



CONGRESO NACIONAL
DE **INGENIERÍA**

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

Panorama en Colombia para el uso de tecnologías de conversión termoquímica de Residuos Sólidos Urbanos – RSU. en Energía Eléctrica

Ing. Fabio Alberto Aldana



AGENDA



- Actividades del servicio publico de aseo
- Componentes de la tarifa del servicio publico de aseo
- Algunos aspectos del marco legal de la prestación del servicio publico de aseo
- Conceptos y fundamentos de economía circular
- Problemática en rellenos sanitarios y sitios de disposición final
- Pirámide de jerarquización en gestión de residuos solidos.
- Conceptos relacionados con Residuos Solidos Urbanos
- Tecnologías de conversión de RSU en energía eléctrica.
- Ley 1715 de 2014
- Categorización del operador de instalaciones de RSU, como agente del servicio de energía eléctrica.
- Aspectos fundamentales para la evaluación económica del proyecto.
- Escenarios de aplicación de las tecnologías y Conclusiones

Actividades del servicio público de Aseo

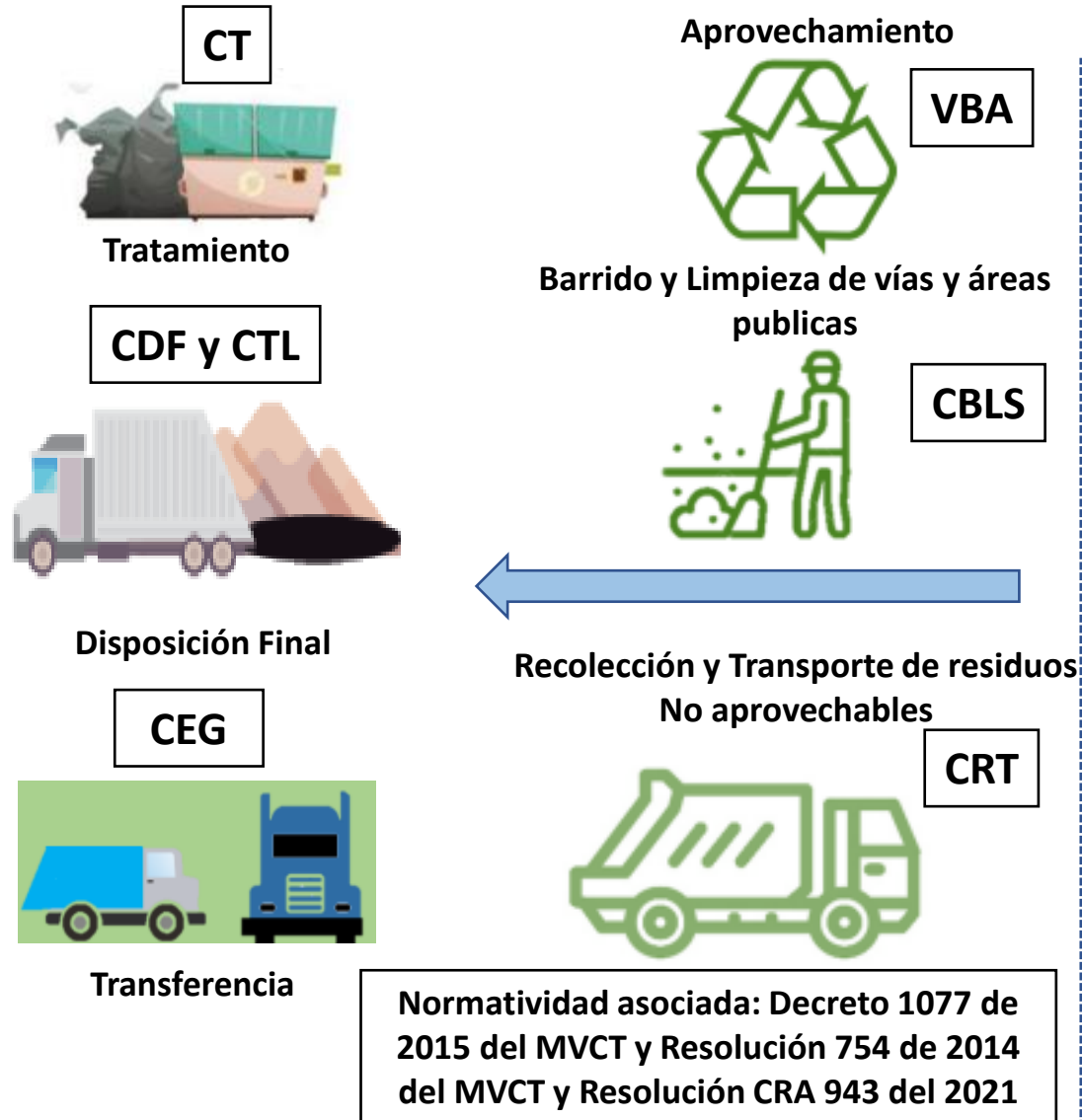


CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Normatividad asociada: Decreto 1077 de 2015 del MVCT y Resolución 754 de 2014 del MVCT y Resolución CRA 943 del 2021

Activities within a dashed box:

- Corte de césped, poda de árboles en las vías y áreas publicas**: Represented by an icon of a person mowing and a tree icon.
- Limpieza de playas**: Represented by an icon of a beach with an umbrella.
- Lavado de áreas públicas**: Represented by an icon of a person washing a public area.
- Instalación y Mantenimiento de Cestas**: Represented by an icon of a trash bin.
- CLUS**: Represented by an icon of a trash bin.



Área de prestación del servicio-APS

- Centroide
- Toneladas de residuos.
- Suscriptores-Facturación **CSS**
- Microrutas

Componentes de la tarifa en el marco de la CRA 720 de 2015



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



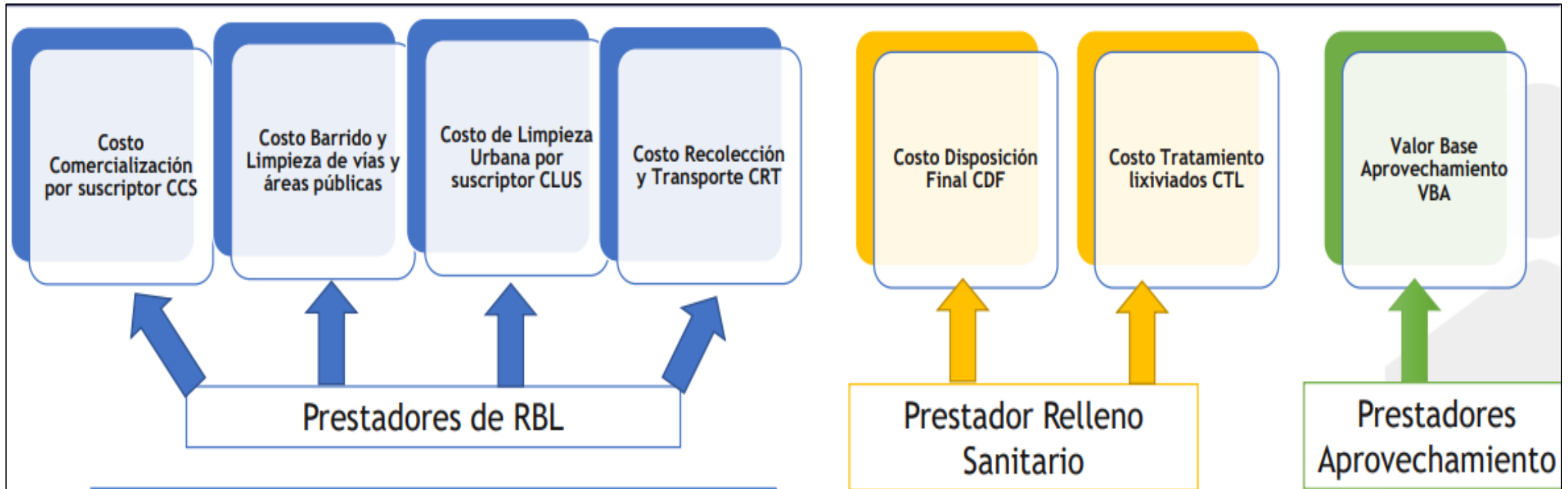
Componentes por prestador



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Algunos aspectos del marco legal de la prestación del servicio de aseo



- A partir de la Constitución de 1992, se define un modelo donde los residuos ordinarios se gestionan bajo el régimen del servicio público.
- Es necesario engranar la gestión nacional de residuos sólidos alrededor de este modelo.
- En el país se cuenta con una clara asignación de responsabilidades en la planeación, regulación, vigilancia y control.
- En el país no se cuenta con un marco institucional establecido para actividades de aprovechamiento, tratamiento biológico y tratamiento con fines de valorización energética.

Conceptos de economía circular



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



1

Modelos de valoración de residuos:

- Residuos son utilizados en aplicaciones diferentes
- Ejemplos:
 - Aprovechamiento energético de residuos
 - Reciclaje de materiales de envases
 - Compostaje de residuos orgánicos



2

Modelos circulares:

- Material es re-utilizados en la misma aplicación
- Ejemplos:
 - Re-uso de agua tratada
 - Escombros recuperado como grava



3

Modelos de extender la vida útil:

- Rediseño de productos y procesos (de menor impacto)
- Ejemplos:
 - Envases retornables
 - Fuentes de energía renovable
 - Producción mas limpia



4

Modelos de productos como servicios:

- Servicios son ofrecidos para compartir productos entre usuarios
- Ejemplos:
 - Bibliotecas publicas
 - Sistemas de transporte masivo



5

Modelos de plataforma:

- Uso de tecnología de información y data para optimizar sistemas
- Ejemplos:
 - Agricultura de precisión
 - Uber, Airbnb

Fuente: adaptado de OCDE, 2019

Fundamentos de la economía circular



- El residuo se convierte en recurso
- Un segundo uso
- La reutilización
- La reparación
- El reciclaje
- La valorización
- Economía de la funcionalidad

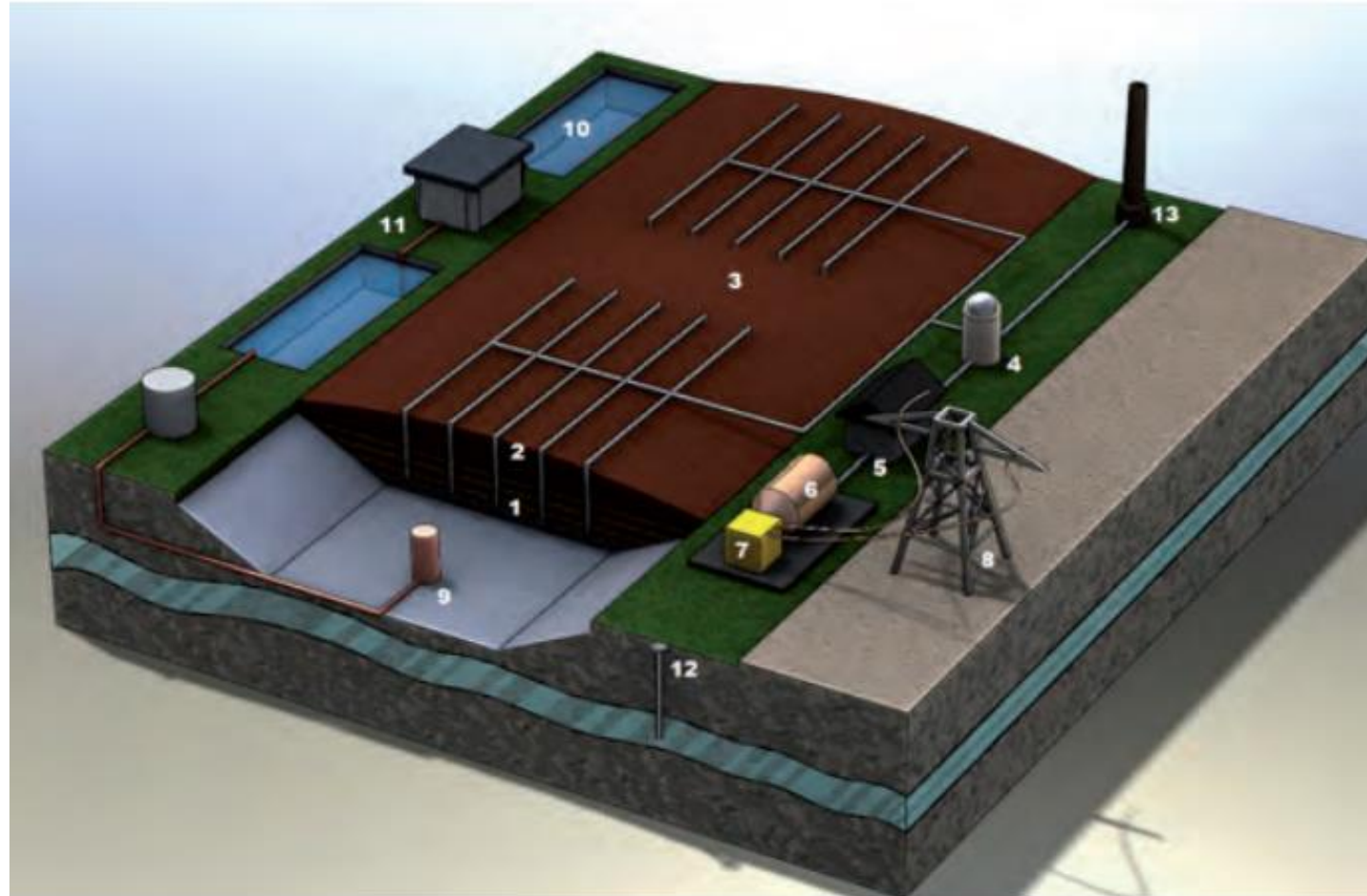
Relleno sanitario con producción de biogás para generación eléctrica



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Problemática en rellenos sanitarios. Colombia



- En general los residuos representan para los municipios un problema en diversos sitios de disposición final.
- Recientemente la Defensoría del Pueblo alertó por la situación de la operación y disposición de residuos en sitios de disposición final.
- Muchos rellenos sanitarios han colapsado y siguen funcionando sin adecuaciones técnicas
- Amenazas de tragedia ambiental
- Falta de capacidad en rellenos sanitarios
- Proliferación de gallinazos e insectos
- contaminación del agua, el aire y los suelos

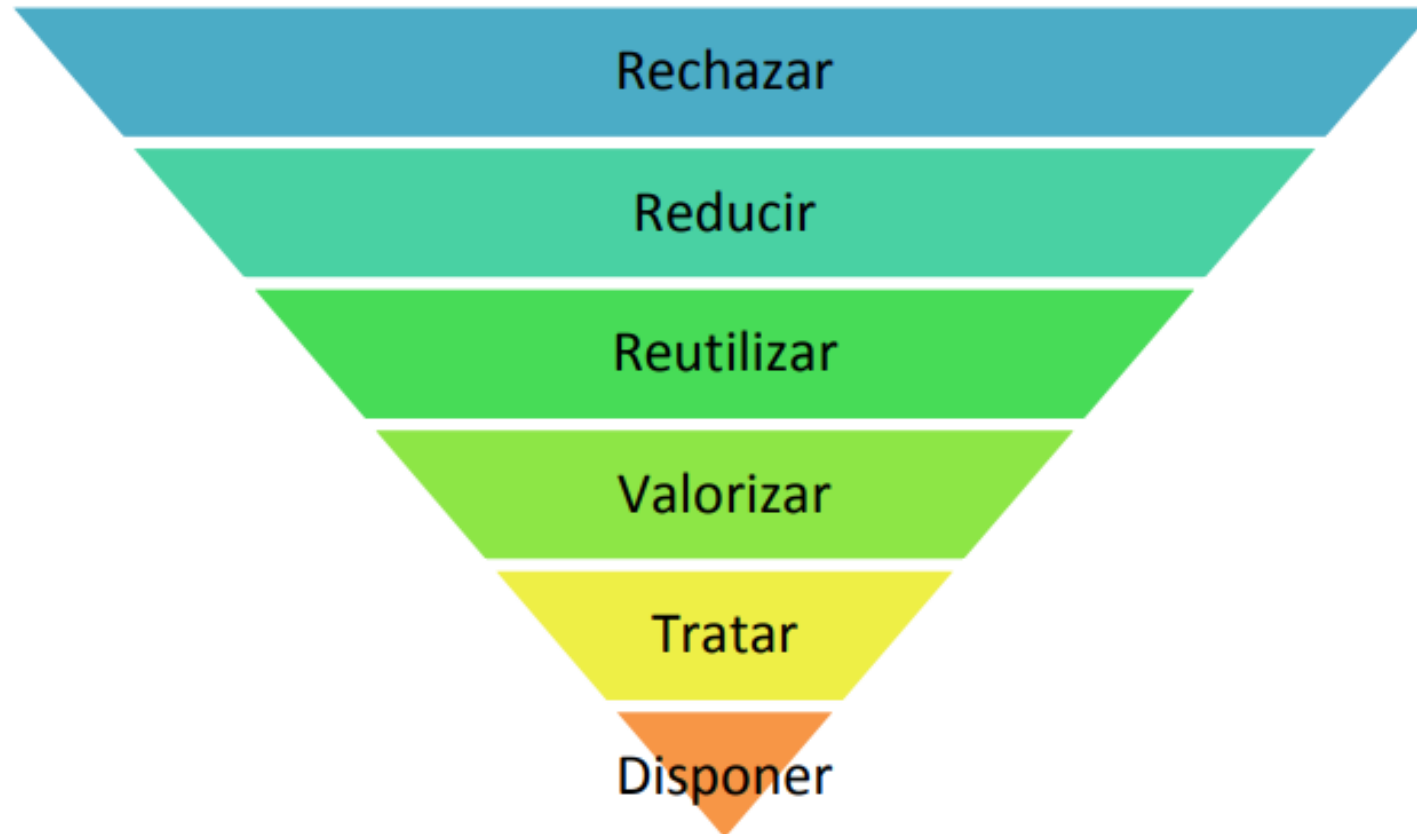
Pirámide de jerarquización en gestión de residuos



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Conceptos relacionados con la jerarquización en la gestión de residuos



- Los niveles de nitrógeno, azufre y ceniza, son superiores respecto de biomasa lignocelulósica, creando agentes contaminantes (óxidos de nitrógeno y de azufre).
- Relativamente bajos contenidos energéticos y alto contenido de humedad
- Prevención. Conjunto de medidas adoptadas en la fase de concepción y diseño, de producción, de distribución y de consumo de una sustancia, material o producto
- Preparación para reutilización. Comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna transformación previa.
- Reciclado. Toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias.
- Valorización. Cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular

Conceptos relacionados con los RSU



- Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) pueden definirse como los desechos generados en la comunidad urbana, provenientes de los procesos de consumo y desarrollo de las actividades humanas, y que normalmente son sólidos a temperatura ambiente
- Las características físicas más importantes de los RSU incluyen: peso específico; contenido de humedad; tamaño de partícula y distribución del tamaño; capacidad de campo y porosidad de los residuos compactados.
- los RSU pueden ser aprovechados para generación de energía a través de procesos bioquímicos (digestión aeróbica y anaeróbica) y procesos termoquímicos (incineración, gasificación y pirólisis)..
- Cada día se genera residuos sólidos urbanos (RSU) en las ciudades que son transportados a vertederos. Éstos son enterrados, y con el tiempo terminan generando gas metano que puede llegar a la atmósfera, donde se transforma en dióxido de carbono, principal causante del calentamiento a nivel global.
- Dicho metano puede ser aprovechado para la generación de energía, evitando el grave perjuicio que supone su liberación a la atmósfera

Opciones de conversión térmica de RSU

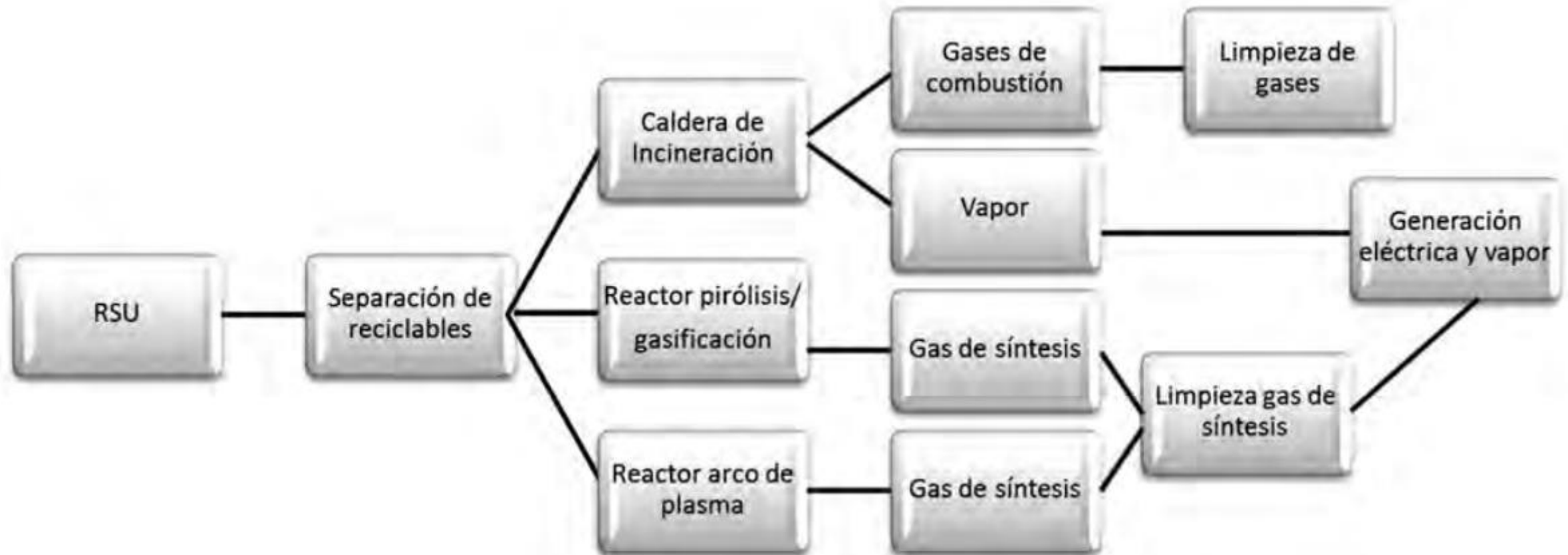


CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



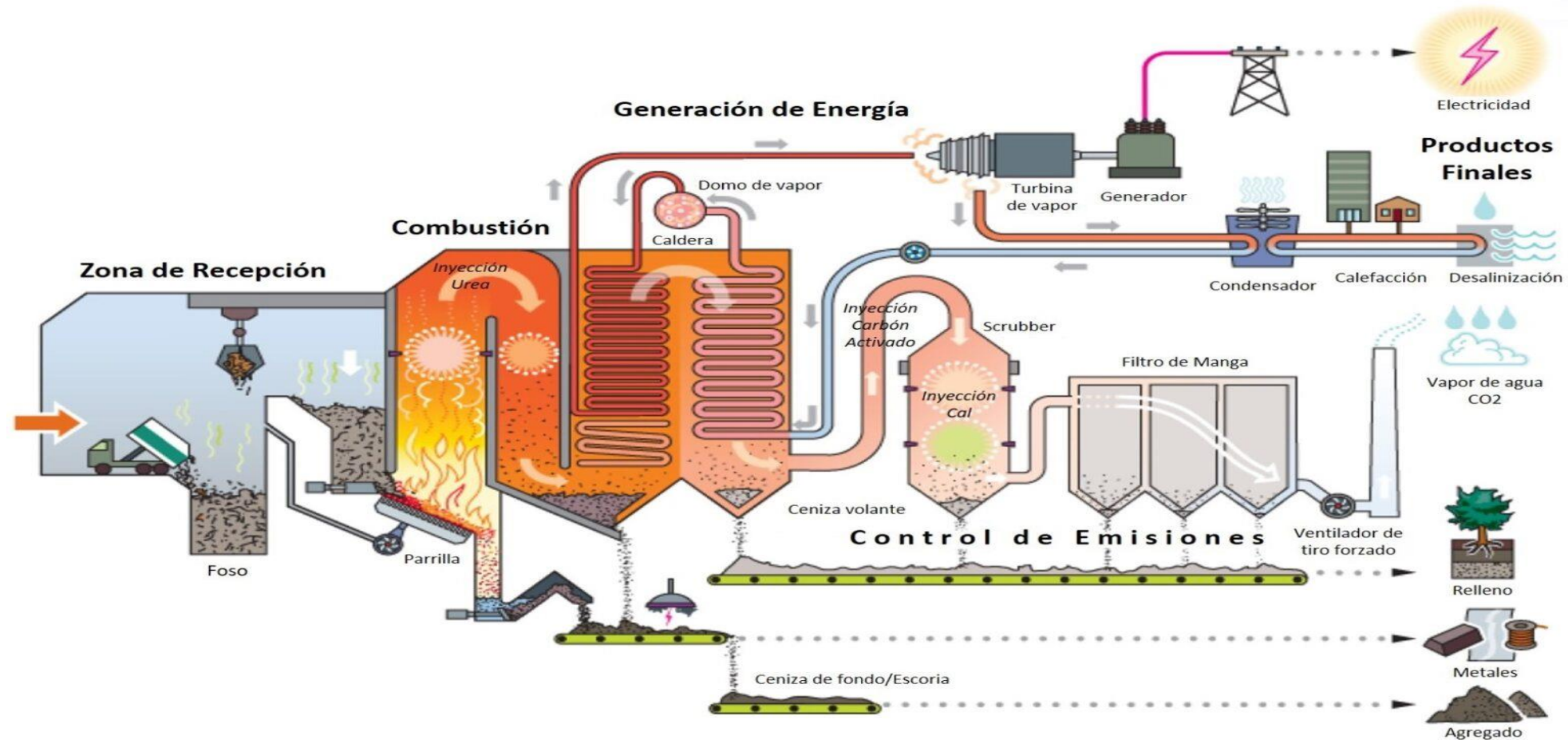
Esquema de una planta de incineración y generación de energía eléctrica, a partir de RSU



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Conceptos relacionados con la incineración de RSU.



- Instalación dónde se produce la combustión controlada a temperaturas muy elevadas (más de 850°C) de la fracción rechazo (contenedor gris) o de los rechazos de otras plantas de tratamiento.
- Se queman los residuos de manera controlada para obtener energía
- Algunos de los materiales no alcanzan su punto de fusión o se crean algunos productos residuales (escorias que representan un 20-25% en peso de los residuos y aquel material que queda en el horno y no puede ser quemado, como cerámicas, vidrios, objetos metálicos, entre otros).
- La materia que entra en la planta incineradora se transforma en cenizas, escorias y gases, obteniendo la energía de la combustión para ser transformada en electricidad.
- Proceso de la gestión de residuos, cuya finalidad es inhabilitar la carga peligrosa de los desechos mediante el uso de altas temperaturas cuyo resultado es la generación de materia sólida inerte y sin características peligrosas (ceniza).
- De este tratamiento se obtiene la energía de la combustión que se puede transformar en electricidad

Esquema de una planta de gasificación Térmica de RSU

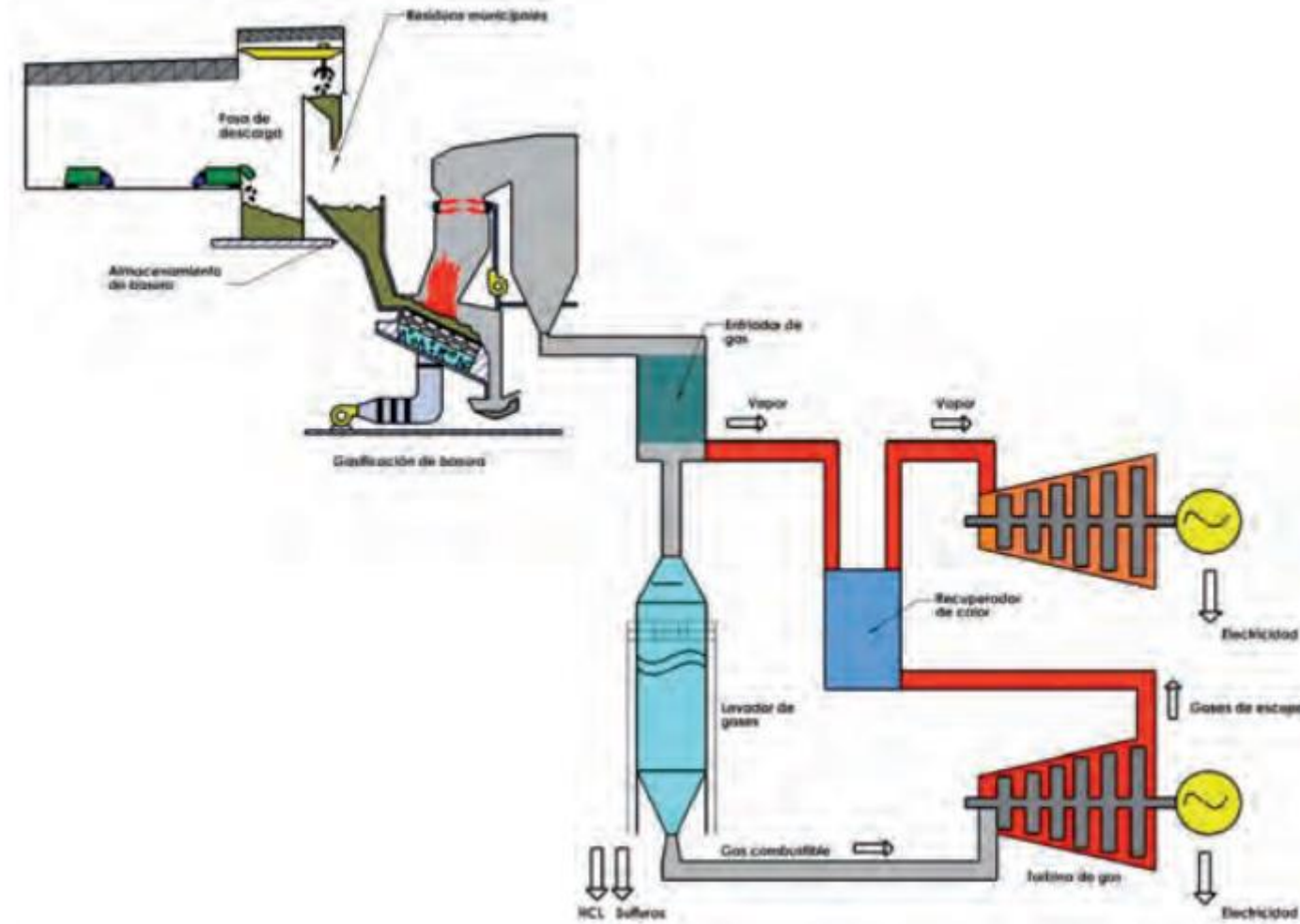


CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Conceptos relacionados con la gasificación de RSU



- Las materias primas se convierten en gas (junto con subproductos como cenizas y biocarbón) en condiciones de alta temperatura (generalmente sobre los 600°C) y un suministro muy controlado de oxígeno parcial y / o vapor.
- La gasificación es una tecnología de conversión de residuos en energía. Toma materias primas de desecho y aplica calor, oxígeno y presión para convertirlas en un gas de síntesis.
- Transformación termoquímica de materias primas residuales (materiales a base de carbono) en un gas de síntesis.
- El gas luego se purifica para producir un gas de síntesis que luego se puede convertir en una forma de energía útil con un alto nivel de eficiencia de conversión.
- El syngas se compone principalmente de monóxido de carbono, hidrógeno y dióxido de carbono, con contaminantes; además, tiene el valor calorífico suficiente para ser quemado y transformado en energía, pero requiere sistemas avanzados de control de la contaminación.

Esquema de gasificación con arco de plasma

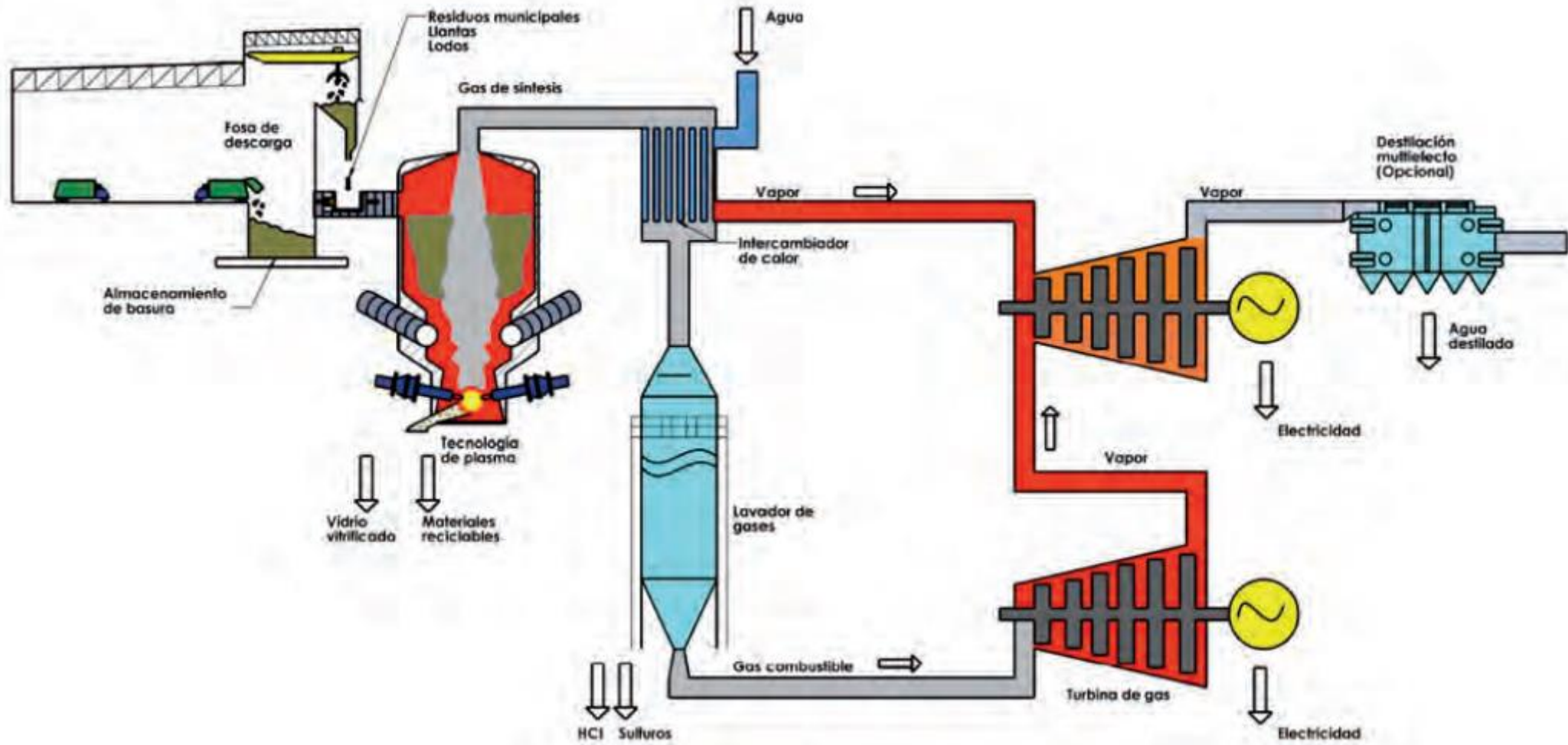


CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Conceptos relacionados con la gasificación de RSU con arco de plasma



- El plasma constituye una mezcla de electrones, iones y partículas neutras, que es obtenido al someter un gas a altas temperaturas.
- Proceso que convierte materia orgánica en gas sintético, electricidad y escoria mediante el uso de plasma.
- Un soplete de plasma alimentado con un arco eléctrico es utilizado para ionizar gas y catalizar la materia orgánica en gas sintético y residuos sólidos.
- Las temperaturas de trabajo varían entre 5.000°C y 15.000°C.
- En la gasificación se utiliza como fuente de calor la energía térmica contenida en el propio plasma a partir de la energía (normalmente eléctrica) consumida para la generación del mismo

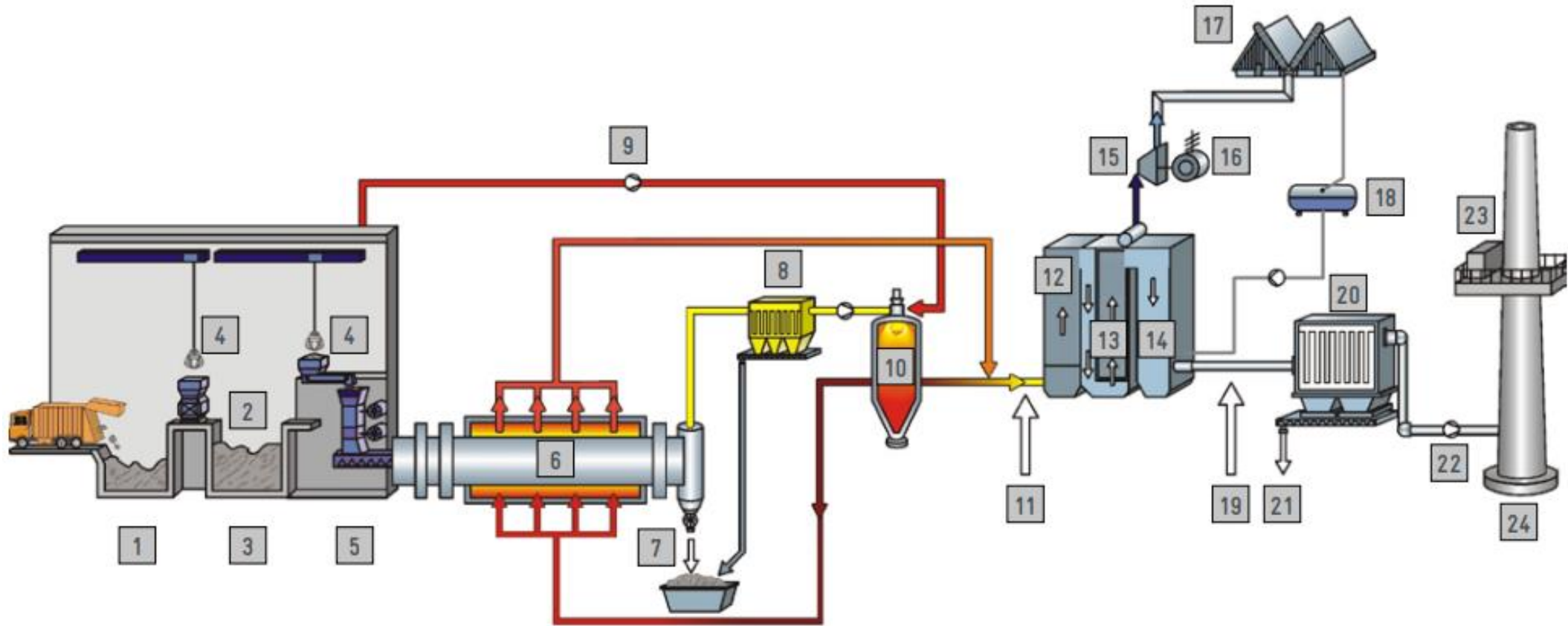
Esquema de pirólisis de RSU para generación de energía eléctrica



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Conceptos relacionados con la pirólisis de RSU.



- Los procesos de pirólisis se llevan a cabo bajo presión atmosférica, con temperaturas entre los 300 y los 600 °C y un ambiente inerte.
- La pirólisis rápida se caracteriza por realizarse en condiciones que favorecen altos coeficientes de transferencia de calor y tasas de calentamiento.
- El tiempo de residencia de los productos primarios de la pirólisis en el reactor está entre los 0,5 y los 10 segundos, lo cual permite maximizar el rendimiento del líquido.
- Para alcanzar las condiciones mencionadas, se hace uso de la transferencia de calor, la cual se logra mezclando a fondo las partículas de biomasa con un portador de energía inerte caliente como un lecho fluidizado.
- La pirolisis constituye un proceso de descomposición térmica del material orgánico, que se convierte en productos sólidos, líquidos y gaseosos.

Ley 1715 de 2014.

- Tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las Zonas No Interconectadas y en otros usos.
- Será considerado como FNCER el contenido energético de los residuos sólidos que no sean susceptibles de reutilización y reciclaje.
- Será considerado como FNCER el contenido energético tanto de la fracción biodegradable, como de la fracción de combustible de los residuos de biomasa.
- Será considerado como fracción combustible de los residuos aquella que se oxide sin aporte de energía una vez que el proceso de combustión se ha iniciado.
- Se faculta al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en colaboración con las Corporaciones Autónomas para fijar los objetivos de valorización energética para algunas tipologías concretas de residuos de interés energético a partir de criterios ambientales de la gestión de residuos, de sostenibilidad ambiental y económica.

Autogenerador a pequeña escala AGPE y generador distribuido (GD). Res CREG 174/21.



- Un autogenerador tiene la categoría de gran escala si la potencia máxima supera el límite establecido por la UPME con el fin de clasificar a los autogeneradores..
- Se establecen los lineamientos para la comercialización de los excedentes producidos para dos tipos de generadores: los generadores distribuidos (GD) y los autogeneradores a pequeña escala (AGPE).
- Los generadores distribuidos tienen como finalidad exclusiva entregar la totalidad de su producción a una red, es decir, nunca van a consumir energía de la red de conexión y la medición de su producción se debe realizar unidireccionalmente.
- Los AGPE si contienen una red de consumo en su mismo sistema y el fin de su producción de energía es suplir su propia demanda..
- Un GD debe operar y vender su producción a precios de la bolsa de energía.
- Para el cálculo de la remuneración por parte de un AGPE, si no se emplean FNCER el precio va a corresponder al precio de bolsa. Si se usa FNCER, el precio va a estar determinado por ciertas reglas específicas de acuerdo con su capacidad instalada.

Autogenerador a gran escala AGGE. Res CREG 024/15.



- Un autogenerador tiene la categoría de gran escala si la potencia máxima supera el límite establecido por la UPME con el fin de clasificar a los autogeneradores.
- El autogenerador estará obligado a suscribir un contrato de respaldo con el OR o transportador al cual se conecte. Para este efecto, podrá hacerlo a través del comercializador que los atienda como usuario regulado o no regulado según corresponda.
- Los operadores de red deberán prestar el servicio de respaldo a los autogeneradores cuyas plantas se encuentren ubicadas en su mercado, cuando estos lo requieran.
- El autogenerador cumplirá las disposiciones establecidas en el Reglamento de Operación aplicables a los generadores de acuerdo con la entrega de energía excedente.
- El autogenerador a gran escala que quiera entregar excedentes de energía a la red deberá declararse como un usuario no regulado. El autogenerador deberá ser representado por un generador o un comercializador en el mercado mayorista, en cuyo caso las partes acordarán libremente las condiciones de dicha representación.
- El autogenerador que pueda garantizar energía firme con entregas de energía podrá acceder al pago del cargo por confiabilidad. Para efectos del cargo por confiabilidad y sin perder su naturaleza de autogenerador, tendrá que seguir las demás normas aplicables a los generadores del mercado mayorista.

Aspectos para la evaluación económica de proyectos de conversión termoquímica de RSU

COSTOS DE OPERACIÓN

- Costos fijos de operación
- Costos variables de operación (mantenimiento, operación de los sistemas de emisiones)
- Disposición de residuos de procesos

INGRESOS

- Ventas de electricidad, calor y vapor
- Comercialización de subproductos (metales recuperados, compost)



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Aspectos para la evaluación económica de proyectos de conversión termoquímica de RSU



- Factores de mercado y tasas actuales hacen que la producción y comercialización de calor y potencia, representen un reto
- Los factores más representativos para el cierre financiero del proyecto son el costo del combustible, el tamaño de la planta y la estabilidad en los ingresos.
- Uno de los factores primordiales del éxito de un proyecto consiste en la firmeza o continuidad en el tiempo del suministro de combustible.
- También se debe considerar la competitividad del mercado energético

Escenarios de aplicación de las tecnologías



- En municipios, para rebajar la carga del relleno sanitario, en particular aquellos con rellenos sanitarios con proximidad al final de la vida útil.
- Instalaciones de autogeneración a pequeña y a gran escala, en SIN y ZNI
- Generación de electricidad En Zonas no Interconectadas
- En sitios de rellenos sanitarios regionales
- Aplicación en esquemas de microrredes eléctricas
- Aplicación en esquemas de comunidades energéticas

Conclusiones



- En general el esquema regulatorio conduce al apoyo a la masificación de tecnologías de generación de energía eléctrica, a partir de RSU.
- Las planes integrales de manejo de residuos sólidos, economía circular, basura cero, etc, deben incluir buenas practicas en la gestión de residuos solidos, en cada una de las etapas del servicio publico de aseo.
- Los municipios, en particular aquellos con rellenos sanitarios con proximidad al final de la vida útil, requieren de alternativas de solución para sus planes integrales de manejo de residuos sólidos.
- Todos los proyectos de RSU para generación de electricidad deben ser evaluados bajo esquemas de análisis de factibilidad.
- Todos los proyectos de RSU para generación de electricidad deben garantizar la disponibilidad de la materia prima requerida.
- La tecnología de incineración, ha venido evolucionando, en particular con el cumplimiento de la normatividad ambiental
- La gasificación y pirolisis, no obstante sus beneficios, aun no pueden considerarse como tecnologías desarrolladas, a diferencia de la incineración.