplo, RSU, agrícola o bien sea residuos pecuarios. Acto seguido, estos compuestos entran a un proceso de digestión anaerobia también conocida como biometanización que consiste en un proceso biológico que se desarrolla en un ambiente sin oxígeno, en este entorno parte de la materia orgánica de los residuos se transforma debido a la acción de bacterias o microorganismos que son introducidos, el objetivo de ellos es que empiecen a descomponer todos los elementos que encuentren transformándolos en ácidos grasos volátiles siendo estos los principales intermediarios en el proceso. Los ácidos generados son consumidos por el cultivo de microorganismos metanogénicos que producen dióxido de carbono junto con metano dando a lugar una mezcla de gases aprovechables generación (digestión anaerobia).

6.1 Caracterización de la Biomasa de Residuos Sólidos Urbanos.

Es necesario tener en cuenta que las costumbres y características alimenticias difieren en cada país, estas son influidas a la vez por su región y afectan por ende la composición de los residuos. En Colombia la biomasa contenida en los RSU presenta elevados niveles de humedad, los residuos de las plazas y centros de acopio tienen en promedio un valor de 88,69% en la relación porcentaje de peso de soluto/peso de la solución (p/p). Este porcentaje de humedad se torna significativo para evaluar la rapidez de la descomposición de los elementos orgánicos presentes en la muestra, razón por la cual los residuos generados por la población colombiana y brasileña son energéticamente aprovechables mediante procesos como la digestión anaerobia. Así mismo, los residuos orgánicos de plaza tienen bajo contenido de ceniza moviéndose entre 8,50 y 37,65% p/p, esto quiere decir que se encuentran compuestos incapaces de reaccionar químicamente lo cual influye positivamente en el poder calorífico, igualmente, la biomasa de residuos orgánicos oscila entre 48.75 y 79.50% p/p, esto representa un indicador importante en la eficiente producción de biogás. Por último, los datos recolectados por el Ministerio de Minas y Energía arrojan contenidos medios y bajos de carbono 33,40% p/p en promedio y elevados contenidos de oxígeno 44,77% p/p (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017). Por lo tanto, el poder calorífico inferior de los residuos sólidos urbanos es inferior al de los combustibles fósiles, por ejemplo, según la empresa Alemana AQUALIMPIA Engineering teniendo en cuenta las características más relevantes del biogás su poder calorífico se sitúa alrededor de 6 kW/m³ en comparación con otros gases como el gas natural 10 kW/m³ y el propano 26 kW/m³, es decir, un 60% y 23% respectivamente lo que se debe tener en cuenta la hora de definir las condiciones de trabajo de este biocombustible.

La Tabla 2 muestra los componentes químicos y bioquímicos de los RSU; estos valores ayudan a determinar sus propiedades, por ejemplo, los valores de nitrógeno y azufre son bajos en comparación con otros tipos de biomasa, lo que resulta una ventaja a la hora de su conversión energética. De igual forma, los contenidos de proteína y grasa se mantienen dentro del mismo rango para todo el país y el valor para sólidos volátiles se presentan como un indicador necesario que da una idea de la eficiencia de la producción de biogás, ya que en este están presentes los componentes orgánicos que no se convierten en metano (UPME, 2011).

Tabla 2. Componentes químicos y bioquímicos de los RSU.

COMPONENTE	PORCENTAJE EN PESO
Nitrógeno	2,05%
Azufre	0,10%
Grasas	11,97%
Proteínas	10,36%
Sólidos Volátiles	76,93%

Fuente: (UPME, 2011)

6.2 Muestreo de la Biomasa Residual

Para establecer el procedimiento de la toma de muestras de la biomasa residual en el caso de los RSU se tomó una muestra de 1,5kg para su análisis físico químico, igualmente, en plazas de mercado y centros mayoristas en donde se reporta una gran generación de residuos se usó una metodología propuesta por (Hamad & Abdalqader, 2016) la cual consta en hacer un cuarteo de la muestra con un recomendado de 300kg, esto se denomina la muestra primaria, a partir de ahí sobre un área plana se deposita el resultado del cuarteo y se repite hasta haber disminuido su masa a la mitad 150kg, acto seguido, se realiza nuevamente el procedimiento hasta obtener 5kg. Todo este procedimiento se realiza con elementos de fácil acceso tales como, pala, machete, guantes, tapabocas, bolsas de cierre hermético para el almacenamiento y botas. En necesario documentar junto con la muestra un documento que especifique las condiciones de disposición, lugar, clima y día de monitoreo (UPME, 2011).

6.3 Potencial energético

Los resultados obtenidos por parte del Ministerio de Minas y Energía de Colombia presentan la cantidad de potencial energético para las ciudades de estudio mencionadas a continuación.

Tabla 3. Potencial energético RSU principales ciudades de Colombia

Departamento	Población ¹	Entidad suministradora de información	Cantidad anual de residuo	Potencial energético [TJ/año] ²
Bogotá ³	7.952.375	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos	36.912	35,96
Medellín ⁴	3.306.490	Empresas Varias	15.754	11,70
Cali ⁵	2.593.563	Emsirva	19.451	17,74
Barranquilla ⁶	1.737.327	Triple A	9.770	5,18
Bucaramanga ⁷	1.024.350	Empresa de Aseo de Bucaramanga	9.812	2,00
Cartagena ⁸	892.545		1.365	0,87
Cúcuta ⁹	587.676	Proactiva del Oriente S.A. E.S.P.	4.869	0,99
Ibagué ¹⁰	498.401	Interaseo del sur	8.531	8,30
Pereira ¹¹	443.554	Empresa de Aseo de Pereira E.S.P.	1.793	1,33
Villavicencio ¹²	384.131	Llanabastos	1.817	0,81
Manizales ¹³	379.972	Empresa Metropolitana de Aseo	3.676	2,73
Montería ¹⁴	378.970	Servigenerales S.A. E.S.P.	6.455	4,11
Total			120.210	91,72

Fuente: (UPME, 2011).

Se puede observar que el total de potencial energético contenido en los RSU en las principales ciudades de Colombia es igual a 91.73 TJ/año valor que sirve para crear una comparación con las capitales encontradas en la región amazonía de Colombia y Brasil.

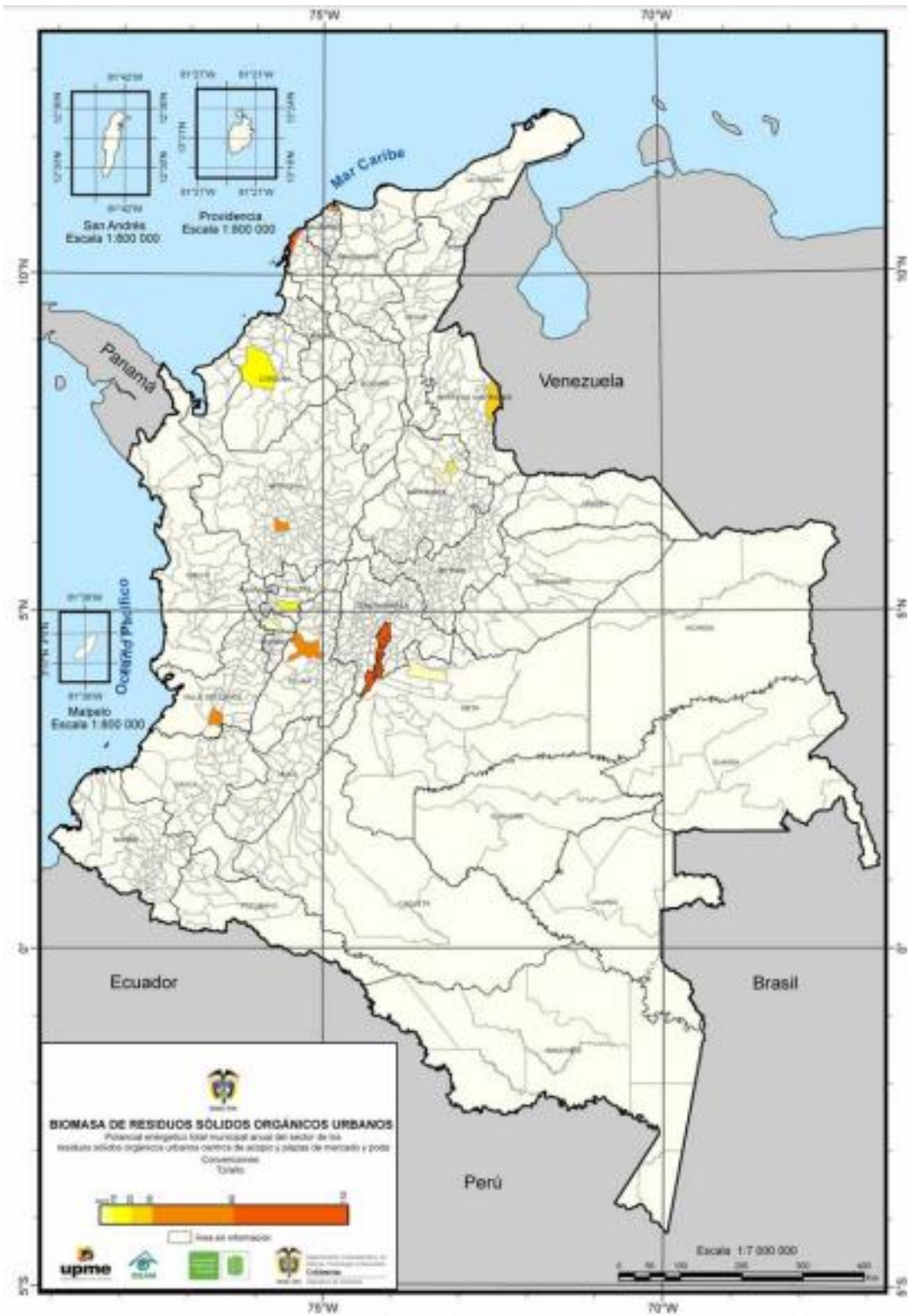


Figura 3. Mapa distribución potencial energético RSU

Fuente: (UPME, 2011)

Como se puede observar en la Tabla 3 y en la figura 3, las zonas de estudio elegidas por el Ministerio de Minas y Energía fueron las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, Villavicencio, Barranquilla, Montería, Cúcuta, Manizales, Cartagena, Pereira e Ibagué. No se tuvo en cuenta ninguna ciudad que comprendiera la región amazónica del país. A la hora de obtener la información sobre los volúmenes de residuos generados, el Ministerio acudió a diferentes empresas de servicios públicos, administradoras de centros de abastos y secretarías de planeación de las ciudades mencionadas anteriormente, por lo tanto, el aporte realizado en esta investigación resulta valioso para tener cuantificado el potencial energético de todo el país para la biomasa contenida en los residuos sólidos urbanos.

7. Marco Teórico y Antecedentes

7.1 Biomasa

La biomasa es materia orgánica utilizada como fuente energética. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza.

En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), y otros residuos derivados de las industrias (Asociación de empresas de energías renovables, 2015).

7.2 Residuos sólidos urbanos

Son aquellos producidos en pueblos y ciudades mediante la actividad doméstica y comercial los principales desechos que se generan son:

- Materia orgánica. - Son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos junto la comida que sobra.
- Papel y cartón. - Periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes, etc.
- Plásticos. - Botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos y cubiertos desechables, etc.
- Vidrio. - Botellas, frascos diversos, vajilla rota, etc.
- Metales. - Latas, botes, etc.

7.3 Reseña histórica

Los residuos sólidos han existido desde los albores de la humanidad, como un subproducto de la actividad del hombre, por supuesto su composición física y química ha ido variando de acuerdo con la evolución cultural tecnológica y de producción de la humanidad, la forma común y la primera que encontró el hombre fue arrojarlos a un sitio cercano de su vivienda normalmente esto se dejaba a cielos abiertos, lo que provocaba que los malos olores llegaran a sus viviendas, posteriormente se buscó neutralizar este problema depositando tierra sobre ellas, en la actualidad este es el medio más común para tratar los residuos sólidos urbanos.

Comúnmente el manejo de residuos sólidos siempre ha permanecido en manos de los municipios, por esto, los procesos de descentralización y municipalización no ha afectado tanto. Por otro lado, la mano de obra calificada en el manejo de residuos sólidos es 10% comparada con los servicios de agua y alcantarillado, lo que se traduce en serias deficiencias en el campo técnico y gerencial.

En los últimos años la disposición final de los residuos sólidos ha cambiado a un proceso de reutilización o a fomentar que estos recursos tengan una utilidad en el campo energético como se evidencia en países como Dinamarca donde una de sus principales fuentes de generación energética son los residuos sólidos desechados por sus ciudadanos.

7.4 Residuos sólidos como generador de energía

Existen diversos procesos para convertir aquellos residuos sólidos urbanos en fuentes de energía como lo es la tecnología de tratamiento térmico que se presenta en la incineración, la termólisis, la gasificación, la pirólisis o la gasificación por plasma otro proceso es el de tecnologías de tratamiento biológico, que se evidencia, como la biometanización o digestión anaerobia de la fracción orgánica con valorización del biogás obtenido.

Las tecnologías más usadas y probadas a nivel mundial son la incineración, la digestión anaeróbica y la co-incineración definida como aquella instalación cuya finalidad es la generación de energía utilizando residuos como combustible complementario o que bien estos reciban tratamiento térmico para su eliminación para aplicaciones industriales (BREFF, 2011). A su vez, existe una tendencia creciente en implantación de tecnologías como la gasificación, la pirólisis y la gasificación por plasma, debido a que pueden obtener un mayor rendimiento energético, y a la baja aceptación a nivel social de la incineración.

7.5 Biocombustibles en Colombia

La implementación de biocombustibles en Colombia se da hace medio siglo con la aprobación de la ley 693 que marcó la entrada de Colombia al mercado de los biocombustibles, se dan como respuesta a la demanda energética de la población, al utilizar energías limpias, se sabe que los biocombustibles ayudan a la disminución del impacto ambiental y social dado por la contaminación además de generar empleo y un impacto positivo en el país. (Sanchez, 2015)

las energías renovables no son muy utilizadas en el país a pesar de tener tantos recursos naturales que se pueden aprovechar responsablemente. El uso de los biocombustibles en Colombia no solo se limita a la mezcla entre gasolina y etanol, pues existe una amplia industria de nivel mundial que produce biodiesel a partir de la palma africana, y cuyo producto es mezclado con el diésel proveniente de fuentes fósiles también amparado por leyes de la república.

En el país la principal fuente de etanol es la industria azucarera, la cual tiene cinco plantas distribuidas en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Risaralda, las cuales tienen una producción de 1 millón de L/día de alcohol carburante; así mismo, existen una serie de proyectos en el país para la producción de etanol que se encuentran en investigación y desarrollo, dentro de estos se halla uno en el municipio de Puerto López departamento del Meta, cuyo objeto es producir 20.000 L/día a partir de la yuca.

7.6 Biocombustibles en Brasil

En Brasil ya se conocía el uso de biocombustibles, pero no fue hasta la década de los 70, durante la crisis del petróleo, cuando el gobierno brasileño lanzó el Programa Nacional del Alcohol (PROALCOOL) para incentivar la sustitución del petróleo importado por un combustible “nacional”. El Proalcool tenía como objetivo inicial usar la incipiente producción de alcohol (anhidro) como mezcla para la gasolina, disminuyendo así la necesidad de importar petróleo, y poner en marcha una serie de incentivos para la instalación de fábricas, la ampliación de zonas de cultivo de caña de azúcar y el desarrollo de tecnología para motores accionados mediante alcohol (hidratado) al 100%, a su vez. La iniciativa de Proalcool surtió efecto y a principios de la década de los 80 casi todo el parque móvil de vehículos de las plantas de montajes de automóviles del país utilizaba alcohol como combustible. El precio del litro del alcohol combustible era mucho más atrayente que el de la gasolina y, con la crisis económica de dicho período, casi el 90% del parque móvil brasileño (turismos) utiliza etanol como combustible. El entusiasmo por el combustible alternativo sólo duró hasta principios de los 90, debido a la caída del precio del petróleo y a las dificultades político-económicas del sector dedicado a la obtención de alcohol a partir de la caña de azúcar, que provocaron que decayera el consumo y la producción (tanto de vehículos como de alcohol combustible). (Duque, 2014) Si bien por una parte ha disminuido la demanda de alcohol hidratado, por otra se ha mantenido a buen ritmo el crecimiento del uso del alcohol anhidro (sin agua).

Se ha buscado implementar diversas metodologías de producción de combustibles limpios debido a la gran demanda que hay en el país como biodiesel derivado de los residuos sobrantes en la producción del maíz.

7.7 Políticas colombianas para el manejo de residuos sólidos

Las políticas en Colombia se vienen construyendo con lineamientos internacionales, desde la mitad del siglo pasado se ha intentado dirigir el manejo de residuos sólidos mediante una legislación estricta que permita minimizar la problemática que afecta principalmente al medio ambiente y consecuentemente a la sociedad.

La gestión de residuos sólidos en la política nacional se fundamenta esencialmente, en la constitución colombiana de 1991, la ley 99 de 1993 (Colombia, 1994), la ley 192 de 1994 y el documento (Departamento Nacional de Planeación, 1994) del ministerio de ambiente.

Minimizar la cantidad de residuos sólidos que se generan es el objeto de esta normatividad, pero a su vez se busca el aprovechamiento, la reutilización y la disposición final de dichos recursos, para la materialización de dicha normatividad se crea un plan nacional para el impulso de la

política de residuos, donde se fomenta la reutilización y una disposición final alterna a la convencional de los botaderos.

8. Metodología

Para determinar el potencial energético técnico y teórico de los RSU contenidos en los residuos sólidos urbanos se sigue una metodología compuesta por cuatro etapas que son: determinación del número de habitantes, producción anual de RSU en toneladas clasificada por municipio, caracterización de los RSU, por último, modelo matemático para definir su potencial energético teórico.

8.1 Determinación de La Población

Con el fin de tener los datos de la población para ambos países se acude a fuentes sólidas y estatales que se encarguen de levantar los respectivos censos poblacionales en Colombia y Brasil, para el caso de Brasil el organismo al que se acude es el Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), organismo público encargado del levantamiento estadístico de datos geográficos, cartográficos, poblacionales y ambientales; el último censo oficial realizado en Brasil ocurre en el año 2010 y el siguiente está planificado para el 2020, debido a esto para determinar la población localizada en los municipios de la amazonía Brasileña se usan las estimaciones de población realizadas por el (IBGE, 2018).

Para el caso de Colombia el año 2018 se realiza un censo población por parte, ente encargado de diseñar, planificar, dirigir y ejecutar las operaciones estadísticas de Colombia. Se usan los resultados obtenidos de su estudio estadístico.

8.2 Producción Anual de RSU Clasificado por Municipio

Para la producción de RSU los países que limitan territorialmente con Colombia y Brasil cuentan con entidades distribuidas a lo largo del territorio nacional encargadas de reportar al estado la producción de residuos al igual que el estado de los rellenos sanitarios y los botaderos, esto con el fin de impartir trazabilidad a los planes de desarrollo territorial teniendo en cuenta la vida útil de los vertederos y su capacidad. En Brasil se encuentra la Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais ABRELPE (Abrelpe, 2017) que encarga de dar manejo a la recolección y disposición de residuos al igual que el manejo de rellenos sanitarios; se usa como base el documento generado para el 2018 titulado PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL el cual clasifica por regiones la producción de residuos sólidos urbanos per capita, es decir, se cuenta con la producción de basura por persona en la región norte del país, aquella que comprende la Amazonía de Brasil.

Colombia, por lo contrario no cuenta con un solo ente estatal encargado de dar manejo a los RSU del país, no obstante, el Departamento Nacional de Planeación (Departamento Nacional de Planeación, 1994), crea un informe de Disposición Final de Residuos Sólidos anualmente a partir del reporte de todas las entidades privadas o públicas encargadas de recolectar los residuos en sus respectivos municipios; se cuenta con el informe elaborado en 2018 que discrimina por departamento y municipio el promedio de toneladas producidas diariamente, este dato junto con la proyección poblacional dada por el (DANE, 2018) permite obtener un valor per capita anual con el fin de cuantificar la producción anual de basura en toneladas al año para los municipios de Colombia.

8.3 Caracterización de los Residuos Sólidos

Para el proceso de caracterización se tomarán diversos estudios realizados en la zona amazónica brasileña y colombiana o en zonas con características sociales y medio ambientales similares, donde se exprese la clasificación de residuos sólidos según su tipo.

Se toma la clasificación de estudios realizados por distintos autores, por ejemplo, la Universidad del Amazonas de Perú (UNAP, 2018) que ahonda en la sistematización de experiencias en la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos, así mismo, se usa como guía la propuesta de un programa de manejo de residuos sólidos en la estación experimental del instituto de investigaciones de la amazonía peruana realizado por (Marquez & Jasmine, 2017) , finalmente, el Ministerio de Ambiente de Brasil realiza una gestión integral de residuos sólidos en la amazonía (Ministério do Meio Ambiente, 2018) la metodología de sus resultados y su aplicación, todos estos estudios se utilizan como guía para evaluar cada tipo de residuo sólido urbano y definir un promedio de acuerdo a su caracterización, el resultado obtenido se usará como valor típico para toda la amazonia colombo brasileña. Posterior a eso se multiplica la cantidad de RSU producida por cada municipio de esa manera se obtendrá un valor estimado de toneladas de RSU por cada tipo de residuo.

8.4 Modelo Matemático

Para determinar el potencial energético teórico (PE_{teo}) de los RSU resulta necesario plantear un modelo que muestre un panorama general de cuánto se puede llegar a generar con la energía obtenida, es decir, se necesita discriminar para valor teórico y práctico. En ese orden de ideas, el modelo para el potencial energético teórico se obtiene usando la relación que existe entre la masa del residuo seco (MR_s) y el poder calorífico inferior (PCI). El siguiente modelo es netamente teórico y no supone condiciones de reacciones específicas aplicadas a la producción técnica, tales como la cantidad efectiva de residuos recolectados y el porcentaje de humedad contenido en los RSU (Serrato & Lesmes, 2016). Por lo contrario, en el apartado 9.8.2 Potencial Técnico se tienen en cuenta las limitaciones del modelo.

Para el caso del poder calorífico existen varias formas de medir el calor desprendido por la biomasa, ya sea con el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI), para este caso se aplica el PCI ya que no se tiene en cuenta el calor latente de vaporización del contenido de agua de los residuos (Garcés, 2014). Adicional, es necesario aplicar un factor de corrección que afecta el PCI debido a la humedad contenida en los residuos, a su vez, el factor involucra la cantidad RSU recuperable y la eficiencia del método de conversión energético (IDAE, 2008).

Ecuación. 1

$$PE_{\text{teo}} = (MR_s) \times (PCI) \quad (1)$$

Donde:

PE_{teo} : Potencial energético teórico [T]/año]

MR_s : Masa de residuo seco [t/año]

PCI: Poder calorífico inferior [T]/t]

La ecuación 1 es el modelo general para calcular el valor del potencial energético teórico en los RSU.

9. Obtención y Evaluación de Resultados

9.1 Marco Poblacional

Para determinar la cantidad de habitantes en cada municipio se opta por usar la información suministrada por los entes oficiales en los dos países, en Colombia se toman los datos del censo poblacional realizado por el DANE en 2018, a su vez, en Brasil se usa el censo realizado por el IBGP en 2010 con proyección al 2018. Así mismo, para definir los departamentos que hacen parte de la región amazónica en Colombia, se acude al Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonía Colombiana SIAT-AC que define a la región comprendida en los siguientes departamentos: Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo, Vaupés y Vichada (SIAT-AC, 2020). Por otro lado, la división política del Amazonas Brasileño comprende los estados de: Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima y Tocantins.

Tabla 4. Población por estado en la amazonia brasileña

ESTADOS	POBLACIÓN 2018
Acre	869.265
Amapá	829.494
Amazonas	4.049.464
Pará	8.504.598
Rondônia	1.757.589
Roraima	576.568
Tocantins	1.555.229
Total	18.142.207

Fuente: (IBGE, 2018)

Los datos suministrados por Instituto Brasileño de Gestión Pública IBGE permiten determinar la cantidad de habitantes que se proyecta para el 2018 en la amazonia brasileña en cada uno de sus municipios, en la tabla 5 se muestra la población por estado, así mismo, se puede encontrar la información completa con los habitantes por municipio que se encuentran en el anexo 1.1.

Tabla 5. Población por departamentos en la amazonía colombiana

DEPARTAMENTOS	POBLACIÓN 2018
Amazonas	78.830
Caquetá	496.241
Guainía	43.446
Guaviare	115.829
Putumayo	358.896
Vaupés	44.928
Vichada	77.276
Total	1.215.446

Fuente: (DANE, 2018)

Los datos suministrados por el DANE permiten saber la cantidad de habitantes para el 2018 en la amazonia colombiana discriminada por cada uno de sus municipios, en la tabla 5 se muestra la población por departamento para la región amazónica en Colombia, de esa forma estaría a la par con la información obtenida de la amazonia brasileña, la tabla completa con la población por municipio se encuentra en el anexo 1.2.

9.1.1 Métodos utilizados para estimar las cantidades de residuos en la amazonia Colombo Brasileña

Las cantidades de RSU se estiman de manera diferentes para cada país, esto debido a que cada ente gubernamental proporciona los datos de manera diferente, en el caso de Colombia la (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017) proporciona la información en toneladas día por municipio, por otro lado, Brasil con la Asociación Brasileña de Empresas de Limpieza Pública y Residuos Especiales (Abrelpe, 2017) suministra los datos en un valor de kilogramo día por habitante. Esto obliga a desarrollar dos métodos para estimar las cantidades de producción de RSU.

9.1.2 Método para estimar las cantidades de residuos sólidos en la amazonia colombiana

En el caso de Colombia, la Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) proporciona un reporte de los botaderos y rellenos sanitarios de RSU en el país y la cantidad de toneladas que son dispuestas diariamente, esta información se utiliza para obtener un ponderado en toneladas año. Para el caso de los municipios o departamentos que no proporcionan información a la SSPD, se indaga en las gobernaciones y en proyectos de cada municipio para dar un estimado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017). Aquellos municipios son:

Guainía del cual los datos fueron obtenidos por el reporte anual del (IDEAM, 2017) que dio un ponderado per cápita de 0.28 toneladas al año el cual permite calcular la producción de residuos sólidos urbanos de dicho departamento

Vichada por medio de su capital Puerto Carreño y a través de la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios suministra un reporte anual de recolección por consiguiente brinda un panorama general de los residuos producidos anualmente en cuanto a algunos municipios de este departamento, a su vez el valor típico de producción per cápita de residuos sólidos urbanos para la amazonia Colombia es de 0,16 toneladas por año (Alcaldía de Puerto Carreño, 2016).

Tabla 6. Generación de RSU en t/año por departamento en la amazonía colombiana

DEPARTAMENTO	RSU t/año
Amazonas	11.052,20
X Caquetá	74.299,40
Guainía	12.107,88
Guaviare	15.019,75
Putumayo	59.509,60
Vaupés	4.686,60
Vichada	12.677,25
Total	189.352,68

Fuente: (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017).

En la tabla anterior se observa el total por toneladas año de los RSU generados en los departamentos de la amazonia colombiana para saber la producción de tonelada día y anual por cada municipio, la tabla completa se encuentra en el anexo 2.1

9.1.3 Método para estimar las cantidades de RSU en la amazonia brasileña

Para el caso de Brasil la Asociación brasileña de empresas de limpieza (2017) presenta un comunicado anual sobre el panorama de los residuos urbanos en Brasil, este comunicado lo exponen en forma general y por estado en kilogramos año por habitante. Dicho esto, el valor típico de producción de residuos sólidos urbanos percapita es de 0,318 toneladas año por habitante en la región amazónica brasileña.

Tabla 7. Suma de RSU t/Año por estado

ESTADO	RSU t/año
Acre	276.669,66
Amapá	264.011,35
Amazonas	1.298.776,87
Pará	2.709.675,83
Rondônia	559.405,43
Roraima	183.510,06
Tocantins	494.998,29
Total	5.790.047,49

Fuente: (Abrelpe, 2017)

En la Tabla 7 se observa el total por toneladas año de los residuos sólidos urbanos generados en los estados de la amazonia brasileña para saber la producción de tonelada día y anual por cada municipio, la tabla completa se encuentra en el anexo 2.2

9.2 Determinación de las diferentes clases de residuos sólidos

Para determinar los tipos de residuos sólidos urbanos se debe realizar una primera clasificación la cual suministra un panorama general sobre las clases de residuos sólidos y su cantidad porcentual existente en el Amazonas, en dicho caso también proporciona una sugerencia de las unidades de medida para las cantidades de residuos sólidos.

9.2.1 Residuos domésticos

Los residuos domésticos son aquellos que como su nombre lo indica son producidos en el hogar, normalmente son de tipo sólido y están conformados por distintos materiales que comúnmente no se separan para su reciclaje, comúnmente se encuentran, materiales biodegradables, que son los desechos de alimentos y similares que no contaminan y se degradan fácilmente del mismo modo podemos encontrar materiales reciclables como vidrios, plástico, papel, etc. Es decir, todo material que pueda ser reciclado asimismo hay materiales compuestos como prendas de vestir y juguetes. La medida más usada para su valoración es kilogramo- habitante – día.



Figura 4. Residuos sólidos urbanos

Fuente: (Ministerio de Interior, 2019)

9.2.2 Residuos comerciales

Son aquellos residuos generados por la actividad propia del comercio, de los servicios de restauración y bares, de las oficinas y de los mercados, así como del resto del sector servicios. Estos residuos se equiparán a los residuos domésticos en su clasificación y composición. En dicho caso se suele utilizar la medida de kg-habitante - día, sin embargo, no es muy útil ya que los habitantes de una colonia comercial no son los únicos generadores de residuos por lo cual una medida más útil es kg - número de ventas. - día.



Figura 5. Residuos comerciales.

Fuente: (Ministerio de Interior, 2019).

9.2.3 Residuos industriales

Los residuos industriales son todos aquellos producidos por empresas pueden ser de muchos tipos y existe gran variedad de clasificaciones para ellos los residuos generados por las actividades industriales deberían expresarse en base alguna medida repetitiva de producción, tal como kilogramos por producto para una planta de alimentos. o kilogramos producción diaria

9.3 Método de clasificación de residuos que llevan al vertedero en la amazonia Colombo Brasileña

Para obtener la clasificación de los residuos sólidos en su forma física se optó en basarse en tres estudios previos en la amazonia peruana y brasileña ya que estas cuentan con las mismas variables económicas y geográficas, no se encontró un estudio previo en la amazonia colombiana, debido a esto se asemejo un promedio de las clasificaciones empleadas en estos estudios y así determinar la clasificación de los residuos sólidos urbanos en la amazonía colombo brasileña.

9.4 Estudio 1: Universidad del Amazonas del Perú

La Universidad del Amazonas en su plan de gestión ambiental realizado el 16 de julio del 2008 obtuvo la información mediante "el trabajo de grado «Sistematización de Experiencias en la Gestión de Residuos Peligrosos y No Peligrosos en la Universidad de la Amazonia, Sede Principal, 2000-2005, desarrollada por Rosas y Garzón 2006», la cual se llevó a cabo para que sirviera de insumo a la formulación de este Plan. También se retomó información importante del "Plan de Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares (PGIRHS) para la Universidad de la Amazonia", el cual fue elaborado por la firma COMERCIALIZADORA DE SERVICIOS VARIOS, CONSERVA S.A E.S.P, quien realiza la recolección y disposición final de los residuos peligrosos en la institución. Del mismo modo, se tomaron los aforos diarios de residuos sólidos en la Universidad realizados por la firma SERVICIOS INTEGRALES EFECTIVOS, SERVINTEGRAL, S.A E.S.P quien es la empresa recolectora de los residuos sólidos no peligrosos (UNAP, 2018).

Tabla 8. Relación de Residuos Generados por Componente

Tipo de Residuo	Componente	PESO (Kg / día)										Prom. por Componente (ton / mes)	
		1		2		3		Promedio		Prom. por Componente		ton	%
		Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%		
RECICLABLE	Papel	28	11,9	17	11,4	13,5	9,2	19,5	11,25	58,32	33,63	1,75	33,63
	Cartón	5	2,1	8	5,4	---	---	4,33	2,49				
	Metal	0,5	0,2	3,5	2,3	6,2	4,2	3,4	1,96				
	Plástico	26	11,0	12	8,0	17,1	11,7	18,36	10,59				
	Vidrio	3	1,3	21	14,1	14,2	9,7	12,73	7,34				
BIODEGRADABLE	Madera	1	0,4	20	13,4	3,5	2,4	8,16	4,71	92,39	53,28	2,77	53,28
	Residuos de alimentos	54	22,9	36,8	24,6	25,7	17,5	38,83	22,39				
	R. de podas (material vegetal)	75	31,8	15,8	10,6	45,4	30,9	45,4	26,18				
INERTES	Otros (Papel Higiénico y Carbón, Icopor)	35,5	15,0	11,7	7,8	12,8	8,7	16,1	9,28	16,1	9,28	0,48	9,28
ORDINARIOS O COMUNES	Vasos desechables	8	3,4	3,5	2,3	8,3	5,7	6,6	3,81	6,6	3,81	0,2	3,81
TOTAL		236	100	149,3	100	146,7	100	173,41	100	173,41	100	5,2	100

Fuente: (UNAP, 2018)

9.5 Estudio 2: Universidad Nacional Agraria de la Selva del Perú

En su proyecto de propuesta de un programa de manejo de residuos sólidos en la estación experimental del instituto de investigaciones de la amazonía peruana, la (Marquez & Jasmine, 2017) obtiene información del INEI, y la proyección realizada al 2012, se estima que la población urbana son 19088 habitantes y considerando una generación per cápita 0.5868 kg/hab/día, se vienen generando 11.20 toneladas diarios de residuos sólidos de origen domiciliario en el distrito José Crespo y Castillo para la caracterización de los materiales identificaron las principales fuentes de generación de residuos sólidos a su vez se entregaron y se recogieron bolsas en la cual se depositaron los residuos generados en 8 días, para este estudio se consideró clasificar según la ley general de residuos sólidos del Perú que los clasifica de la siguiente manera:

- Papel: Periódicos, papel blanco y de color.
- Cartón: Cajas de cartón, cartulinas blancas y de color
- Papel higiénico: Papeles de uso en el baño
- Plástico liviano: Todo tipo de bolsas plásticas.
- Plástico rígido: Botellas descartables de gaseosas y de otros líquidos, restos de envases plásticos rígidos como baldes, lavatorios y otros
- Metales ferrosos: Hojalata, tarros de leche, aparatos de hierro y acero.
- Aluminio: Recipientes de cerveza; marcos de algún tipo de ventanas.
- Vidrio: Botellas transparentes, ámbar, verde y azul; vidrio de ventanas.
- Jebe: Restos de llantas, de calzado, etc.
- Baterías y Pilas: Pilas para radio, baterías de vehículo motorizados.
- Madera: Residuos de construcción, embalaje, artículos de artesanía deteriorada.
- Materiales inertes: Tierra, restos de material de construcción, piedras, maceteros. - Materia Orgánica: Restos de la preparación, cocción

Después de clasificarlos correctamente y pesarlos se llegó a la siguiente tabla:

Tabla 9. Clasificación por tipo de residuo

TIPO DE RESIDUOS	TOTAL (Kg)	PORCENTAJE DE COMPOSICION %
Botellas	2.41	20.142
Plástico (empaques de sal y bolsas)	2.615	21.855
Telas	2.145	17.927
Jeringas y mangueras	1.32	11.032
Papeles	1.75	14.626
Orgánicos (restos de frutas)	1.725	14.417
TOTAL Kg	11.965	100%

Fuente: (Marquez & Jasmine, 2017)

En la estación experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) – HUÁNUCO se generan en promedio de la muestra analizada 1.9941 kg/día de residuos sólidos.

9.6 Estudio 3: Gestión Integral de Residuos Sólidos en la Amazonia La metodología de sus Resultados y de su Aplicación recuperado de Ministério do Meio Ambiente Brasil (2018).

Este proyecto de gestión de residuos sólidos en la amazonia fue desarrollado bajo la coordinación del ministerio de medio ambiente a través de la secretaría de coordinación Amazónica - SCA y la secretaria de calidad en los asentamientos (Ministério do Meio Ambiente, 2018).

las siguientes tablas muestran los resultados de los estudios de composición física de los residuos sólidos, realizadas en nueve ciudades de la amazonia brasileña.

Tabla 10. Composición física media de los RSU en las ciudades de Brasil

Município	Componente (%)					
	Papel	Vidro	Plástico	Metal	Orgánica	Outros
Breu Branco	8,30	3,50	10,87	8,15	37,63	31,55
Caracarai	13,00	3,0	19,00	8,00	47,00	10,00
Cururupu	5,82	0,23	12,01	1,47	76,23	4,24
Guajará Mirim	10,00	1,30	16,10	5,50	57,10	10,00
Juína	10,82	3,55	17,37	3,39	55,99	8,88
Laranjal do Jarí	10,45	10,70	8,040	7,98	53,45	9,38
Manicoré	17,00	2,00	20,00	4,00	52,00	5,00
Porto Nacional	20,00	1,80	25,20	5,20	40,10	7,70
Xapuri	14,53	2,27	12,71	3,64	56,51	10,34
Média	12,20	3,10	15,70	5,30	52,90	10,80

Fuente: (Ministério do Meio Ambiente, 2018)

Los estudios realizados en varias ciudades brasileñas muestran una composición promedio de los residuos sólidos urbanos

Tabla 11. Composición física media de las ciudades en porcentaje

Papel	Vidro	Plástico	Metal	Orgánica	Outros
21,6	2,4	7,4	3,8	64,7	0,1

Fuente: (Ministério do Meio Ambiente, 2018).

9.7 Caracterización de RSU en la amazonía colombo brasileña

Se tomaron 3 estudios realizados en la Amazonía peruana y brasileña para obtener un promedio de la composición física de los residuos sólidos en la Amazonia colombo brasileña, los datos se ven reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 12. Promedio de la composición física de los residuos sólidos urbanos.

COMPUESTO	ESTUDIO 1	ESTUDIO 2	ESTUDIO 3	PROMEDIO
PAPEL	13,99	14,626	21,6	16,7386667
VIDRIO	7,34	20,142	2,4	9,96066667
PLASTICO	14,4	21,855	7,4	14,5516667
METAL	1,96	0	3,8	1,92
ORGANICA	53,28	32,344	64,7	50,108
OTROS	9,03	11,033	0,1	6,721
TOTAL	100	100	100	100

Fuente: Elaboracion propia

En la tabla anterior se evidencia el porcentaje por tipo de residuo en la amazonía colombo brasileña esto permite tener un valor típico de porcentaje por compuesto en la región amazónica de Brasil y Colombia.

Tabla 13. Porcentaje por tipo de residuo solido urbano, valor típico en la región amazónica de Brasil y Colombia.

COMPUESTO	PAPEL	VIDRIO	PLASTICO	METAL	ORGANICA	OTROS	TOTAL
PORCENTAJE	16,70%	9,96%	14,55%	1,92%	50,10%	6,72%	100%

Fuente: Elaboración propia.

9.7.1 Clasificación física de residuos sólidos en la amazonia brasileña

Se toma la producción anual de residuos sólidos urbanos de la amazonia brasileña y se multiplica por el porcentaje de tipo de residuos, a continuación, se muestran los resultados de esta operación y la cantidad de toneladas de basura por cada compuesto.

Tabla 14. Clasificación física de RSU en la amazonia brasileña

ESTADO/COMPUESTO	Papel	Otros	Vidrio	Plástico	Orgánico	Metal
Acre	46.204	18.595	27.556	40.255	138.612	5.312
Amapá	44.090	17.744	26.296	38.414	132.270	5.069
Amazonas	216.896	87.291	129.358	188.972	650.687	24.937
Depará	452.516	182.117	269.884	394.258	1.357.548	52.026
Rondônia	93.421	37.598	55.717	81.393	280.262	10.741
Roraima	30.646	12.334	18.278	26.701	91.939	3.523
Tocantins	82.665	33.269	49.302	72.022	247.994	9.504
Total (t/año)	966.437	388.947	576.390	842.015	2.899.311	111.111

. Fuente: Elaboracion propia

Ya con la cantidad de compuestos discriminados o caracterizados por tipo se puede identificar el potencial energético de los RSU.

9.7.2 Clasificación física de residuos sólidos en la amazonia colombiana

Se toma la producción anual de residuos sólidos urbanos de la amazonia brasileña y se multiplica por el porcentaje de tipo de residuos, a continuación, se muestran los resultados de esta operación y la cantidad de toneladas de basura por cada compuesto.

Tabla 15 Clasificación física de RSU en la amazonia colombiana

DEPARTAMENTO	Papel (t/año)	Vidrio (t/año)	Orgánico (t/año)	Otros (t/año)	Plástico (t/año)	Metal (t/año)
Amazonas	1.768	1.094	5.538	796	1.547	212
Caquetá	11.888	7.356	37.230	5.350	10.402	1.427
Guainía	1.937	1.199	6.067	872	1.504	232
Guaviare	2.403	1.487	7.526	1.081	2.103	288
Putumayo	9.522	5.891	29.819	4.285	8.331	1.143
Vaupés	750	464	2.348	337	317	90
Vichada	2.028	1.255	6.352	913	1.775	243
Total	30.296	18.746	94.881	13.633	25.979	3.636

Fuente: Elaboracion propia

9.7.3 Porcentaje de humedad de los residuos

En la Tabla 16 se muestra el porcentaje de humedad de los compuestos que usualmente se ven en los RSU, el porcentaje de humedad se obtiene calentando el compuesto a una temperatura de 100 grados celcius por una duración de 24 horas, se pesa y se obtiene la diferencia entre base seca y base humedad, este resultado puede variar por la composición química de cada compuesto por eso se determina un rango y un valor típico que es la media estándar de humedad en cada tipo de residuos sólidos urbanos.

Tabla 16 Porcentaje de humedad de los RSU

Componente	POR CIENTO DE HUMEDAD	
	Rango	Típico
Desechos de alimentos	50 – 80	70
Papel	4 – 10	6
Cartón	4 – 8	5
Plásticos	1 – 4	2
Textiles	6 – 15	10
Caucho	1 – 4	2
Cuero	8 – 12	10
Desechos de jardín	30 – 80	60
Madera	15 – 40	20
Vidrio	1 – 4	2
Envases de hojalata	2 – 4	3
Metales no ferrosos	2 – 4	2
Metales ferrosos	2 – 6	3
Tierra, ceniza, ladrillo, etc.	6 – 12	8
Desechos sólidos municipales	15 - 40	20

Fuente: (Operación y mercado, 2018)

9.7.4 Poder calorífico de los residuos

En la siguiente tabla se muestra la relación entre compuestos y su poder calorífico que hace referencia a la cantidad de calor que se puede generar por kg de esa sustancia, por la humedad que se encuentra en la amazonia brasileña, se infieren valores de poder calorífico inferior que se define al suponer que el vapor de agua contenido en los gases resultante de la combustión no se condensa.

Tabla 17 Densidad y poder calorífico de los componentes de los RSU

MATERIAL	DENSIDAD	PCI KCAL/KG	KJUL/KG
POLIETILENO	803	16152	67.580
GRASAS ANIMALES	963	9456	39564
ESPUMA DE POLIURETANO	32	7248	30325
PLASTICO	1200	4800	20083
PVS RIGIDO	1200	4800	20083
SERRIN	193	4728	19782
TRAPOS	241	4700	19664
PERIODICOS	112	4440	18577
CUERO	321	4032	16869
MADERA	900	3800	15899
PAPEL	900	3300	13807
REVISTAS	562	2928	12250

Fuente: (Gonzales, 2008)

La siguiente tabla nos proporciona un valor típico de poder calorífico en los compuestos de los residuos solidos urbanos esto proporciona la base para estimar un valor representativo en los residuos de la Amazonia colombo brasileña.

Tabla 18 Estimación del contenido energético en la muestra de RSU

Compuesto	poder calorifico en kcal/kg
Papel	4000,03
Vidrio	33,33
Plastico	7777,84
Organica	1111,12
Otros	4166,7

Fuente: (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen , 1982)

A partir de la relación que existe entre la masa del residuo seco por unidad de energía calorífica de la masa da como resultado el poder calorífico inferior esto brindará el potencial energético que es definido por la siguiente ecuación:

$$PE = (M_{rs}) * (E)$$

Dónde:

PE: Potencial energético [Tj/año]

M_{rs}: Masa de residuo seco [t/año]

E/PCI: Energía del residuo por unidad de masa [Tj/t]

Ecuación de potencial energético tomado de (Serrato & Lesmes, 2016).

9.7.5 Total de potencial energético teórico en la amazonia brasileña

La obtención del potencial energético en la amazonia brasileña fue producto de la multiplicación del total en toneladas/año de cada tipo de compuesto que componen los residuos sólidos urbanos por el valor típico de kcal /kg.

Tabla 19 Potencial energético teórico amazonia de Brasil.

compuesto	tonelada año	porcentaje de humedad	tonelada año seco	poder calorifico en kcal/kg	poder calorifico en kcal/tonelada	total en kcal	total en mega calorías
papel	966437	7%	898786	400,03	400030	359.541.527.592	359.542
vidrio	576390	3%	559098	33,33	33330	18.634.746.339	18.635
plastico	842015	2%	825175	7777,84	7777840	6.418.076.788.648	6.418.077
organicos	2899311	70%	869793	1111,12	1111120	966.444.731.496	966.445
otros	388947	15%	330605	4166,7	4166700	1.377.531.645.165	1.377.532
TOTAL	5.673.100	97%	3.483.458	13.489	13.489.020	9.140.229.439.240	9.140.229

.Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 19 se puede observar que el potencial energético suma un total de 8.006 mega calorías al año, es decir, 33.496 mega julios al año valor resulta de la suma de los ponderados por material de todos los componentes encontrados en los residuos ya sea papel, vidrio, plástico y residuos orgánicos.

9.7.6 Total de potencial energético teórico en la Amazonía Colombiana

La obtención del potencial energético en la amazonia colombiana fue producto de la multiplicación del total en toneladas/año de cada tipo de compuesto que componen los residuos sólidos urbanos por el valor típico de kcal/kg.

Tabla 20 Potencial energético teórico Amazonía de Colombia.

compuesto	tonelada año	porcentaje de humedad	tonelada año seco	poder calorifico en kcal/kg	poder calorifico en kcal/tonelada	total en kcal	total en mega calorías
papel	30296	7%	28175	400,03	400030	11.270.957.258	11.271
vidrio	18746	3%	18184	33,33	33330	606.060.055	606
plastico	25979	2%	25459	7777,84	7777840	198.019.295.253	198.019
organicos	94881	70%	28464	1111,12	1111120	31.627.253.016	31.627
otros	25979	15%	22082	4166,7	4166700	92.009.694.405	92.010
TOTAL	195.881	97%	122.365	13.489	13.489.020	333.533.259.987	333.533

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, un consolidado de la información recolectada discriminada por país.

Tabla 21 Resumen potencial energético teórico Brasil.

Brasil						
compuesto	tonelada año seco	poder calorifico en kcal/kg	poder calorifico en kcal/tonelada	Total, en kcal	Total en Mcal/año	Potencial energético teórico TJ/año
TOTAL	3.483.458	13.489	13.489.020	9,140,E+12	9.140.229	38.268

Fuente: Elaboración propia.

Para Brasil se puede apreciar un potencial anual de 38.268 TJ/año.

Tabla 22 Resumen potencial energético teórico Colombia.

Colombia						
compuesto	tonelada año seco	poder calorifico en kcal/kg	poder calorifico en kcal/tonelada	Total, en kcal	Total, en mega calorías/año	Potencial energético teórico TJ/año
TOTAL	122.365	13.489	13.489.020	3,335E+11	333.533	1.396

Fuente: Elaboración propia.

Para Colombia se puede apreciar un potencial de 1.396 TJ/año.

Las tablas 21 y 22 muestran el total en TJ/año para el potencial energético teórico de los RSU que corresponden a 38.268 TJ/año y 1.396 TJ/año para la amazonia de Brasil y Colombia respectivamente. El valor de Colombia representa apenas un 3,6% del potencial energético en Brasil. Esto debido principalmente a la proporción poblacional entre los países.

9.8 Potencial Energético Técnico

El potencial energético técnico de los RSU se obtiene con base en el potencial teórico hallado anteriormente, este valor es multiplicado por el porcentaje de utilidad del proceso de conversión a energía eléctrica a utilizar, para determinar el proceso de conversión a energía eléctrica más conveniente se hará una comparación entre los más comunes.

9.8.1 selección de ciclo a usar

Para elegir el rendimiento de la utilidad técnica de los RSU es necesario tener en cuenta los diferentes procesos de transformación de la biomasa en energía y las tecnologías empleadas para llevar esto a cabo.

Combustión Directa

Estos sistemas producen energía térmica por medio de la combustión directa de la biomasa, su función principal es brindar calor que puede ser usado para cocinar alimentos o generar electricidad. En este método es clave que el porcentaje de humedad encontrado en los RSU sea inferior a 15% (biomasa seca), ya que de lo contrario, gran parte de la energía empleada en el proceso sería necesaria para evaporar el agua contenida en los RSU. Al utilizarse biomasa seca pueden lograrse rendimientos de hasta un 80% en comparación con los rendimientos de 60% conseguidos con biomasa cuyo valor de humedad es mayor al 50% (CTN, 2018).

Producción de Biogás

El biogás es un recurso energético hecho a partir de RSU, se obtiene a través de diferentes métodos con el fin de generar determinados compuestos que pueden servir para la generación de energía. Uno de estos es la digestión anaeróbica, la biodegradación de materia orgánica mediante la acción de un cultivo de bacterias sin presencia de oxígeno, de ahí el término anaeróbico, las bacterias se encargan de consumir los residuos generando una mezcla constituida por metano y dióxido de carbono junto con pequeñas proporciones de otros gases. La producción de biogás por medio de la digestión resulta una manera útil de tratar residuos biodegradables, producir combustible y usar el efluente como fertilizante para el suelo (Servicios Manufactureros, 2019). Teniendo en cuenta que la mayor parte de RSU generados en el Amazonas se compone en gran medida de productos orgánicos resulta viable analizar la

generación de energía a partir de la digestión anaeróbica (Amazonas Sin Límites, 2018). La siguiente figura muestra el proceso de generación de biogas.

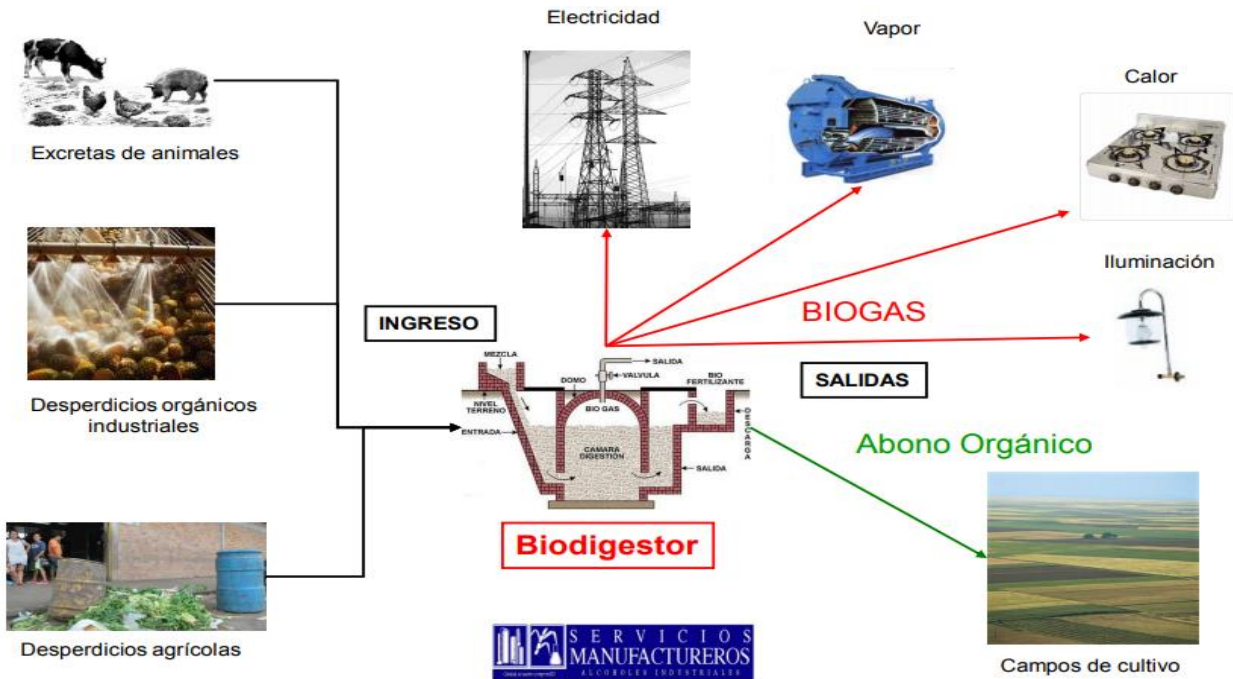


Figura 6. Esquema básico de la producción de biogas.

Fuente: (Servicios Manufactureros, 2019)

La figura 6 muestra cómo se genera el biogas y las partes involucradas, se puede observar que a su salida para generar energía existen diferentes medios, en la presente monografía se tendrá en cuenta la generación usando un motor de combustión interna alimentado con el biogas producto de la digestión anaeróbica con el fin de determinar el porcentaje de utilidad para el potencial técnico. En el estudio: The use of biomass syngas in ic engines and ccgt plants: a comparative analysis los autores estudian las propiedades del biogas obtenido a partir de la biodigestión, y su uso en medios convencionales de generación de energía, específicamente Motores de Combustión Interna (MCI) y Turbinas de Gas de Ciclo Combinado (TGCC) después de realizar el montaje se encargan de hacer el análisis de energía con ayuda de sistemas electrónicos capaces de medir la eficiencia térmica y eléctrica ya que la instalación se presta para esto. Los resultados en los motores de combustión interna arrojan un valor de 23% para la eficiencia eléctrica considerando un sistema con un flujo en su entrada de 1kg/h de biomasa con un balance de energía optimizado para todo el proceso con el fin de evaluar la eficiencia global (M. Baratieri, 2009)

9.8.2 Potencial Energético Técnico Factible

Para estimar el potencial energético técnico (PE_{tec}) se utiliza la ecuación 1, partiendo del potencial teórico y aplicando una serie de restricciones relativas a la disponibilidad de la biomasa contenida en los RSU, en ese orden de ideas, se multiplica por el porcentaje de residuos que son recolectados y el rendimiento de transformación de energía térmica para así obtener el potencial energético técnico que se define en la ecuación 2.

Ecuación 2.

$$PE_{tec} = PE_{teo} \times R_s \times \eta \quad (2)$$

Donde:

PE_{teo} : Potencial energético teórico [T]/Año]

R_s : Porcentaje de residuos que son aprovechables.

η : Rendimiento de transformación de energía térmica a eléctrica.

El potencial energético técnico es el valor de la energía que puede llegar a generarse con los RSU teniendo en cuenta las pérdidas que acarrea usar gas en un motor diesel y que no toda la basura que producen los municipios del amazonas de Colombia y Brasil es recolectada y dispuesta. La cantidad estimada de residuos aprovechables en Colombia es del 60% considerando que el 40% restante se halla disperso y presenta numerosas dificultades para su utilidad (UPME - UNAL, 2018) para el caso de Brasil según la legislación vigente solo alcanza para recolectar de manera exitosa el 59.1% de los residuos sólidos urbanos, el porcentaje restante va a vertederos ilegales y fuentes hídricas (Daniel Mello, 2020).

Tabla 23 Potencial energético técnico.

País	Potencial Teórico TJ/Año	% De residuos que se pueden aprovechar	Rendimiento de transformación energía mecánica a eléctrica	Potencial técnico TJ/Año
COLOMBIA	1396	60%	23%	193
BRASIL	38268	59%	23%	5202
Total	39665			5395

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados de (Daniel Mello, 2020), (M. Baratieri, 2009) y (UPME - UNAL, 2018).

La tabla 23 da como resultado el potencial energético técnico que puede llegar a producir la amazonía Colombo Brasileña en un año a partir de los residuos sólidos urbanos. Se puede apreciar que el rendimiento de transformación energética térmica a eléctrica es de 23%, valor que se determina anteriormente en el apartado 9.8.1 Selección de clico a usar teniendo en cuenta la producción a partir de biogás.

Ahora bien, al confrontar los autores mencionados en la presente monografía se puede realizar una comparación entre el potencial energético técnico contenido en los RSU obtenido por la UPME en los centros de acopio y plazas de mercado de las principales ciudades de Colombia y los valores hallados para el potencial energético técnico de los RSU en el amazonas de Colombia. El detalle de los datos por ciudades puede encontrarse en la tabla 3: Potencial energético RSU principales ciudades de Colombia.

Tabla 24. Comparativa con UPME.

	Amazonas Colombia	Principales Ciudades Colombia
Toneladas RSU	195.881	120.210
Potencial técnico (TJ/año)	193	91,72

Fuente: Autor con datos de (UPME, 2011) y (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017)

Dada la composición de los RSU y el modelo utilizado en la presente monografía se observa que los datos suministrados por la UPME para el potencial energético técnico contenido en los RSU de las principales ciudades de Colombia representa un 49% del valor técnico del potencial energético de los RSU en el amazonia colombiana, esta diferencia obedece principalmente a la cantidad de RSU estudiados y la composición de los mismos, ya que para el amazonas se tiene en cuenta un 40% más de residuos sólidos urbanos dentro del planteamiento metodológico (UPME, 2011).

9.8.3 Relacion entre el consumo de energía per capita y el potencial técnico energético contenido en los RSU de Brasil y Colombia

Para realizar una comparación entre el potencial energético técnico y el consumo de energía per capita en cada país se crean las siguientes tablas que cuantifican el consumo de energía en kW/h, es decir, el consumo energético que se obtiene al usar electrodomesticos, todos los bombillos de la casa o apartamento y en general todos los dispositivos que deben ser conectados a una toma de energía para que funcionen. Los datos son obtenidos de IndexMundi y el Banco Mundial para luego pasarlos a TJ/año, en Colombia el consumo per capita de energía para el año 2018 cerró con un valor de 1.159kWh anual (La República, 2019). Por otro lado, en Brasil cada habitante consume un promedio de 2.414kWh al año (IndexMundi, 2019).

La tabla 25 muestra el consumo energético per cápita de los habitantes de Colombia y Brasil en Tera Julios, al igual que el potencial técnico hallado en la tabla 23. Teniendo el consumo de cada persona y la cantidad de energía que pueden generar los RSU es posible obtener mediante la relación de estos datos la cantidad de gente que es capaz de beneficiarse en materia energética gracias a los RSU.

Tabla 25 Panorama energético Colombia/Brasil.

	COLOMBIA	BRASIL
Consumo percapita de energía (TJ/año)	0,00417	0,00869
Potencial RSU (TJ/año)	193	5.202
Personas	46.186	598.570

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26 Comparación población/energía.

	COLOMBIA	BRASIL
Población región Amazonía de Colombia	1.215.446	18.142.207
Población región Amazonía capaz de abastecer con la energía contenida en los RSU (datos obtenidos de tabla 25)	46.186	598.570
Relación Poblacion/Energía RSU	3,8%	3,3%

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, si comparamos los valores de consumo energético de los habitantes de la Amazonía de Colombia y Brasil con el potencial energético que puede llegar a generar la biomasa contenida en los residuos sólidos urbanos en Colombia la energía generada alcanzaría a compensar el consumo promedio anual de 46.186 personas, aproximadamente el total de la población en el departamento de Vaupés o la mitad de los habitantes del departamento del Amazonas, la gestión adecuada de estos recursos y su aprovechamiento lograría brindar energía a todo un departamento de manera sostenible dándole un uso práctico a residuos que actualmente son desaprovechados.

Así mismo, en Brasil el potencial energético técnico puede subsanar el consumo de 598.570 personas, cifra que corresponde aproximadamente a la cantidad de habitantes del estado de Roraima o una tercera parte de la población de Rondônia, es decir, el uso de todos estos residuos podría suplir la demanda energética de los estados en Brasil brindando un segundo uso a todas las basuras generadas por el pueblo brasileño.

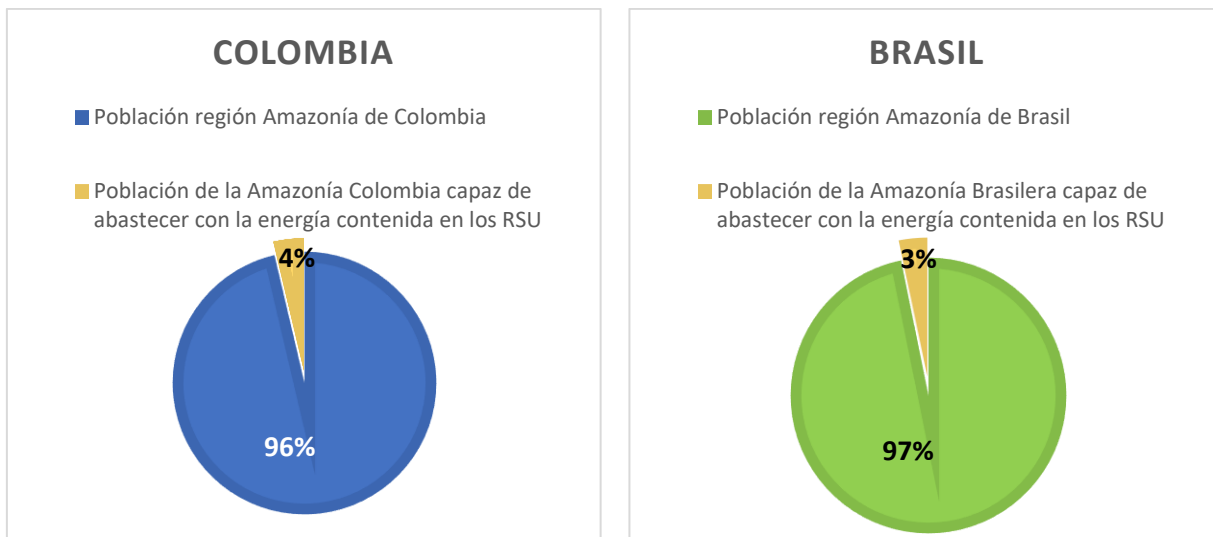


Figura 7. Cubrimiento poblacional de la amazonia

Fuente: Elaboracion propia

La figura 7 expone un contexto general del alcance del uso de los residuos sólidos urbanos como fuente energética. Para Colombia la energía producida por los RSU cubriría la demanda energética del 4% de la población de la región amazonía, personas que en muchos casos cuentan con un sistema poco regulado por el estado debido a los distribuidores externos, con un elevado costo por kWh en comparación con los otros departamentos, nada más la amazonia de Colombia cuenta con 61 localidades dentro de las zonas no interconectadas, 47 en Caquetá, 73 en Guainía, 34 en Guaviare, 35 en Putumayo y 54 en Vaupés, representando un 21% de todas las localidades nacionales y una demanda equivalente de energía (Cote, 2019). Por otro lado, en Brasil se compensa la demanda del 3% de la población que habita la región amazónica, esto corresponde a 598.570 habitantes que pueden suprimir el consumo de energía a partir de fuentes termoeléctricas, el segundo método de generación más usado en Brasil con un 24.41% de generación a nivel nacional disminuyendo de esta manera la huella de carbono (IBGE, 2016).

10. Conclusiones

En la presente monografía se logró determinar el potencial energético teórico y técnico de la biomasa contenida en los RSU de los municipios de la región del Amazonas de Colombia y Brasil con apoyo de los censos poblacionales realizados por el IBGE y el DANE, estos valores corresponden a 1.396 TJ/año y 38.268 TJ/año para el potencial teórico y a 193 TJ/año y 5.202 TJ/año para el potencial técnico respectivamente.

La producción promedio anual por habitante de RSU dio: 0,280 t/año, para los municipios de la amazonía colombiana; y 0,318 t/año para los municipios de la amazonía brasileña. En los anexos 2.1 y 2.2 se muestran los valores de producción por municipio. Igualmente, el Amazonas de Colombia cuenta con una generación de RSU correspondiente a 189.353 t/año en todos sus municipios, por otro lado, Brasil genera 5.790.047 t/año en los siete estados que comprenden su parte del Amazonas.

Los valores de los potenciales energético técnicos representan el 13,6% de los potenciales teóricos; esto es considerando la eficiencia de transformación energética igual a 23% y asumiendo una recolecta efectiva del 60% y 59.1% de los RSU generados para Colombia y Brasil respectivamente.

A partir de estos potenciales energéticos técnicos calculados, es posible evaluar la cantidad de personas que pueden verse beneficiadas con la energía contenida en los RSU, este valor se obtiene a partir de la relación entre el potencial técnico de cada país y el correspondiente consumo per capita mencionado en la tabla 24, el resultado obtenido determina que 644.756 habitantes del Amazonas pueden tener acceso a la energía a partir de fuentes no convencionales como el biogás, teniendo en cuenta lo mencionado en el apartado 9.8.3 la Amazonia de Colombia hasta el 2017 contaba con 61 localidades dentro de las zonas no interconectadas, la construcción de torres de alta tensión y la infraestructura de distribución del flujo eléctrico acarrea altos costos de mantenimiento y operación, sin mencionar la problemática ambiental y la dificultad en materia de construcción que presenta la geografía de la selva, es precisamente por esto que a partir de energías alternativas debe surgir la transformación energética del Amazonas.

Se redactó un artículo para someterlo a evaluación para su publicación en una revista nacional, dicho artículo se envió a la revista Letras Conciencia y Tecnología de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central el cual está siendo sometido a su revisión. En el anexo 5 se encuentra el artículo científico.

Referencias

- Abrelpe. (2017). QUANTIDADE DE RSU COLETADOS NA REGIÃO SUL. En Abrelpe, *PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2017* (págs. 40 - 57). Rio de Janeiro: Abrelpe.
- Alcaldía de Puerto Carreño. (2016). Proyección de Generación de Residuos Sólidos. En A. d. Carreño, *Plan Ingestión Integral de Residuos Sólidos* (pág. 30). Puerto Carreño: Alcaldía de Puerto Carreño.
- Amazonas Sin Límites. (15 de Marzo de 2018). *Reciclaje en el Amazonas*. Obtenido de Reciclaje en el Amazonas: <https://amazonas-sin-limites.org/medio-ambiente-centro-reciclaje-basura-rio-amazonas-empleo-leticia/>
- Asociación de empresas de energías renovables. (12 de Mayo de 2015). APPA. Obtenido de ¿Qué es la biomasa?: <https://www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/>
- BREFF. (2011). incineracion . En *Mejores Técnicas Disponibles de referencia para incineracion de residuos* (págs. 4 - 25). Madrid, españa : ministerio de medio ambiente medio rural y marino .
- Centro Nacional de Monitoreo. (15 de Agosto de 2018). *Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas*. Obtenido de CNM: <http://190.216.196.84/cnm/>
- Colombia, c. d. (1994). ley 99 de 1993. En c. d. colombia, *constitucion de la republica de colombia*. bogota.
- Cote, M. (17 de Septiembre de 2019). *Pid Amazonía*. Obtenido de TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA DE LA AMAZONÍA: DESARROLLO SIN DEFORESTACIÓN: <https://www.pidamazonia.com/content/transformaci%C3%B3n-energ%C3%A9tica-de-la-amazon%C3%ADa-desarrollo-sin-deforestaci%C3%B3n>
- CTN. (2018). Proceso Productivo. En C. T. Alimentación, *COMBUSTIÓN DIRECTA* (pág. 2). Murcia: AGROWASTE.
- DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. Bogotá: DANE.
- Daniel Mello. (29 de Marzo de 2020). *Un estudio muestra que los vertederos siguen creciendo en Brasil*. Obtenido de Agência Brasil: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/es/geral/noticia/2018-09/en-2017-se-enviaron-13-millones-de-toneladas-de-residuos-vertederosv>
- Departamento Nacional de Planeacion. (1994). En r. d. colombia, *politica nacional ambiental* (págs. 9-34). Bogota.

- Duque, L. (2014). En a. n. biocombustibles, *curso de regulacion energetica de ARIAE* (págs. 4-10). cartagena de indias.
- El Tiempo. (16 de 05 de 2019). Colombia viene creciendo en reciclaje. *Medio Ambiente*.
- Enel Américas. (21 de Marzo de 2016). Obtenido de La Nueva Energía del Amazonas: <https://www.enelamericas.com/es/historias/a201609-la-nueva-energia-del-amazonas.html>
- ENEL GOV. (12 de Julio de 2019). Obtenido de Capacidad de Brazil RSU: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm+](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm)
- Garcés, D. (2014). Poder calorífico superior e inferior. En D. Garcés, *ANÁLISIS DEL APROVECHAMIENTO DE DIFERENTES FRACCIONES DE RESIDUOS GENERADOS EN ASTURIAS COMO CSR* (pág. 25). Asturias: Universidad de Oviedo.
- Gonzales, j. (2008). residuos solidos urbanos. En g. julian, *master en medio ambiente y gestion ambiental* (pág. 40). Madrid: EOI escuela de negocios.
- Hamad, J., & Abdalqader, A. (2016). el Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. En *STM D 5231-92* (págs. 5 - 25). GAZA.
- IBGE. (2016). *Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação*. Brasilia: IBGE.
- IDAE. (2008). La biomasa como combustible alternativo. En I. p. Energía, *Biomasa Industria* (pág. 7). Madrid: IDAE.
- IDEAM. (2017). Generación de residuos por autoridad ambiental. En IDEAM, *Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia* (pág. 28). Bogotá: IDEAM.
- IndexMundi. (22 de Noviembre de 2019). *indexmundi.com*. Obtenido de Electricity consumption per capita by country: <https://www.indexmundi.com/map/?v=81000>
- La República. (19 de Febrero de 2019). Obtenido de El consumo per cápita de energía fue de 1.159 kWh durante el año pasado: <https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/el-consumo-per-capita-de-energia-fue-de-1159-kwh-durante-el-ano-pasado-2829778>
- M. Baratieri, P. B. (2009). The use of biomass syngas in ic engines and ccgt plants:. *Applied Thermal Engineering*, 47.
- Marquez, S., & Jasmine, E. (2017). En S. Marquez, & E. Jasmine, *Propuesta de un Programa de Manejo de Residuos Sólidos en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana* (págs. 38-41). Lima: Universidad Agraria de la Selva.
- Ministerio de Interior. (15 de Julio de 2019). *Ministerio de Inerior*. Obtenido de Mininterior: www.mininterior.gov.co
- Ministério do Meio Ambiente. (2018). Resultados Alcançados. En IBAM, *Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Amazônia: A metodologia e os resultados de sua aplicação*. (págs. 21 - 51). manaos brasil: IBAM.

- Operación y mercado. (21 de Noviembre de 2018). oferta y generacion. En *reporte integral de sostenibilidad* (págs. 110 -151). Bogota. Obtenido de Reporte integral de Sostenibilidad.
- Porras, L. (2015). *Informe Económico Amazonas 2015*. Leticia: Camara de Comercio del Amazonas.
- Sanchez, M. (2015). produccion comercio y consumo . En *Evolucion de los biocombustibles en colombia y su incidencia sobre el precio de los alimentos* (págs. 31- 39). bogota: Universidad Nacional de Colombia .
- Serrano, P. (12 de Enero de 2014). *Generación de energía a partir de la basura ¿Energía 100% limpia?* Obtenido de Certificados Energéticos:
<https://www.certificadosenergeticos.com/generacion-energia-basura-energia-100-limpia>
- Serrato, C., & Lesmes, V. (2016). *METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE ENERGÍA EXTRAÍDA A PARTIR DE LA BIOMASA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*. Bogotá: Editorial UD.
- Servicios Manufactureros. (15 de Junio de 2019). *BIOGAS*. Guatemala: servicios manufacturelos. Obtenido de Organization of American States:
<http://www.oas.org/dsd/Energy/Documents/SimposioG/3%20Panel%20I%20Biogas.pdf>
- SIAT-AC. (29 de marzo de 2020). *División Político Administrativa*. Obtenido de Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana:
<http://siatac.co/web/guest/division-politico-administrativa>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2017). *Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos*. Bogotá D.C: SSPD.
- Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen , R. (1982). *Desechos sólidos, principios de ingeniería y administración*. Merica: Armando Cubillos.
- The Global Economy. (6 de Enero de 2017). *Brasil: Acceso a la electricidad*. Obtenido de The Global Economy.com: https://es.theglobaleconomy.com/Brazil/Access_to_electricity/
- UNAP. (2018). En c. a. universitario, *plan de manejo de residuos solidos no peligrosos de la amazonia del peru* . Loreto- peru : universidad nacional dl amazonas de peru .
- Universidad Nacional de Colombia. (12 de 08 de 2019). *La Amazonia*. Obtenido de Amazonia Unal: <http://amazonia.unal.edu.co/index.php/homepage/historia/la-amazonia#generalidades>
- UPME - UNAL. (2018). Estimación del potencial de Biogás con biomasa residual en Colombia. En U. UNAL, *ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE CONVERSIÓN A BIOGÁS DE LA BIOMASA EN COLOMBIA Y SU APROVECHAMIENTO* (págs. 46-50). Bogotá: TECSOL.
- UPME. (2011). *Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia*. Bucaramanga: Unidad de Planeación Minero Energética.

Anexos

Anexo 1.1 Población por municipios amazonia colombiana

PAIS	ESTADO	MUNICIPIO	POBLACIÓN 2018
Colombia	Amazonas	El Encanto (ANM)	4.972
Colombia	Amazonas	La Chorrera (ANM)	4.044
Colombia	Amazonas	La Pedrera (ANM)	5.417
Colombia	Amazonas	La Victoria (ANM)	1.140
Colombia	Amazonas	Leticia	42.280
Colombia	Amazonas	Miriti - Paraná (ANM)	1.515
Colombia	Amazonas	Puerto Alegría (ANM)	2.196
Colombia	Amazonas	Puerto Arica (ANM)	1.320
Colombia	Amazonas	Puerto Nariño	8.519
Colombia	Amazonas	Puerto Santander (ANM)	3.113
Colombia	Amazonas	Tarapacá (ANM)	4.314
Colombia	Caquetá	Albania	6.434
Colombia	Caquetá	Belén de Los Andaquies	11.721
Colombia	Caquetá	Cartagena del Chairá	34.953
Colombia	Caquetá	Curillo	11.829
Colombia	Caquetá	El Doncello	22.267
Colombia	Caquetá	El Paujil	21.148
Colombia	Caquetá	Florencia	181.493
Colombia	Caquetá	La Montañita	24.140
Colombia	Caquetá	Milán	11.829
Colombia	Caquetá	Morelia	3.892
Colombia	Caquetá	Puerto Rico	33.623
Colombia	Caquetá	San José del Fragua	15.223
Colombia	Caquetá	San Vicente del Caguán	71.704
Colombia	Caquetá	Solano	25.074
Colombia	Caquetá	Solita	9.139
Colombia	Caquetá	Valparaíso	11.772
Colombia	Guainía	Barranco Minas (ANM)	4.984
Colombia	Guainía	Cacahual (ANM)	2.812
Colombia	Guainía	Inírida	20.312
Colombia	Guainía	La Guadalupe (ANM)	410
Colombia	Guainía	Mapiripana (ANM)	2.759
Colombia	Guainía	Morichal (ANM)	1.365
Colombia	Guainía	Pana Pana (ANM)	3.467

Colombia	Guainía	Puerto Colombia (ANM)	5.031
Colombia	Guainía	San Felipe (ANM)	2.306
Colombia	Guaviare	Calamar	8.456
Colombia	Guaviare	El Retorno	24.155
Colombia	Guaviare	Miraflores	15.451
Colombia	Guaviare	San José del Guaviare	67.767
Colombia	Putumayo	Colón	5.651
Colombia	Putumayo	Leguízamo	15.380
Colombia	Putumayo	Mocóa	44.631
Colombia	Putumayo	Orito	56.365
Colombia	Putumayo	Puerto Asís	62.232
Colombia	Putumayo	Puerto Caicedo	14.729
Colombia	Putumayo	Puerto Guzmán	24.169
Colombia	Putumayo	San Francisco	7.190
Colombia	Putumayo	San Miguel	28.329
Colombia	Putumayo	Santiago	10.776
Colombia	Putumayo	Sibundoy	14.396
Colombia	Putumayo	Valle del Guamuez	53.649
Colombia	Putumayo	Villagarzón	21.399
Colombia	Vaupés	Caruru	3.340
Colombia	Vaupés	Mitú	32.457
Colombia	Vaupés	Pacoa (ANM)	6.121
Colombia	Vaupés	Papunaua (ANM)	832
Colombia	Vaupés	Taraira	952
Colombia	Vaupés	Yavaraté (ANM)	1.226
Colombia	Vichada	Cumaribo	39.549
Colombia	Vichada	La Primavera	17.026
Colombia	Vichada	Puerto Carreño	16.504
Colombia	Vichada	Santa Rosalía	4.197

Anexo 1.2 Poblacion por municipios amazonia brasileña

PAÍS	ESTADO	MUNICIPIO	2018
Brasil	RONDÔNIA	Alta Floresta D'Oeste	23.167
Brasil	RONDÔNIA	Ariquemes	106.168
Brasil	RONDÔNIA	Cabixi	5.438
Brasil	RONDÔNIA	Cacoal	84.813
Brasil	RONDÔNIA	Cerejeiras	16.444
Brasil	RONDÔNIA	Colorado do Oeste	16.227
Brasil	RONDÔNIA	Corumbiara	7.567
Brasil	RONDÔNIA	Costa Marques	17.855
Brasil	RONDÔNIA	Espigão D'Oeste	32.047
Brasil	RONDÔNIA	Guajará-Mirim	45.783
Brasil	RONDÔNIA	Jaru	51.933
Brasil	RONDÔNIA	Ji-Paraná	127.907
Brasil	RONDÔNIA	Machadinho D'Oeste	39.097
Brasil	RONDÔNIA	Nova Brasilândia D'Oeste	20.459
Brasil	RONDÔNIA	Ouro Preto do Oeste	36.340
Brasil	RONDÔNIA	Pimenta Bueno	36.434
Brasil	RONDÔNIA	Porto Velho	519.531
Brasil	RONDÔNIA	Presidente Médici	19.409
Brasil	RONDÔNIA	Rio Crespo	3.723
Brasil	RONDÔNIA	Rolim de Moura	54.702
Brasil	RONDÔNIA	Santa Luzia D'Oeste	6.781
Brasil	RONDÔNIA	Vilhena	97.448
Brasil	RONDÔNIA	São Miguel do Guaporé	22.931
Brasil	RONDÔNIA	Nova Mamoré	29.757
Brasil	RONDÔNIA	Alvorada D'Oeste	14.722
Brasil	RONDÔNIA	Alto Alegre dos Parecis	13.227
Brasil	RONDÔNIA	Alto Paraíso	20.999
Brasil	RONDÔNIA	Buritis	38.937
Brasil	RONDÔNIA	Novo Horizonte do Oeste	8.751
Brasil	RONDÔNIA	Cacaulândia	6.190
Brasil	RONDÔNIA	Campo Novo de Rondônia	14.009
Brasil	RONDÔNIA	Candeias do Jamari	25.983
Brasil	RONDÔNIA	Castanheiras	3.119
Brasil	RONDÔNIA	Chupinguaia	10.886
Brasil	RONDÔNIA	Cujubim	24.226
Brasil	RONDÔNIA	Governador Jorge Teixeira	8.095
Brasil	RONDÔNIA	Itapuã do Oeste	10.272
Brasil	RONDÔNIA	Ministro Andreazza	9.762
Brasil	RONDÔNIA	Mirante da Serra	11.080
Brasil	RONDÔNIA	Monte Negro	15.695

Brasil	RONDÔNIA	Nova União	7.047
Brasil	RONDÔNIA	Parecis	5.947
Brasil	RONDÔNIA	Pimenteiras do Oeste	2.191
Brasil	RONDÔNIA	Primavera de Rondônia	2.939
Brasil	RONDÔNIA	São Felipe D'Oeste	5.280
Brasil	RONDÔNIA	São Francisco do Guaporé	19.842
Brasil	RONDÔNIA	Seringueiras	11.860
Brasil	RONDÔNIA	Teixeirópolis	4.384
Brasil	RONDÔNIA	Theobroma	10.494
Brasil	RONDÔNIA	Urupá	11.665
Brasil	RONDÔNIA	Vale do Anari	11.028
Brasil	RONDÔNIA	Vale do Paraíso	6.998
Brasil	ACRE	Acrelândia	15.020
Brasil	ACRE	Assis Brasil	7.300
Brasil	ACRE	Brasiléia	25.848
Brasil	ACRE	Bujari	10.111
Brasil	ACRE	Capixaba	11.456
Brasil	ACRE	Cruzeiro do Sul	87.673
Brasil	ACRE	Epitaciolândia	18.122
Brasil	ACRE	Feijó	34.675
Brasil	ACRE	Jordão	8.159
Brasil	ACRE	Mâncio Lima	18.638
Brasil	ACRE	Manoel Urbano	9.336
Brasil	ACRE	Marechal Thaumaturgo	18.430
Brasil	ACRE	Plácido de Castro	19.565
Brasil	ACRE	Porto Walter	11.720
Brasil	ACRE	Rio Branco	401.155
Brasil	ACRE	Rodrigues Alves	18.504
Brasil	ACRE	Santa Rosa do Purus	6.362
Brasil	ACRE	Senador Guimard	22.810
Brasil	ACRE	Sena Madureira	45.177
Brasil	ACRE	Tarauacá	41.976
Brasil	ACRE	Xapuri	19.048
Brasil	ACRE	Porto Acre	18.180
Brasil	AMAZONAS	Alvarães	15.860
Brasil	AMAZONAS	Amaturá	11.332
Brasil	AMAZONAS	Anamã	13.269
Brasil	AMAZONAS	Anori	20.538
Brasil	AMAZONAS	Apuí	21.583
Brasil	AMAZONAS	Atalaia do Norte	19.438
Brasil	AMAZONAS	Autazes	38.830
Brasil	AMAZONAS	Barcelos	27.364
Brasil	AMAZONAS	Barreirinha	31.593
Brasil	AMAZONAS	Benjamin Constant	42.020
Brasil	AMAZONAS	Beruri	19.258
Brasil	AMAZONAS	Boa Vista do Ramos	18.781
Brasil	AMAZONAS	Boca do Acre	33.976

Brasil	AMAZONAS	Borba	40.565
Brasil	AMAZONAS	Caapiranga	12.877
Brasil	AMAZONAS	Canutama	15.450
Brasil	AMAZONAS	Carauari	28.076
Brasil	AMAZONAS	Careiro	37.384
Brasil	AMAZONAS	Careiro da Várzea	29.595
Brasil	AMAZONAS	Coari	84.272
Brasil	AMAZONAS	Codajás	28.100
Brasil	AMAZONAS	Eirunepé	34.840
Brasil	AMAZONAS	Envira	19.668
Brasil	AMAZONAS	Fonte Boa	18.221
Brasil	AMAZONAS	Guajará	16.416
Brasil	AMAZONAS	Humaitá	54.001
Brasil	AMAZONAS	Ipixuna	28.933
Brasil	AMAZONAS	Iranduba	47.571
Brasil	AMAZONAS	Itacoatiara	99.955
Brasil	AMAZONAS	Itamarati	7.888
Brasil	AMAZONAS	Itapiranga	9.064
Brasil	AMAZONAS	Japurá	3.265
Brasil	AMAZONAS	Juruá	14.312
Brasil	AMAZONAS	Jutaí	14.753
Brasil	AMAZONAS	Lábrea	45.245
Brasil	AMAZONAS	Manacapuru	96.236
Brasil	AMAZONAS	Manaquiri	31147 ⁽²⁾
Brasil	AMAZONAS	Manaus	2.145.444
Brasil	AMAZONAS	Manicoré	54.907
Brasil	AMAZONAS	Maraã	18.186
Brasil	AMAZONAS	Maués	62.755
Brasil	AMAZONAS	Nhamundá	20.899
Brasil	AMAZONAS	Nova Olinda do Norte	36.721
Brasil	AMAZONAS	Novo Airão	18.974
Brasil	AMAZONAS	Novo Aripuanã	25.237
Brasil	AMAZONAS	Parintins	113.168
Brasil	AMAZONAS	Pauini	19.329
Brasil	AMAZONAS	Presidente Figueiredo	35.352
Brasil	AMAZONAS	Rio Preto da Eva	32.577
Brasil	AMAZONAS	Santa Isabel do Rio Negro	24.436
Brasil	AMAZONAS	Santo Antônio do Içá	21.966
Brasil	AMAZONAS	São Gabriel da Cachoeira	44.816
Brasil	AMAZONAS	São Paulo de Olivença	38.515
Brasil	AMAZONAS	São Sebastião do Uatumã	13.685
Brasil	AMAZONAS	Silves	9.110
Brasil	AMAZONAS	Tabatinga	64.488
Brasil	AMAZONAS	Tapauá	17.299
Brasil	AMAZONAS	Tefé	60.154
Brasil	AMAZONAS	Tonantins	18.610

Brasil	AMAZONAS	Uarini	13.387
Brasil	AMAZONAS	Urucará	16.383
Brasil	AMAZONAS	Urucurituba	22.537
Brasil	RORAIMA	Amajari	12.394
Brasil	RORAIMA	Alto Alegre	15.638
Brasil	RORAIMA	Boa Vista	375.374
Brasil	RORAIMA	Bonfim	12.257
Brasil	RORAIMA	Cantá	17.868
Brasil	RORAIMA	Caracaraí	21.564
Brasil	RORAIMA	Caroebe	9.950
Brasil	RORAIMA	Iracema	11.600
Brasil	RORAIMA	Mucajá	17.528
Brasil	RORAIMA	Normandia	11.045
Brasil	RORAIMA	Pacaraima	15.580
Brasil	RORAIMA	Rorainópolis	29.533
Brasil	RORAIMA	São João da Baliza	8.052
Brasil	RORAIMA	São Luiz	7.860
Brasil	RORAIMA	Uiramutã	10.325
Brasil	PARÁ	Abaetetuba	156.292
Brasil	PARÁ	Abel Figueiredo	7.382
Brasil	PARÁ	Acará	55.513
Brasil	PARÁ	Afuá	38.863
Brasil	PARÁ	Água Azul do Norte	27.241
Brasil	PARÁ	Alenquer	56.480
Brasil	PARÁ	Almeirim	34.142
Brasil	PARÁ	Altamira	113.195
Brasil	PARÁ	Anajás	28.859
Brasil	PARÁ	Ananindeua	525.566
Brasil	PARÁ	Anapu	27.161
Brasil	PARÁ	Augusto Corrêa	45.516
Brasil	PARÁ	Aurora do Pará	30.896
Brasil	PARÁ	Aveiro	16.371
Brasil	PARÁ	Bagre	30.009
Brasil	PARÁ	Baião	46.416
Brasil	PARÁ	Bannach	3.310
Brasil	PARÁ	Barcarena	122.294
Brasil	PARÁ	Belém	1.485.732
Brasil	PARÁ	Belterra	17.624
Brasil	PARÁ	Benevides	61.689
Brasil	PARÁ	Bom Jesus do Tocantins	16.841
Brasil	PARÁ	Bonito	16.038
Brasil	PARÁ	Bragança	126.436
Brasil	PARÁ	Brasil Novo	15.190
Brasil	PARÁ	Brejo Grande do Araguaia	7.392
Brasil	PARÁ	Breu Branco	64.738
Brasil	PARÁ	Breves	101.891

Brasil	PARÁ	Bujaru	28.832
Brasil	PARÁ	Cachoeira do Piriá	33.178
Brasil	PARÁ	Cachoeira do Arari	23.466
Brasil	PARÁ	Cametá	136.390
Brasil	PARÁ	Canaã dos Carajás	36.050
Brasil	PARÁ	Capanema	68.616
Brasil	PARÁ	Capitão Poço	54.179
Brasil	PARÁ	Castanhal	198.294
Brasil	PARÁ	Chaves	23.482
Brasil	PARÁ	Colares	12.040
Brasil	PARÁ	Conceição do Araguaia	47.734
Brasil	PARÁ	Concórdia do Pará	32.847
Brasil	PARÁ	Cumaru do Norte	13.179
Brasil	PARÁ	Curionópolis	18.014
Brasil	PARÁ	Curralinho	33.893
Brasil	PARÁ	Curuá	14.197
Brasil	PARÁ	Curuçá	39.540
Brasil	PARÁ	Dom Eliseu	58.956
Brasil	PARÁ	Eldorado do Carajás	33.674
Brasil	PARÁ	Faro	7.319
Brasil	PARÁ	Floresta do Araguaia	20.080
Brasil	PARÁ	Garrafão do Norte	26.020
Brasil	PARÁ	Goianésia do Pará	39.857
Brasil	PARÁ	Gurupá	32.991
Brasil	PARÁ	Igarapé-Açu	38.588
Brasil	PARÁ	Igarapé-Miri	62.355
Brasil	PARÁ	Inhangapi	11.559
Brasil	PARÁ	Ipixuna do Pará	62.455
Brasil	PARÁ	Irituia	32.504
Brasil	PARÁ	Itaituba	101.097
Brasil	PARÁ	Itupiranga	53.182
Brasil	PARÁ	Jacareacanga	8899 ⁽⁶⁾
Brasil	PARÁ	Jacundá	58.457
Brasil	PARÁ	Juruti	56.908
Brasil	PARÁ	Limoeiro do Ajuru	28.583
Brasil	PARÁ	Mãe do Rio	29.917
Brasil	PARÁ	Magalhães Barata	8.523
Brasil	PARÁ	Marabá	275.086
Brasil	PARÁ	Maracanã	29.429
Brasil	PARÁ	Marapanim	28.220
Brasil	PARÁ	Marituba	129.321
Brasil	PARÁ	Medicilândia	31.213
Brasil	PARÁ	Melgaço	27.415
Brasil	PARÁ	Mocajuba	30.736
Brasil	PARÁ	Moju	80.988
Brasil	PARÁ	Mojuí dos Campos	15.982
Brasil	PARÁ	Monte Alegre	57.900
Brasil	PARÁ	Muaná	39.783

Brasil	PARÁ	Nova Esperança do Piriá	21.291
Brasil	PARÁ	Nova Ipixuna	16.499
Brasil	PARÁ	Nova Timboteua	15.218
Brasil	PARÁ	Novo Progresso	25.758
Brasil	PARÁ	Novo Repartimento	74.602
Brasil	PARÁ	Óbidos	51.964
Brasil	PARÁ	Oeiras do Pará	32.168
Brasil	PARÁ	Oriximiná	72.160
Brasil	PARÁ	Ourém	17.721
Brasil	PARÁ	Ourlândia do Norte	32.319
Brasil	PARÁ	Pacajá	46.986
Brasil	PARÁ	Palestina do Pará	7.596
Brasil	PARÁ	Paragominas	111.764
Brasil	PARÁ	Parauapebas	202.882
Brasil	PARÁ	Pau D'Arco	5.557
Brasil	PARÁ	Peixe-Boi	8.073
Brasil	PARÁ	Piçarra	12.983
Brasil	PARÁ	Placas	30.293
Brasil	PARÁ	Ponta de Pedras	30.608
Brasil	PARÁ	Portel	61.126
Brasil	PARÁ	Porto de Moz	40.458
Brasil	PARÁ	Prainha	29.886
Brasil	PARÁ	Primavera	10.792
Brasil	PARÁ	Quatipuru	13.512
Brasil	PARÁ	Redenção	83.997
Brasil	PARÁ	Rio Maria	18.186
Brasil	PARÁ	Rondon do Pará	51.903
Brasil	PARÁ	Rurópolis	49.503
Brasil	PARÁ	Salinópolis	40.424
Brasil	PARÁ	Salvaterra	23.424
Brasil	PARÁ	Santa Bárbara do Pará	20.704
Brasil	PARÁ	Santa Cruz do Arari	9.939
Brasil	PARÁ	Santa Izabel do Pará	69.746
Brasil	PARÁ	Santa Luzia do Pará	19.852
Brasil	PARÁ	Santa Maria das Barreiras	21.042
Brasil	PARÁ	Santa Maria do Pará	24.725
Brasil	PARÁ	Santana do Araguaia	71.187
Brasil	PARÁ	Santarém	302.667
Brasil	PARÁ	Santarém Novo	6.664
Brasil	PARÁ	Santo Antônio do Tauá	31.038
Brasil	PARÁ	São Caetano de Odivelas	17.970
Brasil	PARÁ	São Domingos do Araguaia	25.358
Brasil	PARÁ	São Domingos do Capim	31.837
Brasil	PARÁ	São Félix do Xingu	124.763

Brasil	PARÁ	São Francisco do Pará	15.833
Brasil	PARÁ	São Geraldo do Araguaia	24.991
Brasil	PARÁ	São João da Ponta	6.059
Brasil	PARÁ	São João de Pirabas	22.842
Brasil	PARÁ	São João do Araguaia	13.940
Brasil	PARÁ	São Miguel do Guamá	58.328
Brasil	PARÁ	São Sebastião da Boa Vista	26.301
Brasil	PARÁ	Sapucaia	5.849
Brasil	PARÁ	Senador José Porfírio	11.839
Brasil	PARÁ	Soure	25.181
Brasil	PARÁ	Tailândia	103.664
Brasil	PARÁ	Terra Alta	11.591
Brasil	PARÁ	Terra Santa	18.619
Brasil	PARÁ	Tomé-Açu	62.854
Brasil	PARÁ	Tracuateua	30.656
Brasil	PARÁ	Trairão	18.807
Brasil	PARÁ	Tucumã	39.059
Brasil	PARÁ	Tucuruí	112.148
Brasil	PARÁ	Ulianópolis	57.632
Brasil	PARÁ	Uruará	45.517
Brasil	PARÁ	Vigia	53.191
Brasil	PARÁ	Viseu	61.049
Brasil	PARÁ	Vitória do Xingu	14.987
Brasil	PARÁ	Xinguara	44.410
Brasil	AMAPÁ	Serra do Navio	5.306
Brasil	AMAPÁ	Amapá	9.029
Brasil	AMAPÁ	Pedra Branca do Amapari	15.931
Brasil	AMAPÁ	Calçoene	10.926
Brasil	AMAPÁ	Cutias	5.864
Brasil	AMAPÁ	Ferreira Gomes	7.591
Brasil	AMAPÁ	Itaubal	5.387
Brasil	AMAPÁ	Laranjal do Jari	49.446
Brasil	AMAPÁ	Macapá	493.634
Brasil	AMAPÁ	Mazagão	21.206
Brasil	AMAPÁ	Oiapoque	26.627
Brasil	AMAPÁ	Porto Grande	21.484
Brasil	AMAPÁ	Pracuúba	4.993
Brasil	AMAPÁ	Santana	119.610
Brasil	AMAPÁ	Tartarugalzinho	16.855
Brasil	AMAPÁ	Vitória do Jari	15.605
Brasil	TOCANTINS	Abreulândia	2.564
Brasil	TOCANTINS	Aguiarnópolis	6.572
Brasil	TOCANTINS	Aliança do Tocantins	5.434
Brasil	TOCANTINS	Almas	7.131
Brasil	TOCANTINS	Alvorada	8.427
Brasil	TOCANTINS	Ananás	9.607

Brasil	TOCANTINS	Angico	3.417
Brasil	TOCANTINS	Aparecida do Rio Negro	4.741
Brasil	TOCANTINS	Aragominas	5.786
Brasil	TOCANTINS	Araguacema	7.016
Brasil	TOCANTINS	Araguaçu	8.567
Brasil	TOCANTINS	Araguaína	177.517
Brasil	TOCANTINS	Araguanã	5.663
Brasil	TOCANTINS	Araguatins	35.346
Brasil	TOCANTINS	Arapoema	6.670
Brasil	TOCANTINS	Arraias	10.601
Brasil	TOCANTINS	Augustinópolis	18.178
Brasil	TOCANTINS	Aurora do Tocantins	3.731
Brasil	TOCANTINS	Axixá do Tocantins	9.725
Brasil	TOCANTINS	Babaçulândia	10.662
Brasil	TOCANTINS	Bandeirantes do Tocantins	3.512
Brasil	TOCANTINS	Barra do Ouro	4.549
Brasil	TOCANTINS	Barrolândia	5.614
Brasil	TOCANTINS	Bernardo Sayão	4.469
Brasil	TOCANTINS	Bom Jesus do Tocantins	4.779
Brasil	TOCANTINS	Brasilândia do Tocantins	2.191
Brasil	TOCANTINS	Brejinho de Nazaré	5.475
Brasil	TOCANTINS	Buriti do Tocantins	11.197
Brasil	TOCANTINS	Cachoeirinha	2.266
Brasil	TOCANTINS	Campos Lindos	9.917
Brasil	TOCANTINS	Cariri do Tocantins	4.321
Brasil	TOCANTINS	Carmolândia	2.556
Brasil	TOCANTINS	Carrasco Bonito	4.059
Brasil	TOCANTINS	Caseara	5.295
Brasil	TOCANTINS	Centenário	2.874
Brasil	TOCANTINS	Chapada de Areia	1.401
Brasil	TOCANTINS	Chapada da Natividade	3.334
Brasil	TOCANTINS	Colinas do Tocantins	34.990
Brasil	TOCANTINS	Combinado	4.843
Brasil	TOCANTINS	Conceição do Tocantins	4.124
Brasil	TOCANTINS	Couto Magalhães	5.536
Brasil	TOCANTINS	Cristalândia	7.300
Brasil	TOCANTINS	Crixás do Tocantins	1.708
Brasil	TOCANTINS	Darcinópolis	6.018
Brasil	TOCANTINS	Dianópolis	21.850
Brasil	TOCANTINS	Divinópolis do Tocantins	6.856
Brasil	TOCANTINS	Dois Irmãos do Tocantins	7.211
Brasil	TOCANTINS	Dueré	4.687

Brasil	TOCANTINS	Esperantina	10.851
Brasil	TOCANTINS	Fátima	3.841
Brasil	TOCANTINS	Figueirópolis	5.284
Brasil	TOCANTINS	Filadélfia	8.837
Brasil	TOCANTINS	Formoso do Araguaia	18.482
Brasil	TOCANTINS	Fortaleza do Tabocão	2.576
Brasil	TOCANTINS	Goianorte	5.116
Brasil	TOCANTINS	Goiatins	12.942
Brasil	TOCANTINS	Guaraí	25.677
Brasil	TOCANTINS	Gurupi	85.737
Brasil	TOCANTINS	Ipueiras	1.977
Brasil	TOCANTINS	Itacajá	7.414
Brasil	TOCANTINS	Itaguatins	5.896
Brasil	TOCANTINS	Itapiratins	3.758
Brasil	TOCANTINS	Itaporã do Tocantins	2.435
Brasil	TOCANTINS	Jaú do Tocantins	3.819
Brasil	TOCANTINS	Juarina	2.202
Brasil	TOCANTINS	Lagoa da Confusão	13.034
Brasil	TOCANTINS	Lagoa do Tocantins	4.237
Brasil	TOCANTINS	Lajeado	3.101
Brasil	TOCANTINS	Lavandeira	1.892
Brasil	TOCANTINS	Lizarda	3.748
Brasil	TOCANTINS	Luzinópolis	3.060
Brasil	TOCANTINS	Marianópolis do Tocantins	5.094
Brasil	TOCANTINS	Mateiros	2.638
Brasil	TOCANTINS	Maurilândia do Tocantins	3.403
Brasil	TOCANTINS	Miracema do Tocantins	18.566
Brasil	TOCANTINS	Miranorte	13.375
Brasil	TOCANTINS	Monte do Carmo	7.827
Brasil	TOCANTINS	Monte Santo do Tocantins	2.263
Brasil	TOCANTINS	Palmeiras do Tocantins	6.570
Brasil	TOCANTINS	Muricilândia	3.514
Brasil	TOCANTINS	Natividade	9.239
Brasil	TOCANTINS	Nazaré	3.959
Brasil	TOCANTINS	Nova Olinda	11.719
Brasil	TOCANTINS	Nova Rosalândia	4.215
Brasil	TOCANTINS	Novo Acordo	4.287
Brasil	TOCANTINS	Novo Alegre	2.332
Brasil	TOCANTINS	Novo Jardim	2.698
Brasil	TOCANTINS	Oliveira de Fátima	1.106
Brasil	TOCANTINS	Palmeirante	5.919
Brasil	TOCANTINS	Palmeirópolis	7.641
Brasil	TOCANTINS	Paraíso do Tocantins	50.602
Brasil	TOCANTINS	Paraná	10.461
Brasil	TOCANTINS	Pau D'Arco	4.831
Brasil	TOCANTINS	Pedro Afonso	13.380

Brasil	TOCANTINS	Peixe	11.623
Brasil	TOCANTINS	Pequizeiro	5.443
Brasil	TOCANTINS	Colméia	8.270
Brasil	TOCANTINS	Pindorama do Tocantins	4.464
Brasil	TOCANTINS	Piraquê	3.023
Brasil	TOCANTINS	Pium	7.564
Brasil	TOCANTINS	Ponte Alta do Bom Jesus	4.601
Brasil	TOCANTINS	Ponte Alta do Tocantins	7.961
Brasil	TOCANTINS	Porto Alegre do Tocantins	3.108
Brasil	TOCANTINS	Porto Nacional	52.700
Brasil	TOCANTINS	Praia Norte	8.365
Brasil	TOCANTINS	Presidente Kennedy	3.692
Brasil	TOCANTINS	Pugmil	2.659
Brasil	TOCANTINS	Recursolândia	4.244
Brasil	TOCANTINS	Riachinho	4.604
Brasil	TOCANTINS	Rio da Conceição	2.088
Brasil	TOCANTINS	Rio dos Bois	2.811
Brasil	TOCANTINS	Rio Sono	6.468
Brasil	TOCANTINS	Sampaio	4.627
Brasil	TOCANTINS	Sandolândia	3.378
Brasil	TOCANTINS	Santa Fé do Araguaia	7.426
Brasil	TOCANTINS	Santa Maria do Tocantins	3.381
Brasil	TOCANTINS	Santa Rita do Tocantins	2.344
Brasil	TOCANTINS	Santa Rosa do Tocantins	4.811
Brasil	TOCANTINS	Santa Tereza do Tocantins	2.834
Brasil	TOCANTINS	Santa Terezinha do Tocantins	2.528
Brasil	TOCANTINS	São Bento do Tocantins	5.256
Brasil	TOCANTINS	São Félix do Tocantins	1.572
Brasil	TOCANTINS	São Miguel do Tocantins	11.967
Brasil	TOCANTINS	São Salvador do Tocantins	3.070
Brasil	TOCANTINS	São Sebastião do Tocantins	4.757
Brasil	TOCANTINS	São Valério	4.017
Brasil	TOCANTINS	Silvanópolis	5.378
Brasil	TOCANTINS	Sítio Novo do Tocantins	9.078
Brasil	TOCANTINS	Sucupira	1.946
Brasil	TOCANTINS	Taguatinga	16.538
Brasil	TOCANTINS	Taipas do Tocantins	2.131

Brasil	TOCANTINS	Talismã	2.773
Brasil	TOCANTINS	Palmas	291.855
Brasil	TOCANTINS	Tocantínia	7.471
Brasil	TOCANTINS	Tocantinópolis	22.896
Brasil	TOCANTINS	Tupirama	1.860
Brasil	TOCANTINS	Tupiratins	2.613
Brasil	TOCANTINS	Wanderlândia	11.631
Brasil	TOCANTINS	Xambioá	11.561

Anexo 2.1 Generación de Residuos Sólidos Colombia

PAIS	ESTADO	MUNICIPIO	Generación RSU / día municipio	RSU / año	RSU / año Habitante
Colombia	Amazonas	El Encanto (ANM)	0,58	212	0,04
Colombia	Amazonas	La Chorrera (ANM)	0,47	172	0,04
Colombia	Amazonas	La Pedrera (ANM)	0,64	234	0,04
Colombia	Amazonas	La Victoria (ANM)	0,13	47	0,04
Colombia	Amazonas	Leticia	26,00	9.490	0,22
Colombia	Amazonas	Miriti - Paraná (ANM)	0,17	62	0,04
Colombia	Amazonas	Puerto Alegría (ANM)	0,26	95	0,04
Colombia	Amazonas	Puerto Arica (ANM)	0,15	55	0,04
Colombia	Amazonas	Puerto Nariño	1,00	365	0,04
Colombia	Amazonas	Puerto Santander (ANM)	0,38	139	0,04
Colombia	Amazonas	Tarapacá (ANM)	0,50	183	0,04
Colombia	Caquetá	Albania	1,30	475	0,07
Colombia	Caquetá	Belén de Los Andaques	3,01	1.099	0,09
Colombia	Caquetá	Cartagena del Chairá	6,40	2.336	0,07
Colombia	Caquetá	Curillo	2,30	840	0,07
Colombia	Caquetá	El Doncello	9,64	3.519	0,16
Colombia	Caquetá	El Paujil	4,67	1.705	0,08

Colombia	Caquetá	Florencia	125,06	45.647	0,25
Colombia	Caquetá	La Montañita	11,31	4.128	0,17
Colombia	Caquetá	Milán	1,10	402	0,03
Colombia	Caquetá	Morelia	1,25	456	0,12
Colombia	Caquetá	Puerto Rico	10,56	3.854	0,11
Colombia	Caquetá	San José del Fragua	3,64	1.329	0,09
Colombia	Caquetá	San Vicente del Caguán	18,60	6.789	0,09
Colombia	Caquetá	Solano	1,85	675	0,03
Colombia	Caquetá	Solita	1,80	657	0,07
Colombia	Caquetá	Valparaíso	1,07	391	0,03
Colombia	Guainía	Barranco Minas (ANM)	3,80	1.368	0,27
Colombia	Guainía	Cacahual (ANM)	2,30	827	0,28
Colombia	Guainía	Inírida	15,48	5.574	0,27
Colombia	Guainía	La Guadalupe (ANM)	0,34	122	0,28
Colombia	Guainía	Mapiripana (ANM)	2,03	730	0,27
Colombia	Guainía	Morichal (ANM)	1,12	404	0,28
Colombia	Guainía	Pana Pana (ANM)	2,77	997	0,28
Colombia	Guainía	Puerto Colombia (ANM)	3,93	1.413	0,28
Colombia	Guainía	San Felipe (ANM)	1,87	673	0,28
Colombia	Guaviare	Calamar	1,73	631	0,08
Colombia	Guaviare	El Retorno	1,98	723	0,03
Colombia	Guaviare	Miraflores	0,93	339	0,02
Colombia	Guaviare	San José del Guaviare	36,51	13.326	0,19
Colombia	Putumayo	Colón	2,50	913	0,16

Colombia	Putumayo	Leguízamo	7,50	2.738	0,18
Colombia	Putumayo	Mocoa	35,00	12.775	0,28
Colombia	Putumayo	Orito	25,00	9.125	0,16
Colombia	Putumayo	Puerto Asís	32,05	11.698	0,19
Colombia	Putumayo	Puerto Caicedo	8,80	3.212	0,22
Colombia	Putumayo	Puerto Guzmán	8,00	2.920	0,12
Colombia	Putumayo	San Francisco	1,90	694	0,10
Colombia	Putumayo	San Miguel	7,00	2.555	0,09
Colombia	Putumayo	Santiago	1,80	657	0,06
Colombia	Putumayo	Sibundoy	3,33	1.215	0,08
Colombia	Putumayo	Valle del Guamuez	14,16	5.168	0,10
Colombia	Putumayo	Villagarzón	16,00	5.840	0,27
Colombia	Vaupés	Caruru	0,31	113	0,03
Colombia	Vaupés	Mitú	3,26	1.190	0,04
Colombia	Vaupés	Pacoa (ANM)	6,66	2.431	0,39
Colombia	Vaupés	Papunaua (ANM)	0,88	321	0,39
Colombia	Vaupés	Taraira	0,43	157	0,17
Colombia	Vaupés	Yavaraté (ANM)	1,30	475	0,39
Colombia	Vichada	Cumaribo	4,46	1.628	0,04
Colombia	Vichada	La Primavera	7,87	2.873	0,16
Colombia	Vichada	Puerto Carreño	18,13	6.528	0,39
Colombia	Vichada	Santa Rosalía	4,58	1.649	0,39

Anexo 2.2 cantidad de residuos solidos urbanos poblacion brasileña

PAIS	ESTADO	MUNICIPIO	Generación RSU kg/día Habitante	RSU /año Habitante	RSU /año Municipio
Brasil	ACRE	Acrelândia	0,872	0,3183	4.781
Brasil	ACRE	Assis Brasil	0,872	0,3183	2.323
Brasil	ACRE	Brasiléia	0,872	0,3183	8.227
Brasil	ACRE	Bujari	0,872	0,3183	3.218
Brasil	ACRE	Capixaba	0,872	0,3183	3.646
Brasil	ACRE	Cruzeiro do Sul	0,872	0,3183	27.905
Brasil	ACRE	Epitaciolândia	0,872	0,3183	5.768
Brasil	ACRE	Feijó	0,872	0,3183	11.036
Brasil	ACRE	Jordão	0,872	0,3183	2.597
Brasil	ACRE	Mâncio Lima	0,872	0,3183	5.932
Brasil	ACRE	Manoel Urbano	0,872	0,3183	2.971
Brasil	ACRE	Marechal Thaumaturgo	0,872	0,3183	5.866
Brasil	ACRE	Plácido de Castro	0,872	0,3183	6.227
Brasil	ACRE	Porto Acre	0,872	0,3183	5.786
Brasil	ACRE	Porto Walter	0,872	0,3183	3.730
Brasil	ACRE	Rio Branco	0,872	0,3183	127.680
Brasil	ACRE	Rodrigues	0,872		

		Alves		0,3183	5.889
Brasil	ACRE	Santa Rosa do Purus	0,872	0,3183	2.025
Brasil	ACRE	Sena Madureira	0,872	0,3183	14.379
Brasil	ACRE	Senador Guiomard	0,872	0,3183	7.260
Brasil	ACRE	Tarauacá	0,872	0,3183	13.360
Brasil	ACRE	Xapuri	0,872	0,3183	6.063
Brasil	AMAPÁ	Amapá	0,872	0,3183	2.874
Brasil	AMAPÁ	Calçoene	0,872	0,3183	3.478
Brasil	AMAPÁ	Cutias	0,872	0,3183	1.866
Brasil	AMAPÁ	Ferreira Gomes	0,872	0,3183	2.416
Brasil	AMAPÁ	Itaubal	0,872	0,3183	1.715
Brasil	AMAPÁ	Laranjal do Jari	0,872	0,3183	15.738
Brasil	AMAPÁ	Macapá	0,872	0,3183	157.114
Brasil	AMAPÁ	Mazagão	0,872	0,3183	6.749
Brasil	AMAPÁ	Oiapoque	0,872	0,3183	8.475
Brasil	AMAPÁ	Pedra Branca do Amapari	0,872	0,3183	5.071
Brasil	AMAPÁ	Porto Grande	0,872	0,3183	6.838
Brasil	AMAPÁ	Pracuúba	0,872	0,3183	1.589
Brasil	AMAPÁ	Santana	0,872	0,3183	38.069
Brasil	AMAPÁ	Serra do Navio	0,872	0,3183	1.689
Brasil	AMAPÁ	Tartarugalzinho	0,872	0,3183	5.365
Brasil	AMAPÁ	Vitória do Jari	0,872	0,3183	4.967
Brasil	AMAZONAS	Alvarães	0,872	0,3183	5.048
Brasil	AMAZONAS	Amaturá	0,872	0,3183	3.607
Brasil	AMAZONAS	Anamã	0,872	0,3183	4.223

Brasil	AMAZONAS	Anori	0,872	0,3183	6.537
Brasil	AMAZONAS	Apuí	0,872	0,3183	6.869
Brasil	AMAZONAS	Atalaia do Norte	0,872	0,3183	6.187
Brasil	AMAZONAS	Autazes	0,872	0,3183	12.359
Brasil	AMAZONAS	Barcelos	0,872	0,3183	8.709
Brasil	AMAZONAS	Barreirinha	0,872	0,3183	10.055
Brasil	AMAZONAS	Benjamin Constant	0,872	0,3183	13.374
Brasil	AMAZONAS	Beruri	0,872	0,3183	6.129
Brasil	AMAZONAS	Boa Vista do Ramos	0,872	0,3183	5.978
Brasil	AMAZONAS	Boca do Acre	0,872	0,3183	10.814
Brasil	AMAZONAS	Borba	0,872	0,3183	12.911
Brasil	AMAZONAS	Caapiranga	0,872	0,3183	4.098
Brasil	AMAZONAS	Canutama	0,872	0,3183	4.917
Brasil	AMAZONAS	Carauari	0,872	0,3183	8.936
Brasil	AMAZONAS	Careiro	0,872	0,3183	11.899
Brasil	AMAZONAS	Careiro da Várzea	0,872	0,3183	9.419
Brasil	AMAZONAS	Coari	0,872	0,3183	26.822
Brasil	AMAZONAS	Codajás	0,872	0,3183	8.944
Brasil	AMAZONAS	Eirunepé	0,872	0,3183	11.089
Brasil	AMAZONAS	Envira	0,872	0,3183	6.260
Brasil	AMAZONAS	Fonte Boa	0,872	0,3183	5.799
Brasil	AMAZONAS	Guajará	0,872	0,3183	5.225
Brasil	AMAZONAS	Humaitá	0,872	0,3183	17.187
Brasil	AMAZONAS	Ipixuna	0,872	0,3183	9.209
Brasil	AMAZONAS	Iranduba	0,872		

				0,3183	15.141
Brasil	AMAZONAS	Itacoatiara	0,872	0,3183	31.814
Brasil	AMAZONAS	Itamarati	0,872	0,3183	2.511
Brasil	AMAZONAS	Itapiranga	0,872	0,3183	2.885
Brasil	AMAZONAS	Japurá	0,872	0,3183	1.039
Brasil	AMAZONAS	Juruá	0,872	0,3183	4.555
Brasil	AMAZONAS	Jutaí	0,872	0,3183	4.696
Brasil	AMAZONAS	Lábrea	0,872	0,3183	14.401
Brasil	AMAZONAS	Manacapuru	0,872	0,3183	30.630
Brasil	AMAZONAS	Manaquiri	0,872	0,3183	9.913
Brasil	AMAZONAS	Manaus	0,872	0,3183	682.852
Brasil	AMAZONAS	Manicoré	0,872	0,3183	17.476
Brasil	AMAZONAS	Maraã	0,872	0,3183	5.788
Brasil	AMAZONAS	Maués	0,872	0,3183	19.974
Brasil	AMAZONAS	Nhamundá	0,872	0,3183	6.652
Brasil	AMAZONAS	Nova Olinda do Norte	0,872	0,3183	11.688
Brasil	AMAZONAS	Novo Airão	0,872	0,3183	6.039
Brasil	AMAZONAS	Novo Aripuanã	0,872	0,3183	8.032
Brasil	AMAZONAS	Parintins	0,872	0,3183	36.019
Brasil	AMAZONAS	Pauini	0,872	0,3183	6.152
Brasil	AMAZONAS	Presidente Figueiredo	0,872	0,3183	11.252
Brasil	AMAZONAS	Rio Preto da Eva	0,872	0,3183	10.369
Brasil	AMAZONAS	Santa Isabel do Rio Negro	0,872	0,3183	7.777
Brasil	AMAZONAS	Santo Antônio do Içá	0,872	0,3183	6.991
Brasil	AMAZONAS	São Gabriel da Cachoeira	0,872	0,3183	14.264

Brasil	AMAZONAS	São Paulo de Olivença	0,872	0,3183	12.259
Brasil	AMAZONAS	São Sebastião do Uatumã	0,872	0,3183	4.356
Brasil	AMAZONAS	Silves	0,872	0,3183	2.900
Brasil	AMAZONAS	Tabatinga	0,872	0,3183	20.525
Brasil	AMAZONAS	Tapauá	0,872	0,3183	5.506
Brasil	AMAZONAS	Tefé	0,872	0,3183	19.146
Brasil	AMAZONAS	Tonantins	0,872	0,3183	5.923
Brasil	AMAZONAS	Uarini	0,872	0,3183	4.261
Brasil	AMAZONAS	Urucará	0,872	0,3183	5.214
Brasil	AMAZONAS	Urucurituba	0,872	0,3183	7.173
Brasil	PARÁ	Abaetetuba	0,872	0,3183	49.745
Brasil	PARÁ	Abel Figueiredo	0,872	0,3183	2.350
Brasil	PARÁ	Acará	0,872	0,3183	17.669
Brasil	PARÁ	Afuá	0,872	0,3183	12.369
Brasil	PARÁ	Água Azul do Norte	0,872	0,3183	8.670
Brasil	PARÁ	Alenquer	0,872	0,3183	17.976
Brasil	PARÁ	Almeirim	0,872	0,3183	10.867
Brasil	PARÁ	Altamira	0,872	0,3183	36.028
Brasil	PARÁ	Anajás	0,872	0,3183	9.185
Brasil	PARÁ	Ananindeua	0,872	0,3183	167.277
Brasil	PARÁ	Anapu	0,872	0,3183	8.645
Brasil	PARÁ	Augusto Corrêa	0,872	0,3183	14.487
Brasil	PARÁ	Aurora do Pará	0,872	0,3183	9.834
Brasil	PARÁ	Aveiro	0,872	0,3183	5.211
Brasil	PARÁ	Bagre	0,872		

				0,3183	9.551
Brasil	PARÁ	Baião	0,872	0,3183	14.773
Brasil	PARÁ	Bannach	0,872	0,3183	1.054
Brasil	PARÁ	Barcarena	0,872	0,3183	38.924
Brasil	PARÁ	Belém	0,872	0,3183	472.879
Brasil	PARÁ	Belterra	0,872	0,3183	5.609
Brasil	PARÁ	Benevides	0,872	0,3183	19.634
Brasil	PARÁ	Bom Jesus do Tocantins	0,872	0,3183	5.360
Brasil	PARÁ	Bonito	0,872	0,3183	5.105
Brasil	PARÁ	Bragança	0,872	0,3183	40.242
Brasil	PARÁ	Brasil Novo	0,872	0,3183	4.835
Brasil	PARÁ	Brejo Grande do Araguaia	0,872	0,3183	2.353
Brasil	PARÁ	Breu Branco	0,872	0,3183	20.605
Brasil	PARÁ	Breves	0,872	0,3183	32.430
Brasil	PARÁ	Bujaru	0,872	0,3183	9.177
Brasil	PARÁ	Cachoeira do Arari	0,872	0,3183	7.469
Brasil	PARÁ	Cachoeira do Piriá	0,872	0,3183	10.560
Brasil	PARÁ	Cametá	0,872	0,3183	43.410
Brasil	PARÁ	Canaã dos Carajás	0,872	0,3183	11.474
Brasil	PARÁ	Capanema	0,872	0,3183	21.839
Brasil	PARÁ	Capitão Poço	0,872	0,3183	17.244
Brasil	PARÁ	Castanhal	0,872	0,3183	63.113
Brasil	PARÁ	Chaves	0,872	0,3183	7.474
Brasil	PARÁ	Colares	0,872	0,3183	3.832
Brasil	PARÁ	Conceição do Araguaia	0,872	0,3183	15.193

Brasil	PARÁ	Concórdia do Pará	0,872	0,3183	10.455
Brasil	PARÁ	Cumaru do Norte	0,872	0,3183	4.195
Brasil	PARÁ	Curionópolis	0,872	0,3183	5.733
Brasil	PARÁ	Curralinho	0,872	0,3183	10.787
Brasil	PARÁ	Curuá	0,872	0,3183	4.519
Brasil	PARÁ	Curuçá	0,872	0,3183	12.585
Brasil	PARÁ	Dom Eliseu	0,872	0,3183	18.765
Brasil	PARÁ	Eldorado do Carajás	0,872	0,3183	10.718
Brasil	PARÁ	Faro	0,872	0,3183	2.329
Brasil	PARÁ	Floresta do Araguaia	0,872	0,3183	6.391
Brasil	PARÁ	Garrafão do Norte	0,872	0,3183	8.282
Brasil	PARÁ	Goianésia do Pará	0,872	0,3183	12.686
Brasil	PARÁ	Gurupá	0,872	0,3183	10.500
Brasil	PARÁ	Igarapé-Açu	0,872	0,3183	12.282
Brasil	PARÁ	Igarapé-Miri	0,872	0,3183	19.846
Brasil	PARÁ	Inhangapi	0,872	0,3183	3.679
Brasil	PARÁ	Ipixuna do Pará	0,872	0,3183	19.878
Brasil	PARÁ	Irituia	0,872	0,3183	10.345
Brasil	PARÁ	Itaituba	0,872	0,3183	32.177
Brasil	PARÁ	Itupiranga	0,872	0,3183	16.927
Brasil	PARÁ	Jacareacanga	0,872	0,3183	2.832
Brasil	PARÁ	Jacundá	0,872	0,3183	18.606
Brasil	PARÁ	Juruti	0,872	0,3183	18.113
Brasil	PARÁ	Limoeiro do Ajuru	0,872	0,3183	9.097
Brasil	PARÁ	Mãe do Rio	0,872		

				0,3183	9.522
Brasil	PARÁ	Magalhães Barata	0,872	0,3183	2.713
Brasil	PARÁ	Marabá	0,872	0,3183	87.554
Brasil	PARÁ	Maracanã	0,872	0,3183	9.367
Brasil	PARÁ	Marapanim	0,872	0,3183	8.982
Brasil	PARÁ	Marituba	0,872	0,3183	41.160
Brasil	PARÁ	Medicilândia	0,872	0,3183	9.934
Brasil	PARÁ	Melgaço	0,872	0,3183	8.726
Brasil	PARÁ	Mocajuba	0,872	0,3183	9.783
Brasil	PARÁ	Moju	0,872	0,3183	25.777
Brasil	PARÁ	Mojuí dos Campos	0,872	0,3183	5.087
Brasil	PARÁ	Monte Alegre	0,872	0,3183	18.428
Brasil	PARÁ	Muaná	0,872	0,3183	12.662
Brasil	PARÁ	Nova Esperança do Piriá	0,872	0,3183	6.776
Brasil	PARÁ	Nova Ipixuna	0,872	0,3183	5.251
Brasil	PARÁ	Nova Timboteua	0,872	0,3183	4.844
Brasil	PARÁ	Novo Progresso	0,872	0,3183	8.198
Brasil	PARÁ	Novo Repartimento	0,872	0,3183	23.744
Brasil	PARÁ	Óbidos	0,872	0,3183	16.539
Brasil	PARÁ	Oeiras do Pará	0,872	0,3183	10.238
Brasil	PARÁ	Oriximiná	0,872	0,3183	22.967
Brasil	PARÁ	Ourém	0,872	0,3183	5.640
Brasil	PARÁ	Ourilândia do Norte	0,872	0,3183	10.286
Brasil	PARÁ	Pacajá	0,872	0,3183	14.955
Brasil	PARÁ	Palestina do	0,872		

		Pará		0,3183	2.418
Brasil	PARÁ	Paragominas	0,872	0,3183	35.572
Brasil	PARÁ	Parauapebas	0,872	0,3183	64.573
Brasil	PARÁ	Pau D'Arco	0,872	0,3183	1.769
Brasil	PARÁ	Peixe-Boi	0,872	0,3183	2.569
Brasil	PARÁ	Piçarra	0,872	0,3183	4.132
Brasil	PARÁ	Placas	0,872	0,3183	9.642
Brasil	PARÁ	Ponta de Pedras	0,872	0,3183	9.742
Brasil	PARÁ	Portel	0,872	0,3183	19.455
Brasil	PARÁ	Porto de Moz	0,872	0,3183	12.877
Brasil	PARÁ	Prainha	0,872	0,3183	9.512
Brasil	PARÁ	Primavera	0,872	0,3183	3.435
Brasil	PARÁ	Quatipuru	0,872	0,3183	4.301
Brasil	PARÁ	Redenção	0,872	0,3183	26.735
Brasil	PARÁ	Rio Maria	0,872	0,3183	5.788
Brasil	PARÁ	Rondon do Pará	0,872	0,3183	16.520
Brasil	PARÁ	Rurópolis	0,872	0,3183	15.756
Brasil	PARÁ	Salinópolis	0,872	0,3183	12.866
Brasil	PARÁ	Salvaterra	0,872	0,3183	7.455
Brasil	PARÁ	Santa Bárbara do Pará	0,872	0,3183	6.590
Brasil	PARÁ	Santa Cruz do Arari	0,872	0,3183	3.163
Brasil	PARÁ	Santa Izabel do Pará	0,872	0,3183	22.199
Brasil	PARÁ	Santa Luzia do Pará	0,872	0,3183	6.318
Brasil	PARÁ	Santa Maria das Barreiras	0,872	0,3183	6.697
Brasil	PARÁ	Santa Maria do Pará	0,872	0,3183	7.869

Brasil	PARÁ	Santana do Araguaia	0,872	0,3183	22.657
Brasil	PARÁ	Santarém	0,872	0,3183	96.333
Brasil	PARÁ	Santarém Novo	0,872	0,3183	2.121
Brasil	PARÁ	Santo Antônio do Tauá	0,872	0,3183	9.879
Brasil	PARÁ	São Caetano de Odivelas	0,872	0,3183	5.719
Brasil	PARÁ	São Domingos do Araguaia	0,872	0,3183	8.071
Brasil	PARÁ	São Domingos do Capim	0,872	0,3183	10.133
Brasil	PARÁ	São Félix do Xingu	0,872	0,3183	39.710
Brasil	PARÁ	São Francisco do Pará	0,872	0,3183	5.039
Brasil	PARÁ	São Geraldo do Araguaia	0,872	0,3183	7.954
Brasil	PARÁ	São João da Ponta	0,872	0,3183	1.928
Brasil	PARÁ	São João de Pirabas	0,872	0,3183	7.270
Brasil	PARÁ	São João do Araguaia	0,872	0,3183	4.437
Brasil	PARÁ	São Miguel do Guamá	0,872	0,3183	18.565
Brasil	PARÁ	São Sebastião da Boa Vista	0,872	0,3183	8.371
Brasil	PARÁ	Sapucaia	0,872	0,3183	1.862
Brasil	PARÁ	Senador José Porfírio	0,872	0,3183	3.768
Brasil	PARÁ	Soure	0,872	0,3183	8.015
Brasil	PARÁ	Tailândia	0,872	0,3183	32.994
Brasil	PARÁ	Terra Alta	0,872	0,3183	3.689
Brasil	PARÁ	Terra Santa	0,872	0,3183	5.926
Brasil	PARÁ	Tomé-Açu	0,872	0,3183	20.005
Brasil	PARÁ	Tracuateua	0,872	0,3183	9.757
Brasil	PARÁ	Trairão	0,872	0,3183	5.986
Brasil	PARÁ	Tucumã	0,872		

				0,3183	12.432
Brasil	PARÁ	Tucuruí	0,872	0,3183	35.694
Brasil	PARÁ	Ulianópolis	0,872	0,3183	18.343
Brasil	PARÁ	Uruará	0,872	0,3183	14.487
Brasil	PARÁ	Vigia	0,872	0,3183	16.930
Brasil	PARÁ	Viseu	0,872	0,3183	19.431
Brasil	PARÁ	Vitória do Xingu	0,872	0,3183	4.770
Brasil	PARÁ	Xinguara	0,872	0,3183	14.135
Brasil	RONDÔNIA	Alta Floresta D'Oeste	0,872	0,3183	7.374
Brasil	RONDÔNIA	Alto Alegre dos Parecis	0,872	0,3183	4.210
Brasil	RONDÔNIA	Alto Paraíso	0,872	0,3183	6.684
Brasil	RONDÔNIA	Alvorada D'Oeste	0,872	0,3183	4.686
Brasil	RONDÔNIA	Ariquemes	0,872	0,3183	33.791
Brasil	RONDÔNIA	Buritis	0,872	0,3183	12.393
Brasil	RONDÔNIA	Cabixi	0,872	0,3183	1.731
Brasil	RONDÔNIA	Cacaulândia	0,872	0,3183	1.970
Brasil	RONDÔNIA	Cacoal	0,872	0,3183	26.994
Brasil	RONDÔNIA	Campo Novo de Rondônia	0,872	0,3183	4.459
Brasil	RONDÔNIA	Candeias do Jamari	0,872	0,3183	8.270
Brasil	RONDÔNIA	Castanheiras	0,872	0,3183	993
Brasil	RONDÔNIA	Cerejeiras	0,872	0,3183	5.234
Brasil	RONDÔNIA	Chupinguaia	0,872	0,3183	3.465
Brasil	RONDÔNIA	Colorado do Oeste	0,872	0,3183	5.165
Brasil	RONDÔNIA	Corumbiara	0,872	0,3183	2.408
Brasil	RONDÔNIA	Costa Marques	0,872	0,3183	5.683

Brasil	RONDÔNIA	Cujubim	0,872	0,3183	7.711
Brasil	RONDÔNIA	Espigão D'Oeste	0,872	0,3183	10.200
Brasil	RONDÔNIA	Governador Jorge Teixeira	0,872	0,3183	2.576
Brasil	RONDÔNIA	Guajará-Mirim	0,872	0,3183	14.572
Brasil	RONDÔNIA	Itapuã do Oeste	0,872	0,3183	3.269
Brasil	RONDÔNIA	Jaru	0,872	0,3183	16.529
Brasil	RONDÔNIA	Ji-Paraná	0,872	0,3183	40.710
Brasil	RONDÔNIA	Machadinho D'Oeste	0,872	0,3183	12.444
Brasil	RONDÔNIA	Ministro Andrezza	0,872	0,3183	3.107
Brasil	RONDÔNIA	Mirante da Serra	0,872	0,3183	3.527
Brasil	RONDÔNIA	Monte Negro	0,872	0,3183	4.995
Brasil	RONDÔNIA	Nova Brasilândia D'Oeste	0,872	0,3183	6.512
Brasil	RONDÔNIA	Nova Mamoré	0,872	0,3183	9.471
Brasil	RONDÔNIA	Nova União	0,872	0,3183	2.243
Brasil	RONDÔNIA	Novo Horizonte do Oeste	0,872	0,3183	2.785
Brasil	RONDÔNIA	Ouro Preto do Oeste	0,872	0,3183	11.566
Brasil	RONDÔNIA	Parecis	0,872	0,3183	1.893
Brasil	RONDÔNIA	Pimenta Bueno	0,872	0,3183	11.596
Brasil	RONDÔNIA	Pimenteiras do Oeste	0,872	0,3183	697
Brasil	RONDÔNIA	Porto Velho	0,872	0,3183	165.356
Brasil	RONDÔNIA	Presidente Médici	0,872	0,3183	6.177
Brasil	RONDÔNIA	Primavera de Rondônia	0,872	0,3183	935
Brasil	RONDÔNIA	Rio Crespo	0,872	0,3183	1.185
Brasil	RONDÔNIA	Rolim de	0,872		

		Moura		0,3183	17.411
Brasil	RONDÔNIA	Santa Luzia D'Oeste	0,872	0,3183	2.158
Brasil	RONDÔNIA	São Felipe D'Oeste	0,872	0,3183	1.681
Brasil	RONDÔNIA	São Francisco do Guaporé	0,872	0,3183	6.315
Brasil	RONDÔNIA	São Miguel do Guaporé	0,872	0,3183	7.298
Brasil	RONDÔNIA	Seringueiras	0,872	0,3183	3.775
Brasil	RONDÔNIA	Teixeirópolis	0,872	0,3183	1.395
Brasil	RONDÔNIA	Theobroma	0,872	0,3183	3.340
Brasil	RONDÔNIA	Urupá	0,872	0,3183	3.713
Brasil	RONDÔNIA	Vale do Anari	0,872	0,3183	3.510
Brasil	RONDÔNIA	Vale do Paraíso	0,872	0,3183	2.227
Brasil	RONDÔNIA	Vilhena	0,872	0,3183	31.016
Brasil	RORAIMA	Alto Alegre	0,872	0,3183	4.977
Brasil	RORAIMA	Amajari	0,872	0,3183	3.945
Brasil	RORAIMA	Boa Vista	0,872	0,3183	119.474
Brasil	RORAIMA	Bonfim	0,872	0,3183	3.901
Brasil	RORAIMA	Cantá	0,872	0,3183	5.687
Brasil	RORAIMA	Caracaraí	0,872	0,3183	6.863
Brasil	RORAIMA	Caroebe	0,872	0,3183	3.167
Brasil	RORAIMA	Iracema	0,872	0,3183	3.692
Brasil	RORAIMA	Mucajá	0,872	0,3183	5.579
Brasil	RORAIMA	Normandia	0,872	0,3183	3.515
Brasil	RORAIMA	Pacaraima	0,872	0,3183	4.959
Brasil	RORAIMA	Rorainópolis	0,872	0,3183	9.400
Brasil	RORAIMA	São João da Baliza	0,872	0,3183	2.563

Brasil	RORAIMA	São Luiz	0,872	0,3183	2.502
Brasil	RORAIMA	Uiramutã	0,872	0,3183	3.286
Brasil	TOCANTINS	Abreulândia	0,872	0,3183	816
Brasil	TOCANTINS	Aguiarnópolis	0,872	0,3183	2.092
Brasil	TOCANTINS	Aliança do Tocantins	0,872	0,3183	1.730
Brasil	TOCANTINS	Almas	0,872	0,3183	2.270
Brasil	TOCANTINS	Alvorada	0,872	0,3183	2.682
Brasil	TOCANTINS	Ananás	0,872	0,3183	3.058
Brasil	TOCANTINS	Angico	0,872	0,3183	1.088
Brasil	TOCANTINS	Aparecida do Rio Negro	0,872	0,3183	1.509
Brasil	TOCANTINS	Aragominas	0,872	0,3183	1.842
Brasil	TOCANTINS	Araguacema	0,872	0,3183	2.233
Brasil	TOCANTINS	Araguaçu	0,872	0,3183	2.727
Brasil	TOCANTINS	Araguaína	0,872	0,3183	56.500
Brasil	TOCANTINS	Araguanã	0,872	0,3183	1.802
Brasil	TOCANTINS	Araguatins	0,872	0,3183	11.250
Brasil	TOCANTINS	Arapoema	0,872	0,3183	2.123
Brasil	TOCANTINS	Arraias	0,872	0,3183	3.374
Brasil	TOCANTINS	Augustinópolis	0,872	0,3183	5.786
Brasil	TOCANTINS	Aurora do Tocantins	0,872	0,3183	1.188
Brasil	TOCANTINS	Axixá do Tocantins	0,872	0,3183	3.095
Brasil	TOCANTINS	Babaçulândia	0,872	0,3183	3.394
Brasil	TOCANTINS	Bandeirantes do Tocantins	0,872	0,3183	1.118
Brasil	TOCANTINS	Barra do Ouro	0,872	0,3183	1.448
Brasil	TOCANTINS	Barrolândia	0,872		

				0,3183	1.787
Brasil	TOCANTINS	Bernardo Sayão	0,872	0,3183	1.422
Brasil	TOCANTINS	Bom Jesus do Tocantins	0,872	0,3183	1.521
Brasil	TOCANTINS	Brasilândia do Tocantins	0,872	0,3183	697
Brasil	TOCANTINS	Brejinho de Nazaré	0,872	0,3183	1.743
Brasil	TOCANTINS	Buriti do Tocantins	0,872	0,3183	3.564
Brasil	TOCANTINS	Cachoeirinha	0,872	0,3183	721
Brasil	TOCANTINS	Campos Lindos	0,872	0,3183	3.156
Brasil	TOCANTINS	Cariri do Tocantins	0,872	0,3183	1.375
Brasil	TOCANTINS	Carmolândia	0,872	0,3183	814
Brasil	TOCANTINS	Carrasco Bonito	0,872	0,3183	1.292
Brasil	TOCANTINS	Caseara	0,872	0,3183	1.685
Brasil	TOCANTINS	Centenário	0,872	0,3183	915
Brasil	TOCANTINS	Chapada da Natividade	0,872	0,3183	1.061
Brasil	TOCANTINS	Chapada de Areia	0,872	0,3183	446
Brasil	TOCANTINS	Colinas do Tocantins	0,872	0,3183	11.137
Brasil	TOCANTINS	Colméia	0,872	0,3183	2.632
Brasil	TOCANTINS	Combinado	0,872	0,3183	1.541
Brasil	TOCANTINS	Conceição do Tocantins	0,872	0,3183	1.313
Brasil	TOCANTINS	Couto Magalhães	0,872	0,3183	1.762
Brasil	TOCANTINS	Cristalândia	0,872	0,3183	2.323
Brasil	TOCANTINS	Crixás do Tocantins	0,872	0,3183	544
Brasil	TOCANTINS	Darcinópolis	0,872	0,3183	1.915
Brasil	TOCANTINS	Dianópolis	0,872	0,3183	6.954
Brasil	TOCANTINS	Divinópolis do Tocantins	0,872	0,3183	2.182

Brasil	TOCANTINS	Dois Irmãos do Tocantins	0,872	0,3183	2.295
Brasil	TOCANTINS	Dueré	0,872	0,3183	1.492
Brasil	TOCANTINS	Esperantina	0,872	0,3183	3.454
Brasil	TOCANTINS	Fátima	0,872	0,3183	1.223
Brasil	TOCANTINS	Figueirópolis	0,872	0,3183	1.682
Brasil	TOCANTINS	Filadélfia	0,872	0,3183	2.813
Brasil	TOCANTINS	Formoso do Araguaia	0,872	0,3183	5.882
Brasil	TOCANTINS	Fortaleza do Tabocão	0,872	0,3183	820
Brasil	TOCANTINS	Goianorte	0,872	0,3183	1.628
Brasil	TOCANTINS	Goiatins	0,872	0,3183	4.119
Brasil	TOCANTINS	Guaraí	0,872	0,3183	8.172
Brasil	TOCANTINS	Gurupi	0,872	0,3183	27.288
Brasil	TOCANTINS	Ipueiras	0,872	0,3183	629
Brasil	TOCANTINS	Itacajá	0,872	0,3183	2.360
Brasil	TOCANTINS	Itaguatins	0,872	0,3183	1.877
Brasil	TOCANTINS	Itapiratins	0,872	0,3183	1.196
Brasil	TOCANTINS	Itaporã do Tocantins	0,872	0,3183	775
Brasil	TOCANTINS	Jaú do Tocantins	0,872	0,3183	1.216
Brasil	TOCANTINS	Juarina	0,872	0,3183	701
Brasil	TOCANTINS	Lagoa da Confusão	0,872	0,3183	4.148
Brasil	TOCANTINS	Lagoa do Tocantins	0,872	0,3183	1.349
Brasil	TOCANTINS	Lajeado	0,872	0,3183	987
Brasil	TOCANTINS	Lavandeira	0,872	0,3183	602
Brasil	TOCANTINS	Lizarda	0,872	0,3183	1.193
Brasil	TOCANTINS	Luzinópolis	0,872		

				0,3183	974
Brasil	TOCANTINS	Marianópolis do Tocantins	0,872	0,3183	1.621
Brasil	TOCANTINS	Mateiros	0,872	0,3183	840
Brasil	TOCANTINS	Maurilândia do Tocantins	0,872	0,3183	1.083
Brasil	TOCANTINS	Miracema do Tocantins	0,872	0,3183	5.909
Brasil	TOCANTINS	Miranorte	0,872	0,3183	4.257
Brasil	TOCANTINS	Monte do Carmo	0,872	0,3183	2.491
Brasil	TOCANTINS	Monte Santo do Tocantins	0,872	0,3183	720
Brasil	TOCANTINS	Muricilândia	0,872	0,3183	1.118
Brasil	TOCANTINS	Natividade	0,872	0,3183	2.941
Brasil	TOCANTINS	Nazaré	0,872	0,3183	1.260
Brasil	TOCANTINS	Nova Olinda	0,872	0,3183	3.730
Brasil	TOCANTINS	Nova Rosalândia	0,872	0,3183	1.342
Brasil	TOCANTINS	Novo Acordo	0,872	0,3183	1.364
Brasil	TOCANTINS	Novo Alegre	0,872	0,3183	742
Brasil	TOCANTINS	Novo Jardim	0,872	0,3183	859
Brasil	TOCANTINS	Oliveira de Fátima	0,872	0,3183	352
Brasil	TOCANTINS	Palmas	0,872	0,3183	92.892
Brasil	TOCANTINS	Palmeirante	0,872	0,3183	1.884
Brasil	TOCANTINS	Palmeiras do Tocantins	0,872	0,3183	2.091
Brasil	TOCANTINS	Palmeirópolis	0,872	0,3183	2.432
Brasil	TOCANTINS	Paraíso do Tocantins	0,872	0,3183	16.106
Brasil	TOCANTINS	Paraná	0,872	0,3183	3.330
Brasil	TOCANTINS	Pau D'Arco	0,872	0,3183	1.538
Brasil	TOCANTINS	Pedro Afonso	0,872	0,3183	4.259

Brasil	TOCANTINS	Peixe	0,872	0,3183	3.699
Brasil	TOCANTINS	Pequizeiro	0,872	0,3183	1.732
Brasil	TOCANTINS	Pindorama do Tocantins	0,872	0,3183	1.421
Brasil	TOCANTINS	Piraquê	0,872	0,3183	962
Brasil	TOCANTINS	Pium	0,872	0,3183	2.407
Brasil	TOCANTINS	Ponte Alta do Bom Jesus	0,872	0,3183	1.464
Brasil	TOCANTINS	Ponte Alta do Tocantins	0,872	0,3183	2.534
Brasil	TOCANTINS	Porto Alegre do Tocantins	0,872	0,3183	989
Brasil	TOCANTINS	Porto Nacional	0,872	0,3183	16.773
Brasil	TOCANTINS	Praia Norte	0,872	0,3183	2.662
Brasil	TOCANTINS	Presidente Kennedy	0,872	0,3183	1.175
Brasil	TOCANTINS	Pugmil	0,872	0,3183	846
Brasil	TOCANTINS	Recursolândia	0,872	0,3183	1.351
Brasil	TOCANTINS	Riachinho	0,872	0,3183	1.465
Brasil	TOCANTINS	Rio da Conceição	0,872	0,3183	665
Brasil	TOCANTINS	Rio dos Bois	0,872	0,3183	895
Brasil	TOCANTINS	Rio Sono	0,872	0,3183	2.059
Brasil	TOCANTINS	Sampaio	0,872	0,3183	1.473
Brasil	TOCANTINS	Sandolândia	0,872	0,3183	1.075
Brasil	TOCANTINS	Santa Fé do Araguaia	0,872	0,3183	2.364
Brasil	TOCANTINS	Santa Maria do Tocantins	0,872	0,3183	1.076
Brasil	TOCANTINS	Santa Rita do Tocantins	0,872	0,3183	746
Brasil	TOCANTINS	Santa Rosa do Tocantins	0,872	0,3183	1.531
Brasil	TOCANTINS	Santa Tereza do Tocantins	0,872	0,3183	902
Brasil	TOCANTINS	Santa	0,872		

		Terezinha do Tocantins		0,3183	805
Brasil	TOCANTINS	São Bento do Tocantins	0,872	0,3183	1.673
Brasil	TOCANTINS	São Félix do Tocantins	0,872	0,3183	500
Brasil	TOCANTINS	São Miguel do Tocantins	0,872	0,3183	3.809
Brasil	TOCANTINS	São Salvador do Tocantins	0,872	0,3183	977
Brasil	TOCANTINS	São Sebastião do Tocantins	0,872	0,3183	1.514
Brasil	TOCANTINS	São Valério	0,872	0,3183	1.279
Brasil	TOCANTINS	Silvanópolis	0,872	0,3183	1.712
Brasil	TOCANTINS	Sítio Novo do Tocantins	0,872	0,3183	2.889
Brasil	TOCANTINS	Sucupira	0,872	0,3183	619
Brasil	TOCANTINS	Taguatinga	0,872	0,3183	5.264
Brasil	TOCANTINS	Taipas do Tocantins	0,872	0,3183	678
Brasil	TOCANTINS	Talismã	0,872	0,3183	883
Brasil	TOCANTINS	Tocantúnia	0,872	0,3183	2.378
Brasil	TOCANTINS	Tocantinópolis	0,872	0,3183	7.287
Brasil	TOCANTINS	Tupirama	0,872	0,3183	592
Brasil	TOCANTINS	Tupiratins	0,872	0,3183	832
Brasil	TOCANTINS	Wanderlândia	0,872	0,3183	3.702
Brasil	TOCANTINS	Xambioá	0,872	0,3183	3.680

Anexo 3.1 caracterización de residuos sólidos por municipio en la amazonia colombiana

ESTADO	MUNICIPIO	papel	vidrio	plástico	metal	orgánica	otros
Amazonas	El Encanto (ANM)	33,87	20,96	29,64	4,06	106,08	15,24
Amazonas	La Chorrera (ANM)	27,45	16,98	24,02	3,29	85,96	12,35

Amazonas	La Pedrera (ANM)	37,38	23,13	32,70	4,49	117,05	16,82
Amazonas	La Victoria (ANM)	7,59	4,70	6,64	0,91	23,78	3,42
Amazonas	Leticia	1518,40	939,51	1328,60	182,21	4755,25	683,28
Amazonas	Miriti - Paraná (ANM)	9,93	6,14	8,69	1,19	31,09	4,47
Amazonas	Puerto Alegría (ANM)	15,18	9,40	13,29	1,82	47,55	6,83
Amazonas	Puerto Arica (ANM)	8,76	5,42	7,67	1,05	27,43	3,94
Amazonas	Puerto Nariño	58,40	36,14	51,10	7,01	182,89	26,28
Amazonas	Puerto Santander (ANM)	22,19	13,73	19,42	2,66	69,50	9,99
Amazonas	Tarapacá (ANM)	29,20	18,07	25,55	3,50	91,45	13,14
Caquetá	Albania	75,92	46,98	66,43	9,11	237,76	34,16
Caquetá	Belén de Los Andaquies	175,78	108,77	153,81	21,09	550,51	79,10
Caquetá	Cartagena del Chairá	373,76	231,26	327,04	44,85	1170,52	168,19
Caquetá	Curillo	134,32	83,11	117,53	16,12	420,66	60,44
Caquetá	El Doncello	562,98	348,34	492,60	67,56	1763,10	253,34
Caquetá	El Paujil	272,73	168,75	238,64	32,73	854,12	122,73
Caquetá	Florencia	7303,50	4519,04	6390,57	876,42	22872,75	3286,58
Caquetá	La Montañita	660,50	408,69	577,94	79,26	2068,53	297,23
Caquetá	Milán	64,24	39,75	56,21	7,71	201,18	28,91
Caquetá	Morelia	73,00	45,17	63,88	8,76	228,62	32,85
Caquetá	Puerto Rico	616,70	381,59	539,62	74,00	1931,36	277,52
Caquetá	San José del Fragua	212,58	131,53	186,00	25,51	665,73	95,66
Caquetá	San Vicente del Caguán	1086,24	672,11	950,46	130,35	3401,83	488,81
Caquetá	Solano	108,04	66,85	94,54	12,96	338,35	48,62
Caquetá	Solita	105,12	65,04	91,98	12,61	329,21	47,30
Caquetá	Valparaíso	62,49	38,66	54,68	7,50	195,70	28,12
Guainía	Barranco Minas (ANM)	218,85	135,41	0,00	26,26	685,39	98,48
Guainía	Cacahual (ANM)	132,32	81,87	115,78	15,88	414,40	59,54
Guainía	Inírida	891,91	551,87	780,42	107,03	2793,23	401,36

Guainía	La Guadalupe (ANM)	19,44	12,03	17,01	2,33	60,88	8,75
Guainía	Mapiripana (ANM)	116,73	72,22	102,14	14,01	365,56	52,53
Guainía	Morichal (ANM)	64,58	39,96	56,51	7,75	202,26	29,06
Guainía	Pana Pana (ANM)	159,58	98,74	139,63	19,15	499,77	71,81
Guainía	Puerto Colombia (ANM)	226,11	139,90	197,85	27,13	708,12	101,75
Guainía	San Felipe (ANM)	107,74	66,66	94,27	12,93	337,42	48,48
Guaviare	Calamar	101,03	62,51	88,40	12,12	316,41	45,46
Guaviare	El Retorno	115,63	71,55	101,18	13,88	362,13	52,03
Guaviare	Miraflores	54,31	33,61	47,52	6,52	170,09	24,44
Guaviare	San José del Guaviare	2132,18	1319,29	1865,66	255,86	6677,47	959,48
Putumayo	Colón	146,00	90,34	127,75	17,52	457,24	65,70
Putumayo	Leguízamo	438,00	271,01	383,25	52,56	1371,71	197,10
Putumayo	Mocoa	2044,00	1264,73	1788,50	245,28	6401,30	919,80
Putumayo	Orito	1460,00	903,38	1277,50	175,20	4572,36	657,00
Putumayo	Puerto Asís	1871,72	1158,13	1637,76	224,61	5861,76	842,27
Putumayo	Puerto Caicedo	513,92	317,99	449,68	61,67	1609,47	231,26
Putumayo	Puerto Guzmán	467,20	289,08	408,80	56,06	1463,15	210,24
Putumayo	San Francisco	110,96	68,66	97,09	13,32	347,50	49,93
Putumayo	San Miguel	408,80	252,95	357,70	49,06	1280,26	183,96
Putumayo	Santiago	105,12	65,04	91,98	12,61	329,21	47,30
Putumayo	Sibundoy	194,47	120,33	170,16	23,34	609,04	87,51
Putumayo	Valle del Guamuez	826,94	511,67	723,58	99,23	2589,78	372,12
Putumayo	Villagarzón	934,40	578,16	817,60	112,13	2926,31	420,48
Vaupés	Caruru	18,10	11,20	15,84	2,17	56,70	8,15
Vaupés	Mitú	190,38	117,80	166,59	22,85	596,24	85,67
Vaupés	Pacoa (ANM)	388,94	240,66	1,00	46,67	1218,08	175,02
Vaupés	Papunaua (ANM)	51,39	31,80	44,97	6,17	160,95	23,13
Vaupés	Tairaira	25,11	15,54	21,97	3,01	78,64	11,30
Vaupés	Yavaraté (ANM)	75,92	46,98	66,43	9,11	237,76	34,16
Vichada	Cumaribo	260,46	161,16	227,91	31,26	815,71	117,21
Vichada	La Primavera	459,61	284,38	402,16	55,15	1439,38	206,82
Vichada	Puerto	1044,48	646,27	913,92	125,34	3271,05	470,02

	Carreño						
Vichada	Santa Rosalía	263,81	163,23	230,83	31,66	826,18	118,71

Anexo 3.2 Clasificación de los residuos sólidos urbanos en la amazonia brasileña

ESTADO	MUNICIPIO	papel	vidrio	plastico	metal	organica	otros
ACRE	Acrelândia	798,35	476,14	695,57	91,79	2395,06	321,30
ACRE	Assis Brasil	388,02	231,42	338,06	44,61	1164,05	156,16
ACRE	Brasiléia	1373,89	819,40	1197,01	157,96	4121,68	552,93
ACRE	Bujari	537,43	320,53	468,24	61,79	1612,28	216,29
ACRE	Capixaba	608,92	363,16	530,52	70,01	1826,75	245,06
ACRE	Cruzeiro do Sul	4660,06	2779,29	4060,11	535,77	13980,19	1875,47
ACRE	Epitaciolândia	963,23	574,48	839,23	110,74	2889,70	387,66
ACRE	Feijó	1843,07	1099,22	1605,79	211,90	5529,22	741,75
ACRE	Jordão	433,67	258,65	377,84	49,86	1301,02	174,53
ACRE	Mâncio Lima	990,66	590,84	863,12	113,90	2971,98	398,70
ACRE	Manoel Urbano	496,23	295,96	432,35	57,05	1488,70	199,71
ACRE	Marechal Thaumaturgo	979,61	584,24	853,49	112,63	2938,82	394,25
ACRE	Plácido de Castro	1039,93	620,22	906,05	119,56	3119,80	418,53
ACRE	Porto Acre	966,32	576,32	841,91	111,10	2898,95	388,90
ACRE	Porto Walter	622,95	371,53	542,75	71,62	1868,85	250,71
ACRE	Rio Branco	21322,50	12716,89	18577,38	2451,45	63967,49	8581,35
ACRE	Rodrigues Alves	983,54	586,59	856,92	113,08	2950,62	395,83
ACRE	Santa Rosa do Purus	338,16	201,68	294,62	38,88	1014,47	136,09
ACRE	Sena Madureira	2401,28	1432,14	2092,14	276,08	7203,85	966,41
ACRE	Senador Guiomard	1212,41	723,09	1056,33	139,39	3637,24	487,94
ACRE	Tarauacá	2231,14	1330,67	1943,90	256,51	6693,42	897,93
ACRE	Xapuri	1012,45	603,83	882,11	116,40	3037,36	407,47

AMAPÁ	Amapá	479,92	286,23	418,13	55,18	1439,75	193,14
AMAPÁ	Calçoene	580,75	346,36	505,98	66,77	1742,24	233,72
AMAPÁ	Cutias	311,69	185,89	271,56	35,83	935,06	125,44
AMAPÁ	Ferreira Gomes	403,48	240,64	351,54	46,39	1210,45	162,38
AMAPÁ	Itaubal	286,33	170,77	249,47	32,92	859,00	115,24
AMAPÁ	Laranjal do Jari	2628,19	1567,47	2289,83	302,16	7884,57	1057,73
AMAPÁ	Macapá	26238,0 1	15648,54	22860,06	3016,59	78714,03	10559,62
AMAPÁ	Mazagão	1127,16	672,24	982,04	129,59	3381,47	453,63
AMAPÁ	Oiapoque	1415,30	844,09	1233,09	162,72	4245,90	569,59
AMAPÁ	Pedra Branca do Amapari	846,78	505,02	737,76	97,35	2540,33	340,79
AMAPÁ	Porto Grande	1141,93	681,06	994,92	131,29	3425,80	459,58
AMAPÁ	Pracuúba	265,39	158,28	231,22	30,51	796,18	106,81
AMAPÁ	Santana	6357,60	3791,72	5539,11	730,93	19072,80	2558,65
AMAPÁ	Serra do Navio	282,03	168,20	245,72	32,42	846,09	113,50
AMAPÁ	Tartarugalz inho	895,89	534,32	780,55	103,00	2687,67	360,56
AMAPÁ	Vitória do Jari	829,45	494,69	722,66	95,36	2488,35	333,82
AMAZONAS	Alvarães	843,00	502,77	734,47	96,92	2529,01	339,27
AMAZONAS	Amaturá	602,33	359,23	524,78	69,25	1806,98	242,41
AMAZONAS	Anamá	705,28	420,64	614,48	81,09	2115,85	283,85
AMAZONAS	Anori	1091,65	651,07	951,11	125,51	3274,95	439,34
AMAZONAS	Apuí	1147,20	684,20	999,50	131,89	3441,59	461,69
AMAZONAS	Atalaia do Norte	1033,18	616,20	900,17	118,79	3099,55	415,81
AMAZONAS	Autazes	2063,92	1230,94	1798,21	237,29	6191,77	830,64
AMAZONAS	Barcelos	1454,47	867,46	1267,22	167,22	4363,42	585,36
AMAZONAS	Barreirinha	1679,26	1001,52	1463,06	193,06	5037,77	675,82
AMAZONAS	Benjamin Constant	2233,48	1332,06	1945,94	256,78	6700,44	898,87
AMAZONAS	Beruri	1023,62	610,49	891,83	117,69	3070,85	411,96
AMAZONAS	Boa Vista do Ramos	998,26	595,37	869,74	114,77	2994,79	401,76
AMAZONAS	Boca do Acre	1805,92	1077,06	1573,42	207,63	5417,75	726,80
AMAZONAS	Borba	2156,14	1285,94	1878,55	247,89	6468,43	867,75
AMAZONAS	Caapiranga	684,45	408,21	596,33	78,69	2053,34	275,46
AMAZONAS	Canutama	821,21	489,78	715,49	94,41	2463,63	330,50
AMAZONAS	Carauari	1492,32	890,03	1300,19	171,57	4476,95	600,59
AMAZONAS	Careiro	1987,06	1185,10	1731,24	228,45	5961,19	799,70
AMAZONAS	Careiro da Várzea	1573,06	938,18	1370,54	180,85	4719,17	633,08

AMAZONAS	Coari	4479,29	2671,48	3902,61	514,98	13437,87	1802,71
AMAZONAS	Codajás	1493,59	890,79	1301,30	171,72	4480,78	601,10
AMAZONAS	Eirunepé	1851,84	1104,45	1613,43	212,91	5555,53	745,28
AMAZONAS	Envira	1045,41	623,49	910,82	120,19	3136,23	420,73
AMAZONAS	Fonte Boa	968,50	577,62	843,81	111,35	2905,49	389,78
AMAZONAS	Guajará	872,56	520,40	760,22	100,32	2617,67	351,16
AMAZONAS	Humaitá	2870,30	1711,87	2500,77	330,00	8610,91	1155,17
AMAZONAS	Ipixuna	1537,87	917,20	1339,88	176,81	4613,61	618,92
AMAZONAS	Irlanduba	2528,53	1508,03	2203,00	290,71	7585,59	1017,62
AMAZONAS	Itacoatiara	5312,88	3168,64	4628,89	610,82	15938,65	2138,20
AMAZONAS	Itamarati	419,27	250,06	365,29	48,20	1257,81	168,74
AMAZONAS	Itapiranga	481,78	287,34	419,75	55,39	1445,33	193,89
AMAZONAS	Japurá	173,54	103,50	151,20	19,95	520,63	69,84
AMAZONAS	Juruá	760,72	453,70	662,78	87,46	2282,17	306,16
AMAZONAS	Jutaí	784,16	467,68	683,21	90,16	2352,49	315,59
AMAZONAS	Lábrea	2404,90	1434,30	2095,28	276,49	7214,69	967,86
AMAZONAS	Manacapuru	5115,21	3050,75	4456,66	588,10	15345,63	2058,64
AMAZONAS	Manaquiri	1655,55	987,38	1442,41	190,34	4966,65	666,28
AMAZONAS	Manaus	114036,27	68012,05	99354,95	13110,76	342108,81	45894,48
AMAZONAS	Manicoré	2918,46	1740,59	2542,73	335,54	8755,38	1174,55
AMAZONAS	Maraã	966,64	576,51	842,19	111,13	2899,91	389,03
AMAZONAS	Maués	3335,60	1989,38	2906,17	383,49	10006,80	1342,43
AMAZONAS	Nhamundá	1110,84	662,51	967,83	127,71	3332,52	447,06
AMAZONAS	Nova Olinda do Norte	1951,82	1164,08	1700,54	224,40	5855,47	785,52
AMAZONAS	Novo Airão	1008,52	601,49	878,68	115,95	3025,56	405,88
AMAZONAS	Novo Aripuanã	1341,42	800,03	1168,72	154,22	4024,25	539,86
AMAZONAS	Parintins	6015,19	3587,50	5240,78	691,57	18045,57	2420,84
AMAZONAS	Pauini	1027,39	612,74	895,12	118,12	3082,17	413,48
AMAZONAS	Presidente Figueiredo	1879,06	1120,68	1637,14	216,04	5637,17	756,24
AMAZONAS	Rio Preto da Eva	1731,56	1032,71	1508,63	199,08	5194,67	696,87
AMAZONAS	Santa Isabel do Rio Negro	1298,84	774,64	1131,62	149,33	3896,52	522,73
AMAZONAS	Santo Antônio do Içá	1167,55	696,34	1017,24	134,23	3502,66	469,89
AMAZONAS	São Gabriel da Cachoeira	2382,09	1420,70	2075,42	273,87	7146,28	958,69
AMAZONAS	São Paulo de Olivença	2047,18	1220,95	1783,62	235,36	6141,54	823,90
AMAZONAS	São	727,40	433,82	633,75	83,63	2182,19	292,74

	Sebastião do Uatumã						
AMAZONAS	Silves	484,22	288,79	421,88	55,67	1452,66	194,88
AMAZONAS	Tabatinga	3427,72	2044,31	2986,42	394,08	10283,15	1379,50
AMAZONAS	Tapauá	919,49	548,39	801,11	105,71	2758,47	370,05
AMAZONAS	Tefé	3197,35	1906,92	2785,72	367,60	9592,05	1286,79
AMAZONAS	Tonantins	989,17	589,95	861,82	113,73	2967,52	398,10
AMAZONAS	Uarini	711,56	424,38	619,95	81,81	2134,67	286,37
AMAZONAS	Urucará	870,80	519,35	758,69	100,12	2612,41	350,46
AMAZONAS	Urucuritub a	1197,90	714,44	1043,68	137,72	3593,71	482,10
PARÁ	Abaetetuba	8307,35	4954,56	7237,84	955,10	24922,05	3343,34
PARÁ	Abel Figueiredo	392,37	234,01	341,86	45,11	1177,12	157,91
PARÁ	Acará	2950,67	1759,80	2570,79	339,24	8852,01	1187,51
PARÁ	Afuá	2065,68	1231,98	1799,74	237,49	6197,03	831,34
PARÁ	Água Azul do Norte	1447,93	863,56	1261,52	166,47	4343,80	582,73
PARÁ	Alenquer	3002,07	1790,45	2615,57	345,15	9006,20	1208,20
PARÁ	Almeirim	1814,74	1082,32	1581,11	208,64	5444,22	730,35
PARÁ	Altamira	6016,63	3588,36	5242,03	691,73	18049,88	2421,42
PARÁ	Anajás	1533,94	914,85	1336,45	176,36	4601,81	617,34
PARÁ	Ananindeu a	27935,2 8	16660,80	24338,82	3211,72	83805,85	11242,70
PARÁ	Anapu	1443,68	861,02	1257,82	165,98	4331,05	581,02
PARÁ	Augusto Corrêa	2419,30	1442,89	2107,83	278,15	7257,90	973,66
PARÁ	Aurora do Pará	1642,21	979,42	1430,79	188,80	4926,62	660,91
PARÁ	Aveiro	870,16	518,97	758,14	100,04	2610,49	350,20
PARÁ	Bagre	1595,06	951,31	1389,71	183,38	4785,18	641,94
PARÁ	Baião	2467,14	1471,42	2149,51	283,65	7401,42	992,91
PARÁ	Bannach	175,94	104,93	153,29	20,23	527,81	70,81
PARÁ	Barcarena	6500,26	3876,80	5663,40	747,34	19500,79	2616,06
PARÁ	Belém	78970,7 6	47098,73	68803,86	9079,27	236912,27	31782,18
PARÁ	Belterra	936,76	558,69	816,16	107,70	2810,29	377,01
PARÁ	Benevides	3278,94	1955,58	2856,80	376,98	9836,82	1319,63
PARÁ	Bom Jesus do Tocantins	895,15	533,87	779,90	102,91	2685,44	360,26
PARÁ	Bonito	852,46	508,42	742,72	98,01	2557,39	343,08
PARÁ	Bragança	6720,42	4008,11	5855,22	772,65	20161,27	2704,67
PARÁ	Brasil Novo	807,39	481,53	703,44	92,83	2422,17	324,94
PARÁ	Brejo Grande do Araguaia	392,91	234,33	342,32	45,17	1178,72	158,13
PARÁ	Breu	3441,00	2052,24	2998,00	395,61	10323,01	1384,85

	Branco						
PARÁ	Breves	5415,79	3230,01	4718,55	622,65	16247,36	2179,61
PARÁ	Bujaru	1532,50	913,99	1335,20	176,19	4597,50	616,76
PARÁ	Cachoeira do Arari	1247,28	743,89	1086,70	143,40	3741,85	501,98
PARÁ	Cachoeira do Piriá	1763,50	1051,77	1536,46	202,75	5290,51	709,73
PARÁ	Cametá	7249,50	4323,66	6316,19	833,48	21748,51	2917,60
PARÁ	Canaã dos Carajás	1916,16	1142,81	1669,47	220,30	5748,47	771,17
PARÁ	Capanema	3647,13	2175,17	3177,59	419,31	10941,39	1467,81
PARÁ	Capitão Poço	2879,76	1717,51	2509,02	331,09	8639,29	1158,98
PARÁ	Castanhal	10539,87	6286,06	9182,94	1211,77	31619,62	4241,83
PARÁ	Chaves	1248,13	744,40	1087,45	143,50	3744,40	502,32
PARÁ	Colares	639,96	381,68	557,57	73,58	1919,88	257,55
PARÁ	Conceição do Araguaia	2537,19	1513,20	2210,55	291,70	7611,58	1021,11
PARÁ	Concórdia do Pará	1745,91	1041,27	1521,14	200,73	5237,73	702,65
PARÁ	Cumarú do Norte	700,50	417,78	610,32	80,54	2101,50	281,92
PARÁ	Curionópolis	957,49	571,06	834,22	110,08	2872,48	385,35
PARÁ	Currálinho	1801,51	1074,43	1569,58	207,12	5404,52	725,03
PARÁ	Curuá	754,61	450,05	657,46	86,76	2263,83	303,70
PARÁ	Curuçá	2101,66	1253,45	1831,09	241,63	6304,98	845,82
PARÁ	Dom Eliseu	3133,67	1868,95	2730,24	360,28	9401,02	1261,16
PARÁ	Eldorado do Carajás	1789,87	1067,49	1559,43	205,78	5369,60	720,34
PARÁ	Faro	389,03	232,02	338,94	44,73	1167,08	156,57
PARÁ	Floresta do Araguaia	1067,31	636,55	929,90	122,71	3201,92	429,54
PARÁ	Garrafão do Norte	1383,03	824,85	1204,98	159,01	4149,10	556,61
PARÁ	Goianésia do Pará	2118,51	1263,49	1845,77	243,57	6355,53	852,60
PARÁ	Gurupá	1753,56	1045,84	1527,80	201,61	5260,69	705,73
PARÁ	Igarapé-Açu	2051,06	1223,27	1787,00	235,81	6153,18	825,46
PARÁ	Igarapé-Miri	3314,34	1976,70	2887,64	381,05	9943,02	1333,87
PARÁ	Inhangapi	614,39	366,43	535,29	70,64	1843,18	247,27
PARÁ	Ipixuna do Pará	3319,66	1979,87	2892,27	381,66	9958,97	1336,01
PARÁ	Irituia	1727,68	1030,40	1505,25	198,63	5183,03	695,31
PARÁ	Itaituba	5373,58	3204,84	4681,78	617,80	16120,75	2162,63

PARÁ	Itupiranga	2826,77	1685,91	2462,84	324,99	8480,31	1137,65
PARÁ	Jacareacanga	473,01	282,10	412,11	54,38	1419,02	190,36
PARÁ	Jacundá	3107,15	1853,13	2707,13	357,23	9321,45	1250,49
PARÁ	Jurutí	3024,82	1804,02	2635,39	347,76	9074,45	1217,35
PARÁ	Limoeiro do Ajuru	1519,27	906,10	1323,67	174,67	4557,80	611,44
PARÁ	Mãe do Rio	1590,17	948,39	1385,45	182,82	4770,51	639,97
PARÁ	Magalhães Barata	453,02	270,18	394,70	52,08	1359,06	182,32
PARÁ	Marabá	14621,58	8720,42	12739,16	1681,04	43864,74	5884,53
PARÁ	Maracanã	1564,23	932,92	1362,85	179,84	4692,70	629,53
PARÁ	Marapanim	1499,97	894,59	1306,86	172,45	4499,91	603,67
PARÁ	Marituba	6873,77	4099,56	5988,82	790,28	20621,30	2766,38
PARÁ	Medicilândia	1659,06	989,47	1445,47	190,74	4977,17	667,70
PARÁ	Melgaço	1457,18	869,07	1269,58	167,53	4371,55	586,45
PARÁ	Mocajuba	1633,70	974,35	1423,38	187,83	4901,11	657,49
PARÁ	Moju	4304,74	2567,38	3750,53	494,92	12914,21	1732,46
PARÁ	Mojuí dos Campos	849,49	506,64	740,12	97,67	2548,46	341,88
PARÁ	Monte Alegre	3077,54	1835,47	2681,33	353,83	9232,63	1238,57
PARÁ	Muaná	2114,58	1261,15	1842,34	243,11	6343,73	851,02
PARÁ	Nova Esperança do Piriá	1131,68	674,94	985,98	130,11	3395,03	455,45
PARÁ	Nova Ipixuna	876,97	523,03	764,06	100,82	2630,90	352,94
PARÁ	Nova Timboteua	808,88	482,42	704,74	93,00	2426,64	325,54
PARÁ	Novo Progresso	1369,11	816,55	1192,85	157,41	4107,33	551,00
PARÁ	Novo Repartimento	3965,30	2364,93	3454,80	455,89	11895,91	1595,86
PARÁ	Óbidos	2762,03	1647,29	2406,44	317,55	8286,09	1111,59
PARÁ	Oeiras do Pará	1709,82	1019,75	1489,69	196,58	5129,45	688,12
PARÁ	Oriximiná	3835,50	2287,52	3341,71	440,97	11506,51	1543,62
PARÁ	Ourém	941,92	561,77	820,65	108,29	2825,76	379,08
PARÁ	Ouilândia do Norte	1717,84	1024,53	1496,68	197,50	5153,53	691,36
PARÁ	Pacajá	2497,44	1489,49	2175,91	287,13	7492,31	1005,11
PARÁ	Palestina do Pará	403,75	240,80	351,77	46,42	1211,25	162,49
PARÁ	Paragominas	5940,57	3543,00	5175,76	682,99	17821,70	2390,81

PARÁ	Parauapebas	10783,74	6431,50	9395,41	1239,81	32351,21	4339,97
PARÁ	Pau D'Arco	295,37	176,16	257,34	33,96	886,11	118,87
PARÁ	Peixe-Boi	429,10	255,92	373,86	49,33	1287,31	172,69
PARÁ	Piçarra	690,08	411,57	601,24	79,34	2070,25	277,73
PARÁ	Placas	1610,16	960,31	1402,86	185,12	4830,47	648,02
PARÁ	Ponta de Pedras	1626,90	970,29	1417,45	187,04	4880,70	654,75
PARÁ	Portel	3249,02	1937,74	2830,73	373,54	9747,05	1307,58
PARÁ	Porto de Moz	2150,45	1282,55	1873,60	247,24	6451,36	865,46
PARÁ	Prainha	1588,52	947,41	1384,01	182,63	4765,57	639,31
PARÁ	Primavera	573,62	342,11	499,77	65,95	1720,87	230,86
PARÁ	Quatipuru	718,20	428,34	625,74	82,57	2154,60	289,04
PARÁ	Redenção	4464,67	2662,76	3889,88	513,30	13394,02	1796,83
PARÁ	Rio Maria	966,64	576,51	842,19	111,13	2899,91	389,03
PARÁ	Rondon do Pará	2758,79	1645,36	2403,61	317,18	8276,36	1110,29
PARÁ	Rurópolis	2631,22	1569,28	2292,47	302,51	7893,66	1058,95
PARÁ	Salinópolis	2148,65	1281,47	1872,02	247,03	6445,94	864,73
PARÁ	Salvaterra	1245,05	742,56	1084,76	143,14	3735,15	501,08
PARÁ	Santa Bárbara do Pará	1100,47	656,33	958,80	126,52	3301,42	442,89
PARÁ	Santa Cruz do Arari	528,29	315,07	460,27	60,74	1584,86	212,61
PARÁ	Santa Izabel do Pará	3707,19	2211,00	3229,92	426,22	11121,58	1491,98
PARÁ	Santa Luzia do Pará	1055,19	629,32	919,34	121,32	3165,57	424,67
PARÁ	Santa Maria das Barreiras	1118,44	667,05	974,45	128,59	3355,32	450,12
PARÁ	Santa Maria do Pará	1314,20	783,80	1145,01	151,09	3942,61	528,91
PARÁ	Santana do Araguaia	3783,79	2256,68	3296,65	435,02	11351,36	1522,80
PARÁ	Santarém	16087,59	9594,75	14016,43	1849,59	48262,76	6474,53
PARÁ	Santarém Novo	354,21	211,25	308,61	40,72	1062,63	142,55
PARÁ	Santo Antônio do Tauá	1649,76	983,93	1437,36	189,67	4949,27	663,95
PARÁ	São Caetano de Odivelas	955,16	569,66	832,19	109,81	2865,47	384,41

PARÁ	São Domingos do Araguaia	1347,85	803,87	1174,32	154,96	4043,54	542,45
PARÁ	São Domingos do Capim	1692,22	1009,25	1474,36	194,56	5076,67	681,04
PARÁ	São Félix do Xingu	6631,50	3955,07	5777,74	762,42	19894,49	2668,88
PARÁ	São Francisco do Pará	841,57	501,92	733,22	96,76	2524,70	338,69
PARÁ	São Geraldo do Araguaia	1328,34	792,23	1157,33	152,72	3985,02	534,60
PARÁ	São João da Ponta	322,05	192,07	280,59	37,03	966,16	129,61
PARÁ	São João de Pirabas	1214,12	724,11	1057,81	139,59	3642,35	488,63
PARÁ	São João do Araguaia	740,95	441,91	645,56	85,19	2222,85	298,20
PARÁ	São Miguel do Guamá	3100,29	1849,04	2701,15	356,44	9300,88	1247,73
PARÁ	São Sebastião da Boa Vista	1397,97	833,76	1217,99	160,72	4193,91	562,62
PARÁ	Sapucaia	310,89	185,42	270,87	35,74	932,67	125,12
PARÁ	Senador José Porfírio	629,28	375,30	548,26	72,35	1887,83	253,26
PARÁ	Soure	1338,44	798,26	1166,13	153,88	4015,32	538,66
PARÁ	Tailândia	5510,03	3286,22	4800,65	633,49	16530,08	2217,54
PARÁ	Terra Alta	616,09	367,44	536,78	70,83	1848,28	247,95
PARÁ	Terra Santa	989,65	590,24	862,24	113,78	2968,95	398,29
PARÁ	Tomé-Açu	3340,86	1992,52	2910,75	384,10	10022,59	1344,55
PARÁ	Tracuateua	1629,45	971,82	1419,67	187,34	4888,35	655,78
PARÁ	Trairão	999,64	596,19	870,95	114,93	2998,93	402,31
PARÁ	Tucumã	2076,09	1238,20	1808,81	238,69	6228,28	835,53
PARÁ	Tucuruí	5960,98	3555,17	5193,54	685,33	17882,93	2399,03
PARÁ	Ulianópolis	3063,30	1826,97	2668,92	352,19	9189,90	1232,84
PARÁ	Uruará	2419,35	1442,92	2107,88	278,15	7258,06	973,68
PARÁ	Vigia	2827,25	1686,19	2463,26	325,05	8481,75	1137,84
PARÁ	Viseu	3244,92	1935,30	2827,16	373,07	9734,77	1305,94
PARÁ	Vitória do Xingu	796,60	475,10	694,04	91,59	2389,80	320,60
PARÁ	Xinguara	2360,51	1407,83	2056,62	271,39	7081,54	950,00
RONDÔNIA	Alta	1231,39	734,41	1072,86	141,57	3694,17	495,58

	Floresta D'Oeste						
RONDÔNIA	Alto Alegre dos Parecis	703,05	419,31	612,54	80,83	2109,15	282,95
RONDÔNIA	Alto Paraíso	1116,15	665,68	972,46	128,32	3348,46	449,20
RONDÔNIA	Alvorada D'Oeste	782,51	466,70	681,77	89,97	2347,54	314,93
RONDÔNIA	Ariquemes	5643,12	3365,60	4916,61	648,79	16929,37	2271,10
RONDÔNIA	Buritis	2069,61	1234,33	1803,16	237,94	6208,83	832,92
RONDÔNIA	Cabixi	289,04	172,39	251,83	33,23	867,13	116,33
RONDÔNIA	Cacaulândia	329,02	196,23	286,66	37,83	987,05	132,41
RONDÔNIA	Cacoal	4508,05	2688,63	3927,67	518,29	13524,14	1814,29
RONDÔNIA	Campo Novo de Rondônia	744,62	444,09	648,75	85,61	2233,85	299,67
RONDÔNIA	Candeias do Jamari	1381,07	823,68	1203,27	158,78	4143,20	555,82
RONDÔNIA	Castanheiras	165,78	98,87	144,44	19,06	497,35	66,72
RONDÔNIA	Cerejeiras	874,04	521,29	761,52	100,49	2622,13	351,76
RONDÔNIA	Chupinguiá	578,62	345,09	504,13	66,52	1735,86	232,87
RONDÔNIA	Colorado do Oeste	862,51	514,41	751,47	99,16	2587,53	347,12
RONDÔNIA	Corumbiara	402,21	239,88	350,43	46,24	1206,62	161,87
RONDÔNIA	Costa Marques	949,04	566,02	826,86	109,11	2847,13	381,95
RONDÔNIA	Cujubim	1287,68	767,98	1121,90	148,04	3863,04	518,23
RONDÔNIA	Espigão D'Oeste	1703,39	1015,91	1484,09	195,84	5110,16	685,54
RONDÔNIA	Governador Jorge Teixeira	430,27	256,62	374,88	49,47	1290,81	173,16
RONDÔNIA	Guajará-Mirim	2433,49	1451,35	2120,20	279,78	7300,48	979,37
RONDÔNIA	Itapuã do Oeste	545,99	325,63	475,69	62,77	1637,96	219,73
RONDÔNIA	Jaru	2760,38	1646,31	2405,00	317,36	8281,15	1110,93
RONDÔNIA	Ji-Paraná	6798,61	4054,74	5923,34	781,64	20395,83	2736,14
RONDÔNIA	Machadinho D'Oeste	2078,11	1239,40	1810,57	238,92	6234,34	836,35
RONDÔNIA	Ministro Andreazza	518,88	309,46	452,08	59,66	1556,63	208,82
RONDÔNIA	Mirante da Serra	588,93	351,24	513,11	67,71	1766,80	237,02
RONDÔNIA	Monte Negro	834,23	497,54	726,83	95,91	2502,70	335,74

RONDÔNIA	Nova Brasilândia D'Oeste	1087,45	648,56	947,45	125,02	3262,36	437,65
RONDÔNIA	Nova Mamoré	1581,67	943,32	1378,04	181,84	4745,00	636,55
RONDÔNIA	Nova União	374,57	223,39	326,34	43,06	1123,70	150,75
RONDÔNIA	Novo Horizonte do Oeste	465,14	277,41	405,26	53,48	1395,42	187,20
RONDÔNIA	Ouro Preto do Oeste	1931,57	1152,00	1682,90	222,07	5794,71	777,37
RONDÔNIA	Parecis	316,10	188,52	275,40	36,34	948,30	127,22
RONDÔNIA	Pimenta Buena	1936,57	1154,98	1687,25	222,65	5809,70	779,38
RONDÔNIA	Pimenteiras do Oeste	116,46	69,46	101,46	13,39	349,37	46,87
RONDÔNIA	Porto Velho	27614,5 1	16469,49	24059,35	3174,84	82843,52	11113,60
RONDÔNIA	Presidente Médici	1031,64	615,28	898,83	118,61	3094,93	415,19
RONDÔNIA	Primavera de Rondônia	156,22	93,17	136,10	17,96	468,65	62,87
RONDÔNIA	Rio Crespo	197,89	118,02	172,41	22,75	593,66	79,64
RONDÔNIA	Rolim de Moura	2907,56	1734,09	2533,24	334,28	8722,69	1170,16
RONDÔNIA	Santa Luzia D'Oeste	360,43	214,96	314,03	41,44	1081,29	145,06
RONDÔNIA	São Felipe D'Oeste	280,65	167,38	244,52	32,27	841,94	112,95
RONDÔNIA	São Francisco do Guaporé	1054,66	629,01	918,88	121,25	3163,97	424,45
RONDÔNIA	São Miguel do Guaporé	1218,85	726,93	1061,93	140,13	3656,54	490,53
RONDÔNIA	Seringueira s	630,39	375,97	549,23	72,48	1891,18	253,70
RONDÔNIA	Teixeirópolis	233,02	138,98	203,02	26,79	699,07	93,78
RONDÔNIA	Theobroma	557,79	332,67	485,97	64,13	1673,36	224,48
RONDÔNIA	Urupá	620,03	369,79	540,20	71,28	1860,08	249,53
RONDÔNIA	Vale do Anari	586,17	349,60	510,70	67,39	1758,51	235,91
RONDÔNIA	Vale do Paraíso	371,96	221,84	324,08	42,76	1115,89	149,70
RONDÔNIA	Vilhena	5179,63	3089,17	4512,79	595,50	15538,89	2084,57
RORAIMA	Alto Alegre	831,20	495,74	724,19	95,56	2493,61	334,52
RORAIMA	Amajari	658,78	392,90	573,96	75,74	1976,33	265,13

RORAIMA	Boa Vista	19952,16	11899,61	17383,47	2293,90	59856,49	8029,85
RORAIMA	Bonfim	651,49	388,56	567,62	74,90	1954,48	262,20
RORAIMA	Cantá	949,73	566,43	827,46	109,19	2849,20	382,23
RORAIMA	Caracarái	1146,19	683,59	998,62	131,78	3438,56	461,29
RORAIMA	Caroebe	528,87	315,42	460,78	60,80	1586,61	212,85
RORAIMA	Iracema	616,57	367,73	537,19	70,89	1849,72	248,14
RORAIMA	Mucajái	931,66	555,65	811,72	107,11	2794,98	374,95
RORAIMA	Normandia	587,07	350,13	511,49	67,50	1761,22	236,27
RORAIMA	Pacaraima	828,12	493,90	721,51	95,21	2484,36	333,28
RORAIMA	Rorainópolis	1569,76	936,22	1367,67	180,48	4709,28	631,76
RORAIMA	São João da Baliza	427,99	255,25	372,89	49,21	1283,96	172,25
RORAIMA	São Luiz	417,78	249,17	363,99	48,03	1253,34	168,14
RORAIMA	Uiramutã	548,80	327,31	478,15	63,10	1646,41	220,87
TOCANTINS	Abreulândia	136,28	81,28	118,74	15,67	408,85	54,85
TOCANTINS	Aguiarnópolis	349,32	208,34	304,35	40,16	1047,96	140,59
TOCANTINS	Aliança do Tocantins	288,83	172,26	251,65	33,21	866,50	116,24
TOCANTINS	Almas	379,03	226,06	330,23	43,58	1137,10	152,54
TOCANTINS	Alvorada	447,92	267,14	390,25	51,50	1343,75	180,27
TOCANTINS	Ananás	510,64	304,55	444,90	58,71	1531,92	205,51
TOCANTINS	Angico	181,62	108,32	158,24	20,88	544,87	73,10
TOCANTINS	Aparecida do Rio Negro	252,00	150,29	219,55	28,97	755,99	101,42
TOCANTINS	Aragominas	307,54	183,42	267,95	35,36	922,63	123,77
TOCANTINS	Araguacema	372,92	222,41	324,91	42,87	1118,76	150,08
TOCANTINS	Araguaçu	455,36	271,58	396,74	52,35	1366,08	183,26
TOCANTINS	Araguaína	9435,52	5627,41	8220,77	1084,80	28306,56	3797,37
TOCANTINS	Araguanã	301,00	179,52	262,25	34,61	903,01	121,14
TOCANTINS	Araguatins	1878,74	1120,49	1636,86	216,00	5636,21	756,11
TOCANTINS	Arapoema	354,53	211,44	308,89	40,76	1063,59	142,68
TOCANTINS	Arraias	563,47	336,06	490,93	64,78	1690,42	226,77
TOCANTINS	Augustinópolis	966,21	576,26	841,82	111,09	2898,63	388,86
TOCANTINS	Aurora do Tocantins	198,31	118,28	172,78	22,80	594,94	79,81
TOCANTINS	Axixá do Tocantins	516,91	308,29	450,36	59,43	1550,73	208,03
TOCANTINS	Babaçulândia	566,71	337,99	493,75	65,16	1700,14	228,08
TOCANTINS	Bandeirantes do	186,67	111,33	162,64	21,46	560,02	75,13

	Tocantins						
TOCANTINS	Barra do Ouro	241,79	144,21	210,66	27,80	725,38	97,31
TOCANTINS	Barrolândia	298,40	177,97	259,98	34,31	895,20	120,09
TOCANTINS	Bernardo Sayão	237,54	141,67	206,96	27,31	712,62	95,60
TOCANTINS	Bom Jesus do Tocantins	254,02	151,50	221,31	29,20	762,05	102,23
TOCANTINS	Brasilândia do Tocantins	116,46	69,46	101,46	13,39	349,37	46,87
TOCANTINS	Brejinho de Nazaré	291,01	173,56	253,55	33,46	873,03	117,12
TOCANTINS	Buriti do Tocantins	595,15	354,95	518,53	68,42	1785,45	239,52
TOCANTINS	Cachoeirinha	120,44	71,83	104,94	13,85	361,33	48,47
TOCANTINS	Campos Lindos	527,12	314,38	459,25	60,60	1581,35	212,14
TOCANTINS	Cariri do Tocantins	229,67	136,98	200,10	26,41	689,02	92,43
TOCANTINS	Carmolândia	135,86	81,03	118,37	15,62	407,58	54,68
TOCANTINS	Carrasco Bonito	215,75	128,67	187,97	24,80	647,24	86,83
TOCANTINS	Caseara	281,44	167,86	245,21	32,36	844,33	113,27
TOCANTINS	Centenário	152,76	91,11	133,09	17,56	458,28	61,48
TOCANTINS	Chapada da Natividade	177,21	105,69	154,40	20,37	531,63	71,32
TOCANTINS	Chapada de Areia	74,47	44,41	64,88	8,56	223,40	29,97
TOCANTINS	Colinas do Tocantins	1859,82	1109,21	1620,38	213,82	5579,45	748,49
TOCANTINS	Colméia	439,57	262,16	382,98	50,54	1318,72	176,91
TOCANTINS	Combinado	257,42	153,53	224,28	29,60	772,26	103,60
TOCANTINS	Conceição do Tocantins	219,20	130,73	190,98	25,20	657,61	88,22
TOCANTINS	Couto Magalhães	294,25	175,50	256,37	33,83	882,76	118,42
TOCANTINS	Cristalândia	388,02	231,42	338,06	44,61	1164,05	156,16
TOCANTINS	Crixás do Tocantins	90,78	54,14	79,10	10,44	272,35	36,54
TOCANTINS	Darcinópolis	319,87	190,77	278,69	36,78	959,62	128,73
TOCANTINS	Dianópolis	1161,39	692,66	1011,87	133,52	3484,16	467,41
TOCANTINS	Divinópolis	364,42	217,34	317,50	41,90	1093,25	146,66

	do Tocantins						
TOCANTINS	Dois Irmãos do Tocantins	383,28	228,59	333,94	44,07	1149,85	154,25
TOCANTINS	Dueré	249,13	148,58	217,05	28,64	747,38	100,26
TOCANTINS	Esperantina	576,76	343,98	502,51	66,31	1730,28	232,12
TOCANTINS	Fátima	204,16	121,76	177,88	23,47	612,48	82,17
TOCANTINS	Figueirópolis	280,86	167,51	244,70	32,29	842,58	113,03
TOCANTINS	Filadélfia	469,71	280,14	409,24	54,00	1409,13	189,04
TOCANTINS	Formoso do Araguaia	982,37	585,89	855,90	112,94	2947,11	395,36
TOCANTINS	Fortaleza do Tabocão	136,92	81,66	119,29	15,74	410,76	55,10
TOCANTINS	Goianorte	271,93	162,18	236,92	31,26	815,79	109,44
TOCANTINS	Goiatins	687,90	410,27	599,34	79,09	2063,71	276,85
TOCANTINS	Guaraí	1364,80	813,98	1189,10	156,91	4094,41	549,27
TOCANTINS	Gurupi	4557,16	2717,92	3970,46	523,94	13671,47	1834,05
TOCANTINS	Ipueiras	105,08	62,67	91,55	12,08	315,25	42,29
TOCANTINS	Itacajá	394,07	235,03	343,34	45,31	1182,22	158,60
TOCANTINS	Itaguatins	313,39	186,91	273,04	36,03	940,17	126,12
TOCANTINS	Itapiratins	199,75	119,13	174,03	22,97	599,24	80,39
TOCANTINS	Itaporã do Tocantins	129,43	77,19	112,76	14,88	388,28	52,09
TOCANTINS	Jaú do Tocantins	202,99	121,06	176,86	23,34	608,97	81,69
TOCANTINS	Juarina	117,04	69,80	101,97	13,46	351,13	47,10
TOCANTINS	Lagoa da Confusão	692,79	413,19	603,60	79,65	2078,38	278,82
TOCANTINS	Lagoa do Tocantins	225,21	134,32	196,21	25,89	675,62	90,64
TOCANTINS	Lajeado	164,83	98,30	143,61	18,95	494,48	66,34
TOCANTINS	Lavandeira	100,57	59,98	87,62	11,56	301,70	40,47
TOCANTINS	Lizarda	199,22	118,81	173,57	22,90	597,65	80,18
TOCANTINS	Luzinópolis	162,65	97,00	141,71	18,70	487,94	65,46
TOCANTINS	Marianópolis do Tocantins	270,76	161,48	235,90	31,13	812,28	108,97
TOCANTINS	Mateiros	140,22	83,63	122,17	16,12	420,65	56,43
TOCANTINS	Maurilândia do Tocantins	180,88	107,88	157,59	20,80	542,64	72,80
TOCANTINS	Miracema do Tocantins	986,83	588,55	859,79	113,46	2960,50	397,16
TOCANTINS	Miranorte	710,92	424,00	619,39	81,73	2132,75	286,11
TOCANTINS	Monte do Carmo	416,03	248,12	362,47	47,83	1248,08	167,43

TOCANTINS	Monte Santo do Tocantins	120,28	71,74	104,80	13,83	360,85	48,41
TOCANTINS	Muricilândia	186,78	111,40	162,73	21,47	560,34	75,17
TOCANTINS	Natividade	491,08	292,88	427,86	56,46	1473,24	197,64
TOCANTINS	Nazaré	210,43	125,50	183,34	24,19	631,30	84,69
TOCANTINS	Nova Olinda	622,90	371,50	542,70	71,61	1868,69	250,69
TOCANTINS	Nova Rosalândia	224,04	133,62	195,20	25,76	672,12	90,17
TOCANTINS	Novo Acordo	227,87	135,90	198,53	26,20	683,60	91,71
TOCANTINS	Novo Alegre	123,95	73,93	107,99	14,25	371,86	49,89
TOCANTINS	Novo Jardim	143,41	85,53	124,94	16,49	430,22	57,71
TOCANTINS	Oliveira de Fátima	58,79	35,06	51,22	6,76	176,36	23,66
TOCANTINS	Palmas	15512,90	9252,00	13515,73	1783,52	46538,70	6243,25
TOCANTINS	Palmeirante	314,61	187,64	274,11	36,17	943,83	126,62
TOCANTINS	Palmeiras do Tocantins	349,21	208,27	304,25	40,15	1047,64	140,54
TOCANTINS	Palmeirópolis	406,14	242,22	353,85	46,69	1218,42	163,45
TOCANTINS	Paraíso do Tocantins	2689,64	1604,12	2343,37	309,23	8068,91	1082,46
TOCANTINS	Paraná	556,03	331,62	484,45	63,93	1668,09	223,78
TOCANTINS	Pau D'Arco	256,78	153,15	223,72	29,52	770,34	103,34
TOCANTINS	Pedro Afonso	711,18	424,16	619,62	81,76	2133,55	286,22
TOCANTINS	Peixe	617,79	368,46	538,26	71,03	1853,38	248,63
TOCANTINS	Pequizeiro	289,31	172,55	252,06	33,26	867,93	116,43
TOCANTINS	Pindorama do Tocantins	237,27	141,51	206,73	27,28	711,82	95,49
TOCANTINS	Piraquê	160,68	95,83	139,99	18,47	482,04	64,67
TOCANTINS	Pium	402,05	239,78	350,29	46,22	1206,14	161,81
TOCANTINS	Ponte Alta do Bom Jesus	244,56	145,85	213,07	28,12	733,67	98,42
TOCANTINS	Ponte Alta do Tocantins	423,15	252,37	368,67	48,65	1269,45	170,30
TOCANTINS	Porto Alegre do Tocantins	165,20	98,53	143,93	18,99	495,60	66,49

TOCANTINS	Porto Nacional	2801,15	1670,63	2440,52	322,05	8403,45	1127,34
TOCANTINS	Praia Norte	444,62	265,18	387,38	51,12	1333,87	178,94
TOCANTINS	Presidente Kennedy	196,24	117,04	170,98	22,56	588,72	78,98
TOCANTINS	Pugmil	141,33	84,29	123,14	16,25	424,00	56,88
TOCANTINS	Recursolândia	225,58	134,54	196,54	25,93	676,74	90,79
TOCANTINS	Riachinho	244,72	145,95	213,21	28,13	734,15	98,49
TOCANTINS	Rio da Conceição	110,98	66,19	96,69	12,76	332,95	44,67
TOCANTINS	Rio dos Bois	149,41	89,11	130,18	17,18	448,24	60,13
TOCANTINS	Rio Sono	343,79	205,04	299,53	39,53	1031,38	138,36
TOCANTINS	Sampaio	245,94	146,68	214,28	28,28	737,81	98,98
TOCANTINS	Sandolândia	179,55	107,08	156,43	20,64	538,65	72,26
TOCANTINS	Santa Fé do Araguaia	394,71	235,41	343,90	45,38	1184,14	158,85
TOCANTINS	Santa Maria do Tocantins	179,71	107,18	156,57	20,66	539,13	72,32
TOCANTINS	Santa Rita do Tocantins	124,59	74,31	108,55	14,32	373,77	50,14
TOCANTINS	Santa Rosa do Tocantins	255,72	152,51	222,80	29,40	767,15	102,91
TOCANTINS	Santa Tereza do Tocantins	150,63	89,84	131,24	17,32	451,90	60,62
TOCANTINS	Santa Terezinha do Tocantins	134,37	80,14	117,07	15,45	403,11	54,08
TOCANTINS	São Bento do Tocantins	279,37	166,62	243,40	32,12	838,11	112,43
TOCANTINS	São Félix do Tocantins	83,56	49,83	72,80	9,61	250,67	33,63
TOCANTINS	São Miguel do Tocantins	636,08	379,36	554,19	73,13	1908,24	255,99
TOCANTINS	São Salvador do Tocantins	163,18	97,32	142,17	18,76	489,54	65,67
TOCANTINS	São Sebastião	252,85	150,80	220,30	29,07	758,54	101,76

	do Tocantins						
TOCANTINS	São Valério	213,51	127,34	186,03	24,55	640,54	85,93
TOCANTINS	Silvanópolis	285,86	170,49	249,05	32,86	857,57	115,04
TOCANTINS	Sítio Novo do Tocantins	482,52	287,78	420,40	55,48	1447,56	194,19
TOCANTINS	Sucupira	103,44	61,69	90,12	11,89	310,31	41,63
TOCANTINS	Taguatinga	879,04	524,27	765,87	101,06	2637,12	353,77
TOCANTINS	Taipas do Tocantins	113,27	67,55	98,69	13,02	339,81	45,59
TOCANTINS	Talismã	147,39	87,91	128,42	16,95	442,18	59,32
TOCANTINS	Tocantínia	397,10	236,84	345,98	45,66	1191,31	159,82
TOCANTINS	Tocantinópolis	1216,99	725,82	1060,31	139,92	3650,96	489,78
TOCANTINS	Tupirama	98,86	58,96	86,14	11,37	296,59	39,79
TOCANTINS	Tupiratins	138,89	82,83	121,01	15,97	416,66	55,90
TOCANTINS	Wanderlândia	618,22	368,71	538,63	71,08	1854,66	248,81
TOCANTINS	Xambioá	614,50	366,49	535,39	70,65	1843,50	247,31

Anexo 4.1 Toneladas de RSU por departamento de tipo de compuesto en la amazonia colombiana

Etiquetas de departamento	Suma de papel	Suma de vidrio	Suma de organica	Suma de otros	Suma de plastico	Suma de metal
Amazonas	1.768	1.094	5.538	796	1.547	212
Caquetá	11.888	7.356	37.230	5.350	10.402	1.427
Guainía	1.937	1.199	6.067	872	1.504	232
Guaviare	2.403	1.487	7.526	1.081	2.103	288
Putumayo	9.522	5.891	29.819	4.285	8.331	1.143
Vaupés	750	464	2.348	337	317	90
Vichada	2.028	1.255	6.352	913	1.775	243
Total general	30.296	18.746	94.881	13.633	25.979	3.636

Anexo 4.2 Toneladas de RSU por estado de tipo de compuesto en la amazonia brasileña

estados	Suma de papel	Suma de otros	Suma de vidrio	Suma de plastico	Suma de organica	Suma de metal
ACRE	46.204	18.595	27.556	40.255	138.612	5.312
AMAPÁ	44.090	17.744	26.296	38.414	132.270	5.069
AMAZONAS	216.896	87.291	129.358	188.972	650.687	24.937
PARÁ	452.516	182.117	269.884	394.258	1.357.548	52.026
RONDÔNIA	93.421	37.598	55.717	81.393	280.262	10.741
RORAIMA	30.646	12.334	18.278	26.701	91.939	3.523
TOCANTINS	82.665	33.269	49.302	72.022	247.994	9.504
Total general	966.437	388.947	576.390	842.015	2.899.311	111.111

Anexo 5

Bioenergía a partir de residuos sólidos en el Amazonas de Colombia y Brasil

Andres Sanchez, Samuel Calderón, Yiselle Acuña, German López.

RESUMEN

Habitualmente, los combustibles fósiles y la energía hidráulica han sido los principales elementos para la generación de energía, sin embargo, el nerviosismo por la situación ambiental ha venido en aumento, esto ha obligado a buscar nuevas alternativas como lo es la generación de energía a través de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) mediante los gases generados por la descomposición anaeróbica de los mismos (biogás). El presente artículo evalúa los potenciales energéticos teóricos y técnicos contenidos en los RSU del Amazonas de Colombia y Brasil, enfocándose en la transformación a bioenergía y en el beneficio en dicha región que no se encuentra interconectada.

Palabras clave: energías, biogás, RSU, amazonia de Colombia y Brasil, potencial teórico, potencial técnico.

Bioenergy from solid waste in the Amazon of Colombia and Brazil

Abstract

Usually, fossil fuels and hydraulic energy have been the main elements for the generation of energy, however, nervousness about the environmental situation has been increasing, this has forced us to look for new alternatives such as energy generation through Urban Solid Waste (RSU) through the gases generated by their anaerobic decomposition (biogas). This article evaluates the theoretical and technical energy potentials contained in the MSW of the Amazon of Colombia and Brazil, focusing on the transformation to bioenergy and the benefit in that region that is not interconnected.

Key words: energy, biogas, USW, Amazon of Colombia and Brazil, theoretical potential, technical potential.

Introducción

Usualmente para la generación de energía se utilizan recursos no renovables como el carbón, el petróleo, el agua y el gas natural. Pero con el crecimiento de la demanda de energía y el abuso de estos recursos ha tenido grandes impactos ambientales, originando una búsqueda de energías alternativas como lo es el biogás generado a través de RSU.

La región del Amazonas de Colombia y Brasil presenta una problemática energética a no estar interconectada con la red energética de sus respectivos países así se ve expresado en el proyecto de investigación Energización de las Zonas no Interconectadas a Partir de las Energías (Esteve, 2011), dicho esto, para determinar si la generación de biogás puede convertirse en una alternativa se evaluarán los datos suministrados en la tesis de (Sanchez & Calderon, 2020).

Metodología

Determinar el número de habitantes que se encuentran en la región amazónica de Colombia y Brasil para ello se recurre a los censos oficiales de los países, para el caso de Colombia la información fue suministrada por el DANE y para Brasil por el IBGE como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Población Colombia y Brasil.

País	Población
Colombia	1.215.446
Brasil	18.142.207
Total	19.357.653

Fuente: (DANE, 2018) y (IBGE, 2016)

Para determinar la producción promedio de RSU generados por habitante en la región del Amazonas de Colombia y Brasil se usan en los datos suministrados por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) en el caso de la Amazonia de Colombia, por otro lado, para la Amazonia de Brasil se tiene en cuenta la información documentada por la Associação Brasileira das Empresas Limpeza Pública (Abrelpe). Ambos son instituciones que regulan la información de los RSU en cada país, esto da como resultado la siguiente tabla.

Tabla 2. Producción RSU per capita

País	Producción RSU per cápita T/AÑO
Colombia	0,16
Brasil	0,32
Total	0,48

Fuente: (Abrelpe, 2017) y (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017)

A la hora de clasificar los RSU por tipo de compuesto se toman estudios realizados por la Universidad Nacional Agraria de la Selva, la Universidad de la Amazonía y el Ministério do Meio Ambiente de Brasil estos evalúan el porcentaje de clasificación física de los RSU, los datos se cotejan entre si y se obtiene un promedio como se muestra a continuación.

Tabla 3. Porcentaje por tipo de residuo solido urbano, valor típico en la región amazónica de Brasil y Colombia.

COMPUESTO	PAPEL	VIDRIO	PLASTICO	METAL	ORGANICA	OTROS	TOTAL
PORCENTAJE	16,70%	9,96%	14,55%	1,92%	50,10%	6,72%	100%

Fuente: elaboración propia con datos de (Ministério do Meio Ambiente, 2018), (Marquez & Jasmine, 2017) y (UNAP,2018)

Con estos datos es posible determinar el porcentaje por tipo de RSU en la amazonia de Colombia y Brasil, Para ello se multiplica el porcentaje obtenido en la tabla anterior por el total de RSU en tonelada año encontrada multiplicando el valor per cápita por número de habitantes.

Para determinar el poder calorífico de los residuos mediante el libro Desechos Sólidos, Principios de Ingeniería y Administración donde se da un porcentaje de kilo calorías por kilogramo de compuesto, esto a multiplicarlo por las toneladas de elemento seco da el potencial teórico energético de la amazonia de Colombia y Brasil (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen , 1982).

Para determinar el potencial energético técnico se recurre a la siguiente ecuación obtenida de la monografía Determinación del Potencial energético de la Biomasa Contendida en los RSU del Amazonas colombo – brasileño. La ecuación tiene en cuenta el potencial energético teórico, el cual se haya multiplicando la cantidad de RSU por el poder calorífico inferior de cada uno de los compuestos que conforman los residuos sólidos urbanos, esto se muestra en detalle en la Tabla 5.

Ecuación 1. Potencial Energético Técnico (Sánchez, Calderon, 2020).

$$PE_{tec} = PE_{teo} \times R_s \times \eta \quad (1)$$

Donde:

PE_{tec} : Potencial energético técnico [T]/Año]

PE_{teo} : Potencial energético teórico [T]/Año]

R_s : Porcentaje de residuos que son recolectados.

η : Rendimiento de transformación de energía termicá a eléctrica.

La cantidad real de residuos aprovechables para el caso de Colombia es del 60% (UPME - UNAL, 2018) y para el caso de Brasil es del 59.1% (Daniel Mello, 2020).

El porcentaje de transformación de energía eléctrica es el dado por el ciclo más óptimo para la generación de energía eléctrica, para ello se tienen en cuenta algunos aspectos como la disponibilidad de la maquinaria y si el proceso de transformación es el más óptimo y se adapta al biogás generado por los RSU.

El proceso de transformación para convertir los residuos sólidos en energía eléctrica se manifiesta en el siguiente esquema:

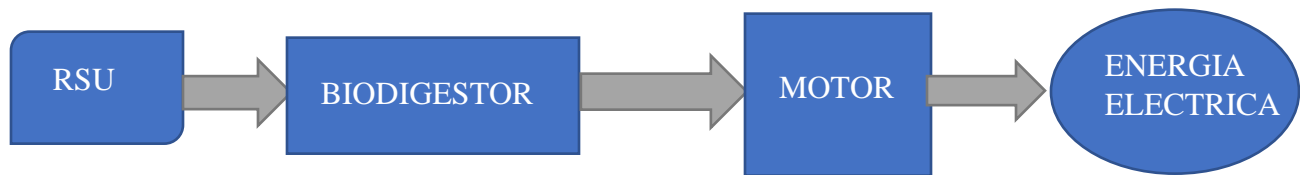


Ilustración 1 proceso del biogás.

Fuente: Elaboración propia.

Los residuos sólidos son homogenizados en un mezclador antes de entrar al biodigestor en el digestor se produce agitación continua, se mantiene una temperatura y una presión determinadas para maximizar la producción de biogás, este se capta y pasa a un motor de combustión interna con un generador de electricidad, este proceso se aprecia de mejor manera en el siguiente diagrama.

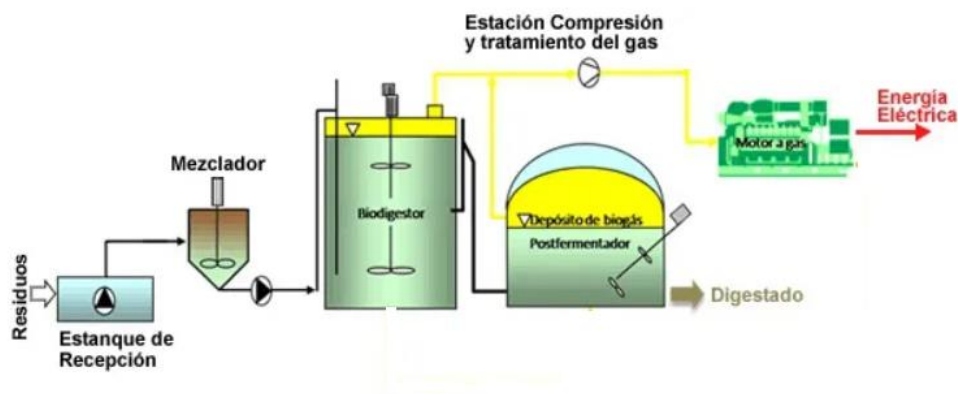


Ilustración 2 proceso del biogás.

Fuente: (El Blog Verde, 2016)

Selección de ciclo a usar: se evalúa la tecnología disponible para la cantidad de RSU que puede llegar a ser tratado en la Amazonia de Colombia y Brasil esta información se obtiene del artículo Biomass for Heat and Power; Technology (IRENA, 2015), a su vez se debe determinar mediante consulta bibliográfica el porcentaje de la eficiencia del ciclo a utilizar.

Como último paso se busca obtener una equivalencia del potencial energético técnico con el consumo de energía de la región de la amazonia de Colombia y Brasil, para ello se debe multiplicar el consumo per capita por la cantidad de habitantes, a fin de cotejar cuantas personas podrían ser abastecidas de energía eléctrica a partir de los RSU.

Obtención de Hallazgos

Se determina el porcentaje por tipo de RSU en la amazonia de Colombia y Brasil, Para ello se multiplica el porcentaje obtenido en la tabla 3 por el total de RSU en toneladas año como se muestra a continuación.

Tabla 4. Clasificación física de RSU en la amazonía de Colombia y Brasil.

compuesto/país	PAPEL	VIDRIO	PLASTICO	METAL	ORGANICA	OTROS	TOTAL
Colombia	30.296	18.746	25.979	3.636	94.881	13.633	187.171
Brasil	966.437	576.390	842.015	111.111	2.899.311	388.947	5.784.211
Total	996.733	595.136	867.994	114.747	2.994.192	402.580	5.971.382

Fuente: (sanchez & calderón, 2020)

Se determina el poder calorífico de los residuos usando el libro Desechos Sólidos, Principios de Ingeniería y Administración en donde se da un porcentaje de kilo calorías por kilogramo de compuesto, esto a multiplicarlo por las toneladas de elemento seco da el potencial teórico energético de la amazonia de Colombia y Brasil (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen , 1982).

Tabla 5. Resumen potencial energético teórico de la amazonía de Colombia y Brasil

compuesto	tonelada año seco	poder calorífico en kcal/kg	Poder calorífico en kcal/tonelada	Total, en kcal	Total, en mega calorías/año	Potencial energético teórico TJ/año
Colombia	122.365	13.489	13.489.020	3,335E+11	333.533	1.396
Brasil	3.483.458	13.489	13.489.020	9,140,E+12	9.140.229	38.268

Fuente: (sanchez & calderón, 2020)

El ciclo a usar es un ciclo diésel mediante un gasificador o digestor con motor de combustión interna, debido a que la tecnología es de fácil acceso y según Biomass for Heat and Power; Technology Brief (IRENA, 2015) es de fácil adaptación para la proporción de RSU que contiene la amazonía de Colombia y Brasil. El porcentaje para este tipo de ciclo es del (21-25) % (Baratieri, Baggio, bocio, Grigante, y longo 2009).

Tabla 6 potencial técnico TJ/año

País	Potencial teórico TJ/año	% de residuos que se pueden recolectar	Rendimiento de transformación energía	Potencial técnico TJ/año
Colombia	1.396	60%	23%	193
Brasil	38.268	59%	23%	5202
Total	39.664	70%	23%	5395

Fuente: (Sánchez, Calderón, 2020)

Se realiza una comparación entre el potencial energético y el consumo de energía per cápita en cada país se crean las siguientes tablas que cuantifican el consumo de energía en kW/h, es decir, el consumo energético que se da al usar electrodomésticos, todos los bombillos de la casa o apartamento y en general todos los dispositivos que deben ser conectados a una toma de energía para que funcionen. Los datos son obtenidos de IndexMundi y el Banco Mundial para luego pasarlos a TJ/año, en Colombia el consumo per cápita de energía para el año 2018 cerró con un valor de 1159kWh anual (la republica, 2019). Por otro lado, en Brasil cada habitante consume un promedio de 2414kWh al año (indexmundi, 2018).

Tabla 7. Panorama energético colombia/Brasil.

	COLOMBIA	BRASIL
Consumo percapita de energía (TJ/ año)	0,00417	0,00869
Potencial RSU (TJ/año)	193	5.202
Personas	46.186	598.570

Fuente: (Sanchez, Calderon, 2020)

La tabla 7 muestra el consumo energético per cápita de los habitantes de Colombia y Brasil en Tera Julios, al igual que el potencial técnico hallado en la tabla 6. Teniendo el consumo de cada persona y la cantidad de energía que pueden generar los RSU es posible obtener mediante la relación de estos datos la cantidad de gente que es capaz de beneficiarse de en materia energética gracias a los RSU.

Tabla 8. Comparación población energía

	COLOMBIA	BRASIL
Población región Amazonía de Colombia	1.215.446	18.142.207
Población del estado Amazonas capaz de abastecer con la energía contenida en los RSU	46.186	598.570
Relación Poblacion/Energía RSU	3,8%	3,3%

Fuente: (Sanchez, calderon.2020)

Ahora bien, si se comparan los valores de consumo energético de los habitantes de la Amazonía de Colombia y Brasil con el potencial energético que puede llegar a generar la biomasa contenida en los residuos sólidos urbanos en Colombia la energía generada alcanzaría a compensar el consumo promedio anual de 46,186 personas, una tercera parte de la población en el departamento del amazonas, la gestión adecuada de estos recursos y su aprovechamiento lograría brindar energía parcial a un departamento pequeño de manera sostenible dándole un uso práctico a residuos que actualmente son desaprovechados. Así mismo, en Brasil el potencial energético puede subsanar el consumo de 598.570 personas.

Conclusiones

En el presente artículo se revisó y se evaluó la investigación realizada en la monografía Determinación del Potencial Energético Contenido en los RSU del Amazonas de Colombia y Brasil (Sanchez, Calderon, 2020) lo cual permitió a través de un vistazo general ver la producción de residuos sólidos urbanos en los diferentes departamentos y/o estados de cada región, con base en esto se logró determinar la producción de residuos sólidos urbanos por habitante y por cada uno de los municipios que componen dicha región obteniendo una producción de RSU de 5,673,100 toneladas/año para Brasil y 195,881 toneladas / año para Colombia, la obtención del potencial teórico y técnico que para la Amazonia de Colombia es: POT TEO 1.396 TJ/año, POT TEC 225 TJ/año y para el caso de Brasil POT TEO 38.268 TJ/año, POT TEC 6.161 TJ/año. La energía contenida en estos residuos es capaz de abastecer a 644.756 personas al año. Esto demuestra que la biomasa como fuente de energía alternativa puede ser utilizada para dar un segundo uso a todos los residuos que son dispuestos en vertederos y botaderos sin tener una aplicación productiva, por lo contrario, el inadecuado manejo de estos puede generar numerosos problemas ambientales afectando los suelos y población que colinda las áreas de disposición. Finalmente, el potencial técnico de la biomasa contenida en los RSU del Amazonas obtenido en la presente investigación, fomenta la implementación de proyectos de distribución energética con fuentes como la biomasa debido al conocimiento y alcance técnico que poseen los residuos, creando la oportunidad de acceder a una energía renovable que no genera emisiones de combustión y se caracteriza por contribuir al cuidado del medio ambiente y el reciclaje.

Referencias

- Abrelpe. (2017). QUANTIDADE DE RSU COLETADOS NA REGIÃO SUL. En Abrelpe, *PANORAMA DOS RESIDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2017* (págs. 40 - 57). Rio de Janeiro: Abrelpe.
- DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. Bogotá: DANE.
- Daniel Mello. (29 de Marzo de 2020). *Un estudio muestra que los vertederos siguen creciendo en Brasil*. Obtenido de Agência Brasil: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/es/geral/noticia/2018-09/en-2017-se-enviaron-13-millones-de-toneladas-de-residuos-vertederosv>
- Esteve, N. (2011). ENERGIZACIÓN DE LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS A PARTIR DE LAS ENERGÍAS. (págs 12-20). Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana.
- IBGE. (2016). *Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação*. Brasilia: IBGE.

- IRENA. (2015). Solid Biomass for Heat and Power. Berlín: IRENA. Biomass for Heat and Power; Technology Brief.
- IndexMundi. (22 de Noviembre de 2019). *indexmundi.com*. Obtenido de Electricity consumption per capita by country: <https://www.indexmundi.com/map/?v=81000>
- La República. (19 de Febrero de 2019). Obtenido de El consumo per cápita de energía fue de 1.159 kWh durante el año pasado: <https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/el-consumo-per-capita-de-energia-fue-de-1159-kwh-durante-el-ano-pasado-2829778>
- Marquez, S., & Jasmine, E. (2017). En S. Marquez, & E. Jasmine, *Propuesta de un Programa de Manejo de Residuos Sólidos en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana* (págs. 38-41). Lima: Universidad Agraria de la Selva.
- Ministério do Meio Ambiente. (2018). Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Amazônia: A metodologia e os resultados de sua aplicação. Retrieved from http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/girs_amazonia_1.pdf
- Sanchez, A., & Calderon, S. (2020). Determinación del potencial energético de la biomasa contenida en los Residuos Sólidos Urbanos en el Amazonas Colombo-Brasileño . BOGOTA D.C.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2017). *Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos*. Bogotá D.C: SSPD.
- Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen, R. (1982). Desechos sólidos, principios de ingeniería y administración. MERIDA, VENEZUELA: ARMANDO CUBILLOS.
- UPME - UNAL. (2018). Estimación del potencial de Biogás con biomasa residual en Colombia. En U. UNAL, *ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE CONVERSIÓN A BIOGÁS DE LA BIOMASA EN COLOMBIA Y SU APROVECHAMIENTO* (págs. 46-50). Bogotá: TECSOL.
- UNAP. (2018). En c. a. universitario, *plan de manejo de residuos solidos no peligrosos de la amazonia del peru* . Loreto- peru : universidad nacional dl amazonas de peru .