

20 DOCUMENTO 19 FINAL

ANÁLISIS DE IMPACTO
NORMATIVO

PROYECTO

RECONOCIMIENTO DE LA OBLIGATORIEDAD DE CONTAR CON SISTEMAS DE EXTRACCIÓN, CAPTURA ACTIVA Y PASIVA PARA EL MANEJO DE GASES EN RELLENOS SANITARIOS DENTRO DE LAS TARIFAS DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO

WWW.CRA.GOV.CO



Comisión
de Regulación
de Agua Potable y
Saneamiento Básico

Documento Final

Análisis de Impacto Normativo - AIN

Experto Comisionado Líder
Germán Eduardo Osorio Cifuentes

Equipo de Trabajo Técnico:
Adriana Guerrero Rodríguez
Dayan Lizeth Bohórquez
Juan Andrés Rojano
Diana Sabogal Aguilar

Equipo de Trabajo Jurídico:
Juan Carlos Garay Forero
Juan Pablo Yáñez
Oscar Ortiz Lozano

Noviembre de 2019

COMPROMISO DE LA CRA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORES PRÁCTICAS REGULATORIAS

La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA, comprometida con mejorar la calidad de sus intervenciones regulatorias en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, se complace en publicar sus avances en la implementación de la Metodología de Análisis de Impacto Normativo – AIN, contenida en el documento CONPES 3816 de 2014.

Esta metodología busca identificar la herramienta, regulatoria o no regulatoria, más eficaz para dar solución a una situación problemática, a los menores costos para la sociedad. El eje fundamental de este proceso es la participación de los diferentes afectados por el problema, como empresas de servicios públicos, usuarios, entidades gubernamentales del orden nacional, departamental y municipal, gremios, universidades, corporaciones autónomas, entre otros.

El Análisis de Impacto Normativo se compone de las siguientes fases¹:

1. Identificación del problema: se define el problema central a ser resuelto, así como sus causas y consecuencias.
2. Definición de objetivos: se establecen los objetivos que pretende alcanzar la CRA a través de su intervención.
3. Selección de alternativas: en este punto la CRA propone un conjunto de posibles intervenciones que den solución a la problemática identificada y que permitan cumplir con los objetivos definidos. Estas alternativas pueden ser regulatorias o no regulatorias.
4. Análisis de impactos de las alternativas: las alternativas traen impactos positivos (beneficios) y/o negativos (costos) para los diferentes agentes de la sociedad. En esta etapa se identifican y evalúan estos impactos, ya sea cualitativa o cuantitativamente, para encontrar en qué medida los beneficios superan los costos, y analizar el desempeño de cada alternativa frente a ellos.
5. Selección de la mejor alternativa: con base en los beneficios y costos de cada alternativa, y en los análisis adelantados por la CRA, se seleccionará aquella opción que reporte los mayores beneficios a los menores costos para la sociedad.
6. Implementación y monitoreo de la medida: una vez seleccionada la alternativa regulatoria, se procederá a su diseño detallado, lo que incluye también la definición de las herramientas para su monitoreo y evaluación posterior.

La CRA implementará diferentes etapas de consulta durante este proceso de diseño regulatorio y, en cualquier caso, los proyectos de regulación de carácter general serán sometidos a consulta ciudadana, en los términos establecidos en la ley.

Las consultas como parte del AIN tienen por objetivo principal enriquecer y validar los análisis efectuados por la CRA, para alcanzar decisiones más robustas, legítimas y basadas en soportes. Los mecanismos de consulta que podrá emplear la CRA como parte del AIN comprenden, pero no se limitan, a: i) Entrevistas individuales con agentes afectados, ii) Sesiones de discusión con grupos de interés y, iii) Publicación de documentos parciales para comentarios.

Para la implementación de esta metodología, la CRA teniendo en cuenta el principio de proporcionalidad, considerará los problemas complejos o que afectan a un rango amplio de

¹ Para más información consultar la Guía Metodológica de Análisis de Impacto Normativo, publicada por el Departamento Nacional de Planeación –DNP en noviembre de 2015, disponibles en el siguiente enlace: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Mejora%20Regulatoria/Presentaciones/Diplomado%20Mejora%20Normativa%202014/Gu%C3%ADa%20Metodol%C3%B3gica%20de%20An%C3%A1lisis%20de%20Impacto%20Normativo.pdf>

miembros de la sociedad para ser abordados de manera más profunda y con más etapas de consulta, que aquellos acotados o de bajo impacto. Con base en ello, la CRA ha definido tres niveles de AIN: AIN Nivel 1 para problemas de bajo impacto y de baja complejidad, AIN Nivel 2 para problemas de impacto y complejidad media y AIN Nivel 3 para problemas complejos y de alto impacto.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	12
2	DIAGNÓSTICO	14
2.1	POLÍTICA PÚBLICA	14
2.1.1	POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	14
2.1.2	POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO	16
2.1.3	CONPES 3918 DE 2018 “ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) EN COLOMBIA”	18
2.1.4	CONPES 3934 DE 2018 “POLÍTICA DE CRECIMIENTO VERDE”	19
2.1.5	BASES DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2018-2022	20
2.1.6	CONCLUSIONES	21
2.2	CONTEXTO NORMATIVO	23
2.2.1	TRATADOS INTERNACIONALES RATIFICADOS POR LA REPÚBLICA DE COLOMBIA	23
2.2.1.1	Procedimiento para la elaboración de un proyecto MDL	26
2.2.1.2	Participantes del ciclo MDL	29
2.2.2	INSTRUMENTOS NACIONALES	29
2.2.2.1	Impuesto a las emisiones de Carbono	30
2.2.2.2	Cupos transables de emisión de GEI.	31
2.2.3	RÉGIMEN DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO	31
2.2.4	REQUISITOS DE OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS	32
2.2.5	REQUISITOS AMBIENTALES	34
2.2.6	RÉGIMEN DE TARIFAS Y FINANCIACIÓN	35
2.3	MARCO CONCEPTUAL	36
2.3.1	GENERACIÓN DE BIOGÁS EN LOS RELLENOS SANITARIOS	37
2.3.2	CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS	37
2.3.3	FACTORES QUE CONDICIONAN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	38
2.3.4	MÉTODOS DE CÁLCULO DEL GAS PRODUCIDO EN LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS	39
2.3.5	SISTEMAS PARA LA EXTRACCIÓN Y QUEMA DEL BIOGÁS	42
2.3.5.1	Captura pasiva de los gases (o drenaje pasivo)	42
2.3.5.2	Captura activa de los gases (control o drenaje activos)	45
2.3.5.3	Manejo del condensado en sistemas de extracción y recuperación de gas	48
2.3.5.4	Tipos de antorchas para la quema del biogás	48
2.3.6	MONITOREO DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE EXTRACCIÓN Y QUEMA DE BIOGÁS EN RELLENOS SANITARIOS	51
2.3.7	APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS	54
2.3.7.1	Acondicionamiento del biogás para aprovechamiento	54
2.3.7.2	Tipos de aprovechamiento de biogás	54
2.3.8	CONSIDERACIONES AL RESPECTO DEL APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS A NIVEL INTERNACIONAL	56
2.3.9	CONSIDERACIONES RESPECTO DEL APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS A NIVEL NACIONAL	57
2.3.10	EXTERNALIDADES OCASIONADAS POR EL BIOGÁS	58
2.3.11	ALTERNATIVAS A LA DISPOSICIÓN FINAL EN RELLENOS SANITARIOS	60
2.4	ESTADO ACTUAL DE LA DISPOSICIÓN FINAL EN COLOMBIA	63
2.4.1	SISTEMAS DE DISPOSICIÓN FINAL	63
2.4.2	DISPOSICIÓN FINAL EN RELLENOS SANITARIOS	65
2.4.3	COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS DISPUESTOS EN LOS RELLENOS SANITARIOS	68
2.4.4	ESTIMACIÓN TEÓRICA DE METANO EN LOS RELLENOS SANITARIOS EN COLOMBIA	69
2.4.5	PROYECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS	74
2.4.6	INVENTARIO DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE RESIDUOS	74
2.4.7	INSTRUMENTOS DE GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS EMISIONES DE GEI	76
2.5	MARCO TARIFARIO DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO	76
2.5.1	REMUNERACIÓN DEL COMPONENTE DE DISPOSICIÓN FINAL	79
2.5.2	SISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES RECONOCIDO EN LA TARIFA DEL CDF	80
2.6	PROYECTOS (MDL) PARA EL MANEJO DE GASES EN RELLENOS SANITARIOS	82

2.6.1	FALLAS DE LOS PROYECTOS MDL POR CAUSA DE LA CAÍDA DE LOS PRECIOS DE LOS CERTIFICADOS	82
2.6.2	EXPERIENCIA NACIONAL	85
2.6.3	EXPERIENCIA INTERNACIONAL	87
2.6.4	OTROS ESTUDIOS	88
2.7	ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN TARIFA A PARTIR DEL COSTO DE LA EXTERNALIDAD	90
2.8	CONCLUSIONES	94
3	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	98
3.1	PROBLEMA PRINCIPAL	98
3.2	CAUSAS DEL PROBLEMA	98
3.3	EFFECTOS DEL PROBLEMA	100
3.4	IDENTIFICACIÓN DE AFECTADOS	103
3.5	JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE INTERVENCIÓN REGULATORIA	104
4	OBJETIVOS DE LA INTERVENCIÓN REGULATORIA	105
4.1	OBJETIVO PRINCIPAL	105
4.2	OBJETIVOS GENERALES O FINES DE LA INTERVENCIÓN	105
4.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS O MEDIOS	107
5	IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS REGULATORIAS	107
5.1	MANTENER EL <i>STATU QUO</i>	108
5.2	ALTERNATIVAS REGULATORIAS	108
6	RESULTADOS DE LA PRIMERA CONSULTA	110
7	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	114
7.1	DEFINICIÓN DE CRITERIOS	114
7.2	DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS FRENTE A LOS CRITERIOS IDENTIFICADOS	114
7.3	ALTERNATIVA RECOMENDADA	118
8	BIBLIOGRAFÍA	119
9	ANEXOS	123
A.	FASES DE GENERACIÓN DEL BIOGÁS	123
B.	EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES DE MODELOS DE DESARROLLO LIMPIO – MDL	125
C.	MECANISMO REGULATORIO	139
D.	MATRIZ DE CONSULTA A GRUPOS DE INTERÉS	145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen Política Pública	21
Tabla 2 Evolución de los valores de potencial de calentamiento global.....	38
Tabla 3. Factores que afectan la producción de biogás.....	39
Tabla 4. Valores por defecto para contenido de materia seca, DOC, total de carbono y fracción de carbono fósil en varios componentes de los residuos sólidos municipales (DSM).....	41
Tabla 5. Estándares operacionales – Normatividad internacional	50
Tabla 6. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio aire	51
Tabla 7. Acondicionamiento del biogás para generación de energía eléctrica	56
Tabla 8. Tecnologías usadas para generación eléctrica en rellenos sanitarios	56
Tabla 9. Potencial energético de los sectores priorizados.....	58
Tabla 10. Costo de la externalidad por emisión de GEI por tonelada de residuos dispuestos según la bibliografía revisada	59
Tabla 11. Costo Medio por Tipo de Tratamiento (\$/ton)	61
Tabla 12. Ingresos por Venta de Recursos Valorizados por Tratamiento (\$/ton).....	62
Tabla 13. Cantidad de sitios según tiempo de licencia ambiental	65
Tabla 14. Rellenos sanitarios de Colombia (2018) categorías IV y III	65
Tabla 15. Rellenos sanitarios de Colombia (2018) categoría II	66
Tabla 16. Rellenos sanitarios de Colombia (2018) categoría I	67
Tabla 17. Rellenos sanitarios de Colombia (2018) categoría I	71
Tabla 18. Rangos de producción de Metano	73
Tabla 19. Estimación del CDF según modelo de ingeniería	80
Tabla 20. Costos reconocidos en la tarifa por la captura pasiva del biogás.....	81
Tabla 21. Inversiones y costos de operación estimados en el modelo del CDF para rellenos sanitarios que reciben más de 300 toneladas por mes.....	81
Tabla 22. Inversiones y costos de operación estimados en el modelo del CDF para rellenos sanitarios que reciben menos de 300 toneladas por mes.....	82
Tabla 23 Proyectos Mecanismo Desarrollo Limpio (MDL) en Colombia	86
Tabla 24. Proyectos Mecanismo Desarrollo Limpio (MDL) internacionales	88
Tabla 25. Estimación del costo por la captura y quema pasiva del biogás	89
Tabla 26. Precio de antorchas cerradas para quema de biogás poco caudal	90
Tabla 27. Precio de antorchas cerradas para quema de biogás caudales moderados y altos	91
Tabla 28. Escenarios de impacto en las tarifas del municipio de Bello (Antioquía)	92
Tabla 29. Escenarios de impacto en las tarifas del municipio de Cali (Valle del Cauca) ...	92
Tabla 30. Escenarios de impacto en las tarifas del municipio de Malambo (Atlántico)	93
Tabla 31. Escenarios de impacto en las tarifas del municipio de El Cerrito (Valle del Cauca)	94
Tabla 32. Identificación de actores afectados	103
Tabla 33. Identificación de alternativas	107
Tabla 34. Consultas con grupos de interés.....	110
Tabla 35 Ventajas y desventajas del criterio 1.....	115
Tabla 36 Ventajas y desventajas del criterio 2.....	116
Tabla 37 Ventajas y desventajas del criterio 3.....	117
Tabla 38 Ventajas y desventajas del criterio 4.....	117
Tabla 39 Ventajas y desventajas del criterio 1.....	143
Tabla 40 Ventajas y desventajas del criterio 2.....	144
Tabla 41 Ventajas y desventajas del criterio 3.....	144

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Producción de biogás durante un periodo de cinco años a partir de materiales orgánicos rápida y lentamente disponibles en un relleno sanitario	40
Ilustración 2. Chimeneas de gas superficiales.....	43
Ilustración 3. Chimenea con tubo perforado	44
Ilustración 4. Instalaciones pasivas	45
Ilustración 5. Disposición sistema de extracción activa de gases	46
Ilustración 6. Detalles de una chimenea	47
Ilustración 7. Recuperación del gas utilizando chimeneas verticales	48
Ilustración 8. Zanjas horizontales recolectoras. Perfil de relleno sanitario Puente Hills	48
Ilustración 9. Quemador tipo candelabro	49
Ilustración 10. Quemador de llama cerrada	50
Ilustración 11. Esquema de monitoreo Método 2E	53
Ilustración 12. Esquema de generación de electricidad en un relleno sanitario.	55
Ilustración 13. Caracterización de residuos sólidos en 4 ciudades principales del país	68
Ilustración 14. Promedio residuos dispuestos vs Metano generado Rellenos Sanitarios Categoría IV y III.....	70
Ilustración 15. Promedio residuos dispuestos vs Metano generado RELLENOS SANITARIOS CATEGORÍA II	72
Ilustración 16. Promedio residuos dispuestos vs Metano generado RELLENOS SANITARIOS CATEGORÍA I	72
Ilustración 17. Proyección de la producción de residuos	74
Ilustración 18. Tendencia emisiones GEI para la serie 1990 – 2014 Módulo residuos	75
Ilustración 19. Precio de los certificados de reducción de emisiones en el periodo 2008 - 2019.....	85
Ilustración 20. Árbol de problemas.....	102
Ilustración 21. Árbol de Objetivos.....	106
Ilustración 22. Comentarios y propuestas por eje temático	112
Ilustración 23. Trámite por eje temático	112
Ilustración 24. Fases de la generación de biogás en un relleno sanitario	123
Ilustración 25. Fases de la generación de biogás en un relleno sanitario	124

SIGLAS

AIN:	Análisis de impacto normativo
AUD:	Dólar australiano
CDF:	Costo de disposición final
CER:	Certificados de emisión reducida
CTL:	Costo de tratamiento de lixiviados.
CH₄:	Metano
CMNUCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO₂:	Dióxido de carbono.
CONPES:	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP:	Pesos Colombianos
COP 21:	Conferencia de las partes
CRA:	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
DANE:	Departamento Administrativo de Nacional de Estadística
DNP:	Departamento Nacional de Planeación
ECDBC:	Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono
ETS:	Certificado del derecho a emitir una tonelada equivalente de dióxido de carbono durante un período determinado
EUR:	Euro
FNCER:	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
GEI:	Gases de efecto invernadero
MADS:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM en inglés).
MME:	Ministerio de Minas y Energía
MRV:	Monitoreo, reporte y verificación
MVCT:	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
NAMA:	Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación
OCDE:	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PASM:	Planes Sectoriales de Mitigación
PCB:	Bifenilos Policlorados
PGIRS:	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos
PIB:	Producto Interno Bruto
PK:	Protocolo de Kioto
PNACC:	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PNCC:	Política Nacional de Cambio Climático
PNGIRS:	Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos
RAS:	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico
SISCLIMA:	Sistema Nacional de Cambio Climático
SO₂:	Dióxido de azufre
SSPD:	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
tCO₂eq:	Toneladas de CO ₂ equivalente.
TRNA:	Toneladas de residuos no aprovechables por suscriptor
UE:	Unión Europea
UNFCCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
UPME:	Unidad de Planeación Minero-Energética
USD:	Dólar americano
VOC:	Compuestos Orgánicos volátiles
ZAR:	Rand sudafricano

GLOSARIO

Caracterización de los residuos: determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades (Decreto 1077 de 2015).

Celda: infraestructura ubicada en el relleno sanitario, donde se esparcen y compactan los residuos durante el día para cubrirlos totalmente al final de este (Decreto 1077 de 2015).

Certificados de reducción de emisiones (CER): Mecanismo internacional de reducción de las emisiones contaminantes al medio ambiente que compensa las emisiones realizadas. Cada CER equivale a una tonelada de CO₂ equivalente, que puede ser vendido en el mercado de carbono (UNFCCC, 2018).

Certificado de permiso de emisiones (ETS): el certificado del derecho a emitir una tonelada equivalente de dióxido de carbono durante un período determinado, válido únicamente a efectos del cumplimiento de los requisitos de la presente Directiva, siendo este derecho transferible de conformidad con las disposiciones de la presente Directiva. (Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo).

Chimenea: estructura de ventilación que permite la salida de los gases producidos por la biodegradación de los residuos sólidos (Decreto 1077 de 2015).

Disposición final de residuos sólidos: es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente (Decreto 1077 de 2015).

Gas generado en el relleno sanitario (biogás): es el gas producido durante el proceso de fermentación anaerobia o aerobia, o por efectos de reacciones químicas de los residuos sólidos dispuestos (Decreto 1077 de 2015).

Gases de Efecto Invernadero (GEI): son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes (IDEAM, 2007).

Gestión integral de residuos sólidos: es el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables (Decreto 1077 de 2015).

Lixiviado: es el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación (Decreto 1077 de 2015).

Monitoreo: actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones continuas de una característica, elemento, parámetro o de un proceso en un sitio y período determinados, con el objeto de verificar los impactos y riesgos potenciales hacia el ambiente y la salud pública (Decreto 1077 de 2015).

Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS): es el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su

proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición de resultados. Corresponde a la entidad territorial la formulación, implementación, evaluación, seguimiento y control y actualización del PGIRS (Decreto 1077 de 2015).

Relleno sanitario: es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final (Decreto 1077 de 2015).

Servicio Público de Aseo: es el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos. También se aplicará a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos.

Igualmente incluye, entre otras, las actividades complementarias de corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas; de lavado de estas áreas, transferencia, tratamiento y aprovechamiento (Ley 142 de 1994).

Servicio Público Domiciliario de Gas Combustible: es el conjunto de actividades ordenadas a la distribución de gas combustible, por tubería u otro medio, desde un sitio de acopio de grandes volúmenes o desde un gasoducto central hasta la instalación de un consumidor final, incluyendo su conexión y medición. También se aplicará esta Ley a las actividades complementarias de comercialización desde la producción y transporte de gas por un gasoducto principal, o por otros medios, desde el sitio de generación hasta aquel en donde se conecte a una red secundaria (Ley 142 de 1994).

Sistema de recuperación de gases: Conjunto de procesos, instalaciones y dispositivos, que incluyen chimeneas y tuberías instaladas con la finalidad de recolectar el gas generado en el relleno sanitario para su control (drenaje activo), venteo (drenaje pasivo) o aprovechamiento (Título F. RAS 2000)

Quema de biogás: Método de combustión controlada que se recomienda cuando hay suficiente gas metano presente en el biogás (Título F. RAS 2000).

Vida Útil de Diseño: es la capacidad del relleno sanitario, expresada en unidad de tiempo, calculada a partir de la relación del volumen máximo (m³) de diseño y la tasa de disposición (Decreto 1077 de 2015).

Vida Útil remanente: es la capacidad del relleno sanitario, expresada en unidad de tiempo, resultado de la relación entre el volumen remanente y la tasa de disposición (Decreto 1077 de 2015).

1 INTRODUCCIÓN

La disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios trae como consecuencia la producción y emisión a la atmósfera de gases, entre los que se encuentran el metano y dióxido de carbono, los cuales causan una disminución en el bienestar de la sociedad a través del aumento de la temperatura que se deriva del incremento de esos gases en la atmósfera. En la medida que se producen esas emisiones que generan costos (Nordhaus W. , 1991)², sin que los operadores del relleno obtengan un beneficio por reducirlos, y por el contrario asumen un costo si lo hacen, existe una diferencia entre la utilidad que obtienen y los costos que generan a los terceros con su actividad económica, lo que en términos económicos constituye una “externalidad” (Pigou, 1929). Las externalidades se presentan cuando existe un subproducto que no tiene un mercado explícito, que incentive a la parte con mayor capacidad de asumir los costos de su reducción o control a realizar las inversiones para disminuir los costos que sus actividades imponen a terceros (Coase, 1960).

Dentro de los mecanismos acordados internacionalmente para incentivar la reducción de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), se creó un mecanismo de restricción e intercambio de Dióxido de Carbono, que pretendía utilizar las ventajas en el uso de la información e incentivo a la innovación implícitos en los mecanismos de mercado, como ha sido utilizado con otras emisiones con efectos adversos sobre el medio ambiente como el Dióxido de Azufre (Joskow, 1998). Sin embargo, el mercado de emisiones de carbono de la Unión Europea presentó un colapso del precio de transacción de los títulos de emisiones, generado por la abundancia de permisos de emisiones del mecanismo de distribución inicial que implicaba un subsidio a ciertos emisores y la crisis financiera de 2008 que incrementó la incertidumbre sobre el mecanismo (Fankhauser, 2010). Los emisores de gases de efecto invernadero podían participar en esos mercados e internalizar el valor de sus emisiones o actividades de mitigación de estas, generando que otros mecanismos de intervención estatal se tornen innecesarios.

A nivel nacional, en los documentos de política que guían la acción estatal, se puede apreciar la evolución en los objetivos de las políticas públicas, los cuales se han concentrado en incrementar la eficacia de las diferentes medidas para reducir los impactos del consumo humano en el medio ambiente. Esos instrumentos han propendido por enfrentar los principales riesgos generados por la acción antropogénica en los recursos naturales, empezando con aquellos de mayor impacto. De esta manera, la política pública se ha concentrado en aquellas actividades en las cuales las acciones tienen potencial para alcanzar reducciones en el impacto ambiental. El éxito de esas intervenciones ha significado que, para alcanzar los objetivos de las intervenciones públicas en materia de medio ambiente, sea necesario que cada vez las reglas sobre las actividades sujetas a la regulación requieran de mayor precisión.

En este sentido, las políticas públicas desarrollan las acciones que el país se ha comprometido a implementar para incentivar la reducción constante de la generación de residuos sólidos urbanos, el aprovechamiento energético y la disminución de las emisiones de gases que generan el calentamiento global, incluyendo aquellas relacionadas con la producción y manejo de los residuos. Esos compromisos involucran intervenciones en todo el ciclo de producción de bienes y servicios, pero en relación con los costos sociales de las emisiones de metano y dióxido de carbono de los rellenos sanitarios, entre otras acciones, el Gobierno Nacional identificó, “(...) como medida que aporta a la mitigación del cambio climático al reducir los GEI, (...)”³, el reconocimiento de los costos de los sistemas de extracción, captura y quema tecnificada del gas producido en los rellenos sanitarios.

Con base en lo anterior, el presente documento tiene como objetivo presentar el resultado del Análisis de Impacto Normativo - AIN, realizado por la Comisión de Regulación de Agua

² Nordhaus, W. D. (1991). The cost of slowing climate change: a survey. *The Energy Journal*, 37-65.

³ CONPES 3874 de 2016.

Potable y Saneamiento Básico – CRA, en relación con el proyecto regulatorio “*Reconocimiento de la obligatoriedad de contar con sistemas de extracción, captura activa y pasiva para el manejo de gases en rellenos sanitarios dentro de las tarifas del servicio público de aseo*”, análisis en el cual se consideran otros instrumentos desarrollados por el Gobierno Nacional con el propósito de incentivar la reducción de las emisiones de GEI, como la Ley 1819 de 2016 que consagró diversas medidas de carácter tributario que han reactivado el interés del sector privado en la implementación de proyectos MDL y generando un mercado voluntario de dichos certificados.

En la primera parte del documento se presenta el diagnóstico de la actividad complementaria de disposición final del servicio público de aseo, haciendo énfasis en el manejo de los gases generados en los rellenos sanitarios. Se analiza la política pública y el marco normativo aplicable al tema en estudio, el marco conceptual, el estado actual de la disposición final en el país, los marcos tarifarios vigentes aplicables al servicio público de aseo, en particular a la actividad complementaria de disposición final, las experiencias nacionales e internacionales derivadas de la aplicación de los proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Finalmente, se realiza una revisión documental de los costos estimados en otros países para el reconocimiento de la externalidad y se realiza una aproximación a los costos del tratamiento del biogás en los rellenos sanitarios.

Posteriormente se presenta el árbol de problemas construido con base en el diagnóstico, en el cual se define el problema central, junto con sus causas y efectos.

Adicionalmente, se describen los objetivos de la intervención regulatoria, los medios para lograrla y los resultados que se esperan de la misma y se identifican las alternativas regulatorias sobre las cuales se realiza la fase de evaluación de las alternativas de intervención de la CRA, a partir de la identificación de las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Finalmente, se presenta el análisis de alternativas considerando para ello la opción de no hacer nada, en primera instancia, y otras opciones regulatorias.

También se incluyen los resultados de la consulta, demostrando que el AIN contó con los aportes de grupos potencialmente afectados y beneficiarios, los cuales fueron escuchados y tuvieron la oportunidad de expresarse sobre el diagnóstico realizado y problemas, objetivos y alternativas identificadas.

2 DIAGNÓSTICO

El presente capítulo tiene como objetivo identificar la problemática en el manejo actual de los gases generados en los rellenos sanitarios, la afectación que estas emisiones generan en el ambiente, cómo la política pública y otros mecanismos han abordado la temática y los costos aproximados de dicha afectación.

Para el efecto, en la primera parte del documento se describe el marco de la política pública lo que permite identificar los lineamientos del Gobierno Nacional en relación con el tema de análisis. Este análisis se complementa con la descripción del marco normativo aplicable al servicio público de aseo, en particular a la actividad complementaria de disposición final, con el fin de identificar el conjunto de normas del ordenamiento jurídico que determinan las acciones regulatorias en la materia de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los rellenos sanitarios.

Posteriormente, se hace una descripción del marco conceptual, lo que permite comprender los procesos que generan los gases de efecto invernadero emitidos en los rellenos sanitarios, además de identificar los requerimientos de infraestructura y operativos de los sistemas de extracción, captura activa y quema de estos gases.

Adicionalmente, para establecer el entorno en el que se aplicaría la medida regulatoria y el impacto de su aplicación, se presenta una breve descripción del estado actual de la disposición final en el país, en la que se incluye el inventario de los GEI generados por los rellenos sanitarios del país, como una primera aproximación a las posibles consecuencias de las alternativas regulatorias.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la internalización del costo asociado a la captura activa y quema tecnificada de gases se integraría a la tarifa del servicio público de aseo, se presenta un análisis de los marcos tarifarios vigentes.

También, se incluye un recuento de las experiencias nacionales e internacionales de la implementación del MDL, a través del cual, se instalaron, en algunos rellenos sanitarios, sistemas de captura activa y quema tecnificada de las emisiones generadas por la disposición final de los residuos sólidos. A partir de esta información se realiza una estimación de los costos de la implementación de un sistema de extracción, captura y quema del biogás.

Finalmente, se presenta una aproximación al costo de atender la afectación generada por las emisiones de los rellenos sanitarios y cómo podría impactar la regulación actual servicio público de aseo.

2.1 POLÍTICA PÚBLICA

2.1.1 Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos

Entre los antecedentes de la política pública se identifica que, con el fin de impulsar el adecuado manejo de los residuos sólidos en el país, el Ministerio de Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, expidió en julio de 1998, la primera Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. A partir de ésta se expidieron otros lineamientos⁴ y normativas que tuvieron un impacto importante en la gestión de los residuos sólidos, entre otros, se lograron grandes avances en el manejo empresarial del servicio público de aseo y la calidad en la disposición final de los residuos sólidos urbanos.

En este marco, la gestión de residuos sólidos ordinarios en el país se ha desarrollado a partir de la gestión del servicio público de aseo y ha respondido al modelo económico de

⁴ CONPES 3530 de 1998. Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos

producción y consumo lineal según el cual, los recursos se utilizan y se desechan, es por esto por lo que, el Gobierno Nacional se ha preocupado por promover acciones que permitan garantizar su adecuada disposición final.

En 2016 y conforme con los lineamientos internacionales y los diferentes compromisos del país se expidió la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (PNGIRS)⁵, en la que se articula la visión ambiental con el componente de servicio público y los compromisos internacionales adquiridos.

El Gobierno de Colombia, después de evaluar los avances en la gestión de los residuos sólidos, consideró que debía promoverse un enfoque integral entre lo ambiental y los aspectos relacionados con el servicio público de aseo, por lo cual, estableció como objetivo general de esta política *“Implementar la gestión integral de residuos sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario, para contribuir al fomento de la economía circular, desarrollo sostenible, adaptación y mitigación al cambio climático”*⁶.

Con la implementación de esta política se busca aportar a la transición de un modelo lineal hacia una economía circular donde, haciendo uso de la jerarquía en la gestión de los residuos sólidos, se prevenga la generación de estos y se optimice el uso de los recursos, para que los productos permanezcan el mayor tiempo posible en el ciclo económico y se aproveche al máximo su materia prima y potencial energético.

Para lograr el objetivo se proponen acciones que involucran un mejor desempeño ambiental, la institucionalidad, la minimización de los riesgos a la salud, la sostenibilidad financiera y políticas como la regionalización.

Se definen cuatro ejes estratégicos: i) la prevención en la generación de residuos; (ii) la minimización de aquellos que van a sitios de disposición final; (iii) la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos y (iv) *“(…) evitar la generación de gases de efecto invernadero”*⁷.

Además, se establece un plan con acciones concretas entre las que se incluye la de *“Promover la economía circular, a través del diseño de instrumentos en el marco de la gestión integral de residuos sólidos”*⁸. En este sentido, entre otros, propone desarrollar los siguientes instrumentos:

- La expedición de reglamentación que promueva el uso de tecnologías complementarias y alternativas a rellenos sanitarios, así como la obligatoriedad de contar con sistemas de extracción, captura activa y pasiva para el manejo de gases y su reconocimiento dentro de las tarifas del servicio público de aseo⁹.
- Como medida que aporta a la mitigación del cambio climático al reducir los GEI, se recomienda que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico incluya la remuneración tarifaria por la captura y combustión del gas producido en los rellenos sanitarios.

Por su parte y considerando que el aprovechamiento del gas producido en los rellenos sanitarios no está dentro del alcance del servicio público de aseo, el Ministerio de Minas y Energía, coordinará las medidas necesarias para la valorización energética de los residuos no aprovechables, tanto a nivel de las entidades del sector energía (Comisión de Regulación de Energía y Gas, UPME¹⁰) como con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y la

⁵ CONPES 3874 de 2016

⁶ *Ibidem*

⁷ *Ibidem*

⁸ *Ibidem*

⁹ *Ibidem*.

¹⁰ La Unidad de Planeación Minero-Energética UPME es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, regida por la Ley 143 de 1994 y por el Decreto número 1258 de junio 17 de 2013.

CRA, para efectos de garantizar las actividades requeridas para obtener la materia prima procedente del servicio público de aseo.

Así mismo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible coordinará los aspectos relacionados con los requerimientos ambientales y de materia prima que están por fuera del servicio público de aseo. Para esto, la UPME, como entidad de carácter técnico adscrita al Ministerio de Minas y Energía, apoyará los estudios, términos de referencia y comités de seguimiento en los proyectos jalonados por el sector residuos en esta temática, bien sea en el marco de acciones de mitigación apropiadas para el país y gestionadas a través del Fondo Verde del Clima, o en la promoción de la implementación de técnicas de tratamiento diferentes a rellenos sanitarios que liderará el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Al respecto, en el año 2017, la UPME contrató el estudio “*Estimación del potencial de conversión a biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento*”, las conclusiones se presentan en la sección 2.3.9.

La PNGIRS pretende también ser un complemento de otras políticas e instrumentos del orden nacional relevantes para una gestión integral de los residuos sólidos, por ejemplo, es un complemento de la Política de Producción y Consumo Sostenible¹¹, en el sentido que esta última busca cambiar los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana, orientando a las empresas hacia la producción más limpia y consumo sostenible, e impulsando la implementación de prácticas para reducir, reutilizar, reciclar y aprovechar subproductos con el fin de mejorar la eficiencia en el uso de recursos.

Igualmente, la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos fue articulada con otras iniciativas del Gobierno Nacional, y con otros instrumentos que se desarrollan para avanzar hacia la economía circular en el país, como son los relacionados con políticas para impulsar el crecimiento verde y de cambio climático.

2.1.2 Política Nacional de Cambio Climático

La Política Nacional de Cambio Climático (PNCC)¹² inició su formulación en el año 2014 y desde entonces se propuso articular todos los esfuerzos que el país viene desarrollando desde hace varios años, principalmente, a través de: la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC)¹³, los Planes Sectoriales de Mitigación (PASm)¹⁴, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)¹⁵, y la Estrategia Nacional REDD+¹⁶, entre otras iniciativas, y adiciona elementos novedosos para orientar estratégicamente todos los esfuerzos del país hacia el cumplimiento del compromiso adquirido en el marco del Acuerdo de París (COP 21)¹⁷.

¹¹ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, “*Política Nacional de Producción y Consumos Sostenible-Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva*”, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. Páginas: 71

¹² Política nacional de cambio climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017.

¹³ La Estrategia de Desarrollo de Bajo Carbono es una de las Estrategias del Gobierno Nacional para enfrentar el cambio climático, consignadas en el CONPES 3700 de 2011 “*Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia*”, los Planes Nacionales de Desarrollo 2010-2014 y 2014-2018; y recientemente en el Decreto 298 de 2016 sobre el Sistema Nacional de Cambio Climático.

¹⁴ Los planes sectoriales de mitigación son instrumentos por desarrollar en cada sector productivo del país con impacto en emisiones GEI, así como de NAMAs (Acciones de Mitigación Apropiadas a Nivel Nacional) y de proyectos emblemáticos de mitigación en cada sector. Bajo este marco, para el sector de saneamiento, el Gobierno Nacional a través de la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en conjunto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, planteó un proceso sectorial participativo, con el objeto de diseñar e implementar Planes de Acción Sectoriales de Mitigación (PASm) para residuos sólidos y aguas y saneamiento (este acota el tema de saneamiento únicamente a aguas residuales).

¹⁵ Departamento Nacional de Planeación, “Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático”. Este Plan se encuentra enmarcado por el Plan Nacional de Desarrollo “Prosperidad para Todos” 2010-2014, la Ley 1450 de 2011, y el CONPES 3700 de 2011.

¹⁶ REDD+ es un mecanismo de mitigación de gases efecto invernadero causados por la Deforestación y Degradación de los bosques, la conservación y el incremento de las capturas de CO₂. En diciembre de 2017 se adoptó en la Comisión Intersectorial de Control de la Deforestación (CICOD) la Estrategia Nacional REDD+, con el nombre Estrategia Integral de Control de la Deforestación y Gestión de los Bosques.

¹⁷ El Acuerdo de París es un acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El objetivo de esta política es incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y que al mismo tiempo transforme esos riesgos en oportunidades para el desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles. Para el efecto se plantearon las siguientes estrategias resilientes al clima y bajas en carbono: i) desarrollo urbano y rural ii) desarrollo minero-energético, iii) desarrollo de infraestructura estratégica, y iv) manejo y conservación de ecosistemas y sus servicios ecosistémicos para el desarrollo.

En términos institucionales, la PNCC se beneficia del Sistema Nacional de Cambio Climático, SISCLIMA, creado por el Decreto 298 de 2016¹⁸, el cual relaciona y busca articular el nivel nacional con los niveles regionales y locales responsables o involucrados dentro de la gestión del cambio climático.

Dentro de la estrategia territorial de desarrollo urbano bajo en carbono y resiliente al clima de esta política, se estableció en la línea de acción B *“Incentivar la reducción constante de la generación de residuos sólidos y líquidos urbanos, así como el reuso, reciclaje y/o el aprovechamiento de residuos, incluyendo la valorización energética de los residuos antes de que lleguen a disposición final en los rellenos y el aprovechamiento energético de las emisiones generadas en los rellenos sanitarios y en los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales.”*.

Para esto se proponen las siguientes acciones concretas:

- Evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero históricas y actuales de los residuos urbanos sólidos y líquidos.
- Identificar y evaluar medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero orientadas al aprovechamiento energético de las emisiones en los rellenos sanitarios y sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- Identificar y evaluar medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero orientadas a la reducción de la generación, re-uso y reciclaje de residuos.
- Implementación de medidas de mitigación de emisiones de residuos urbanos en planes sectoriales.
- Promover el re-uso, reciclaje y minimización de residuos en planteles educativos.

Con esas acciones, esa política pretende alcanzar las siguientes metas:

*“Por lo tanto, la meta nacional de desarrollo bajo en carbono de **mediano plazo** incorporada en esta política corresponde a la reducción progresiva de las emisiones nacionales de GEI de 20 % (y hasta un 30 % condicionada) respecto a las emisiones proyectadas para el año 2030. Esta meta se establece para la totalidad de los sectores y las fuentes de emisiones nacional y cubre los seis principales gases de efecto invernadero: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y SF₆.”*¹⁹ (Negrita en fuente original).

En la escala nacional, la estrategia está orientada conjuntamente por los planes integrales de gestión del cambio climático sectoriales del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) y del Ministerio de Transporte, quienes están comprometidos con alcanzar metas de corto plazo e instrumentos y medidas del orden nacional y territorial para la mitigación de emisiones relacionadas con el transporte urbano y por residuos sólidos y líquidos.

(GEI). El acuerdo fue negociado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 21) por los 195 países miembros, adoptado el 12 de diciembre de 2015 y abierto para firma el 22 de abril de 2016.

¹⁸ El Gobierno Nacional aprobó el Decreto 289 del 24 de febrero de 2016 “Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones. El SISCLIMA está conformado por las entidades estatales, privadas y sin ánimo de lucro, de políticas, normas, procesos, recursos, planes, estrategias, instrumentos, mecanismos para coordinar y articular las acciones y medidas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) para la adaptación al cambio climático.

¹⁹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Política Nacional de Cambio Climático*. Página 74.

2.1.3 CONPES 3918 de 2018 “Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia”

El documento CONPES 3918 de 2018 establece las metas y las estrategias para el cumplimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible con sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en Colombia. Esta política genera una hoja de ruta para cada una de las metas establecidas, incluyendo indicadores, entidades responsables y los recursos requeridos para llevarlas a buen término.

El Objetivo de desarrollo sostenible número 12 denominado “*Producción y consumo responsable*”, estableció que, para lograr crecimiento económico y desarrollo sostenible, es urgente reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos.

Para ello, la gestión eficiente de los recursos naturales compartidos y la forma en que se eliminan los desechos tóxicos y los contaminantes son vitales para lograr este objetivo. También insta a las industrias, los negocios y los consumidores a reciclar y reducir los desechos, como a apoyar a los países en desarrollo a avanzar hacia patrones sostenibles de consumo para 2030.

Asimismo, establece que el consumo de una gran proporción de la población mundial sigue siendo insuficiente para satisfacer incluso sus necesidades básicas. En este contexto, es importante reducir a la mitad el desperdicio per cápita de alimentos en el mundo a nivel de comercio minorista y consumidores para crear cadenas de producción y suministro más eficientes. Esto con el fin de aportar a la seguridad alimentaria y a una economía que utilice los recursos de manera más eficiente.

En este sentido se establecieron las siguientes metas:

- 8.4. Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados. Los indicadores de esta meta son: i) Generación de residuos sólidos y productos residuales frente al Producto Interno Bruto (PIB), con una meta proyectada a 2030 de 15.778 Toneladas/Billón de pesos; ii) Porcentaje de residuos sólidos efectivamente aprovechados, con una meta proyectada a 2030 de un 30%.
- 11.6. De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo. El indicador propuesto para esta meta es: “Porcentaje de residuos sólidos urbanos dispuestos adecuadamente”²⁰, con una meta proyectada a 2030 de un 100%.
- 12.4. De aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente. Los indicadores de esta meta son: i) Residuos peligrosos aprovechados y tratados, con una meta proyectada a 2030 de 2.806.130 Toneladas; ii) Porcentaje de equipos y desechos de policlorobifenilos (PCB) eliminados, con una meta proyectada a 2030 de 100%.
- 12.5. De aquí a 2030 reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización a cargo del Ministerio de

²⁰ Este indicador mide el porcentaje de residuos sólidos urbanos que se dispone en un sitio adecuado de disposición final con un instrumento de manejo y control autorizado por la Autoridad Ambiental Competente. Se consideran como sitios de disposición final adecuada los rellenos sanitarios, plantas integrales y celdas de contingencia.

Vivienda, Ciudad y Territorio. La meta trazada a 2030, es llegar a un porcentaje de 17,9% de Tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos.

- 13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales de Reducción de emisiones totales de gases efecto invernadero. El indicador mide la reducción de emisiones totales de gases de efecto invernadero (CO₂ eq) del país con respecto a las emisiones totales proyectadas para el año 2030.

Por su parte, el Objetivo de desarrollo sostenible número 13 denominado “*Acción por el clima*”, constatando que las emisiones de gases de efecto invernadero continúan aumentando en el mundo y hoy son un 50 por ciento superior al nivel de 1990, y que el calentamiento global está provocando cambios permanentes en el sistema climático, cuyas consecuencias pueden ser irreversibles si no se toman medidas urgentes ahora, propone, entre otros, los objetivos de fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países, e incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.

2.1.4 CONPES 3934 de 2018 “Política de Crecimiento Verde”

El documento CONPES 3934 de 2018, contiene la Política de Crecimiento Verde para el País, la cual se compone de cinco (5) ejes estratégicos, relacionados con incrementar la capacidad del país para reducir la externalidad de la producción de gases efecto invernadero.

El primer eje está orientado a generar nuevas oportunidades económicas que permitan diversificar la economía a partir de la producción de bienes y servicios basados en el uso sostenible del capital natural, lo que se puede lograr con que los precios de los productos reflejen el costo ambiental de su producción y de disposición final.

El segundo eje busca mejorar el uso de los recursos naturales en los sectores económicos de manera que sean más eficientes y productivos, y se reduzcan y minimicen los impactos ambientales y sociales generados por el desarrollo de las actividades productivas.

El tercer eje promueve la generación y el fortalecimiento del capital humano para afrontar los nuevos retos de conocimiento y experiencia que genera el crecimiento verde, lo cual requiere que el sistema de precios refleje las oportunidades y sacrificios de recursos económicos de las diversas alternativas.

El cuarto eje establece acciones estratégicas en materia de ciencia, tecnología e innovación como herramienta necesaria para avanzar hacia cambios en los sectores productivos y encontrar nuevos procesos, insumos y tecnologías más eficientes que generen valor agregado a la economía nacional, dentro de las cuales se podrían encontrar las relacionadas con la administración de los residuos.

Esas acciones se manifiestan en las siguientes líneas de acción que pueden disminuir la asimetría de información entre regulador y regulado, e incrementar la eficacia del sistema de precios para incentivar la conservación de recursos:

- a. **Línea de acción 28. Desarrollo de instrumentos de planeación y técnicos para la economía circular.** El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en coordinación con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio presentará en el año 2019 ante el Congreso de la República un proyecto de ley para la consolidación de la Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, en el marco de la implementación del documento CONPES 3874 de 2016, con un enfoque de transición hacia el modelo de economía circular. Dicho proyecto, incluirá lineamientos de política, arreglos institucionales para la creación de la Unidad de Planeación para la Gestión Integral de Residuos Sólidos e instrumentos económicos. Igualmente deberá establecer las bases para el diseño e implementación de un sistema de información que soporte la implementación de dicha política.

Por su parte, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo definirá en el año 2019 la estrategia nacional de economía circular de largo plazo dirigida al sector privado y el plan de acción integral que incorpore líneas de trabajo orientadas a ecodiseño, eco innovación y simbiosis industrial, que reduzca la presión en el uso de los materiales.

- b. **Línea de acción 29. Desarrollo de instrumentos de infraestructura y logística.** El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio realizará un documento técnico que contenga las directrices y criterios para la ubicación de la infraestructura de acopio y tratamiento de residuos prioritarios durante los años 2019 y 2020. Asimismo, establecerá los lineamientos que sirvan como base para los protocolos de separación en la fuente, recolección y transporte para los materiales y productos en el marco de la economía circular, así como diseñará proyectos tipo para la infraestructura de tratamiento de residuos sólidos. Para ello, desarrollará un documento técnico con el estudio de tipos de infraestructura para el tratamiento de residuos sólidos.
- c. **Línea de acción 30. Promoción de un consumo responsable y sostenible.** El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible actualizará, entre 2018 y 2020, la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible expedida en el año 2010, con el fin de introducir el concepto de economía circular y apalancar el cierre de ciclos de los materiales utilizados en la economía nacional. Con el fin de promover en el sector público un consumo responsable y sostenible, Colombia Compra Eficiente²¹, establecerá una Guía de Compras Públicas con criterios de sostenibilidad, dirigida a los proveedores, entidades públicas y actores involucrados en la contratación estatal de bienes y servicios.
- d. **Línea de acción 31. Fortalecimiento en la gestión de información.** Con el fin de generar información para la toma de decisiones en materia de economía circular, se hace necesario formular una propuesta metodológica para la implementación de la cuenta de flujo de materiales desarrollada por el DANE entre los años 2019 a 2024, con el apoyo de los Ministerios de Comercio, Industria y Turismo, y Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta cuenta permitirá contar con información sobre la intensidad y la productividad en el uso de materiales en las diferentes actividades económicas.

Las líneas de acción establecidas en el CONPES 3934 de 2018 propenden por la disminución de la cantidad de residuos que se generan y la promoción de tecnologías alternativas al relleno sanitario, lo que implica una disminución de la generación de los GEI en el relleno sanitario y, en efecto, una menor afectación al medio ambiente.

2.1.5 Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022

Las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022²², incorporadas en la Ley 1955 de 2019, incluyen en su punto IV el *“Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo”*. El pacto por la sostenibilidad busca consolidar acciones que permitan un equilibrio entre la conservación y la producción, de forma tal que la riqueza natural del país sea apropiada como un activo estratégico de la Nación.

En la etapa de diagnóstico del Pacto IV, se señala que aun cuando las actividades productivas han avanzado en la incorporación de prácticas para mejorar su desempeño ambiental, su compromiso con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático, no ha sido suficiente para reducir los impactos ambientales y la generación de emisiones de GEI. Por lo anterior, el literal C. del Pacto IV, establece que una economía productiva, eficiente y sostenible, requiere del esquema de economía circular para reducir la intensidad en el uso de materiales, que es 2,8 veces mayor que el promedio de la OCDE²³ y aprovechar las

²¹ Colombia Compra Eficiente fue creada por el Gobierno Nacional mediante Decreto Ley 4170 de noviembre 3 de 2011, con el fin de reconocer que la compra y contratación pública es un asunto estratégico.

²² Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, Gobierno de Colombia DNP.

²³ Bases del Plan Nacional de Desarrollo, Ob-cit, p. 344.

oportunidades para incrementar el reciclaje y reutilización de estos y así acercarse a referentes internacionales.

La hoja de ruta para la economía circular ha sido planteada en las Políticas de Producción y Consumo Sostenible, Gestión Integral de Residuos Sólidos y Crecimiento Verde, acompañadas de instrumentos como el impuesto a las bolsas plásticas y los planes de gestión de residuos posconsumo²⁴. Así, el reto planteado en las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 para la implementación de estas políticas, es la vinculación del sector privado y de la academia, a su vez, el desarrollo de condiciones habilitantes relacionadas con la gestión del conocimiento, el acceso a recursos, la infraestructura, la transición tecnológica y la innovación.

Con el fin de incentivar la economía circular, las bases del plan de desarrollo 2018-2022 proponen dos líneas estratégicas: i) fomento a la economía circular en procesos productivos; y ii) aumento del aprovechamiento, reciclaje, y tratamiento de residuos.

Para aumentar el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de residuos las bases proponen la siguiente línea de acción:

- a. La definición de criterios para la ubicación de infraestructura de recuperación de materiales y la implementación de proyectos tipo para su financiación con enfoque de cierre de ciclos por parte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Adicionalmente, incluir los costos ambientales y la remuneración del aprovechamiento y el tratamiento en los marcos tarifarios por parte de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- b. Establecer en el Reglamento Técnico del Sector de Agua y Saneamiento Básico (RAS) expedido por el MVCT e implementado con el apoyo de la UPME, los lineamientos para el aprovechamiento de biosólidos y biogás generados en el tratamiento de aguas residuales municipales.

2.1.6 Conclusiones

Tabla 1. Resumen Política Pública

POLÍTICA PÚBLICA	OBJETIVO	CONSIDERACIONES
CONPES 3874 de 2016 Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos - PNGIRS	Implementar la gestión integral de residuos sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario, para contribuir al fomento de la economía circular, desarrollo sostenible, adaptación y mitigación al cambio climático.	Propone el desarrollo de instrumentos normativos para promover el uso de tecnologías alternativas a los rellenos sanitarios, así como el reconocimiento en la tarifa de aseo de la captura y combustión del gas producido en los rellenos sanitarios. Asigna al Ministerio de Minas y Energía la coordinación de las medidas necesarias para la valorización energética de los residuos no aprovechables, para efectos de garantizar las actividades requeridas para obtener la materia prima procedente del servicio de aseo.
Política Nacional De Cambio Climático 2018 - PNCC	Incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y que al mismo tiempo transforme esos riesgos en	Incentiva la reducción constante de la generación de residuos sólidos urbanos y, entre otros, el aprovechamiento energético de las emisiones generadas en los rellenos sanitarios. El aprovechamiento energético del biogás es una de las estrategias territoriales de desarrollo urbano.

²⁴ Se refiere a una estrategia en la cual los fabricantes e importadores de productos son responsables de establecer canales de devolución, a través de los cuales los consumidores pueden retornarlos cuando estos finalizan su ciclo de vida.

	oportunidades para el desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles		
CONPES 3918 de 2018 Estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia	Definir la estrategia de implementación de los ODS en Colombia, estableciendo el esquema de seguimiento, reporte y rendición de cuentas, el plan de fortalecimiento estadístico, la estrategia de implementación territorial y el mecanismo de interlocución con actores no gubernamentales.		Propone desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, por lo cual se requiere reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades.
CONPES 3934 de 2018 Política de Crecimiento Verde	Impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.		Propone líneas de acción que propenden por la disminución de la cantidad de residuos que se generan y la promoción de tecnologías alternativas al relleno sanitario, lo que implica una disminución de la generación de GEI en el relleno sanitario, resultados que se verán en el largo plazo
Bases del Plan Nacional de Desarrollo PND 2018 - 2022	Punto IV “Pacto por la sostenibilidad: conservando y produciendo”	por la producir y conservar	Reconoce que el compromiso del sector productivo con el desempeño ambiental no ha sido suficiente para reducir las emisiones de GEI. Propone incluir en los marcos tarifarios los costos ambientales. Indica que la hoja de ruta para avanzar hacia la economía circular está planteada, entre otras, en la PNGIRS.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con este contexto, definido por los documentos de política que guían la acción estatal, se puede apreciar la evolución en los objetivos de las políticas públicas, los cuales se han concentrado en incrementar la eficacia de las diferentes medidas para reducir los impactos del consumo humano en el medio ambiente. Esos instrumentos han propendido por enfrentar los principales riesgos generados por la acción antropogénica en los recursos naturales, empezando con aquellos de mayor impacto. De esta manera, la política pública se ha concentrado en aquellas actividades en las cuales las acciones tienen potencial para alcanzar reducciones en el impacto ambiental. El éxito de esas intervenciones ha significado que, para alcanzar los objetivos de las intervenciones públicas en materia de medio ambiente, sea necesario que cada vez las reglas sobre las actividades sujetas a la regulación requieran de mayor precisión.

De esta manera, las líneas de acción de la política pública indican que, en esta etapa de implementación de las acciones de intervención estatal, cuando se han alcanzado los objetivos generales de las actividades con mayor impacto (recolección, disposición final), se intervenga con distintos instrumentos, para promover el uso de tecnologías alternativas a los rellenos sanitarios y la reducción de las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero.

En este sentido, las políticas públicas desarrollan las acciones que el país se ha comprometido a implementar para incentivar la reducción constante de la generación de residuos sólidos urbanos, el aprovechamiento energético y la disminución de las emisiones de gases que generan el calentamiento global, incluyendo aquellas relacionadas con la producción y manejo de los residuos. Esos compromisos involucran intervenciones en todo el ciclo de producción de bienes y servicios, pero en relación con los costos sociales de las emisiones de metano y dióxido de carbono de los rellenos sanitarios, entre otras acciones, se propone que se incorpore en las tarifas del servicio público de aseo, los costos eficientes asociados a la captura y quema de los gases.

2.2 CONTEXTO NORMATIVO

2.2.1 Tratados Internacionales ratificados por la República de Colombia

Debe reconocerse que una de las fuentes de gases con efecto invernadero son aquellos producidos por la migración a la superficie de los gases generados por la descomposición de los desechos en los vertederos y sitios de disposición final²⁵. En ese sentido, deben considerarse las normas que el Estado colombiano ha adoptado para atender el cambio climático global. Así mediante la Ley 164 de 1994 el Congreso de la República incorporó en el ordenamiento jurídico colombiano la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que determinó como objetivo de la acción estatal la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

Así mismo, a través de la Ley 629 de 2000 el Congreso de la República de Colombia aprobó el "Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático" comprometiéndose al fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional y la protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, teniendo en cuenta sus compromisos en virtud de los acuerdos internacionales pertinentes sobre el medio ambiente: promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación, la promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales; entre otras medidas.

El Protocolo de Kioto determina diferentes instrumentos para que los países comprometidos con sus disposiciones alcancen las metas pactadas. Dentro de estos se deben señalar dos: el Mecanismo para el Desarrollo Limpio (MDL) y el comercio de derechos de emisión. Así para los países listados en el Anexo I del protocolo, se desarrollan mecanismos de mercado sustentados en el límite e intercambio de emisiones, los cuales pueden ser compensados con la adquisición de compensaciones de emisiones de los certificados expedidos por los MDL.

El artículo 12 del Protocolo de Kioto dispone que:

"1. Por el presente se define un mecanismo para un desarrollo limpio.

2. El propósito del mecanismo para un desarrollo limpio es ayudar a las Partes no incluidas en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes incluidas en el anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3.

3. En el marco del mecanismo para un desarrollo limpio:

a) Las Partes no incluidas en el anexo I se beneficiarán de las actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de las emisiones; y

b) Las Partes incluidas en el anexo I podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de esas actividades de proyectos para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3° conforme lo determine la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo.

²⁵ Bogner, J., et.all (2008). Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation). *Waste Management & Research*, 26(1), 11-32.

4. *El mecanismo para un desarrollo limpio estará sujeto a la autoridad y la dirección de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo y a la supervisión de una junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.*

5. *La reducción de emisiones resultante de cada actividad de proyecto deberá ser certificada por las entidades operacionales que designe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo sobre la base de:*

a) *La participación voluntaria acordada por cada Parte participante;*

b) *Unos beneficios reales, mensurables y a largo plazo en relación con la mitigación del cambio climático; y*

c) *Reducciones de las emisiones que sean adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad de proyecto certificada.*

6. *El mecanismo para un desarrollo limpio ayudará según sea necesario a organizar la financiación de actividades de proyectos certificadas.*

7. *La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo en su primer período de sesiones deberá establecer las modalidades y procedimientos que permitan asegurar la transparencia, la eficiencia y la rendición de cuentas por medio de una auditoría y la verificación independiente de las actividades de proyectos.*

8. *La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo se asegurará de que una parte de los fondos procedentes de las actividades de proyectos certificadas se utilice para cubrir los gastos administrativos y ayudar a las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático a hacer frente a los costos de la adaptación.*

9. *Podrán participar en el mecanismo para un desarrollo limpio, en particular en las actividades mencionadas en el inciso a) del párrafo 3 supra y en la adquisición de unidades certificadas de reducción de emisiones, entidades privadas o públicas, y esa participación quedará sujeta a las directrices que imparta la junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.*

10. *Las reducciones certificadas de emisiones que se obtengan en el periodo comprendido entre el año 2000 y el comienzo del primer periodo de compromiso podrán utilizarse para contribuir al cumplimiento en el primer período de compromiso.”*

Así las cosas, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es un procedimiento en el cual países desarrollados pueden financiar proyectos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de países en desarrollo, y recibir a cambio Certificados de Reducción de Emisiones aplicables a cumplir con su propio compromiso de reducción. De esta manera, el Mecanismo MDL surge como un instrumento basado en el mercado de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a través de la implementación de Proyectos y Programas de Actividades (Programme of Activities -PoAs- por sus siglas en Inglés) en los diferentes sectores productivos como el industrial, energético, forestal, de residuos y de transporte en el ámbito nacional, que generen emisiones de GEI.

Las Reducciones Certificadas de las Emisiones (Certified Emission Reductions – CERs) generadas por tales proyectos pueden ser utilizadas por los países industrializados para cumplir con su cuota de reducción de emisiones. En los países en vía de desarrollo, como

Colombia, en los cuales se implementan estos proyectos se genera un beneficio directo en la contribución al desarrollo sostenible del país.

El MDL está regido por las Partes del Protocolo a través de una Junta Ejecutiva, y las reducciones deberán ser verificadas y certificadas por Entidades Operacionales Designadas (EOD). También se exige la autorización de participación voluntaria y la constancia de contribución al desarrollo sostenible del país de acogida del proyecto por parte de la Autoridad Nacional Designada (AND), que para los efectos se trata generalmente del Ministerio o Secretaría de Ambiente correspondiente, quien a su vez puede establecer los trámites internos para su aprobación. Para obtener la certificación de las emisiones, las partes interesadas (país industrializado y país en desarrollo receptor del proyecto) deberán demostrar una reducción real, mensurable y prolongada en el tiempo de emisiones.

La EOD cumple dos funciones fundamentales en el ciclo del proyecto del MDL:

- a. **Validación.** Fase en la cual la EOD analiza el Documento de Concepción del Proyecto (DCP, donde están las principales informaciones), visita el emprendimiento, verifica la documentación, solicita modificaciones y complementaciones, entre otras medidas, de forma que se garantice que la actividad de proyecto cumple la reglamentación del MDL, antes de solicitar su registro en el Consejo Ejecutivo; y
- b. **Verificación-certificación.** Fase en la cual la EOD confirma que el plan de monitoreo fue adecuadamente aplicado y que sus datos expresan las reducciones efectivas de emisiones (o remoción de CO₂ eq), traduciéndolos en un Informe de Certificación que se envía al Consejo Ejecutivo para la emisión de las CERs correspondientes.

Por su parte, la Autoridad Nacional Designada (AND) cumple una de las funciones más importantes y es la de testificar el carácter voluntario del compromiso de los participantes del proyecto, así como su adicionalidad²⁶ y, en el caso de la Parte anfitriona, que las actividades del proyecto contribuyen al desarrollo sostenible del país.

El concepto de adicionalidad es fundamental para el desarrollo de los proyectos MDL. De acuerdo con el literal c, numeral 5 del Artículo 12° del Protocolo de Kioto, *“las reducciones de emisiones resultantes de cada actividad de proyecto deben ser (...) adicionales a las que ocurrirían en la ausencia de la actividad certificada de proyecto”*.

Por su parte, en la Decisión 3/CMP.1²⁷, ese concepto es expresado de la siguiente forma:

“una actividad de proyecto MDL es adicional si las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero por fuentes son reducidas a niveles inferiores a los que hubieran ocurrido en la ausencia de la actividad de proyecto de MDL registrada”.

En resumen, quiere decir que un proyecto propuesto sólo es considerado adicional si su implantación está vinculada necesariamente al registro como una actividad de MDL, o sea, al hecho de que la actividad de proyecto no sería ejecutada sin la expectativa de sus *“créditos de carbono”* (recursos financieros extras). De esta manera, si el proyecto se hubiera realizado sin requerir la financiación del proyecto con recursos del mecanismo, ese proyecto no es adicional y no puede ser considerado para los beneficios contemplados en el Protocolo.

En relación del trámite que se debe surtir en la República de Colombia se debe considerar que, el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, fue designado como Autoridad Nacional Designada (AND) para el MDL, mediante la nota consular del 22 de mayo de 2002, radicado DM/VAM/CAA 19335 del Ministerio de Relaciones Exteriores, dirigida a la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

²⁶ Numeral 5, Artículo 12 del Protocolo de Kioto.

²⁷ Naciones Unidas, Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, Decision 3/CMP.1 *“Modalities and procedures for a clean development mechanism as defined in Article 12 of the Kyoto Protocol”* FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.1. Párrafo 43.

Colombia, con el fin de responder a las posibles amenazas del cambio climático, potencializar las oportunidades derivadas de los mecanismos financieros de la Convención y cumplir con los compromisos derivados de esta y del Protocolo, ha efectuado una serie de actividades encaminadas a construir un marco normativo institucional.

Así, en el año 2003 se expidió el documento CONPES 3242 *"Estrategia Nacional para la Venta de Servicios Ambientales de Mitigación de Cambio Climático"*, el cual generó los lineamientos esenciales para la introducción de los proyectos MDL dentro de las medidas de mitigación en el contexto nacional.

Con fundamento en lo anterior, mediante el Decreto 291 de 2004 se designó al IDEAM, a través del numeral 11 del artículo 15, como la entidad encargada de coordinar la elaboración de las Comunicaciones Nacionales ante la CMNUCC. En el mismo año el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expide las Resoluciones 0453 y 0454, las cuales posteriormente fueron derogadas por el artículo 12 de la Resolución 551 de 2009 y la Resolución 552 de 2009 respectivamente, que tuvieron por objetivo la adopción de principios, requisitos y criterios, así como el establecimiento del procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de GEI que optan al MDL.

En el 2010 las Resoluciones 2733²⁸ y 2734²⁹ del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, redujeron los tiempos de respuesta, agilizaron el proceso interno de evaluación y reglamentaron el procedimiento de aprobación nacional de Programas y Actividades bajo el MDL.

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 2 de la Resolución 2734 de 2010, corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como Autoridad Nacional Designada para el mecanismo de desarrollo limpio, *"aprobar los proyectos que optan al MDL, en función de la participación voluntaria del país en este Mecanismo y de la contribución del proyecto al desarrollo sostenible del país anfitrión del mismo, en este caso, de Colombia"*. Así, las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, interesadas en obtener la aprobación nacional de un proyecto deberán diligenciar y presentar ante dicho Ministerio la documentación referida en el artículo quinto de la resolución ibídem con base en los requisitos y evidencias de contribución al desarrollo sostenible del país contenidos en los Anexos 2A o 2B según el caso, de la misma resolución, siguiendo para el efecto el siguiente procedimiento:

2.2.1.1 Procedimiento para la elaboración de un proyecto MDL

Para efectos del trámite del proyecto MDL, el responsable o promotor debe diligenciar el formato oficial de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio o documento de proyecto. Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible³⁰ los elementos fundamentales que debe contener la formulación del proyecto son los siguientes:

- a. **Descripción General del Proyecto.** El promotor del proyecto debe proveer información básica sobre el mismo: determinación de las actividades a ser desarrolladas, descripción de la tecnología a ser empleada, participantes, localización y explicación de la manera como el proyecto reduce o captura emisiones de gases de efecto invernadero.
- b. **Elaboración y Cálculo de la Línea Base.** La línea base constituye el escenario hipotético más probable, que representa lo que hubiera ocurrido si el proyecto del

²⁸ *"Por la cual se adoptan los requisitos y evidencias de contribución al desarrollo sostenible del país, se establece el procedimiento para la aprobación nacional de programas de actividades (PoA-por sus siglas en inglés) bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y se reglamenta la autorización de las entidades coordinadoras"*.

²⁹ *"Por la cual se adoptan los requisitos y evidencias de contribución al desarrollo sostenible del país y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio-MDL y se dictan otras disposiciones"*

³⁰ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, *"Cambio Climático, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Protocolo de Kyoto y Mecanismo de Desarrollo Limpio, Guía Básica"*. <http://www.ipse.gov.co/energia-renovable/simposios-internacionales/category/100-politica-sectorial?download=380:cambio-climatico-minambiente>

Mecanismo de Desarrollo Limpio no se llevara a cabo. En términos generales, establece el nivel de emisiones y captura de gases de efecto invernadero que tendría lugar si no se ejecutan las actividades propuestas por el proyecto. La línea base debe construirse de manera específica para cada proyecto, siguiendo alguna de las metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL.

- c. **Selección del Período de Acreditación.** Los proyectos del MDL deben elegir la duración del periodo de tiempo durante el cual solicitarán la certificación de las reducciones o capturas de gases de efecto invernadero. Para los proyectos de reducción de emisiones por fuentes, los promotores deben elegir entre un periodo de hasta diez años, o un periodo de hasta siete años, renovable en dos oportunidades. En el caso de los proyectos forestales, es posible elegir entre un periodo de hasta 30 años, o un periodo de 20 años que puede ser renovado hasta en dos ocasiones.
- d. **Elaboración del Plan de Monitoreo.** El responsable del proyecto debe definir un plan de monitoreo que permita la estimación o medición de las emisiones de gases de efecto invernadero atribuibles al proyecto, así como la recopilación de la información necesaria para determinar la línea base. El plan debe diseñarse siguiendo alguna de las metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL y ejecutarse de conformidad durante todo el periodo de acreditación.
- e. **Validación.** El propósito de esta etapa es establecer su conformidad con los requisitos y procedimientos del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

La validación por la Entidad Operacional Designada consiste en la revisión de los elementos de la formulación del proyecto, tal como se presentan en el documento del proyecto. Entre estos elementos se encuentran la construcción de la línea base, el diseño del plan de monitoreo, el trámite a los comentarios de los interesados y el análisis de los impactos ambientales. Igualmente, la Entidad Operacional Designada constará que el proyecto ha sido aprobado por la Autoridad Nacional Designada y confirmará el carácter adicional de las actividades del proyecto, es decir que las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero son superiores a las que tendrían lugar de no llevarse a cabo el proyecto.

- f. **Registro.** El registro constituye la aceptación oficial del proyecto por la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

El reporte de validación debe contener el documento del proyecto, la explicación del trámite dado a los comentarios de los interesados durante el periodo de consulta al que tuvo que someterse el proyecto y las cartas de las Autoridades Nacionales Designadas de cada uno de los países participantes, manifestando la participación voluntaria en el proyecto y confirmando la contribución al desarrollo sostenible del país en donde se desarrollarán las actividades del proyecto. El registro se considera definitivo, de no existir objeción de alguna de las Partes participantes en el proyecto o de al menos tres de los diez miembros de la Junta Ejecutiva.

- g. **Monitoreo.** El monitoreo o vigilancia consiste en la puesta en marcha del plan de seguimiento propuesto en el documento de proyecto. Durante el periodo de acreditación, el responsable del proyecto debe obtener y registrar permanentemente la información pertinente para determinar las reducciones de gases de efecto invernadero que el proyecto da a lugar durante su ejecución. Como se dijo anteriormente, el plan debe proveer los procedimientos para recopilar los datos que permitan determinar la línea base y estimar o medir las emisiones de las fuentes correspondientes al proyecto y de aquellas fuera de su frontera, pero que sean afectadas por el mismo (fugas). La ejecución del plan de monitoreo debe registrar y documentar la información mencionada y aplicar las medidas relevantes para asegurar la calidad del procedimiento.

- h. **Verificación.** La verificación consiste en la revisión de los cálculos y procedimientos realizados por el responsable del proyecto durante el monitoreo para cuantificar las reducciones de gases de efecto invernadero. Dicha revisión o verificación es realizada por una entidad operacional que puede o no ser la misma que efectuó con anterioridad la validación del proyecto. La entidad operacional comprueba que el procedimiento seguido por el responsable del proyecto se ajusta a lo establecido en el protocolo de monitoreo consignado en el documento del proyecto. Durante el proceso de verificación corrobora la información suministrada efectuando las inspecciones pertinentes y acudiendo a fuentes adicionales.

Con base en los resultados de la verificación, la Entidad Operacional Designada elabora un informe de verificación que remite a la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio, a las partes interesadas y a los participantes del proyecto. Finalmente, procede a expedir una certificación de las reducciones o capturas de gases de efecto invernadero resultantes de la ejecución de las actividades del proyecto.

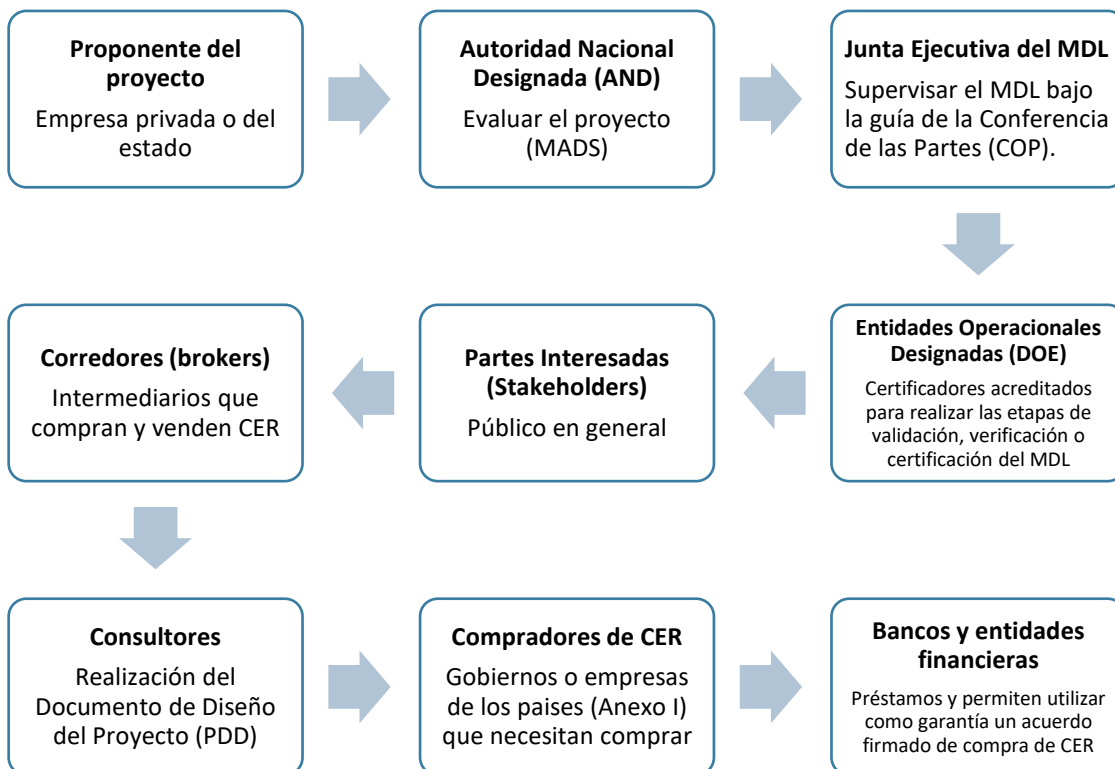
- i. **Expedición de las Reducciones Certificadas de las Emisiones.** La entidad operacional remite el informe de certificación de las reducciones y capturas de gases de efecto invernadero a la Junta Ejecutiva, para que ésta proceda a expedir el Certificado de Reducción de Emisiones (CER). La expedición de los CER se hará efectiva si no existe objeción de alguna de las Partes participantes en el proyecto o de al menos tres miembros de la Junta Ejecutiva. Dichos CER constituyen el bien final que puede ser negociado por el responsable del proyecto con el fin de obtener recursos financieros adicionales.

Se reitera, que se debe cumplir con el requisito de adicionalidad, que es relevante para alcanzar las metas de reducciones, ya que si ellas no son adicionales, no puede expresarse que haya reducciones en absoluto, y en el contexto de sistemas de límite y comercio, es importante contar con una contabilidad estricta de las emisiones que garantice la integridad financiera y medio ambiental de los esfuerzos de mitigación y por ello, garantizar la “adicionalidad” se torna fundamental en los esquemas de reducción de las emisiones globales (Greenglass, 2014).

Debe recordarse que los compromisos del Protocolo de Kioto cuentan con una prórroga de su vigencia a partir de la denominada “Enmienda de Doha”³¹.

³¹ En ejercicio de las facultades propias de las personas de derecho público, especialmente aquellas contenidas en el artículo 40 (Parte IV) del Tratado De Viena de 1969, las partes de un tratado multilateral pueden introducir modificaciones o enmiendas a lo originalmente pactado, conforme a los procedimientos que el respectivo instrumento defina. En diciembre de 2012 se adoptó la esperada Enmienda de Doha al Protocolo de Kyoto. La misma establece un segundo período de compromiso, comprendido entre los años 2013 y 2020, y nuevos compromisos cuantificados de limitación o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para los países desarrollados, modificándose los Anexos A y B del Protocolo e insertando varios párrafos en el cuerpo del mismo. La Enmienda confirma que un número importante de estos países continuarán cumpliendo sus compromisos de reducción con base en el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas. Este hecho es relevante ya que es una señal positiva por parte de estos países, que contribuirá a facilitar las negociaciones que se están desarrollando en el ámbito internacional para alcanzar un acuerdo jurídicamente vinculante aplicable a todas las Partes en el marco de la referida Convención a partir de 2020. La Enmienda además de extender el período de compromiso, posibilita la continuación de la aplicación del referido MDL que permite a países en desarrollo, como el nuestro, continuar promoviendo acciones de mitigación vinculadas a los mercados de carbono, y que a su vez contribuyan al desarrollo sostenible del país.

2.2.1.2 Participantes del ciclo MDL



Fuente: (BID, 2010), construcción UAE-CRA 2019

2.2.2 Instrumentos Nacionales

La Constitución Política determina, en su artículo 334, que la intervención del Estado en la economía tiene como objetivo racionalizar la economía. De acuerdo con la Corte Constitucional, ese mandato significa que con ese precepto “*se pretende anticipar de mejor manera las consecuencias futuras de las acciones. De esta forma la Constitución le exige al Estado cuando interviene en la economía que considere las consecuencias futuras de sus intervenciones, es decir, lo obliga a analizar la adecuación entre los medios y los fines perseguidos*”³².

Ese análisis permite concluir que, el cumplimiento de los compromisos internacionales adquiridos por la República de Colombia, de una manera que cuente con adecuación medio-fin, requiere de la adopción de medidas regulatorias que justifiquen, al menos, que el costo de las inversiones para esa mitigación no sea superior al de los efectos nocivos de las emisiones.

El criterio constitucional de la eficiencia, un principio de la función administrativa y corolario del mandato de racionalizar la economía ordenado por el artículo 334 de la Constitución Política, determina que las autoridades regulatorias deben expedir reglas que alcancen sus fines utilizando la menor cantidad posible de recursos. Razón por la cual resulta necesario, si se requiere una intervención para reducir las emisiones de GEI por parte de los rellenos sanitarios, que esa medida cobije a los rellenos que emitan una cantidad de gases efecto invernadero suficiente para que las inversiones en su reducción sean productivas,

³² Corte Constitucional Sentencia C-300 de 2012.

considerando la existencia de los mecanismos de incentivos contemplados en el ordenamiento jurídico.

Adicionalmente a la implementación nacional de los acuerdos internacionales, la República de Colombia contribuye a la reducción de las emisiones globales de gases de efecto invernadero con las siguientes medidas:

2.2.2.1 Impuesto a las emisiones de Carbono

El propósito de un impuesto a las emisiones, es el de determinar un costo explícito a las externalidades asociadas con el cambio climático antropogénico. En la ausencia de ese tributo, los individuos se encuentran en una situación con un conjunto de precios distorsionados, las actividades que generan emisiones sin ese impuesto resultan baratas en términos relativos, ya que los costos que las emisiones le imponen a los demás y las generaciones futuras, no hacen parte de la decisión de realizarlas³³. Cuando se establece un precio por emitir, a través de un impuesto, implícitamente se está reconociendo el valor de la externalidad que se pretende mitigar, ya que conceptualmente, la tarifa debería ser dinámicamente eficiente para balancear los costos y beneficios marginales descontados de las emisiones adicionales³⁴.

La Ley 1819 de 2016 “*Por medio de la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones*”, consagró diversas medidas de carácter tributario para incentivar la reducción de emisiones de gases efecto invernadero. De esta manera se pueden resaltar las siguientes medidas contempladas en dicha norma:

- El artículo 99 adicionó al Estatuto Tributario el artículo 235-2 que en su numeral 7 determinó como una renta exenta del impuesto a la renta, la causada por la venta de energía eléctrica generada con base en energía eólica, biomasa o residuos agrícolas, solar, geotérmica o de los mares por un término de quince (15) años, a partir del año 2017, siempre que se tramiten, obtengan y vendan los certificados de emisión de bióxido de carbono de acuerdo con los términos del Protocolo de Kioto.
- La Parte IX determinó la existencia de un impuesto nacional al carbono y en su artículo 221 determinó que ese impuesto es un gravamen que recae sobre el contenido de carbono de todos los combustibles fósiles, incluyendo todos los derivados de petróleo y todos los tipos de gas fósil que sean usados con fines energéticos, siempre que sean usados para combustión. El hecho generador del impuesto al carbono es la venta dentro del territorio nacional, retiro, importación para el consumo propio o importación para la venta de combustibles fósiles y se causa en una sola etapa respecto del hecho generador que ocurra primero.
- El párrafo 3 del artículo 221 establece que el impuesto no se causa a los sujetos pasivos que certifiquen ser carbono neutro. Esta última disposición se encuentra reglamentada por el artículo 1.5.5.3 del Decreto 1625 de 2016³⁵, que dispone que, para solicitar el beneficio tributario señalado, se debe presentar una solicitud acompañada por la declaración de verificación y el soporte de cancelación voluntaria de las reducciones de emisiones o remociones de GEI canceladas a su favor. La declaración de verificación y el soporte de cancelación voluntaria demuestran la neutralización de las emisiones asociadas al uso del combustible sobre el cual no se causará el impuesto nacional al carbono, la misma regla contempla que el sujeto pasivo del impuesto nacional al carbono deberá obtener la declaración de verificación y el soporte de cancelación voluntaria por medio de los consumidores o usuarios finales del combustible, o del titular de una iniciativa de mitigación de GEI.

³³ Metcalf, G. E., & Weisbach, D. (2009). The design of a carbon tax. *Harvard Environmental Law Review*, 33, 499.

³⁴ Nordhaus, W. D. (2007). To tax or not to tax: Alternative approaches to slowing global warming. *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(1), 26-44.

³⁵ “por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario en materia tributaria”

- El artículo 222 dispuso una tarifa de COP \$15.000 con una sobretasa por el tipo de combustible utilizado. Asimismo, dispuso en su parágrafo 1 que: “*La tarifa por tonelada de CO₂ se ajustará cada primero de febrero con la inflación del año anterior más un punto hasta que sea equivalente a una (1) UVT por tonelada de CO₂. En consecuencia, los valores por unidad de combustible crecerán a la misma tasa anteriormente expuesta*”. Para la vigencia 2019, la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales ejerció su competencia para ajustar el valor de la tarifa del Impuesto al Carbono a través de la Resolución 9 de 2019³⁶ y determinó un valor de COP \$16.422.

De esta manera, la implementación del impuesto nacional al carbono y la posibilidad de compensar ese impuesto con medidas encaminadas a que las empresas obligadas sean carbono neutras, ha generado un incremento en la demanda de los certificados de compensación a los que se refiere el Protocolo de Kioto, reactivando el interés del sector privado en la implementación de proyectos MDL y generando un mercado voluntario de dichos certificados.

De esta manera, el Estado colombiano reconoce el costo de la emisión de una tonelada de CO₂ equivalente por un valor de COP\$ 16.422.

2.2.2.2 Cupos transables de emisión de GEI.

Mediante la Ley 1931 de 2018 “*Por la cual se establecen Directrices para la Gestión del Cambio Climático*” se implementó en la República de Colombia un sistema de límite e intercambio para incentivar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional. El artículo 29 de la Ley 1931 de 2018 dispuso la existencia de un cupo transable de emisiones de GEI que consiste en un derecho negociable que autoriza a su titular para emitir una tonelada de CO₂ u otro Gas de Efecto Invernadero (GEI) por una cantidad equivalente a una tonelada de CO₂. Un cupo se redime cuando se utiliza para respaldar la emisión de una tonelada de CO₂ o su equivalente, durante una vigencia anual. Puede ser redimido en vigencias posteriores a la de su adquisición, pero una vez redimido, no podrá ser utilizado nuevamente. Así mismo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establecerá anualmente un número de cupos compatible con las metas nacionales de reducción de emisiones de GEI y determinará, mediante normas de carácter general, las condiciones de adquisición de los cupos transables de emisión de GEI a través de una subasta inicial anual.

Adicionalmente, el artículo 30 de la Ley 1931 de 2018 estableció el Programa Nacional de Cupos Transables de Emisión de Gases de Efecto Invernadero (PNCTE), en virtud del cual se establecerán y subastarán cupos transables de emisión de GEI. De manera eventual, este programa también podrá otorgar directamente cupos transables de emisión a agentes regulados que cumplan los requisitos que establezca el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El PNCTE también comprenderá la verificación y certificación de reducciones de emisiones o remociones de GEI, que se produzcan como resultado de la implementación voluntaria de iniciativas públicas o privadas de reducción o remoción de GEI, adelantadas por agentes diferentes a los regulados. El Programa podrá otorgar un cupo transable de emisión por cada tonelada de CO₂ equivalente que sea reducida o removida, y que esté debidamente verificada, certificada y registrada en el Registro Nacional de Reducción de las Emisiones de GEI para, entre otros propósitos, evitar una doble contabilización.

2.2.3 Régimen del Servicio Público de Aseo

La Ley 142 de 1994³⁷, en su artículo 14.24, definió originalmente el servicio público de aseo como “*...el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos. También se aplicará esta Ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos.*”

³⁶ “*Por la cual se ajustan las tarifas del impuesto nacional a la Gasolina y al ACPM, y del Impuesto Nacional al carbono*”

³⁷ Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones

Es importante anotar que la definición incorporada en la Ley 142 de 1994, obedece al propósito de que las actividades que componen el servicio puedan ser prestadas por una persona distinta a la que realiza la recolección, entendida esta como la actividad básica. Mediante la expedición de la Ley 632 de 2000, el Legislador amplió la definición del servicio público de aseo, al incluir las actividades complementarias de corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas, así como el lavado de estas áreas y la transferencia, tratamiento y aprovechamiento de los residuos que se produzcan por la ejecución de tal actividad.

La Ley 689 de 2001³⁸ modificó el artículo 14.24 de la Ley 142 de 1994, continuando con la línea trazada por la Ley 632 de 2000, es decir, amplía la definición del servicio, para incluir en ella todas las actividades complementarias que habían sido objeto de desarrollo en otras disposiciones, en los siguientes términos:

“14.24 Servicio público de aseo. Es el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos. También se aplicará esta ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos.

Igualmente incluye, entre otras, las actividades complementarias de corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas; de lavado de estas áreas, transferencia, tratamiento y aprovechamiento”.

El Decreto 2981 de 2013³⁹, reglamenta la prestación del servicio público de aseo, determinando de manera expresa que el mismo no aplica a la gestión de residuos peligrosos, la que se rige por lo dispuesto en las normas ambientales. Esa norma reglamentaria fue incorporada en el Decreto 1077 de 2015⁴⁰ y en el Capítulo 1 del Título 2, de la Parte 3 reglamenta el servicio público de aseo, y en capítulos separados regula todo lo atinente a la actividad de disposición final y tratamiento.

En cuanto a la actividad de disposición final, la misma se encuentra reglamentada en el Capítulo 3 del Título 2 de la Parte 3 del Decreto 1077 de 2015, modificada y adicionada por el Decreto 1784 de 2017, y es definida de la siguiente manera: *“Disposición final de residuos sólidos. Es la actividad del servicio público de aseo, consistente en la disposición de residuos sólidos mediante la técnica de relleno sanitario”.*

El mismo decreto define el relleno sanitario como la *“Solución técnica de Saneamiento Básico, resultado de procesos de planeación, Diseño, Operación y Control para la disposición final adecuada de residuos sólidos”.*

Este decreto establece igualmente los lineamientos para el diseño, la planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos, así como el procedimiento a seguir por parte de las entidades territoriales para la definición de las áreas potenciales susceptibles para la ubicación de rellenos sanitarios.

2.2.4 Requisitos de operación de rellenos sanitarios

El artículo 2.3.2.3.11 del Decreto 1077 de 2015⁴¹, establece los requisitos mínimos para el diseño de nuevos rellenos sanitarios o ampliación de los existentes, señalando que los mismos deberán contar con un Documento Técnico de Estudios y Diseños, el cual consta

³⁸ Por la cual se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994”

³⁹ Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.

⁴⁰ Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

⁴¹ Modificado por el Decreto 1784 de 2017

de: estudios preliminares⁴², diseño de llenado⁴³, cálculos⁴⁴, instrumentación⁴⁵, infraestructura del relleno sanitario⁴⁶ y presupuesto⁴⁷. Adicionalmente, señala que todo sitio de disposición final deberá contar con un reglamento Operativo que establezca los instrumentos de Planeación, Operación y Seguimiento para las diferentes etapas de desarrollo del proyecto.

En relación con el manejo de los gases en los nuevos rellenos sanitarios o ampliación de los existentes, el Decreto 1077 de 2015, adicionado y modificado por el Decreto 1784 de 2017 estableció, como un requisito mínimo del Documento Técnico de Estudios y Diseños, que debe contener el dren de evacuación de gases, definiendo número, diámetro y distancia entre chimeneas para la recolección y evacuación del gas, así como que la captura y quema tecnificada debe desarrollarse en todas las categorías de rellenos⁴⁸. A su vez, también determinó que el reglamento operativo, debe contener los mecanismos de monitoreo de CH₄ y H₂S a través de la definición de los sitios y equipo requeridos para realizar esa tarea.

Sin perjuicio de la disposición sobre la aplicación de los nuevos requisitos a los rellenos sanitarios nuevos o ampliación de los existentes, el Decreto 1784 de 2017 también determinó la existencia de un régimen de transición, según el cual, los sitios de disposición final que se encuentren en operación antes del 31 de diciembre de 2017, contarán con un término de 36 meses, a partir del 1° de enero de 2018, para la actualización del Reglamento Operativo y cumplimiento de estándares mínimos en la operación.

Por su parte, la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, mediante la cual se adoptó el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, estableció, dentro del conjunto de sus disposiciones, aquellas relacionadas con los requisitos mínimos que se deben contemplar desde la fase de diseño de los rellenos sanitarios, entre los cuales se encuentra el diseño para el manejo de gases. Así, esta norma señaló que todo sitio de disposición final que se encuentre en el ámbito de aplicación de ese Reglamento Técnico, debe incluir en su diseño un sistema para el manejo de gases.

Por otra parte, y en relación con las competencias de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, el Decreto 1784 de 2017 incorporó en el Decreto 1077 de 2015, la función de incentivar, a través de las metodologías tarifarias, el desarrollo de la actividad complementaria de tratamiento y de realizar las evaluaciones que correspondan para establecer la viabilidad del aprovechamiento de biogás para valorización energética⁴⁹.

Con relación a lo anterior, es de destacar que en el artículo 2.3.2.3.11. “*Requisitos mínimos para el diseño de nuevos rellenos sanitarios o ampliación de existentes*”, determina que la captura y quema de biogás “tecnificada” debe realizarse para todas las categorías de relleno sanitario:

⁴² Lo constituyen los estudios topográficos, geológicos y geomorfológicos, de exploración del suelo, estudios hidrológicos e hidrogeológicos, estudio geotécnico, análisis de estabilidad y análisis de riesgo.

⁴³ Una vez realizados los estudios preliminares, se definirá el método de llenado acorde con la topografía, geotecnia y condiciones hidrológicas del terreno seleccionado, así como también el manejo y el tipo de tratamiento de lixiviado y de gases.

⁴⁴ Los cálculos se deberán realizar sobre: i) La celda de disposición; ii) del dren de lixiviados; iii) el dren de evacuación de gases; iv) los canales de agua lluvias; v) el manejo de lixiviados; y vi) el sistema de tratamiento de lixiviados.

⁴⁵ Todo relleno sanitario deberá contar con instrumentos que permitan la medición de niveles y calidad de agua superficial, estabilidad de terreno y de la masa de residuos contenida en la celda o la terraza, tales como: piezómetros. Instrumentación geotécnica y pozos de monitoreo. Para rellenos construidos por etapas o fases, se deberá proyectar la instalación de la instrumentación de medición en cada una de las celdas proyectadas.

⁴⁶ Está conformada por las celdas y las siguientes estructuras asociadas: i) valla de información; ii) cerramiento perimetral; iii) puertas de acceso; iv) báscula de pesaje; v) caseta de registro; vi) vías internas; y vii) áreas administrativas y dotaciones de servicios;

⁴⁷ El presupuesto que se presenta en el Documento técnico de Estudios y Diseños deberá contener el presupuesto de obra ordenado por componentes y cada componente discriminado capítulos, detallando conceptos, unidades y cantidades junto con el análisis de precios unitarios y debe corresponder al año de ejecución de este, así como los costos correspondientes al plan de manejo ambiental y otros que le sean pertinentes.

⁴⁸ Numeral tercero del artículo 2.3.2.11. del Decreto 1077 de 2015, modificado por el Decreto 1784 de 2017.

⁴⁹ Decreto 1077 de 2015 artículos 2.3.2.3.20 y 2.3.2.3.21.

“(…) Del dren de evacuación de gases: Una vez dimensionada la celda, se deber definir número, diámetro y distancia entre chimeneas que permita la recolección y evacuación del gas. La captura y quema tecnificada deberá realizarse en todas las categorías de relleno establecidas (…).”

Sobre este aspecto, la Comisión solicitó a la Dirección de Desarrollo Sectorial del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio especificar el término “tecnificada”, quien manifestó mediante Radicado 2019EE0008390 que el concepto de tecnificación al que se refiere el Decreto 1784 de 2017, será objeto de “reglamentación”. Por lo cual, el alcance de esa expresión y de sus consecuencias para la regulación de los factores asociados a él, están sujetos a la expedición de la propuesta de reglamento.

2.2.5 Requisitos ambientales

De otra parte, el artículo 25 de la Ley 142 de 1994, deja en cabeza de los operadores de los servicios la obtención de los permisos ambientales a los que haya lugar para el desarrollo de una actividad determinada. Teniendo en cuenta el régimen normativo ambiental y por los impactos que genera al ambiente la acción de disponer residuos sólidos, los rellenos sanitarios son objeto de licenciamiento ambiental. Ahora bien, debe considerarse que antes de la expedición del régimen ambiental en 1993 no era exigible el licenciamiento de estos sitios, por lo cual aquellos que iniciaron operaciones antes de ese año pertenecen a un régimen de transición ambiental y su operación está autorizada mediante un Plan de Manejo Ambiental.

Considerando que para el año 2005 el país aún tenía un amplio número de botaderos a cielo abierto (a pesar de que para el año 2003 mediante la Resolución 1045⁵⁰ había sido ordenado su cierre), con el fin de clausurar y restaurar ambientalmente o adecuar técnicamente los sitios de disposición final que no cumplían la normativa vigente, se expidió la Resolución 1390 de 2005⁵¹ que en su artículo 5 permite, de conformidad con las condiciones allí establecidas, que se construyan celdas transitorias en el mismo sitio donde se realiza la disposición final, las cuales podían ser usadas hasta por 36 meses. Para tal efecto, el prestador de la actividad de disposición final debía realizar las modificaciones del Plan de Manejo Ambiental - PMA, presentándose ante la autoridad ambiental para su aprobación. El plazo de 36 meses establecido en la citada resolución se amplió en cuatro oportunidades mediante las Resoluciones 1390 de 2005, 1684 de 2008, 1822 de 2009 y 1890 del 2011.

En este sentido, se pueden identificar, principalmente, dos tipos de instrumentos de seguimiento ambiental para la operación de sitios de disposición final adecuados técnicamente: licencia ambiental (para rellenos sanitarios relacionados con la entrada en vigor de las normas ambientales en 1993) y PMA para los sitios que hacen parte de la transición en cumplimiento ambiental.

En cuanto a la reglamentación en materia de emisiones contaminantes al aire en rellenos sanitarios, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, precisó vía concepto a esta Comisión de Regulación⁵², que *“(…) El Artículo 11 del Capítulo II del Decreto 838 de 2005, establecía la obligación a los prestadores del servicio público de aseo, en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, de monitorear la composición de biogás (CH₄, CO₂, O₂), explosividad, caudal y el contenido de partículas suspendidas totales en las emisiones al aire. Sin embargo, el Capítulo 3 del Título 2 de la Parte 3, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015 modificado por el Decreto 1784 de 2017, correspondiente a la*

⁵⁰ “Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones”.

⁵¹ “Por la cual se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 13 de la Resolución 1045 de 2003 que no cumplan las obligaciones indicadas en el término establecido en la misma”.

⁵² Radicado N° DAA-8241-E2-2019-002111

compilación del Decreto 838 de 2005, eliminó la referencia sobre monitoreo de calidad del aire en rellenos sanitarios.”

En cualquiera de los casos se debe cumplir como mínimo con las disposiciones de la Resolución 2254 de 2017⁵³, que establece en el artículo 2 del Capítulo 1 los niveles máximos permisibles de contaminantes criterio aire, aclarando que dicha resolución no incluye ni el CH₄ ni el CO₂, que corresponden a los gases GEI generados en rellenos sanitarios, de mayor relevancia.

En el párrafo 3 del artículo ibídem, la Resolución determina que *“Las autoridades ambientales competentes deben realizar las mediciones de los contaminantes criterio establecidas por el presente artículo, de acuerdo con los procedimientos, frecuencias y metodologías establecidas en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.”*

El Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado por la Resolución 650 del 2010⁵⁴ y ajustado por la Resolución 2154 de 2010⁵⁵ consagra que los rellenos sanitarios son fuentes fijas lo que implica que *“Son las fuentes de emisión situadas en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.”*

En adición a lo anterior, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible precisa en su concepto, que para el control de emisiones generadas en rellenos sanitarios se debe tener en cuenta la Resolución 909 de 2008⁵⁶, la cual estipula en su capítulo XVII *“Determinación del punto de descarga de la emisión por fuentes fijas”* y específicamente en sus artículos 69 y 71 lo siguiente:

“Obligatoriedad de construcción de un ducto o chimenea. Toda actividad que realice descargas de contaminantes a la atmósfera debe contar con un ducto o chimenea cuya altura y ubicación favorezca la dispersión de éstos al aire, cumpliendo con los estándares de emisión que le son aplicables.”

“Localización del sitio de muestreo: La altura de la chimenea, diámetro y localización de los puertos de muestreo deben construirse de acuerdo con los métodos y procedimientos adoptados en el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas”

De esta forma, el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, adoptado por la Resolución 760 de 2010⁵⁷, fija los procedimientos de medición de emisiones atmosféricas.

En la actualidad el monitoreo de la calidad del aire en los rellenos sanitarios se debe realizar según lo ordenado por la autoridad ambiental competente por medio de la Licencia Ambiental o el Plan de Manejo Ambiental para cada relleno sanitario.

2.2.6 Régimen de tarifas y financiación

En cuanto al régimen tarifario, el artículo 86 de la Ley 142 de 1994 señala que está compuesto por reglas relativas a: i) el régimen de regulación o de libertad; ii) el sistema de subsidios; iii) las reglas relativas a las prácticas tarifarias restrictivas de la libre competencia y que implican abuso de posición dominante; iv) las reglas relativas a procedimientos,

⁵³ *“Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones”*

⁵⁴ *“Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire”*

⁵⁵ *“Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones”*

⁵⁶ *“Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.”*

⁵⁷ *“Por la cual se adopta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas”*

metodologías, fórmulas, estructuras, estratos, facturación, opciones, valores. En general, a todos los aspectos que determinan el cobro de las tarifas. Adicionalmente, está orientado por los criterios de eficiencia económica, neutralidad, solidaridad, redistribución, suficiencia financiera, simplicidad y transparencia⁵⁸, aspectos que se aplican en los marcos tarifarios del servicio público de aseo.

Por otra parte, los esfuerzos de intervención del Estado también se han enfocado en disminuir el impacto ambiental de la producción de energía, a través del incentivo de la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, como lo establece la Ley 1715 de 2014 y su desarrollo reglamentario. Esa Ley contempla dentro de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable FNCER aquella que tiene como origen la degradación espontánea o inducida de cualquier tipo de materia orgánica, como lo es el proceso de aprovechamiento del biogás producido en los rellenos sanitarios.

Como fomento a la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir de FNCER, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada. Asimismo, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos de IVA. En el mismo sentido, los titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCER gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de preinversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. Finalmente, la actividad de generación a partir de FNCER, gozará de un régimen de depreciación acelerada, con una tasa anual de depreciación que no será mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual. La tasa podrá ser variada anualmente por el titular del proyecto, previa comunicación a la DIAN, sin exceder el límite señalado en la ley.

De acuerdo con lo expuesto, el régimen legal colombiano establece diversos instrumentos económicos para modificar el comportamiento individual respecto a las emisiones antropogénicas de gases con efectos climáticos adversos. Esos instrumentos ya han determinado un valor del costo de las emisiones (COP\$ 16.422) y mecanismos que incentivan la captura y compensación de las emisiones, que constituyen incentivos efectivos para reducir las emisiones y adicionalmente remunerar las actividades de reducción de las emisiones.

El impuesto al carbono y su no aplicación a empresas carbonos neutras, las deducciones por inversión en tecnologías ambientalmente sostenibles, la participación en los mecanismos internacionales de desarrollo limpio y el mercado nacional de permisos (PNCTE) generan oportunidades de ingreso para que los proyectos de captura y reducción de emisiones de GEI a la atmósfera cuenten con remuneración para que esos proyectos sean financieramente sostenibles.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se describen los procesos de generación del biogás a partir de la descomposición de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios y los sistemas más utilizados para el manejo de estos gases. Adicionalmente, al final del capítulo se incluye la definición de la actividad complementaria de tratamiento en los términos del Decreto 1784 de 2017, así como un resumen de otras técnicas de disposición final alternas al relleno sanitario, que a su vez podrían reducir la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera.

⁵⁸ Artículo 87 de la Ley 142 de 1994.

2.3.1 Generación de biogás en los rellenos sanitarios⁵⁹

El biogás es una mezcla gaseosa producida por los microorganismos durante el proceso de biodegradación de material orgánico en condiciones anaeróbicas. Este proceso es una parte importante del ciclo biogeoquímico del carbono que finaliza con la generación de metano (CH₄). La composición del biogás depende del material biodegradado y de las condiciones en las que se desarrollan los procesos microbianos, principalmente contiene los siguientes gases:

Metano (CH₄): 40-70% del volumen.
Dióxido de carbono (CO₂): 30-60 vol. %
Otros gases: 1-5 vol. % ; incluyendo hidrógeno (H₂): 0-1 vol. % y sulfuro de hidrógeno (H₂S): 0-3 vol. % y trazas de vapor de agua.

El biogás es un poco más liviano que el aire y posee una temperatura de inflamación de alrededor de los 700 ° C a comparación con el Diesel (350 ° C), la gasolina y el gas propano (cerca de los 500 ° C). El valor calorífico del biogás es cerca de 6 kWh por metro cúbico. Es decir que un metro cúbico de biogás es equivalente a aproximadamente medio litro de combustible diésel, esto es debido a que el CH₄ en concentraciones superiores a un 15% es inflamable.

Entre más largo es el tiempo de retención en el lugar donde se generan los procesos de degradación anaeróbica, más alto es el contenido de metano, y con esto el poder calorífico del biogás. Con tiempos de retención cortos en el relleno sanitario el contenido de metano puede disminuir hasta en un 50%. Con un contenido de metano mucho menor del 50%, el biogás deja de ser inflamable. Las fases de generación del biogás se presentan en el Anexo a de este documento.

2.3.2 Características del biogás

La densidad del gas de relleno sanitario es variable y depende de su composición. Una mezcla de 10% de H₂ (densidad 0,08 kg/m³) y 90% de CO₂ (1,98 kg/m³), como suele producirse durante las primeras etapas de degradación, es más denso que el aire (1,29 kg/m³). Una mezcla de 60 por ciento de metano (0,72 kg/m³) y 40% de CO₂, típico de un gas maduro, es ligeramente más liviano que el aire.

Parte de los componentes en trazas del biogás son solubles parcialmente en medios acuosos como el lixiviado y el condensado. Sin embargo, cambios de temperatura y presión podrían generar una desgasificación de estas, durante el tratamiento del lixiviado o el condensado. Algunos de los componentes en trazas son los responsables de la generación de olores entre estos se identifican: sulfuro de hidrógeno, compuestos organosulfuros, p. metanotiol, sulfuro de dimetilo, ácidos carboxílicos, p. ácido butanoico, aldehídos, p. etanal y disulfuro de carbono.

El metano es un gas inflamable, el contenido mínimo de oxígeno que se necesita para el encendido del metano se encuentra entre el 5% y 15% v/v sobre el nivel del mar, a 25°C. Una cantidad de electricidad estática tan pequeña como 0,3 mili julios es suficiente para provocar la ignición del metano. La temperatura de auto ignición del metano es de 540°C. (Interaseo del Valle S.A, 2017). Tiene un valor calorífico de 35,9 MJ/m³, que forma mezclas explosivas con el aire cuando esté presente entre los límites de concentración de 4,4% y 16,5% v/v a 20°C y 1 atm. Estos límites se conocen como el límite inferior de explosividad (LIE) y límite superior de explosividad (UEL) de metano, respectivamente. La densidad específica (vapor) del metano es 0,55. Normalmente, la gravedad específica del biogás no diluido es de aproximadamente 1,0 (cerca a la del aire), este es el motivo por el cual el manejo del biogás puede ser peligroso.

⁵⁹ Título estructurado con base en el estudio CRA "SISTEMAS DE EXTRACCIÓN, CAPTURA ACTIVA Y PASIVA PARA EL MANEJO DE GASES EN RELLENOS SANITARIOS". Andrea Maldonado. 2017.

Bajo estas consideraciones la migración y dilución de los gases con aire en el relleno puede generar un riesgo de explosividad. El biogás también puede contener concentraciones variables de otros agentes inflamables incluyendo hidrógeno (límites inflamables 4,75%) e hidrógeno sulfuro (límites inflamables 4,44%).

El biogás del relleno sanitario puede presentar un peligro explosivo cuando se acumula en espacios reducidos, incluso estructuras. Sin el control adecuado, el biogás puede migrar grandes distancias desde los rellenos sanitarios hacia la comunidad circundante (Interaseo del Valle S.A, 2017).

La corrosividad es otra de las características del biogás, se presenta específicamente en el condensado cuando el CO₂ se solubiliza en agua y se forma H₂CO₃ o ácido carbónico que bajará el pH por debajo de 6 y podrá alcanzar valores de 3. Situación que podría corroer componentes metálicos del sistema, así como otros compuestos halogenados o sulfurados, que podrían afectar el funcionamiento del piloto o la chimenea, por lo que un monitoreo del sistema es necesario como parte del mantenimiento preventivo.

La mezcla de gases que se presentan en el biogás puede afectar la salud del personal expuesto, generando riesgo de asfixia y toxicidad por exposición al H₂S y puede afectar la vegetación en terrenos adyacentes y descomposición de los cultivos por clorosis, cuando el relleno no cuenta con sistemas de extracción de dichos gases.

Los componentes más abundantes del biogás son el metano y el dióxido de carbono ambos incluidos entre los Gases de Efecto Invernadero - GEI, por cuanto absorben la radiación infrarroja procedente de la Tierra o radiación saliente, lo que aporta al equilibrio radiactivo de la atmósfera. Cuando el balance de GEI se mantiene en los límites naturales, el efecto invernadero generado mantiene la temperatura de la tierra en los niveles adecuados para el desarrollo de la vida, pero la emisión de mayores concentraciones de gases GEI alteran el equilibrio radiactivo de la atmósfera y generan cambios en el clima de la tierra. Este fenómeno, combinado con las variaciones normales de los factores climáticos del planeta se conoce como Cambio Climático.

Tabla 2 Evolución de los valores de potencial de calentamiento global

GHG	Segundo reporte de Evaluación (SAR) 1995	Cuarto Reporte de Evaluación (AR4) 2007	Quinto Reporte de Evaluación (AR5) 2013
CO ₂	1	1	1
CH ₄	21	25	34
N ₂ O	310	298	298

Fuente: UPME – UNAL, 2018

Como se observa en la tabla el potencial efecto invernadero del metano, a partir de 2013, es 34 veces superior al del dióxido de carbono, según el Quinto Reporte de Evaluación - AR5 (UPME-UNAL, 2018). Por lo anterior a nivel global se busca implementar diversas medidas que permitan la mitigación del potencial efecto invernadero del biogás.

2.3.3 Factores que condicionan la producción de biogás

Diversas condiciones físicas y geográficas de la ubicación de sitios de disposición final y de los desechos que se tratan en ellos, determinan la emisión de biogás en los rellenos sanitarios como se explica a continuación:

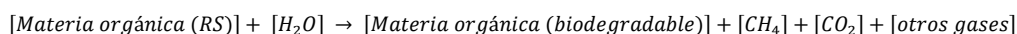
Tabla 3. Factores que afectan la producción de biogás

Características	Aspecto	Observación
Residuos	Composición de residuos	Alto porcentaje de residuos orgánicos.
	Densidad de residuos	La presencia de partículas de menor tamaño favorece el transporte de nutrientes, la humedad del relleno y la formación de biogás.
	Edad de los residuos	Cuando se alcanzan condiciones anaeróbicas en el relleno, se favorece la generación del biogás. Esta etapa dura aproximadamente de 10 a 20 años.
Físico - químicas del entorno	Temperatura	La temperatura de un relleno sanitario es superior a la temperatura ambiente, debido a las reacciones exotérmicas que ocurren durante la descomposición de la materia orgánica. A bajas temperaturas disminuye la tasa de generación de biogás, de modo que rellenos poco profundos o sin cobertura diaria, al verse su temperatura afectada por los factores climáticos, presentan cambios significativos en la tasa de producción de biogás.
	La geología, litología y estratigrafía	La geología, litología y estratigrafía circundantes pueden ocasionar la migración subterránea del biogás. El biogás puede migrar por barreras impermeables tales como fallas en el revestimiento de arcilla o a través de estratos con arena o gravilla suelta y permeable (Interaseo del Valle S.A E.S.P, 2017).
	Aguas Subterráneas	Los niveles de aguas subterráneas pueden influir en la migración y las emisiones de biogás. El aumento en los niveles de agua y la subsiguiente presión ejercida sobre el relleno sanitario puede aumentar la migración y emisiones de biogás (Interaseo del Valle S.A E.S.P, 2017).
	Presión	Las fluctuaciones locales diurnas de la presión barométrica pueden influir en la migración y emisiones de biogás. Característicamente, las emisiones y migración de biogás aumentarán cuando las presiones atmosféricas disminuyan (Interaseo del Valle S.A E.S.P, 2017).
	Humedad	Bajos índices de húmedas limitan la descomposición de los residuos y, por tanto, restringen la producción de biogás. El contenido óptimo de humedad para la producción de biogás es de 50% a 60%.
	pH y nutrientes	La generación de metano en rellenos es máxima cuando existen condiciones de pH neutro, el nivel óptimo de pH.
Operación y mantenimiento del relleno	Compactación	La operación del relleno afecta la densidad, humedad y degradación de los residuos dispuestos.
	Cobertura diaria	Una cubierta con poca permeabilidad puede ayudar a evitar emisiones de gas a la atmósfera. No obstante, si la cubierta tiene poca permeabilidad y el relleno sanitario no está revestido o tiene un revestimiento permeable, puede predominar la migración lateral.
	Control de lixiviados	
Diseño del relleno	Cobertura final	
	Celda excavada, zona o área	Debido a diferencias en distribución de oxígeno, se afecta el crecimiento de bacterias aerobias o anaerobias, con impacto en la velocidad y cantidad de biogás producido.
Contenido bacteriano	Bacterias anaerobias	Mayor cantidad de bacterias anaerobias propicia una mayor generación de metano.

Fuente: Análisis CRA

2.3.4 Métodos de cálculo del gas producido en la descomposición de los residuos

Acorde con Tchobanoglous la reacción química para la descomposición anaerobia de los residuos puede describirse de la siguiente forma:



Como se observa en la ecuación, la degradación de la materia orgánica requiere agua, por ende, las condiciones hidrológicas locales afectan significativamente la velocidad y periodo de tiempo para la producción de biogás.

En general, se pueden dividir los materiales orgánicos en los materiales que se biodegradan rápidamente (3 meses a 5 años) como los residuos de comida, periódicos, papel de cocina

y cartón, y los materiales de una descomposición más lenta (de 5 hasta 50 años o más) como lo son los textiles, gomas, cueros, residuos de jardín y madera (estos contienen lignina polímero natural altamente complejo).

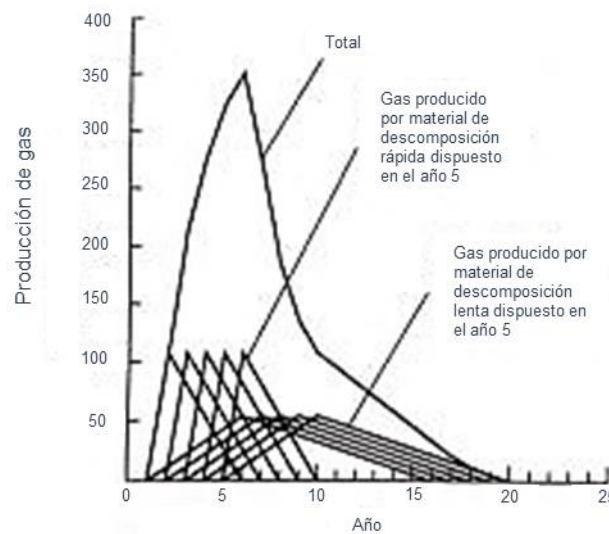
En condiciones normales, la velocidad de descomposición se mide por la producción de gas, estas tasas de descomposición se basan en un modelo triangular que llega a su máximo en los primeros 2 años y posteriormente decrece lentamente, continuando durante períodos superiores a los 25 años.

Se supone que la producción de biogás inicia a finales del primer año de la disposición del residuo en el relleno. El área debajo del triángulo es igual a la mitad de la base por la altura, por lo tanto, la cantidad de gases procedentes de los residuos colocados en el primer año es igual a:

$$\text{Total de gas producido} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{1}{2} (\text{base, año}) * (\text{altura, producción máxima de gas} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \text{año})$$

Así, la tasa de producción de gas en un periodo de 5 años se puede obtener gráficamente sumando el producido por las fracciones de residuos sólidos urbanos, de degradación rápida o lenta, dispuestas cada año. Ver la siguiente ilustración.

Ilustración 1. Producción de biogás durante un periodo de cinco años a partir de materiales orgánicos rápida y lentamente disponibles en un relleno sanitario



Fuente: Tchobanoglous, 1993.

Según la Agencia Andaluza de Energía “en condiciones de laboratorio una tonelada de residuos urbanos mezclados (cuyo contenido en materia orgánica rápidamente biodegradable, es un 45% del peso), puede producir de 150 a 250 m³ de biogás. En condiciones normales, no es esperable recuperar más de 80 o 100 m³ por tonelada, a lo largo de la vida útil del relleno, y ello mediante el empleo de tecnologías de diseño y explotación complejas y solamente viables en grandes vertederos. De forma que indefectiblemente, y en el mejor de los casos, unos 100 m³ de biogás por cada tonelada vertida escapará a la atmósfera”.

Tabla 4. Valores por defecto para contenido de materia seca, DOC, total de carbono y fracción de carbono fósil en varios componentes de los residuos sólidos municipales (DSM)

Componente de DSM	Contenido de materia seca en % del peso húmedo ¹	Contenido de DOC en % de desechos húmedos		Contenido de DOC en % de desechos secos		Contenido total en % del peso en seco		Fracción de carbono fósil en % del total de carbono	
		Por defecto	Rango	Por defecto	Rango ²	Por defecto	Rango	Por defecto	Rango
Papel/cartón	90	40	36 - 45	44	40 - 50	46	42 - 50	1	0 - 5
Textiles ³	80	24	20 - 40	30	25 - 50	50	25 - 50	20	0 - 50
Desechos de alimentos	40	15	8 - 20	38	20 - 50	38	20 - 50	-	-
Madera	85 ⁴	43	39 - 46	50	46 - 54	50	46 - 54	-	-
Desechos de jardines y parques	40	20	18 - 22	49	45 - 55	49	45 - 55	0	0
Pañales	40	24	18 - 32	60	44 - 80	70	54 - 90	10	10
Caucho y cuero	84	(39) ⁵	(39) ⁵	(47) ⁵	(47) ⁵	67	67	20	20
Plásticos	100	-	-	-	-	75	67 - 85	100	95 - 100
Metal ⁶	100	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND
Vidrio ⁶	100	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND
Otros, desechos inertes	90	-	-	-	-	3	0 - 5	100	50 - 100

ND = datos no disponibles

¹ El contenido de humedad presentado aquí se refiere a estos tipos específicos de desechos antes de que entren a la recolección y el tratamiento. Por ejemplo, en muestras sacadas de los desechos recolectados o de los SEDS, el contenido de humedad de cada tipo de desecho varía según la humedad de los desechos coexistentes y el tiempo durante la gestión.

² El rango de valores corresponde a los valores mínimos y máximos declarados por Dehoust *et al.*, 2002; Gangdonggu, 1997; Guendehou, 2004; JESC, 2001; Jager y Blok, 1993; Würdinger *et al.*, 1997; y Zeschmar-Lahl, 2002.

³ Por defecto, se supone que el 40 por ciento de los desechos son de origen sintético. Dictamen de experto de los autores.

⁴ Este valor corresponde a productos de madera en final de vida. El contenido típico de materia seca en la madera al tiempo de la recolección (para desechos de jardín y parque) es de 40 por ciento. Dictamen de experto de los autores.

⁵ Los cauchos de origen natural probablemente no se degradarán en condiciones anaeróbicas en los SEDS (Tsuchii *et al.*, 1985; Rose y Steinbüchel, 2005).

⁶ El metal y el vidrio contienen un poco de carbono fósil. La combustión de cantidades significativas de metal o de vidrio no es común.

Fuente: IPCC, 2007

Metodología de cálculo de producción de CH₄ propuesta por IPCC

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), en 2006 publicó el documento “*Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” en el cual se definieron los lineamientos para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, a partir de los cuales los países firmantes del Acuerdo de París definen sus Contribuciones Determinadas a Nacional (iNDC), las cuales son reportadas ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para que se pueda realizar un seguimiento a los compromisos adquiridos para la disminución de gases GEI a nivel mundial.

El Volumen 5 del documento “*Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” corresponde a los lineamientos para el sector residuos, entre los cuales se incluye un modelo para la estimación de metano en rellenos sanitarios basado en el método de descomposición de primer orden en donde el carbono se degrada formando metano. Dicho modelo relaciona las categorías de residuos, la fracción de carbono orgánico degradable y el gas CH₄ en el relleno.

El modelo IPCC proporciona las herramientas necesarias para realizar el cálculo del total de emisiones de gas metano por año, entregando instrucciones claras para el diligenciamiento de la información del relleno sanitario a analizar, así como información de referencia para diferentes condiciones climáticas y tipo de residuos dispuestos,

adicionalmente incluye hojas de cálculo que permiten la estimación de valores para las variables DOC, MCF, MSW y R.

2.3.5 Sistemas para la extracción y quema del biogás⁶⁰

La extracción del gas en relleno sanitario o desgasificación consiste en evacuar el gas mediante sistemas de drenaje, bien sea de manera ACTIVA o PASIVA, y puede involucrar cuatro componentes:

Contención: La contención evita escapes laterales o pérdidas superficiales del biogás a través de barreras.

Sistema de captación de gases: Se utiliza una red de zanjas horizontales y/o pozos verticales, distribuidos por toda la superficie del relleno sanitario e incluso alrededor de este, previos análisis de campo para identificar las zonas de influencia de cada punto de captación. Dependiendo de la zona en la que se vaya a localizar el punto de captación, se tendrá un impacto en la tasa de generación de biogás, la permeabilidad al paso de este y la profundidad de penetración de la tubería dispuesta para tal fin. Aunque el espaciado entre pozos es muy variable, se considera habitual, un radio de influencia de 20 m (Cuesta, Sánchez, Crespo, & Fernández, s.f.)

Acorde con Cuesta et. al. (s.f), para realizar la perforación de los pozos existen varias técnicas, sin embargo, una de las más usadas es la técnica de la perforación mediante barrena helicoidal discontinua. Su funcionamiento consiste en la introducción de la barrena en el relleno para avanzar por cada movimiento, según el material, de 10 a 100 cm, extrayendo a la superficie los residuos excavados; posteriormente se coloca la tubería perforada y se hace el relleno con grava.

Conducción y control: Una vez captado el gas, se traslada desde la superficie de los pozos hasta los colectores, usando tuberías de polietileno o PE, en este tramo se colocan los mecanismos de control y medición de caudales (válvulas). El objetivo es mantener constante el porcentaje de metano en el biogás que llega a la combustión, controlando los niveles de oxígeno presentes en el gas, mediante la presión de aspiración de modo que no exista posibilidad de que la mezcla metano-oxígeno se vuelva explosiva (Cuesta et. al., s.f). El mantenimiento de las redes implica la extracción de condensados, conservación de pendientes en las líneas de red y la conducción y el control de los gases hasta los colectores principales.

Quema: Este componente comprende la quema controlada del biogás. Cabe señalar que existen otras formas de manejo del biogás con propósitos de aprovechamiento.

2.3.5.1 Captura pasiva de los gases (o drenaje pasivo)

Los sistemas de extracción pasiva de biogás están basados en la difusión natural de los gases de relleno a través de las capas de residuos, los taludes laterales del relleno, la capa superficial de cierre de celdas o de sistemas de ventilación que funcionen como chimeneas, las cuales atraviesan en sentido vertical todo el relleno desde el fondo hasta la superficie.

Es importante resaltar que, el drenaje pasivo sin chimeneas no es considerado como una buena práctica y genera afectaciones en la operación del relleno, tales como:

- En las celdas terminadas, cubiertas y con cobertura vegetal, la concentración alta de metano en la tierra impide el suministro de aire de las raíces.
- Si existen fisuras en taludes o en la superficie del relleno, los gases se difunden por las fisuras sin pasar por la tierra (filtro biológico), generando un mayor impacto a la calidad del aire y aporte a los GEI.

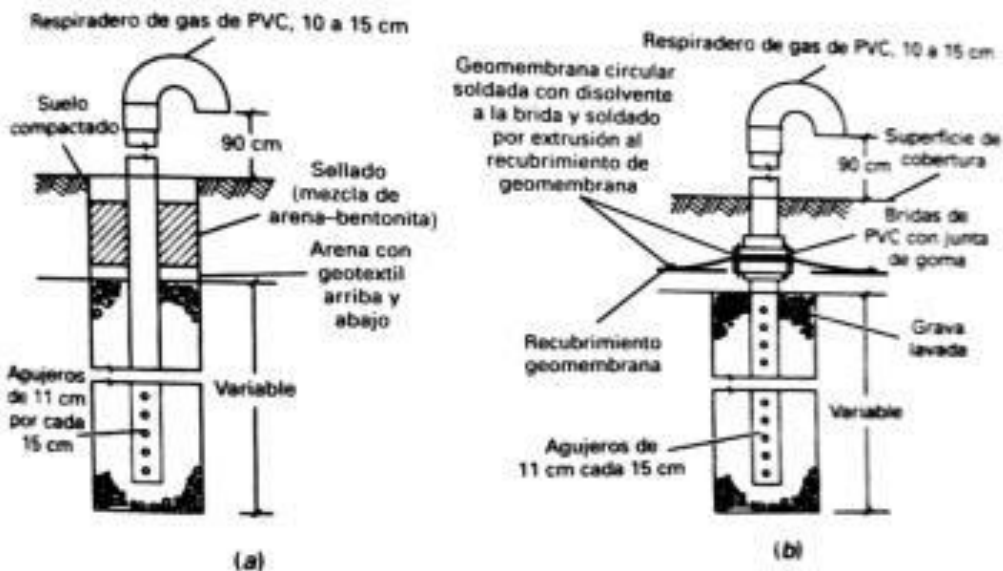
⁶⁰ Título estructurado con base en el estudio "SISTEMAS DE EXTRACCIÓN, CAPTURA ACTIVA Y PASIVA PARA EL MANEJO DE GASES EN RELLENOS SANITARIOS" contratado por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA en 2017.

- c. Si se produce una cantidad muy alta de gas de relleno o si el gas se difunde solamente en algunos puntos definidos y no por la superficie entera, hay demasiada carga al filtro biológico y el filtro pierde su eficiencia.

Por lo anterior, deben diseñarse infraestructuras de drenaje pasivo con chimeneas. Acorde con Tchobanoglous, en estos sistemas se utiliza energía en forma de vacío inducido para controlar el flujo del gas. Con el control pasivo mientras se producen gases a altas velocidades, éstos marcan caminos de más alta permeabilidad para guiar el flujo de gas en la dirección deseada. Una zanja de grava puede servir para conducir el gas hasta un sistema de ventilación con quemador.

Uno de los métodos pasivos más comunes se fundamenta en la reducción de la migración lateral de los gases en el relleno, disminuyendo la presión del gas dentro del interior de este, para lo cual se instalan chimeneas a través de la cobertura final, extendiéndose hacia la profundidad de la masa de residuos como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 2. Chimeneas de gas superficiales

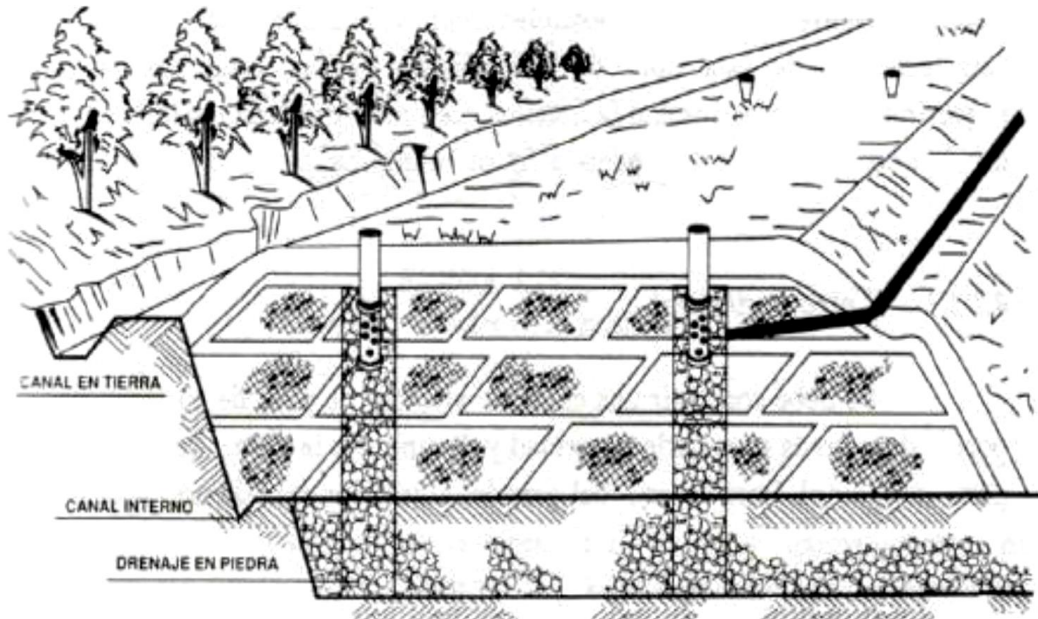


(a) Chimenea de gas para un relleno sin geomembrana, (b) chimenea para un relleno que tiene recubrimiento de geomembrana

Fuente: Tchobanoglous, 1993.

Las chimeneas deben interconectarse con los canales de drenaje de lixiviados, con lo que se logra que las aguas que se infiltran por las chimeneas escurran con dirección a los canales de drenaje de fondo y que las aguas percoladas funcionen como lavadora para los gases de relleno, logrando que una cierta cantidad de contaminantes contenidos en las emisiones de gas, sean absorbidos en el agua.

Ilustración 3. Chimenea con tubo perforado



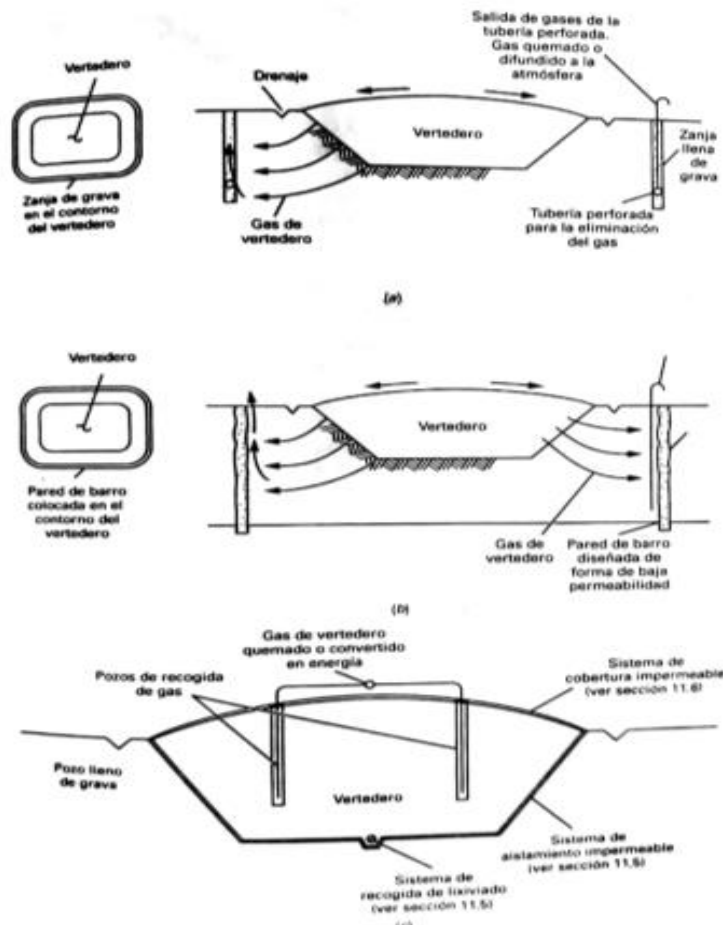
Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales -Eva Röben - Ded/ ilustre municipalidad de Loja

Ahora bien, si la concentración de CH_4 es alta, entonces pueden conectarse varias chimeneas y equiparlas con un quemador de gas, en este caso las chimeneas deben penetrar a través de varias celdas de disposición. La altura del quemador puede estar entre los 3 a los 6 m de la superficie. Se puede encender el quemador con una llama piloto continua con el cual se obtendría el máximo beneficio.

Adicionalmente y considerando el movimiento lateral de los gases en el relleno, se utiliza un sistema de zanjas perimétricas de interceptación preferiblemente con un recubrimiento de membrana en su pared hacia la parte exterior del relleno, que consiste en zanjas interceptoras llenas de grava en donde se colocan las tuberías perforadas de plástico, generalmente construidas en policloruro de vinilo (PVC) o polietileno (PE). Esta tubería horizontal se conecta a las chimeneas verticales.

Otro tipo de zanjas son aquellas que tienen una función de barrera, estas se llenan con materiales impermeables, como bentonita o arcillas. Constituye una barrera física para el movimiento lateral subsuperficial del gas, la eficacia de éstas para controlar la migración de gases aún es dudosa. En la siguiente ilustración se presentan esquemas de instalaciones pasivas por zanjas.

Ilustración 4. Instalaciones pasivas



(a) zanja interceptora; (b) zanja con barrera perimétrica y (c) y con de recubrimiento impermeable

Fuente: Tchobanoglous, 1993.

En Colombia, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), en su Título F Sistemas de Aseo Urbano, establece como buena práctica de ingeniería la construcción de sistemas de ventilación contruidos en piedra o tubería perforada revestida de piedra, para el drenaje de los gases que se generan en el relleno sanitario. Dichas chimeneas deben ser construidas verticalmente a medida que avanza el relleno, logrando una buena compactación de los residuos dispuestos a su alrededor.

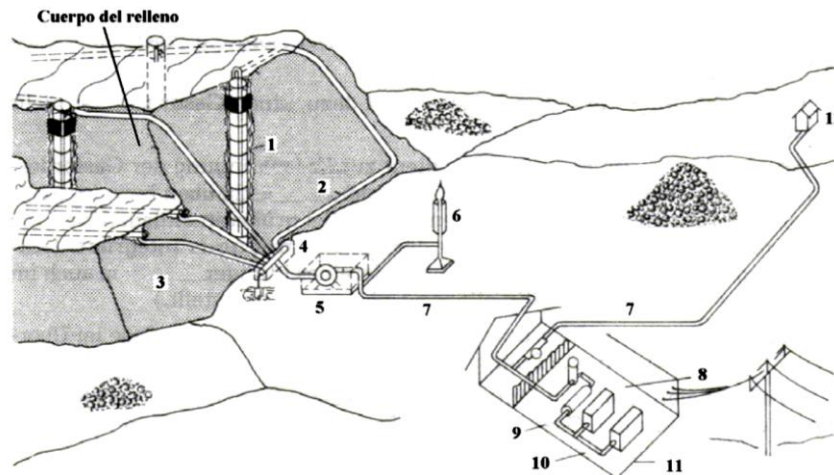
2.3.5.2 Captura activa de los gases (control o drenaje activos)

El drenaje activo, consiste en succionar el gas con un soplador el cual se conecta con las chimeneas; los gases son conducidos hacia el incinerador por un sistema de tubería bajo el cuerpo de residuos. Este tipo de sistemas generan la diferencia de presión necesaria para evacuar el biogás del interior del relleno sanitario y puede ser construido al tiempo con la construcción del relleno sanitario o se pueden excavar los pozos de extracción una vez clausurada la celda de disposición.

Dependiendo del tipo de proyecto, los gases van a un quemador o a una planta de tratamiento de biogás para posteriormente ser aprovechado en la generación de energía. De acuerdo con los conceptos de diferentes autores, se logra una mayor eficiencia con el drenaje activo, pero es con el sistema pasivo que se logran menores costos.

Los sistemas de drenaje activo están compuestos por los elementos que se ven en la siguiente ilustración.

Ilustración 5. Disposición sistema de extracción activa de gases



Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales -Eva Röben - Ded/ ilustre municipalidad de Loja

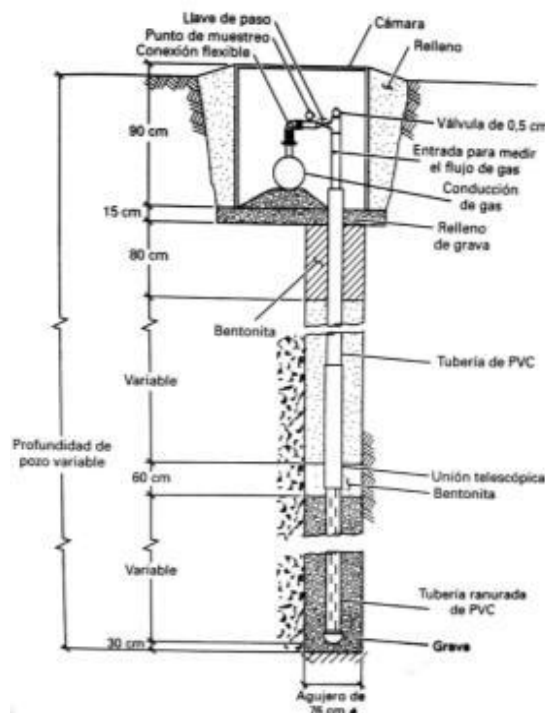
1. Chimenea.
2. Colectores de gas: Estos son las chimeneas verticales y la tubería horizontal que se colocan en el cuerpo del relleno sanitario.
3. Cuerpo del relleno sanitario.
4. Condensador.
5. Punto de recolección: Corresponde a un tanque o un tubo al cual se dirige el gas aspirado de las diferentes chimeneas, con el fin de poder condensar en este lugar las aguas contenidas en el gas del relleno. Se debe colocar equipo de medición y ajuste en el punto de recolección. Presenta los siguientes subcomponentes no identificados en la ilustración.
 - Separador de agua: El agua condensada se separa del flujo de gas mediante un sifón o equipo refrigerador; después se envía con una bomba hacia la planta de tratamiento de lixiviados.
 - Drenaje de gas.
 - Tubo de aspiración de gas: Este es el tubo que conecta el punto de colección con el soplador.
 - Ajuste de presión y soplador: El soplador produce depresión para succionar los gases del cuerpo del relleno, y sobrepresión para enviar los gases al quemador o antorcha. El ajuste de presión mantiene la depresión y la sobrepresión en el nivel óptimo.
 - Casa del soplador: En rellenos medianos o pequeños, el soplador se puede colocar en un galpón semiabierto con techo o en un contenedor. Para rellenos grandes, se recomienda colocar el soplador en el mismo edificio que el incinerador.
6. Antorcha. Unidad donde se quema el gas bajo control. Esta puede tener un incinerador que es una unidad compuesta de la antorcha, del equipo para aprovechar la energía de incineración y de los equipos auxiliares (tratamiento del gas, separación de gases, ajustes etc.)
7. Tubo de transporte: Este es el tubo que conduce los gases con sobrepresión hacia el incinerador o al punto de distribución.
8. Tratamiento del gas
9. Conversión del gas en energía

Si se tienen rellenos sanitarios de más de 8 m, o cuando la distancia entre el relleno y la urbanización más cercana es relativamente pequeña se deben instalar chimeneas perimétricas para la extracción del gas y el control de olores. Se trata de una serie de chimeneas verticales (de 10 a 16 cm en PVC o PE colocada en una perforación de 45 a 90 cm) instaladas dentro del relleno a lo largo de su borde o en la zona localizada entre el borde del relleno y el vallado o encerramiento. Cada una de las chimeneas se conectan a un tubo recolector común que a su vez se conectará a un compresor eléctrico centrífugo, que genera una presión negativa en el colector y en las chimeneas individuales.

Las chimeneas deben colocarse espaciadamente para que las zonas de influencia de las mismas no se solapen, pues una tasa de extracción excesiva puede causar que el aire procedente del suelo circundante se infiltre en la masa de residuos. Motivo por el cual las tasas de flujo de aire deben monitorearse y realizarse tomas para el muestreo del gas y válvulas para controlar el flujo, el espacio entre las chimeneas perimétricas debe estar entre 8 y más de 16 metros.

Rellenos sanitarios donde se tratan grandes volúmenes de residuos utilizan chimeneas perimétricas verticales para la extracción del gas localizado en el interior conjuntamente con chimeneas horizontales y verticales de mayor tamaño.

Ilustración 6. Detalles de una chimenea



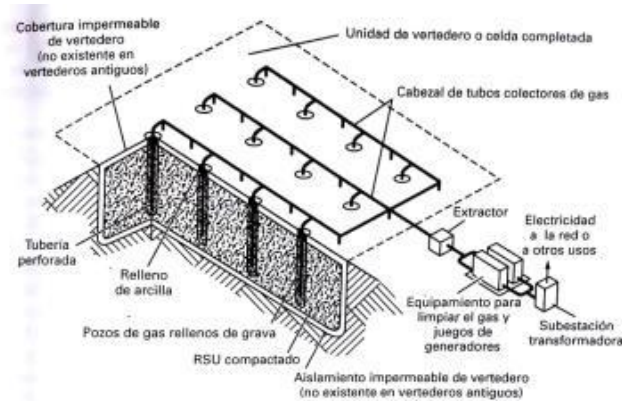
Fuente: Tchobanoglous, 1993.

Las **chimeneas verticales** son las de mayor uso para la extracción y recuperación del gas. Es usual instalar un chimena de extacción en conjunto con una sonda de gas a distancias regulares de la misma, previas pruebas de vacío, para delimitar las zonas de influencia. Las chimeneas verticales se instalan después de llenarse las celdas, son tuberías de PVC o PE perforadas con un recubrimiento en grava y sellamiento en arcilla, similar a lo especificado con anterioridad.

Las **chimeneas horizontales** son una alternativa de las verticales que pueden ser usadas en conjunto con chimeneas perimétricas verticales. Las chimeneas horizontales se instalan después de completar dos o más niveles, como se observa en la siguiente ilustración. Las

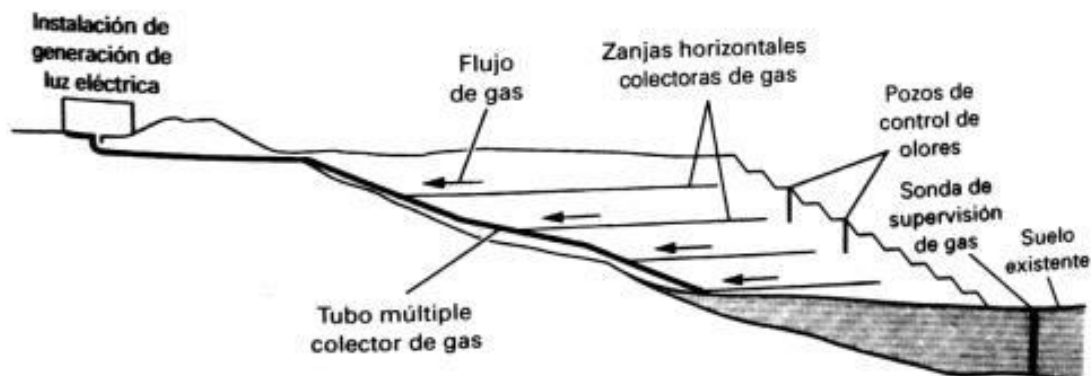
zanjas horizontales en las que se instala la tubería y se rellenan con grava se instalan en intervalos verticales de aproximadamente 25 m y en intervalos horizontales de 65 m.

Ilustración 7. Recuperación del gas utilizando chimeneas verticales



Fuente: Tchobanoglous, 1993.

Ilustración 8. Zanjas horizontales recolectoras. Perfil de relleno sanitario Puente Hills



Fuente: Tchobanoglous, 1993.

2.3.5.3 Manejo del condensado en sistemas de extracción y recuperación de gas

Su formación se da cuando el gas se enfría mientras se transporta en el tubo colector en dirección del compresor. Estos colectores se instalan con una pendiente mínima de 3% (Tchobanoglous, 1993), lo que permite compensar el asentamiento diferencial; es necesario instalar trampas para el condensado en los puntos más bajos de cada colector. El condensado podría entonces devolverse a la celda o almacenarse en depósitos para ser tratado como un lixiviado.

2.3.5.4 Tipos de antorchas para la quema del biogás

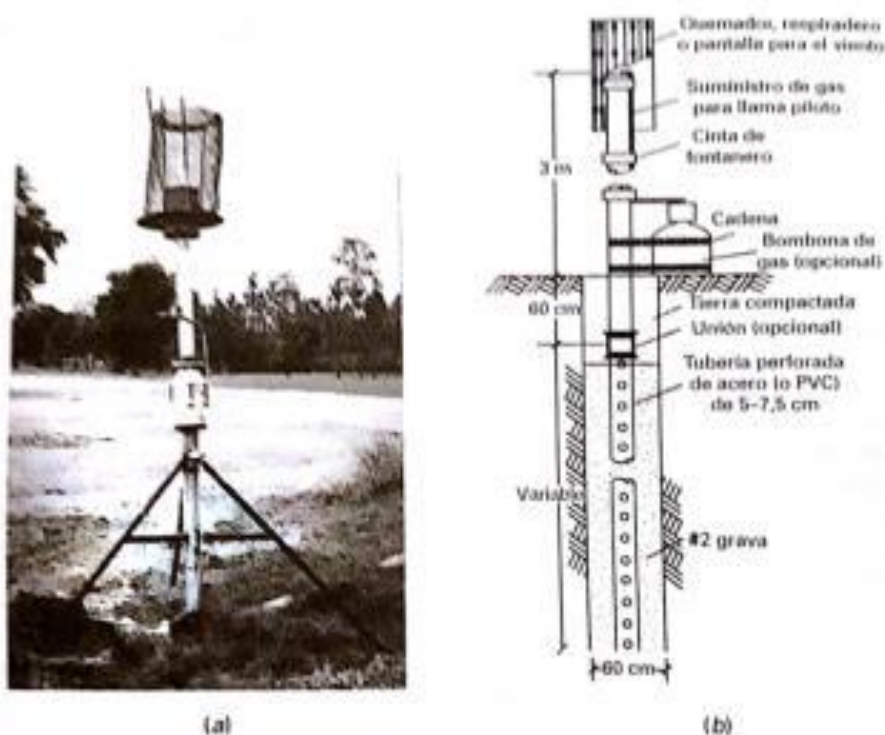
El tipo de antorcha a utilizar en los rellenos sanitarios se debe seleccionar teniendo en cuenta el flujo de biogás captado y emitido por cada chimenea o grupo de chimeneas, acorde con las exigencias técnicas y ambientales establecidas por la normatividad vigente.

La quema del biogás tiene las siguientes alternativas de manejo:

a. Quema directa en antorcha abierta

Se las utiliza en los rellenos sanitarios que generan una baja producción de biogás y en los cuales no se requiere un control importante de las emisiones atmosféricas luego de la quema. Consisten en un quemador con una pequeña ventana protectora de la llama, el control de gases es básico, requiere una válvula manual gruesa y la mezcla de gases. Estas antorchas tienen pérdidas de calor importantes, por lo que se sitúan a 5 o 6 m por encima del suelo para proteger a los trabajadores y las tuberías de suministro, por lo que también son llamadas quemadoras o antorchas elevadas. Dada la simplicidad de estos sistemas, es imposible cumplir normas muy estrictas (Cain & IEA Bioenergy, 2000), como se ve en la siguiente ilustración.

Ilustración 9. Quemador tipo candelabro



(a) Sin llama piloto, (b) Con llama piloto

Fuente: Tchobanoglous, 1993.

Cuando se utiliza antorcha abierta no es posible controlar las temperaturas de quema del biogás por lo que se producen dioxinas y furanos en procesos de combustión incompleta a temperaturas entre 200 y 400 ° C (Kumar, 2004)

En el Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2015⁶¹ se evidencia que la quema incontrolada de residuos genera emisiones que contienen material particulado y compuestos orgánicos complejos, como, por ejemplo, contaminantes orgánicos persistentes y compuestos cancerígenos. Por esta razón, el uso de antorcha abierta no cumple con los requerimientos de seguridad para las poblaciones aledañas al relleno sanitario y no puede ser considerada como una alternativa óptima.

b. Quema directa en antorcha cerrada

⁶¹ Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. SSPD.

Una antorcha cerrada contiene el conjunto de quemadores en la parte inferior con chimenea recubierta con material refractario y todos los dispositivos necesarios para asegurar una combustión controlada. Las antorchas cerradas se diferencian de las abiertas en el hecho en que tanto el flujo del gas a tratar como el del aire son controlados. Las antorchas cerradas son más utilizadas que las antorchas abiertas por dos razones, la primera es que permiten ocultar la llama de la antorcha, lo que minimiza el impacto visual y segundo, es más fácil realizar muestreos para sondear la efectividad de la combustión.

Ilustración 10. Quemador de llama cerrada



Fuente: Hofgas, 2017.

Las temperaturas recomendadas por la EPA y por la Comisión Europea para los procesos de quema de biogás, es por encima de 1000 ° C +/- 200 ° C, tiempos de residencia (θ) de 0,3 s (ver siguiente tabla). Motivo por el cual se exige el control de la temperatura y tiempos de residencia en los procesos de incineración tanto en la combustión de residuos como en los procesos de poscombustión.⁶²

Tabla 5. Estándares operacionales – Normatividad internacional

País	Tiempo de residencia	Temperatura
UK	0,3 s	1000°C
USA	0,6 - 1 s	850°C
Holanda	0,3 s	900°C
Alemania	0,3 s	1200°C

Fuente: IEA Bioenergy, 2000

De acuerdo con el numeral F.6.7.4.4 del Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico, con referencia al drenaje de gases, se especifica sobre quema de biogás en rellenos sanitarios con una disposición final mayor a 200 toneladas/día, que el gas puede ser liberado directamente a la atmósfera, si cumple con la normatividad ambiental vigente y los resultados del estudio de impacto ambiental lo permiten, en caso contrario se deberán tomar otras medidas como la quema del biogás, si hay suficiente gas metano en el mismo.

Para la quema controlada, las buenas prácticas de ingeniería recomiendan contar con sistemas de extracción equipados con tomas para el muestreo de gas y válvulas para controlar el flujo. Adicionalmente se especifica que, para destruir los contaminantes potencialmente peligrosos, los quemadores deben tener una temperatura de operación y un tiempo de residencia de 815 °C a 900 °C y de 0,3 s a 0,5 s, por lo cual deben diseñarse cerrados. Además, dichos sistemas deben contar con instrumentos para verificar la temperatura, la presencia de la llama y un arresta llamas. Igualmente, se debe instalar un detector de llama de manera que paralice la válvula y se prevenga el escape a la atmósfera, y sistemas de seguridad como pilas termoeléctricas y sensores paralizadores.

⁶² Optimal use of biogas from waste streams. European Commission.2016.

2.3.6 Monitoreo de la eficiencia de los sistemas de extracción y quema de biogás en rellenos sanitarios

El proceso de combustión del biogás es complejo, requiere de monitoreo y seguimiento constante para asegurar, por ejemplo, que la temperatura en la cámara de combustión sea uniforme debido a que temperaturas excesivas permiten la formación de NO_x⁶³. Por el contrario, en condiciones de temperaturas muy bajas donde se permita la combustión incompleta del biogás, es un ambiente propicio para la producción de dioxinas y furanos. (BID B. I., 2017)

Según el Inventario Nacional de Fuentes y Liberación de Dioxinas y Furanos en Colombia publicado en el año 2007, estos subproductos "(...) constituyen dos grupos de éteres aromáticos que incluyen policlorados, polibromados y mezclas policlorobromados; de estructura y propiedades similares que engloban un total de 5.020 compuestos." (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial Dirección Desarrollo Sostenible, 2007)

Las dioxinas y furanos hacen parte de la familia de Compuestos Orgánicos Persistentes (COP) presentando diferentes grados de toxicidad, algunos de ellos reconocidos como cancerígenos, y se considera que su toxicidad es casi cinco millones de veces mayor que el cianuro de potasio⁶⁴ y quinientas veces más que los PCB⁶⁵.

En dicho inventario se establecieron categorías de producción de dioxinas y furanos en el país, encontrándose la categoría 3, referente a la Transformación de Energía relacionada con procesos de combustión de fósiles y otros materiales como la biomasa, y la subcategoría **c** llamada Combustión de Biogás en Rellenos Sanitarios.

Como se indicó en el marco normativo, en la actualidad, el monitoreo de la calidad del aire en los rellenos sanitarios se debe realizar según lo establecido por la autoridad ambiental competente por medio de la Licencia Ambiental o el Plan de Manejo Ambiental. En cualquiera de los casos se debe cumplir, como mínimo, con las disposiciones de la Resolución 2254 de 2017⁶⁶, que establece el nivel máximo permisible de los contaminantes atmosféricos que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio aire

Contaminante	Nivel máximo permisible (µg/m ³)	Tiempo de Exposición
PM ₁₀	50	Anual
	100	24 horas
PM ₂₅	25	Anual
	50	24 horas
SO ₂	50	24 horas
	100	1 hora
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora
O ₃	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 hora

Fuente: Resolución 2254 de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

⁶³ El NO_x hace referencia a un grupo de gases muy reactivos como por ejemplo tales como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂).

⁶⁴ "La alta exposición puede causar dolor de cabeza, confusión, mareo, ansiedad, latidos cardiacos fuertes e incluso perdida del conocimiento y muerte" según la hoja informativa sobre sustancias peligrosas Departamento de Salud y Servicios para personas mayores (New Jersey, 2005)

⁶⁵ PCB: Bifenios policlorados

⁶⁶ "Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones"

Se observa que no se encuentran definidos los límites permisibles para el metano, principal componente del biogás.

Por otra parte, la resolución mencionada establece que las autoridades ambientales competentes deben realizar las mediciones de dichos contaminantes utilizando el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, adoptado por la Resolución 650 del 2010⁶⁷ y ajustado por la Resolución 2154 de 2010⁶⁸, el cual establece los lineamientos básicos para llevar a cabo actividades de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire en **zonas urbanas o industriales**. Además, establece que, los rellenos sanitarios son fuentes fijas dispersas o difusas.

Ahora bien, teniendo en cuenta que para la localización de los rellenos sanitarios uno de los criterios a evaluar es que se encuentren alejados de los perímetros urbanos y las zonas de expansión urbana, la mayoría se localizan en zonas rurales. Por lo anterior, las disposiciones de monitoreo incluidas en el Protocolo en mención se hacen obligatorias únicamente para aquellos rellenos sanitarios localizados en suelos de vocación urbana o industrial.

En adición a lo anterior, el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas adoptado por la Resolución 760 de 2010 y ajustado por la Resolución 2153 de 2010⁶⁹, establece el Método 2E “*Determinación de la tasa de flujo de producción de gas en rellenos sanitarios.*”, que se describe a continuación:

Método 2E. Determinación de la tasa de producción de gases en rellenos sanitarios.⁷⁰

Este método tiene como finalidad la medición de los caudales de producción de gases en rellenos sanitarios y se utiliza para calcular las tasas de flujo de compuestos orgánicos volátiles no metánicos como benceno, etanol, formaldehído, ciclohexano, 1,1,1-tricloroetano o acetona, excluido el metano.

Según este método los pozos de extracción se instalan en un grupo de tres o en cinco ubicaciones dispersas en el relleno sanitario. Se utiliza un soplador para extraer el biogás del relleno sanitario. Se miden la composición del biogás, las presiones de relleno sanitario y los diferenciales de presión de orificio de los pozos y se calcula el caudal de producción de gas de relleno sanitario⁷¹. Entre las especificaciones de equipamientos necesarios para medición de los gases, están:

- a. Soplador y ensamble. Soplador a prueba de explosiones, capaz de extraer biogás a una velocidad de flujo de 8,5 m³/min (300 pies³/min), un pico de agua y un quemador o incinerador.
- b. Tubo de Pitot estándar y medidor de presión diferencial para la calibración de la tasa de flujo con Pitot estándar.
- c. Medidor de orificio. Placa de orificio, lengüetas de presión y dispositivo de medición de presión para medir el caudal de biogás.
- d. Barómetro.

⁶⁷ “Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire”

⁶⁸ “Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones”

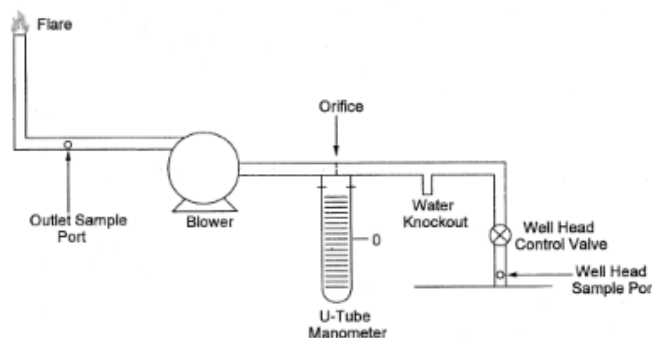
⁶⁹ “Por la cual se ajusta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, adoptado a través de la Resolución 760 de 2010 y se adoptan otras disposiciones”

⁷⁰ Este método no se encuentra incluido en la lista publicada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, por lo tanto, el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas determina que debe utilizarse el método aprobada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US-EPA con relación al Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos (CFR).

⁷¹ Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos (CFR). https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-A-1_to_part_60

- e. Manómetro de presión diferencial. Manómetro de tubo en U lleno de agua o equivalente, capaz de medir dentro de 0.02 mm Hg (0.01 pulg. H₂O), para medir la presión de las sondas de presión.

Ilustración 11. Esquema de monitoreo Método 2E



Fuente: Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos (CFR).

Se deben realizar pruebas estáticas, para lo cual se debe cerrar las válvulas de control en las cabezas de los pozos. Medir la presión manométrica (P_g) en cada sonda de presión profunda y la presión barométrica (P_{bar}) cada 8 horas (hr) durante 3 días. Registrar como P_i (presión absoluta inicial).

Finalmente, se deben realizar pruebas a corto plazo cuyo propósito es determinar el vacío máximo que se puede aplicar a los pozos sin infiltración de aire ambiental en el relleno sanitario. Las pruebas a corto plazo se realizan en un pozo a la vez y se quema el biogás con un destello o incinerador.

En este contexto, se tiene que, si bien el país cuenta con normatividad para monitorear y controlar la calidad del aire, con niveles máximos permisibles de ciertos contaminantes atmosféricos, aún no se cuenta con criterios específicos definidos para el monitoreo de los gases de efecto invernadero generados en rellenos sanitarios. Si bien ya se tiene definido un método para la medición de los caudales de producción de biogás, no se han establecido los parámetros para la medición de los caudales de CH_4 y CO_2 ⁷², ni se han definido niveles permisibles de emisión de dichas sustancias en rellenos sanitarios.

Para el monitoreo del CO_2 generado a partir de la quema del biogás en antorchas cerradas ubicadas en las celdas de disposición final en los rellenos sanitarios, es necesario contar con la instrumentación necesaria para dicha actividad. Para esto, los operadores o administradores de los rellenos sanitarios deberán tener un equipo medidor de dióxido de carbono para comprobar la calidad del aire. Estos equipos pueden encontrarse en el mercado en precios entre \$1.000.000 - \$2.500.000 COP⁷³.

Para la medición, es importante que se cuente con una persona idónea para realizar el monitoreo del dióxido de carbono, ya que esta medición requiere de conocimientos técnicos muy específicos para examinar la calidad del aire. Una alternativa para el monitoreo es la contratación de un proveedor (consultoría y/o laboratorio externo) que realice las mediciones, acorde a lo que disponga el contrato entre las partes.

Es importante resaltar que el periodo de monitoreo deberá estar establecido en el manual operativo de los rellenos sanitarios, y será acorde a lo dispuesto en el Plan de Manejo Ambiental aprobado por la autoridad ambiental, o de acuerdo con las disposiciones o requerimientos que realice la autoridad ambiental.

⁷² Dióxido de Carbono (CO_2) es un gas asfixiante producto de la combustión totalmente oxidado que según el Department of the Army 1995 tienen un TLV (Threshold Limit Values) de 5000 ppm (BID B. I., 2017)

⁷³ Según <http://www.pce-instruments.com/colombia/instrumento-medida/medidor/medidor-de-co2-kat72339.html>

2.3.7 Aprovechamiento del Biogás

2.3.7.1 Acondicionamiento del biogás para aprovechamiento⁷⁴

Para poder utilizar el biogás producido en el relleno sanitario en algún proceso de aprovechamiento, es necesario realizar actividades de limpieza y enriquecimiento, no contempladas en la captura y quema del biogás. Lo anterior, debido a la menor pureza del biogás con respecto a otros combustibles y a los efectos destructivos de los demás gases constituyentes del mismo. Los principales procesos de acondicionamiento del biogás se mencionan a continuación.

- **Remoción del dióxido de Carbono.** En el caso de que se quiera utilizar el biogás como combustible, éste debe contener suficiente cantidad de metano, lo cual se logra con la remoción del CO₂. Entre los procesos más conocidos para realizar dicha remoción se encuentran i) lavado con agua, ii) lavado con glicol polietileno, iii) tamiz de carbón molecular y iv) membranas.
- **Remoción de sulfuro de Hidrógeno.** El biogás siempre posee una cantidad de sulfuro de hidrógeno, el cual debe ser removido con el objetivo de evitar corrosión de los tanques de almacenamientos, los compresores y las máquinas de todo el sistema. Los procesos comerciales más utilizados para dicha remoción son: i) desulfuración biológica, ii) dosificación de aire y oxígeno al biogás, iii) carbón activado impregnado, iv) lavado con agua; v) lavado con selexol y vi) lavado con hidróxido de sodio.
- **Remoción de Hidrocarburos Halogenados.** Los rellenos sanitarios poseen concentraciones elevadas de hidrocarburos halogenados, principalmente cloro y flúor, los cuales causan corrosión en las máquinas y las partes mecánicas del sistema. La técnica más utilizada para remover dichos residuos es la presurización de las cámaras de carbón activado.
- **Remoción de Oxígeno y Nitrógeno.** En rellenos sanitarios donde el biogás se recoge mediante tubos permeables, puede encontrarse en el mismo oxígeno y nitrógeno. Cuando las concentraciones de oxígeno son bajas, no representa un mayor peligro para el relleno sanitario. Sin embargo, cuando las concentraciones de este son altas aumenta el riesgo de explosiones en el relleno. Los procesos más conocidos para remover estos elementos del biogás son membranas o por bajas temperaturas.

2.3.7.2 Tipos de aprovechamiento de biogás

El aprovechamiento de biogás, con poco tratamiento, se utiliza generalmente como combustible para actividades como la evaporación de lixiviado, o la generación de energía eléctrica requerida para otros procesos que se desarrollen dentro del relleno. También suele utilizarse para abastecer calentadores de agua, hornos, secadores de agregados o generadores de electricidad convencionales en instituciones o comercios localizados junto al relleno. Típicamente este biogás contiene 50% metano.

Utilizar el biogás como combustible de hornos y calderas es el método más práctico y económico. Normalmente es necesario combinar el biogás con otro tipo de combustibles debido a su bajo poder calorífico. Los combustibles que se usan comúnmente son gas natural, propano, diésel y keroseno.

a. Uso del biogás en gasoductos o para gas natural vehicular

⁷⁴ D. Espinel y E. Giraldo. Evaluación económica del uso de las celdas de combustible para generar energía utilizando biogás proveniente de un relleno sanitario. Universidad de los Andes. (S.F.)

Para ser inyectado en gasoductos, el biogás debe ser purificado a niveles del 92 a 99 por ciento de metano, removiendo el dióxido de carbono. Uso final como Gas Natural Líquido o Gas Natural Comprimido, el cual puede ser usado en hogares, industrias y transporte⁷⁵.

El combustible para motores de combustión interna generado por biogás debe ser enviado a la planta de purificación debido a que los estándares de calidad para este uso son más estrictos. Principalmente se deben eliminar los condensados, el H₂S y se elimina todo el CO₂ por medio de una lavadora de gases.

Este tipo de motores, que utilizan biogás como combustible es el más utilizado en la generación de energía eléctrica. Cuando son utilizados de una manera correcta son más eficientes, con costos menores que otras alternativas y con producciones de 0.8 a 3 MW. También son incorporadas microturbinas en el caso de que se requiera una generación mayor de energía (entre 30kW y 250 kW), principalmente para autoconsumo de rellenos sanitarios de tamaños medianos.⁷⁶

Para producir Gas natural vehicular por medio del biogás, se requiere realizar un tratamiento y refinamiento importante debido a que los vehículos de proporción requieren 95% de metano o un porcentaje mayor. Para poder ser utilizado en los automóviles debe ser comprimido en tanques.

b. Energía eléctrica

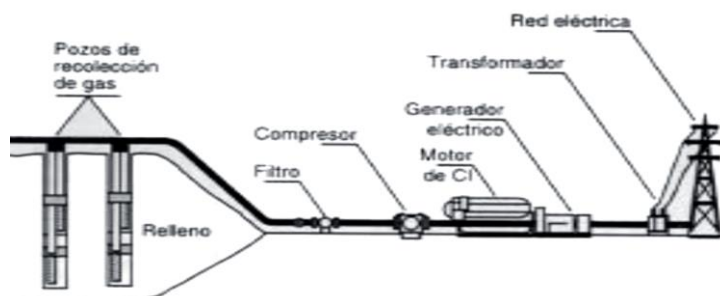
Utilizado como combustible para generadores de combustión interna y turbinas para la generación de energía para después ser suministrada a la red.

La producción de energía eléctrica en turbinas de ciclo combinado o de vapor, en los casos cuando el biogás es utilizado para generar vapor en las calderas, hace rotar la turbina, generando energía eléctrica al ser conectada a un generador. Es un ciclo combinado debido a que inicialmente se quema el biogás en las cámaras de combustión de las turbinas de gas. Los gases de salida de este proceso son utilizados para la generación de vapor y de esta manera generar energía eléctrica.

Este tipo de aprovechamiento del biogás es propio de rellenos sanitarios de gran tamaño. Requiere niveles de inversión inicial considerables. Una ventaja prominente de este método de aprovechamiento es que la energía generada puede ser incorporada directamente al sistema municipal.

Posteriormente, a la extracción de biogás en los rellenos sanitarios, se transporta por medio de tuberías y es confinado en una estación donde se quita la humedad y las sustancias no deseables, para de esta manera tener una combustión eficiente y limpia.

Ilustración 12. Esquema de generación de electricidad en un relleno sanitario.



Fuente: (Arvizu & Huacuz, J, 2003)

⁷⁵ Iniciativa Global de Metano -MGI-, 2015.

⁷⁶ LFG Energy Project Development Handbook. Landfill Methane Outreach Program. 2017

Los procesos de acondicionamiento del biogás para este uso se pueden dividir en sistema de tratamiento primario y secundario. La determinación del tipo de acondicionamiento que se va a utilizar se encuentra directamente relacionado con el uso final que se hará del biogás producido. En cualquiera de los casos se deben eliminar los compuestos de azufre⁷⁷ y los de siloxano.⁷⁸

Tabla 7. Acondicionamiento del biogás para generación de energía eléctrica

Pretratamiento	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario
<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un enfriador de aire y un filtro de coalescencia, en ocasiones y dependiendo de la tecnología posterior a usar se puede hacer refrigeración y recalentamiento. • Eliminación del sulfuro de hidrógeno • Utilizando SulfaTreat (u otros medios) o un lavador líquido a un nivel ≥ 100 ppmv • Eliminación de siloxanos <ul style="list-style-type: none"> – Es obligatorio para algunas tecnologías – Es opcional para algunas tecnologías 	<ul style="list-style-type: none"> • Deshidratación: dispositivos “knockout” • Filtración para eliminar la humedad y las Partículas. • Enfriamiento: 1 a 10°C • Compresión: se especifica comúnmente por la distancia a los sistemas de recuperación de energía y por sus requerimientos de presión de entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionan una limpieza mayor del gas que la que se logra con utilizando solamente los sistemas primarios. • Puede utilizar múltiples procesos de limpieza dependiendo de las especificaciones del uso final del Gas. • Puede incluir tratamientos físicos y químicos. • Remover contaminantes. <ul style="list-style-type: none"> – Requeridos: siloxanos y azufre. – Avanzados: CO₂, COVs, y otros contaminantes • Tecnologías comunes: <ul style="list-style-type: none"> – Adsorción: Remover siloxanos – Absorción o lavado: Remover compuestos de azufre

Fuente: Adaptado, Iniciativa Global de Metanos, SCS ENGINE

La tecnología por seleccionar para la generación de energía eléctrica a partir del biogás en rellenos sanitarios está directamente relacionada con la capacidad técnica, económica, operativa y de producción de biogás de cada uno de los rellenos sanitarios. Cada tipo de tecnología involucra costos propios de inversión, operación y mantenimiento los cuales están desglosados en la siguiente tabla.

Tabla 8. Tecnologías usadas para generación eléctrica en rellenos sanitarios

Tipo de tecnología	Unidades	Tipo de costo		Vida útil	Tamaño óptimo del proyecto	Fuente
		Inversión	O y M			
Motor de combustión interna grande	USD/kWh	1700	180	15	> 0,8 MW	EPA, 2009
Motor de combustión interna pequeño	USD/kWh	2300	210	15	< 1 MW	EPA, 2009
Turbina de gas	USD/kWh	1400	130	10	> 3 MW	EPA, 2009
Microturbina	USD/kWh	5500	380	5	< 1 MW	EPA, 2009
Sistema de captura	mUSD/ha	70 - 120	NA	25	40 acres	SCS, 2007

Fuente: Análisis CRA

2.3.8 Consideraciones al respecto del aprovechamiento de biogás a nivel internacional⁷⁹

⁷⁷ Los compuestos de azufre son corrosivos en presencia de humedad sobre todo en rellenos sanitarios que permiten desechos de construcción o de demolición.

⁷⁸ Los siloxanos en los rellenos sanitarios se volatilizan y se convierten en dióxido de silicio en el caso de que el biogás se queme. Las tecnologías más comúnmente utilizadas en son la absorción (introduciendo un solvente o reactor solido que produzca una reacción física o química) y la adsorción (por ejemplo, con carbón activado, gel de sílica o refrigeración subcero)

⁷⁹ 1999/31/EC of 26 April 1999

En el estudio “Sistemas de extracción, captura activa y pasiva para el manejo de gases en rellenos sanitarios” realizado por la CRA, en 2017, se reconoce que, si bien todos los países de la Unión Europea (UE) han adoptado la Directiva para rellenos sanitarios en la cual se incluye la quema obligatoria de biogás, el paso hacia aprovechamiento energético del mismo aún se está fortaleciendo, mediante el desarrollo de un marco regulatorio, en el cual el biogás hace parte de la política de energías renovables (RES) y la implementación de incentivos como:

- a. Tarifas premium en el sector eléctrico (caso de Finlandia).
- b. Contratos de venta de energía y retorno de recursos vía tarifa para operación por 15 años.
- c. Reducción de aranceles en proporción con el tamaño de la empresa.
- d. Subvenciones adicionales acorde con la cantidad de MW generados.

Adicionalmente se manifiesta que, a nivel de precio actual, el biometano no es competitivo con el gas natural por lo cual la Comisión Europea estudia la situación actual de los 28 Estados con el fin de generar recomendaciones para fortalecer el paquete de políticas e incentivos para el aprovechamiento del biogás.

2.3.9 Consideraciones respecto del aprovechamiento de biogás a nivel nacional

El Gobierno Nacional promueve el desarrollo de energías alternativas como la solar, eólica y biomasa, por lo cual expidió la Ley 1715 de 2014, "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional".

De conformidad con lo definido en dicha ley, el biogás de rellenos sanitarios se encuentra incluido entre las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), como energía de la biomasa, la cual se basa en la degradación espontánea o inducida de cualquier tipo de materia orgánica. La ley en mención estableció instrumentos para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de este tipo de energías entre los que se encuentran:

- a. Autorización a los autogeneradores de energía FNCER a pequeña y gran escala a entregar sus excedentes a la red de distribución o transporte.
- b. Disminución del impuesto de renta a quienes inviertan en la producción y utilización de energías FNCER.
- c. Exención del IVA y Derechos Arancelarios de importación para los equipos y maquinaria que se destinen a la producción y utilización de FNCER.

Estos beneficios han sido aprovechados principalmente en proyectos de energía eólica (parque eólico Jepirachí en La Guajira), paneles solares (granjas solares GreenYellow en Palmira y Celsia en Yumbo)⁸⁰

Adicionalmente, en el 2017, se realizó el contrato 001 de 2017⁸¹, entre la Unidad de Planeación Minero Energético (UPME) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá (UNAL); para desarrollar el proyecto “ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE CONVERSIÓN A BIOGÁS DE LA BIOMASA EN COLOMBIA Y SU APROVECHAMIENTO”, que tuvo como propósito identificar los distintos tipos de biomasa residual disponibles para la generación de biogás y, estimar el potencial de producción de biogás de fuentes promisorias; así como realizar el análisis económico del establecimiento de proyectos para producción de biogás y su eventual enriquecimiento a Biometano.

En la actualidad existe incertidumbre en la estabilidad de la provisión de las reservas de gas natural, lo que genera un potencial evidente en sustituirlo por el biometano producto del

⁸⁰ <https://www.xataka.com/energia/asi-arrancamos-asi-estamos-y-asi-podemos-mejorar-la-industria-de-energias-renovables-en-colombia>

⁸¹ <http://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1317>

biogás. Esta generación se encuentra regulada por la Resolución CREG 240 de 2016. Para poder acceder al producto en el sitio de consumo debe existir una red de gasoducto⁸².

Se determinó, en condiciones ideales y de laboratorio, la cantidad de biomasa residual disponible en Colombia que se genera en los procesos productivos: Pecuarios, Agrícolas, Forestal, Agroindustrial y los Residuos Municipales (lodos de PTAR y Residuos Sólidos Urbanos RSU), como posibles generadoras de Biogás.

En relación con los residuos sólidos urbanos, la producción de biomasa se calculó a partir de los residuos sólidos dispuestos en 2016 en los rellenos sanitarios: Doña Juana, La Pradera, El Guabal, Los Pocitos, Nuevo Mondoñedo, Loma de los Cocos y El Carrasco., con lo cual se alcanza una participación a nivel nacional del 73,3% frente al total de residuos dispuestos⁸³.

El estudio referido presenta las biomásas priorizadas para la generación de biogás en Colombia, las cuales sin ser necesariamente las de mayor oferta energética, son las que presentan mayor posibilidad de desarrollo e incorporación a la matriz energética nacional como energía firme, ya sea para uso en generación eléctrica, como biometano a través de la red o vehicular o aplicaciones térmicas a nivel industrial y doméstico.

Tabla 9. Potencial energético de los sectores priorizados

Sector	Potencial energético del Biogás (TJ/año)
Pecuario (Avícola y Porcicola)	5.721
Agrícola (Palma de aceite)	3.073
Urbanos (RSU)	2.608
Industriales (Caña de Azúcar Vinazas)	3.268

Fuente: Adaptado de Tabla 21 Informe Final.⁸⁴

Se puede observar en la tabla anterior que los residuos sólidos urbanos ocupan el tercer lugar en el orden de prioridad e incluyen la biomasa generada por los sistemas de tratamiento de aguas residuales y residuos sólidos.

El estudio concluye que es conveniente impulsar el desarrollo de proyectos de generación de biogás a partir de las biomásas residuales priorizadas. *“El panorama Nacional amerita el desarrollo de esta fuente de energía renovable, como sustituto y/o complemento del gas natural y valorización energética de residuos, para lo cual se requiere realizar programa I+D+i, como por ejemplo el laboratorio especializado en Biogás, que contribuya a aumentar el conocimiento y su aplicación en diferentes sectores industriales de manera sostenible, con beneficio para el país aportando al cumplimiento de sus compromisos internacionales.”*

De acuerdo con lo expuesto en el estudio se evidencia que el país cuenta con un potencial energético generado a partir de la biomasa de distintos sectores productivos, entre los que se encuentran los residuos sólidos urbanos, sin embargo, para su aprovechamiento se requiere desarrollar programas de investigación, desarrollo e innovación, para aumentar el conocimiento y su aplicación sostenible.

2.3.10 Externalidades ocasionadas por el biogás

Cuando se habla de costos ambientales, es necesario explicar que una de las herramientas de la ciencia económica es la asignación de valores numéricos a la mayor cantidad de bienes y servicios que están a disposición para el uso o consumo del ser humano, para observar el modo en el que la sociedad gestiona los mismos (Mankiw, 1998). Cuando esta herramienta económica se aplica a los recursos naturales y el ambiente, el ejercicio de asignación de valor presenta un mayor grado de dificultad que con otros bienes o servicios,

⁸² Bogotá D.C. Gasoducto Centro – Oriente con capacidad 436 MPCD, Gasoducto Cusiana – Bogotá capacidad 30 MPCD, Gasoducto de la Sabana Capacidad 140 MPCD. Operador TGI (UPME-UNAL, 2018)

⁸³ Contrato 001 de 2017. Informe Final. Tabla 4. Sector URBANO RSU.

⁸⁴ Ibidem.

por cuanto el valor o “precio” que representa el beneficio o bienestar que generan los recursos naturales y el ambiente a todos los individuos, se define a partir de la “disposición a pagar” por parte de cada individuo. (CONVENCIÓN RAMSAR, 1997)

De esta forma, desde la economía se considera que los bienes y servicios, entre los cuales se encuentran los recursos naturales y el medio ambiente, representan un valor para el hombre. Es decir, las personas se ven beneficiadas positivamente al gozar de condiciones ambientales sanas y se ven afectados negativamente cuando las condiciones son adversas, y esta dinámica justifica la asignación de valores cuantitativos a todo aquello que genere cambios en el medio ambiente de forma directa o indirecta, por cuanto dichos cambios afectan el bienestar social.

Teniendo en cuenta que los factores que afecten el bienestar social o las preferencias de las personas se consideran en términos económicos como un costo o una variable sujeta a cuantificación, las afectaciones a los recursos naturales o el ambiente se consideran costos o externalidades ambientales.

Las externalidades se producen en el momento que las acciones de un agente tienen efecto en terceros que, no están involucrados en dicha acción y que, en efecto, generan costos que no están reflejados en la transacción (Nicholson, 2007).

Los costos ambientales y sociales asociados a la implementación de rellenos sanitarios son difíciles de estimar debido a las particularidades y locación de los sitios, por esta razón usualmente no se reflejan en los costos o tarifas, lo que ocasiona sesgos en la determinación de qué tecnología para la eliminación de los residuos tiene el mejor costo - eficiencia (Nahman, 2011).

En el caso del biogás generado en el relleno sanitario, pueden existir externalidades negativas asociadas al calentamiento global y los impactos sobre la salud y, positivas cuando se desarrolla aprovechamiento del biogás, como en la generación de energía.

Adicionalmente, las externalidades pueden ser fijas o variables. Las externalidades fijas no cambian según la cantidad de residuos que se dispongan, por lo cual su cuantificación se identifica en términos de costos por habitante o vivienda; mientras que las externalidades variables, se cuantifican por tonelada de residuos o por tonelada de gas emitida (Comisión Europea, 2000). Para el caso del biogás, se entiende que el mismo está asociado a externalidades variables.

Existen diversos estudios que han cuantificado las externalidades ocasionadas por la disposición en rellenos sanitarios. A continuación, se presenta un resumen de los valores obtenidos en los diferentes estudios revisados y en el anexo b se presenta un mayor detalle de los mismos. En todo caso, para el tema que compete, se consideran los efectos del biogás antes de su combustión o aprovechamiento, que corresponde al escenario actual en los rellenos sanitarios.

Tabla 10. Costo de la externalidad por emisión de GEI por tonelada de residuos dispuestos según la bibliografía revisada

Estudio	Equivalente Moneda/USD	Valor estudio	Valor aproximado en USD
Comisión europea (2000)	0.92 EUR/USD	EUR 3	USD 3.2
BDA Group temperatura seca (2009)	1.55 AUD/USD	AUD 9	USD 5.8
BDA Group temperatura húmeda (2009)	1.55 AUD/USD	AUD 12	USD 7.7
BDA Group temperatura tropical (2009)	1.55 AUD/USD	AUD 13	USD 8.4
Nahman (2011)	8.44 ZAR/USD	ZAR 28.44	USD 3.4

Fuente: Elaboración propia con base en Comisión Europea (2000), BDA Group (2009) y Nhaman (2011)

De acuerdo con lo anterior, el costo de la externalidad puede variar entre **USD 3,2 y USD 8,4 por tonelada de residuos**, aunque, en otros análisis se han hallado costos que ascienden hasta USD 80 por tonelada de residuos.

No obstante, lo anterior, si bien, este valor permite contar con una aproximación del costo de la externalidad por la emisión de biogás en el ámbito internacional, dado que no corresponden a estimaciones realizadas a partir de costos locales, el valor en Colombia puede ser diferente.

La identificación del costo por la externalidad del biogás requiere que se realice una aproximación con sitios que tengan características similares, atendiendo las razones mencionadas en Nahman (2011), según las cuales la evaluación del costo de externalidades se ve afectada, entre otros, por:

- a. **Composición de los residuos que se reciben en el relleno sanitario:** toda vez que el biogás surge de la descomposición de la fracción orgánica biodegradable y en efecto su cantidad y calidad dependen de la participación de los orgánicos en la totalidad de residuos dispuestos.
- b. **Diseño y operación del relleno sanitario:** ya que las condiciones pueden variar conforme a la cobertura que se utilice.
- c. **Condiciones meteorológicas:** el clima y factores como la dirección del viento influyen en el comportamiento, en el tiempo e impacto del biogás.
- d. **Localización y características físicas del sitio:** los impactos dependen de qué tan cercano está el sitio a una población.
- e. **Características socio económicas de las poblaciones expuestas al relleno:** tales como la densidad de la población, la disposición a pagar y sus preferencias por la calidad del ambiente.
- f. **Tasa de descuento social:** refleja el valor que las personas tienen en el presente por el futuro, para el caso puntual del biogás, se refiere a la tasa de descuento de las personas por el potencial del calentamiento global.

2.3.11 Alternativas a la disposición final en rellenos sanitarios

El tratamiento de residuos sólidos, según el RAS (2000), es aquella actividad por medio de la cual se modifican las características de los residuos, de tal forma que se incrementa la posibilidad de reutilizarlos. Por otra parte, el artículo 2 del Decreto 1784 de 2017 adiciona el numeral 88 al artículo 2.3.2.1.1. del Decreto 1077 de 2015 el cual define lo siguiente:

“88. Tratamiento. Es la actividad del servicio público de aseo, alternativa o complementaria a la disposición final, en la cual se propende por la obtención de beneficios ambientales, sanitarios o económicos, al procesar los residuos sólidos a través de operaciones y procesos mediante los cuales se modifican las características físicas, biológicas o químicas para potencializar su uso. Incluye las técnicas de tratamiento mecánico, biológico y térmico (...)”

Adicionalmente, en el artículo 2.3.2.6.5 se aclara que la selección del tratamiento a implementar debe considerar varios factores como la caracterización de residuos, población, proyección de generación de residuos, viabilidad financiera y económica. El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio definirá los criterios mínimos que se deberán tener en cuenta para seleccionar el tipo de tratamiento.

En un estudio contratado en 2016 por el Banco Interamericano de Desarrollo –BID (MAG Consultoría, 2016), en el cual se realiza una evaluación de viabilidad de distintas alternativas de tratamiento, disposición final o aprovechamiento de residuos sólidos en Colombia, se recomienda que aquellos municipios con tipología de desarrollo incipiente, que aún no cuenten con sitios de disposición final autorizada, deben enfocar sus esfuerzos en primera instancia en resolver dicha problemática para, posteriormente, incursionar en actividades de tratamiento de residuos complementarios o alternativas al relleno sanitario.

Así mismo, concluye que los municipios considerados de tipología de desarrollo robusta o intermedia, con altos niveles de cobertura y calidad en las actividades de recolección, transporte y disposición final se encuentran en la capacidad de avanzar hacia otros niveles de gestión integral de residuos, donde se prioricen otras actividades complementarias o alternativas al relleno sanitario.

El estudio identificó tres tipos de tratamiento y las técnicas más utilizadas asociadas a cada uno de ellos, con sus requerimientos mínimos para su implementación.

El primero es el tratamiento mecánico donde se requiere como mínimo una cantidad de residuos sólidos a tratar mayor o igual a 164,4 ton/día. Para este tipo de tratamiento se utilizan diferentes tipos de tecnologías como por ejemplo los imanes, separadores ópticos, trituradoras, entre otros.

El segundo es el tratamiento biológico, donde se destacan tres técnicas; i) el compostaje, que requiere de una recolección selectiva producto de una buena separación de residuos orgánicos e inorgánicos y que el contenido de humedad de los residuos se encuentre entre un 45% y un 60% ii) la digestión anaerobia, que también necesita de una recolección selectiva del producto y de una buena separación de residuos orgánicos e inorgánicos y iii) el compostaje en contenedores, que es utilizado cuando la cantidad de residuos a tratar sea superior o igual a 54,8 ton/día y el contenido de humedad de los residuos sea mayor o igual al 60%.

El tercero es el tratamiento térmico donde se destaca la incineración, gasificación y pirólisis, en el cual la cantidad de sólidos a tratar debe ser superior o igual a 274 ton/día y tener un poder calorífico mayor o igual a 7 Mj/Kg.

En el estudio se aclara que las escalas mínimas para el funcionamiento de cada tipo de tratamiento fueron establecidas con base en la experiencia del consultor (DNV.GL), teniendo en cuenta el límite a partir del cual el costo de las instalaciones se considera razonable. Instalaciones a menores escalas no son prohibitivas, pero se recomiendan análisis de prefactibilidad exhaustivos.

Posteriormente, para evaluar la viabilidad financiera, los autores de esta investigación hacen un comparativo entre los costos (de inversión, administrativos, de operación, mantenimiento, costo del capital de trabajo y el WACC) contrastados con los ingresos derivados de la venta de recursos valorizados por tratamiento como se muestra en las siguientes tablas.

Los costos presentados a continuación no son comparables entre si debido a que cada tipo de tratamiento tiene un objetivo diferente y los insumos de residuos sólidos o fracciones son diferentes en cada caso.

Tabla 11. Costo Medio por Tipo de Tratamiento (\$/ton)

Tratamiento	Ingreso Venta Recursos Valorizados (\$/Ton) ⁸⁵		
Tratamiento Térmico con generación de Energía	38933 (Ton/mes)	9125 (Ton/mes)	4000 (Ton/mes)
Incineración	92.400	82.800	75.900
Gasificación	82.800	73.100	70.300
Tratamiento Mecánico Biológico	38933 (Ton/mes)	9125 (Ton/mes)	2000 (Ton/mes)
Mecánico + Digestión Anaerobia con generación de energía	25.700	25.700	25.700

⁸⁵ Los costos reportados para las diferentes técnicas no son comparables, debido a que cada una tiene objetivos diferentes y se emplean para tratar diferentes fracciones o corrientes de residuos.

Tratamiento	Ingreso Venta Recursos Valorizados (\$/Ton) ⁸⁵		
Mecánico + Compostaje al Aire Libre	38933 (Ton/mes)	9125 (Ton/mes)	304 (Ton/mes)
	5.000	5.000	5.000
Mecánico + Compostaje Cerrado (en contenedores)	5.000	5.000	5.000
Tratamiento Biológico	3898 (Ton/mes)	2000 (Ton/mes)	304 (Ton/mes)
Compostaje de residuos separados en la fuente (v.gr. corte de césped)	90.000	90.000	90.000
Extracción y Aprovechamiento de Biogás en Relleno Sanitario	22204 (Ton/mes)	9125 (Ton/mes)	304 (Ton/mes)
Captura y Quema	400	400	400
Captura y Generación de Energía	9.900	9.900	No evaluado
Captura y Venta directa de Gas	4.700	4.700	No evaluado

Fuente: MAG Consultores (2016).

En cuanto a los ingresos de venta por recursos valorizados de los tratamientos implementados, se tuvieron en cuenta, entre otros, el tratamiento térmico vapor, gas, energía eléctrica, calor y para los tratamientos que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, se consideró la venta de certificados al precio del mercado en el 2016 (fecha en que se realizó el estudio). En la tabla siguiente están los resultados de ingresos por cada tipo de tratamiento.

Tabla 12. Ingresos por Venta de Recursos Valorizados por Tratamiento (\$/ton)

Tratamiento	Costo Medio (\$/Ton)			% Residuos que van al relleno sanitario
Tratamiento Térmico con generación de Energía	38933 (Ton/mes)	9125 (Ton/mes)	4000 (Ton/mes)	
Incineración	254.300	343.900	445.400	22%
Gasificación	268.800	364.900	472.900	22%
Tratamiento Mecánico Biológico	38933 (Ton/mes)	9125 (Ton/mes)	2.000 (Ton/mes)	
Mecánico + Digestión Anaerobia con generación de energía	100.900	143.400	223.400	32%
Mecánico + Compostaje al Aire Libre	38933 (Ton/mes)	9125 (Ton/mes)	304 (Ton/mes)	
	55.800	82.200	149.100	48%

Tratamiento	Costo Medio (\$/Ton)			% Residuos que van al relleno sanitario
Mecánico + Compostaje Cerrado (en contenedores)	75.700	102.100	280.500	32%
Tratamiento Biológico	3898 (Ton/mes)	2000 (Ton/mes)	304 (Ton/mes)	
Compostaje de residuos separados en la fuente (v.gr. corte de césped)	35.400	43.500	78.300	98%
Extracción y Aprovechamiento de Biogás en Relleno Sanitario	22204 (Ton/mes)	9125 (Ton/mes)	304 (Ton/mes)	
Captura y Quema	7.800	16.900	395.900	100%
Captura y Generación de Energía	16.800	25.900	No evaluado	100%
Captura y Venta directa de Gas	8.900	15.700	No evaluado	100%

Fuente: MAG Consultores (2016).

Como conclusión de este balance, los consultores afirman que, con excepción del compostaje de residuos de alta calidad separados en la fuente (principalmente residuos derivados del corte de césped), ninguna de las alternativas de tratamiento de los residuos sólidos analizadas en las condiciones vigentes para la fecha de elaboración del estudio, permitiría recuperar los costos.

En ese sentido, las técnicas de tratamiento descritas como alternativas a la disposición final requieren de una acción en diferentes niveles de la actividad de consumo que se vean reflejadas en i) una menor generación de residuos sólidos; ii) producción más limpia; y iii) implementación de prácticas para reducir, reutilizar, reciclar y aprovechar los subproductos. logrando reducir los residuos que se disponen en los rellenos sanitarios y contribuir con la disminución de la emisión de GEI.

2.4 ESTADO ACTUAL DE LA DISPOSICIÓN FINAL EN COLOMBIA

Teniendo en cuenta que los sistemas para la extracción, captura y quema del biogás generado en los rellenos sanitarios corresponden a la actividad complementaria de disposición final en el servicio público de aseo, se presenta a continuación un resumen del estado actual de la disposición final en el país, con el objetivo de identificar la aplicabilidad del proyecto normativo en estudio.

2.4.1 Sistemas de disposición final

En el país se promovió la disposición final de los residuos sólidos en los rellenos sanitarios por ser la técnica que presenta el menor costo por tonelada⁸⁶ (excepto el compostaje). Debido a lo anterior, de acuerdo con la información del reporte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD (2018), de los 1320 sitios de disposición final que existen en el país, 1035 corresponden a rellenos sanitarios, en los que se dispuso en 2017, el 95,99% del total de residuos dispuestos en todos los sitios de disposición final, lo que

⁸⁶ CONPES 3874 de 2016.

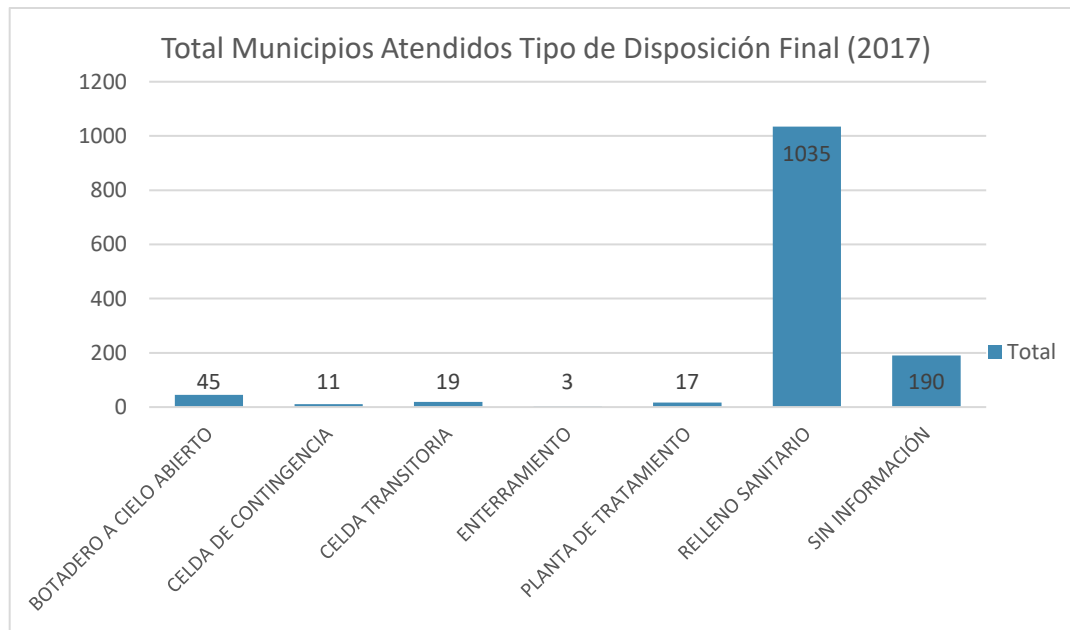
corresponde a un total de 29.814,24 ton/día para dicha tecnología, de un total de 31.056,72 ton/día.

Los demás sitios de disposición final adecuados corresponden a 11 celdas de contingencia y 17 plantas de tratamiento; frente a los sistemas inadecuados de disposición de residuos, se cuenta con 45 botaderos a cielo abierto, 19 celdas transitorias y 3 sitios de enterramientos.

Es importante considerar que los sistemas de disposición final entendidos como autorizados o adecuados son: relleno sanitario, planta de tratamiento integral y celda de contingencia. Por su parte, los sistemas contabilizados como no autorizados corresponden a: celda transitoria, botaderos, enterramiento, vertimiento a cuerpos de agua, quema de los residuos sólidos y todo aquel que no cumpla con las definiciones y autorizaciones establecidas y requeridas por la normativa vigente (Decreto 1784 de 2017⁸⁷, Decreto 2041 de 2014⁸⁸ y Resolución 1890 de 2011⁸⁹).

En la gráfica siguiente se presentan las toneladas dispuestas en cada uno de los tipos de sistemas de disposición final de residuos sólidos.

Gráfica 1 Toneladas anuales dispuestas por tipo de sistema de disposición final



Fuente: Cálculos UAE-CRA con base en datos de la SSPD, 2018.

No obstante lo anterior, si bien la mayoría de los residuos se disponen en sitios con autorización ambiental, cabe señalar que 61 de los rellenos sanitarios con licencia ambiental tienen una vida útil⁹⁰ inferior a 3 años (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Según la información presentada por la SSPD, estos sitios reciben en promedio entre 4.400 y 58.700 toneladas por año (12 y 160 toneladas al día).

⁸⁷ Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo

⁸⁸ Por el cual se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales

⁸⁹ Por la cual se enuncian alternativas para la disposición final de los residuos sólidos en los municipios y distritos que dieron aplicación a lo dispuesto en las resoluciones 1390 de 2005, 1684 de 2008, 1822 de 2009 y 1529 de 2010.

⁹⁰ Con vida útil se hace referencia a la definición Vida Útil de Diseño, según el artículo 2.3.2.1.1. del Decreto 1077 de 2015.

Tabla 13. Cantidad de sitios según tiempo de licencia ambiental

Estado de la licencia	Cantidad de sitios	Cantidad de rellenos sanitarios	Cantidad de residuos recibidos (2017)	Participación
Vencida	28	25	123.279	1,19%
1 – 3 años	33	29	1.939.350	18,78%
3 – 10 años	34	32	4.509.776	43,67%
Más de 10 años	48	48	3.428.337	33,20%
Sin información	73	10	326.608	3,16%
Total	216	144	10.327.551	100%

Fuente: SSPD, 2017.

Con la intención de verificar el tamaño de los rellenos sanitarios que tienen menor vida útil y en la medida que requerirían una ampliación o la construcción de un nuevo sitio y por lo tanto serían objeto de la implementación de los requerimientos del Decreto 1784 de 2017, se realizó una consulta en el Sistema Único de Información (SUI), cuyo resultado no presentó información actualizada⁹¹.

2.4.2 Disposición final en rellenos sanitarios

Según la información reportada en el documento de la SSPD titulado “Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2017” elaborado en el año 2018, las toneladas/día dispuestas en los rellenos sanitarios de Colombia son las siguientes:

Tabla 14. Rellenos sanitarios de Colombia (2018) categorías IV y III

Nombre Del Sitio	Promedio Ton/día	Categoría
Relleno Sanitario Doña Juana	6279,48*	IV
Relleno Sanitario La Pradera	2685*	III
Colomba El Guabal	2426,29*	
Parque Ambiental Los Pocitos	1936,5*	
Parque Ambiental Loma De Los Cocos	1520,28*	
Relleno Sanitario Nuevo Mondoñedo	1364,51*	
Sitio De Disposición Final De Residuos Sólidos El Carrasco	1030,61*	
Guayabal	842,09*	
Relleno Sanitario Regional Presidente (*)	831,84*	
El Clavo	821,41	
Relleno Sanitario La Esmeralda	642*	
Relleno Sanitario Loma Grande	566,08*	
Parque Ecológico Reciclante	536,94*	
Sin Información	534,25	
Parque Ambiental Palangana	526,53*	

Fuente: SSPD (2018)

(*) azul: Rellenos sanitarios que presentaron Proyectos MDL en Colombia. (*) verde: Rellenos Sanitarios Regionales

En la anterior tabla se puede apreciar que el único relleno sanitario que pertenece a la categoría IV en Colombia es el Relleno Sanitario Doña Juana con un total de 6279,48 ton/día. En la categoría III se encuentra un total de 14 rellenos sanitarios que representan la disposición de 16264,33 ton/día.

⁹¹ Reporte Técnico Operativo “Rellenos Sanitarios”, fecha de consulta 24 de abril de 2019.

Es importante recalcar que todos los proyectos MDL realizados en el país se encuentran en las categorías III y IV que en total disponen el 75,6% de los residuos sólidos del país con un total de 22543,81 ton/día.

Tabla 15. Rellenos sanitarios de Colombia (2018) categoría II

Nombre Del Sitio	Promedio Ton/día
Los Corazones	496,14 *
La Miel	470,46 *
Relleno Sanitario Los Ángeles	430,55
Antanas	418,94 *
Parque Ecológico Praderas Del Magdalena	406,27
El Oasis	383,35 *
Relleno Sanitario Parque Ambiental Andalucía	362,76 *
El Cascajar	316,06
Relleno Sanitario Parque Ambiental Pírgua	311,51 *
Las Bateas	296,74
El Tejar	281,99
Terrazas Del Porvenir	271,16
Relleno Sanitario Regional Los Picachos (*)	266,48
La Candelaria	184,37
Relleno Sanitario Doradita	163,77
Córdoba	158,04
Relleno Caucasia	156,26
Parque Ambiental Tayaru	146,66
Ecoparque Rediba	139,47
Relleno Regional Noroccidente Del Cesar (*)	113,47
Regional Ecosistema Sierra Nevada De Santa Marta (*)	102,46
Regional Sur De La Guajira (*)	101,14
La Madera	91,04
Biorgánicos Del Sur Del Huila S.A. E.S.P. En Reestructuración	84,29
La Victoria	70,57
Magic Garden	67,56
Buchelli	67,53
Relleno Sanitario Las Garzas	63,73

Fuente: SSPD (2018)

* azul: Rellenos sanitarios que presentaron Proyectos MDL en Colombia. (*) verde: Rellenos Sanitarios Regionales

En la Categoría II se encuentran 28 rellenos sanitarios que disponen 6.422,7 ton/día del total de residuos sólidos del país lo que representa el 21,5%. Es importante destacar que seis de los rellenos sanitarios de esta categoría presentaron proyectos de MDL.

El caso de los rellenos sanitarios de Palangana, La Miel, Los Corazones y El Oasis es especial debido a que presentaron en conjunto un solo proyecto de MDL⁹². Lo anterior, permite evidenciar que es una decisión empresarial la implementación de proyectos MDL. siempre y cuando el operador del proyecto considere que es costo eficiente y se puedan optimizar insumos y conocimiento en la correcta implementación.

Tabla 16. Rellenos sanitarios de Colombia (2018) categoría I

Nombre Del Sitio	Promedio Ton/día
Relleno Sanitario El Cucharo (Acuasan)	49,02
La Vera	38,42
El Edén	37,17
Los Eucaliptos	35,79
Relleno Sanitario Vereda Medio Afán	34,44
Carapacho	32,91
Relleno Sanitario Y Granja Ambiental Los Saltos	31,31
Buena Vista	23,37
Alto Del Rayo	22,78
Rancho Triste	22,75
La Guaratara	22,37
El Carmen De Viboral	20,57
La Tabaca	20,13
Relleno Sanitario El Bagre	19,83
La Esperanza	19,78
Las Tapias	17,71
Relleno Sanitario Brucelas	17,19
La Florida	16,31
Relleno Sanitario Del Municipio De Puerto Carreño	15,01
Rellenos Sanitario La Cortada	14,72
Relleno Sanitario	14,58
La Vega	12,53
Granja Manejo De Residuos Sólidos Municipio De El Santuario	12,5
Kilometro Tres	12,16
Relleno El Pinar	11,63
Parque Ambiental Paraje Puente Roto	11,39
Yarumos li	11,37
Regional La Esperanza (*)	11,31
La Española	10,96
71 Rellenos Sanitarios de menos de 10 ton /día	227,65

Fuente: SSPD (2018)

* azul: Rellenos sanitarios que presentaron Proyectos MDL en Colombia. (*) verde: Rellenos Sanitarios Regionales

⁹² Número de registro en la plataforma de CNCCC 9220, dueño del proyecto Interaseo S.A.

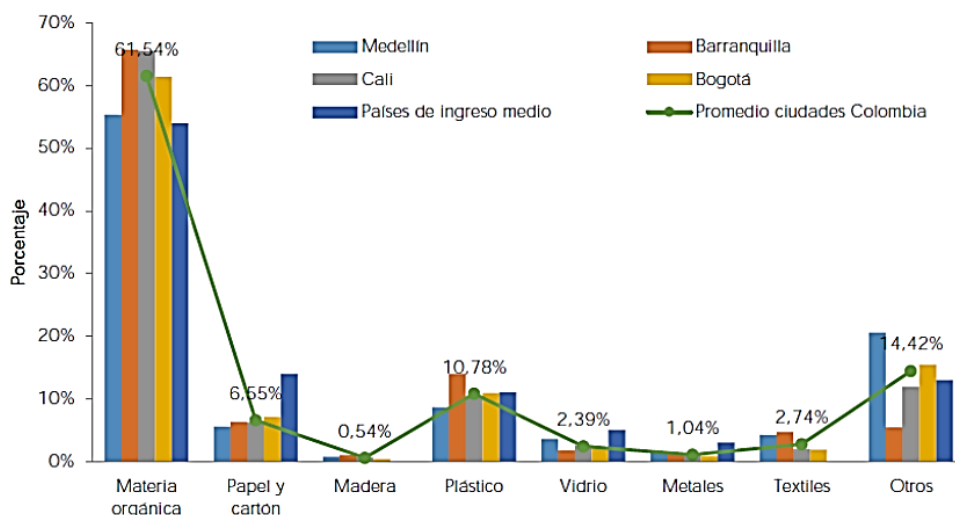
Finalmente, en la categoría I se encuentran un total de 100 rellenos sanitarios que disponen 847,66 ton/día de residuos sólidos, lo cual representa solamente el 2,8% del total dispuesto en Colombia que son 29814,2 ton/día.

Por otra parte, Colombia ha logrado un alto nivel de regionalización de los rellenos sanitarios, toda vez que 51 rellenos atienden 885 municipios según las categorías establecidas por el MVCT en el Decreto 1077 de 2015, modificado por el Decreto 1784 de 2017. Asimismo, de los rellenos sanitarios con información disponible, diez (10) reciben el 70% del total de los residuos dispuestos.

2.4.3 Composición de los residuos dispuestos en los rellenos sanitarios

Al respecto de la composición y tipificación de los materiales que conforman los residuos sólidos en Colombia, el CONPES 3874 de 2016⁹³ explica que, en las grandes ciudades del país, el 61,5% de los residuos llevados a disposición final corresponden a residuos orgánicos. En la siguiente gráfica se muestra la composición porcentual del tipo de materiales que conforman los residuos sólidos dispuestos en 4 ciudades principales del país.

Ilustración 13. Caracterización de residuos sólidos en 4 ciudades principales del país



Fuente: CONPES 3874 de 2016.

De acuerdo con la gráfica, los materiales que le siguen en relevancia a los residuos orgánicos son los plásticos, el papel y cartón, los textiles, el vidrio y los metales que representan 23,5% del total de residuos, y finalmente un 14,96% de materiales clasificados como otros.

La fracción orgánica de los residuos sólidos ordinarios está fundamentalmente constituida por restos de comida, restos vegetales o animales, que son susceptibles de degradación biológica mediante la acción de microorganismos que los utilizan dentro de sus procesos metabólicos para generación de nueva biomasa.

Dicha fracción corresponde a la más inestable de los residuos sólidos municipales, debido a su elevado contenido de agua (80% de su peso) y de materia orgánica (hidratos de carbono, proteínas y grasas).

⁹³ Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

El proceso de biodegradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos que se disponen en los rellenos sanitarios se realiza en sus etapas iniciales de forma aerobia, es decir en presencia de oxígeno. Pero en cuanto se realiza el cubrimiento diario de los residuos y la compactación de estos, el aire que queda atrapado entre la masa del relleno sanitario es consumido rápidamente por los microorganismos presentes en el material de cobertura y en los mismos residuos. Cuando se agota el oxígeno, el relleno sanitario actúa como un reactor biológico en el cual los procesos de biodegradación se realizan de forma anaerobia propiciando la generación de lixiviados y la liberación a la atmósfera de una mezcla de diferentes tipos de gases llamada biogás.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta las categorías de rellenos sanitarios establecidas, así como la generación de metano obtenida de forma teórica, como se presenta en el siguiente numeral, es posible clasificar la quema y captura de biogás por rangos de producción del subproducto.

2.4.4 Estimación teórica de Metano en los Rellenos Sanitarios en Colombia

Aplicando la metodología de cálculo establecida por el IPCC, descrita en el numeral 2.3.4 de este documento, y a partir de la información de toneladas diarias dispuestas en los rellenos sanitarios del país, reportada por la SSPD en el INFORME DE DISPOSICIÓN FINAL AÑO 2017, se realiza una estimación teórica del metano que se genera a nivel nacional, a partir de la siguiente ecuación:

$$CH_4 \left(\frac{Gg}{año} \right) = [(RSU_t * RSU_p * L_0) - R] * (1 - OX)$$

Donde:

CH_4 (Gg/año): Emisiones de gas metano por año.
 RSU_t (Gg/año): Cantidad total de residuos sólidos urbanos generados.
 RSU_p : Fracción de residuos sólidos urbanos dispuestos en rellenos sanitarios.
 L_0 (Gg CH_4 /Gg de residuos): Potencial de generación de metano calculado a partir de la ecuación:

$$L_0 = [FCM * COD * COD_f * F * (16/12)]$$

FCM : Factor de Corrección de Metano.
 COD (%): Carbón Orgánico degradable.
 COD_f (%): Fracción del COD no asimilada.
 F (%): Fracción por volumen de CH_4 en el gas de relleno sanitario generado.
 $16/12 = 1,333$: Relación del peso molecular CH_4/C (16/12).
 R (Gg/año): Metano recuperado.
 OX : Factor de oxidación.

Supuestos teóricos:

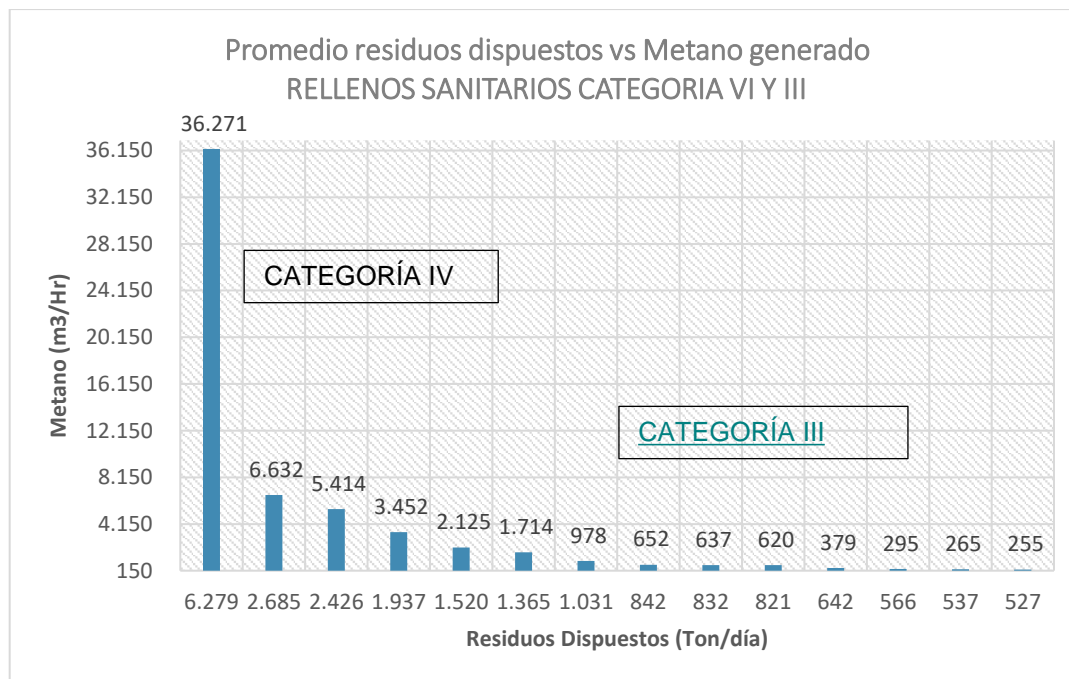
Para el cálculo teórico se considera que la prestación del servicio público de aseo es ideal y cumple con todos los requerimientos técnicos y de buenas prácticas de construcción y operación para los rellenos sanitarios, por lo cual, se adoptan los valores recomendados en la literatura técnica para los rellenos sanitarios.

- Cobertura de recolección municipal de residuos sólidos del 95%.
- FCM igual a uno (1), considerando que los rellenos sanitarios son controlados y operados correctamente.

- c. El COD se calcula con base en la caracterización de residuos sólidos presentada en el CONPES 3874 de 2016, que especifica un 9,29% de papeles y textiles, 15% de residuos de jardín, parques y otros elementos orgánicos, 46,54% en residuos de alimentos y 0,54% en madera.
- d. CODf de 0,5.
- e. F de 0,5; valor recomendado para los cálculos teóricos⁹⁴.
- f. R de 0,5; valor recomendado para rellenos sanitarios⁹⁵.
- g. OX de 0,1, valor utilizado por países industrializados que controlan adecuadamente los rellenos sanitarios⁹⁶.

Una vez obtenida la cantidad de metano producida, se convierte a metros cúbicos por hora de generación de metano, obteniendo los siguientes valores para cada una de las categorías de rellenos sanitarios establecidas en el Decreto 1784/2017. Es importante mencionar que la conversión de Giga gramos de metano al año a metros cúbicos hora se realiza para facilitar el análisis de qué tipo de antorchas se pueden utilizar para quemar el metano generado en los rellenos sanitarios.

Ilustración 14. Promedio residuos dispuestos vs Metano generado Rellenos Sanitarios Categoría IV y III



Fuente: CRA, 2019

En la categoría IV solo clasifica el relleno sanitario Doña Juana, el cual recibe más de 6.000 ton/día de residuos y, teniendo en cuenta una operación ideal del relleno sanitario, se generarían alrededor de 35 mil m³/hr de metano. Lo anterior, considerando el valor anual de residuos depositados en el área del relleno sanitario. Como se especificó en el numeral 2.3.1, la generación de metano varía acorde a la disposición de los residuos sólidos y el

⁹⁴ Fórmula y valores de referencia utilizados fueron tomados del documento ORIENTACIÓN DEL IPCC SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS Y LA GESTIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LOS INVENTARIOS NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO que se encuentra en la página: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5_Waste_ES.pdf

⁹⁵ Ibídem

⁹⁶ Fórmula y valores de referencia utilizados fueron tomados del documento ORIENTACIÓN DEL IPCC SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS Y LA GESTIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LOS INVENTARIOS NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO que se encuentra en la página: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5_Waste_ES.pdf

tratamiento que se les dé en el sitio de disposición final acorde a los parámetros de operación.

Como se puede observar en la ilustración anterior, los siguientes catorce (14) rellenos sanitarios tienen una producción de metano seis veces menor que el relleno sanitario Doña Juana, y no superan los 6.400 m³/hr. Estos rellenos hacen parte de la categoría III y a continuación se presenta una tabla con la información de cada uno.

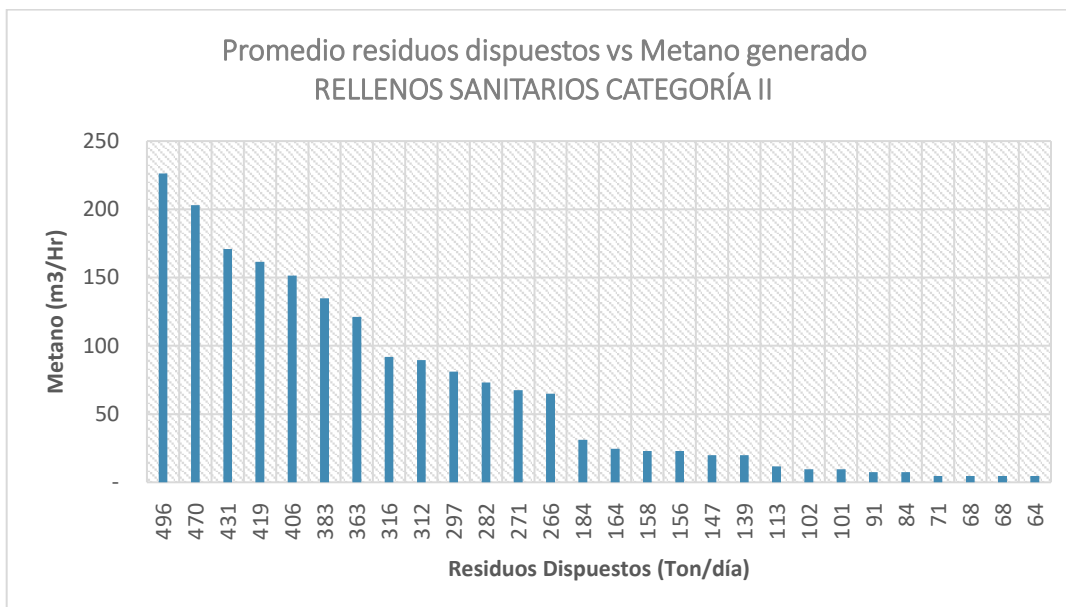
Tabla 17. Rellenos sanitarios de Colombia (2018) categoría I

NOMBRE DEL SITIO	Suma de PROMEDIO TON/DIA	METANO (m ³ /Hr)
RELLENO SANITARIO LA PRADERA	2.685	6.632
COLOMBA EL GUABAL	2.426	5.414
PARQUE AMBIENTAL LOS POCITOS	1.937	3.452
PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS	1.520	2.125
RELLENO SANITARIO NUEVO MONDOÑEDO	1.365	1.714
SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EL CARRASCO	1.031	978
GUAYABAL	842	652
RELLENO SANITARIO REGIONAL PRESIDENTE	832	637
EL CLAVO	821	620
RELLENO SANITARIO LA ESMERALDA	642	379
RELLENO SANITARIO LOMA GRANDE	566	295
PARQUE ECOLOGICO RECICLANTE	537	265
PARQUE AMBIENTAL PALANGANA	527	255

Los rellenos sanitarios ubicados en la categoría III, salvo en Nuevo Mondoñedo y El Clavo, realizaron o tuvieron un diseño para ejecutar proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL (numeral 2.7 de este documento) con la finalidad de quemar el biogás (quema del metano y demás gases) generado en estos sitios de disposición final de forma eficiente y con posibilidad de aprovechamiento energético. Tal como se presenta en el numeral 2.7, varios estuvieron operando hasta la caída de los precios de los bonos de carbono a nivel mundial, mientras que, en otros casos, solo fueron diseñados los proyectos y se instaló parte de la infraestructura, pero no se pusieron en operación.

Los rellenos de categoría IV y III son los que generan la mayor cantidad de metano, dada la cantidad de residuos sólidos dispuesta en estos lugares técnicamente diseñados para recibir los residuos sólidos y tratarlos con el paso del tiempo.

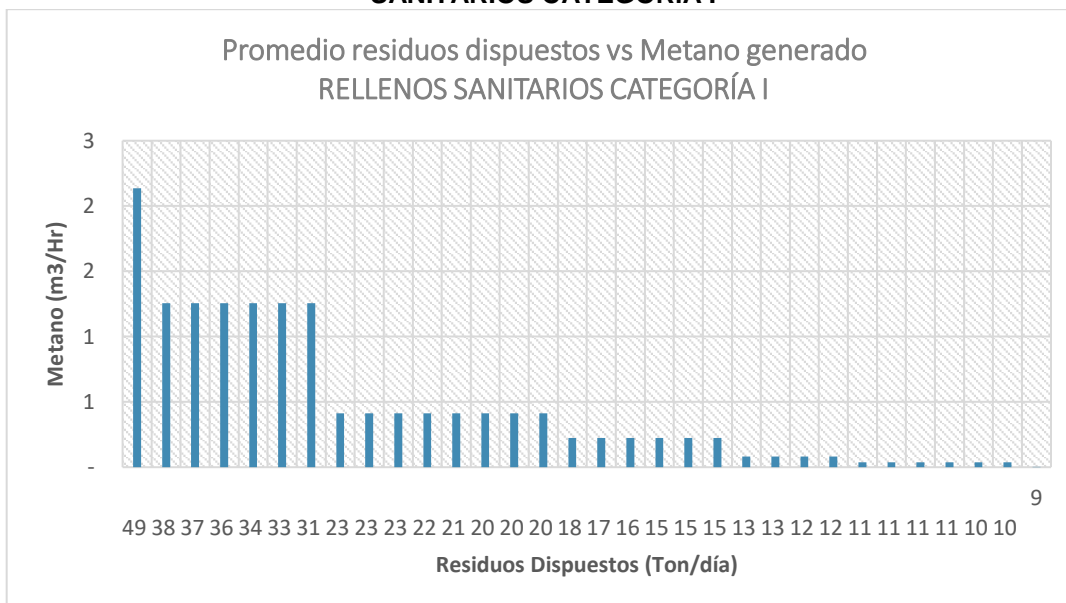
Ilustración 15. Promedio residuos dispuestos vs Metano generado RELLENOS SANITARIOS CATEGORÍA II



Fuente: CRA, 2019

En la ilustración anterior se observa que los rellenos sanitarios de categoría II generarían entre 225 a 5 m³/hr de metano. Dentro del rango mencionado anteriormente, se puede hacer una diferenciación entre dos grupos, tomando de referencia la cantidad de metano generado. Un primer grupo de rellenos sanitarios (con una disposición final mayor a 250 toneladas día) está entre 225 a 60 m³/hr de generación de metano y otro grupo (con una disposición final menor a 250 toneladas al día) que genera menos de 60 hasta 5 m³/hr.

Ilustración 16. Promedio residuos dispuestos vs Metano generado RELLENOS SANITARIOS CATEGORÍA I



Fuente: CRA, 2019

En los rellenos sanitarios categoría I se estaría generando una cantidad de metano menor a 3 m³/hr. Estos rellenos son lugares que reciben menos de 50 toneladas día, y en la mayoría de los casos no son operados de forma adecuada por no contar con los recursos necesarios para una operación correcta desde el punto de vista técnico.

Es importante resaltar que el RAS en su numeral F6.7.4.4 permite el venteo del biogás generado en los rellenos sanitarios en los que se dispongan hasta 200 toneladas de residuos sólidos al día, y en aquellos que se disponga un volumen mayor el biogás puede ser liberado si cumple con la normatividad ambiental vigente.

Al respecto y de acuerdo con el análisis realizado por esta esta comisión, en el rango II, se evidencia que en los rellenos sanitarios que disponen por debajo de 250 toneladas día, no se genera una cantidad considerable de metano.

Por otra parte, en relación con el número de chimeneas el RAS recomienda contar con una chimenea por cada 20 a 50 metros (Rango establecido para los diferentes tipos de rellenos sanitarios antes de la clasificación establecida por el Decreto 1784 de 2017) o 4 por cada hectárea de las celdas, los operadores de los rellenos sanitarios calculan la cantidad de chimeneas necesarias para liberar el metano generado.

Finalmente, a partir del valor teórico de metano calculado, se presenta en la siguiente tabla una relación de las antorchas que se podrían utilizar teniendo en cuenta el caudal del metano generado.

Tabla 18. Rangos de producción de Metano

CATEGORIA RELLENOS SANITARIOS ⁹⁷	RANGO RESIDUOS SÓLIDOS DISPUESTOS (Ton/día)	RANGO METANO GENERADO TEÓRICAMENTE (m ³ /Hr)	CAUDAL DE ANTORCHA
IV	Mayor a 3.000	Mayor a 8.300	Antorcha para caudales con rango de 2500 – 3.200 m ³ /Hr.
III	Mayor de 500 hasta 3.000.	230 - 8300	Antorcha para caudales con rango de 250 – 3.200 m ³ /Hr.
II	Mayor de 50 hasta 500.	2 - 230	Antorcha para caudales con rango de 2 – 300 m ³ /Hr.
I	De 0 a 50.	0 - 2	Antorcha para caudales con rango de 0,2 – 3 m ³ /Hr.

Fuente: CRA (2019)

Las antorchas mencionadas son en acero inoxidable y cuentan, entre otros accesorios y complementos, con:

1. Rampa de gases con válvula manual, válvula anti remota de llama, válvula automática y rampa para piloto.
2. Placa de cerámica para la quema.
3. Catalizador.
4. Control automático de caudal.
5. Medición de temperatura y presión del biogás a la entrada.
6. Alimentación eléctrica mediante paneles solares.
7. Sistema de análisis continuo.
8. Medida de caudal
9. Aislamiento de la antorcha

Las antorchas con caudales bajos se encuentran en el mercado desde un caudal de 0,2 -1 metros cúbicos por hora, hasta un caudal de 75 – 100 metros cúbicos por hora. Las

⁹⁷ Decreto 1784 de 2017

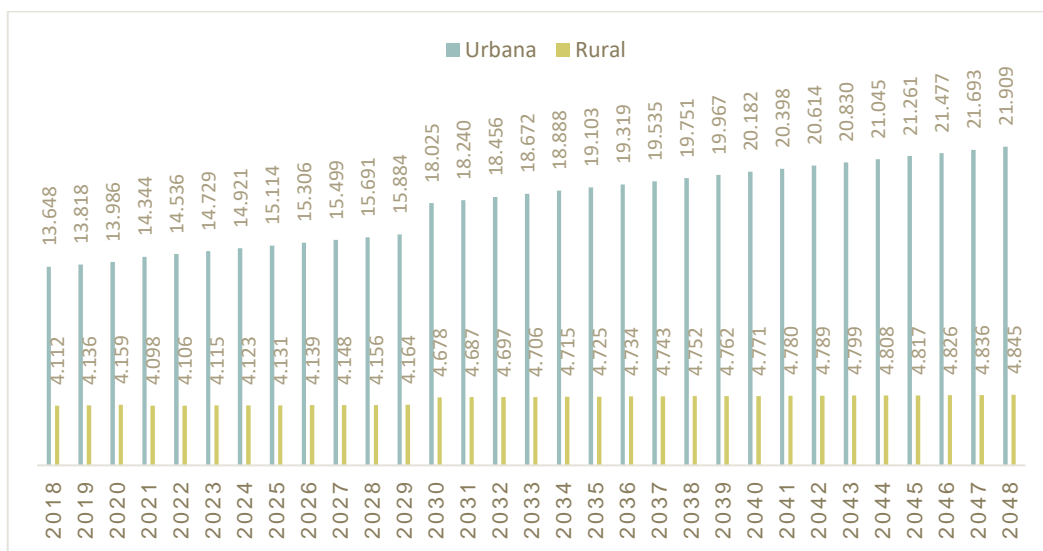
antorchas con caudales altos van desde un caudal de 50 – 125 metros cúbicos por hora, y pueden llegar hasta un caudal de 2.500 – 3.200 metros cúbicos por hora⁹⁸.

Asimismo, se debe considerar la implementación de antorchas cerradas, debido a lo mencionado anteriormente con respecto a un mejor control de la temperatura, evitando generar gases más contaminantes por quemas incompletas del metano. Además de esto, las antorchas cerradas dan mayor seguridad en la operación.

2.4.5 Proyección de residuos sólidos ordinarios

En el documento de Análisis de Impacto Normativo del proyecto regulatorio “Asociaciones Público Privadas para el Servicio Público de Aseo” elaborado por esta Comisión, se realizó una proyección de los residuos con base en las proyecciones de población realizadas por el DANE y asumiendo una producción per cápita de residuos de 0,99 kg/persona-día hasta el año 2029 y en adelante con una producción per cápita de 1,11 kg/persona-día. Según la proyección, en los próximos 30 años la producción de residuos incrementará 50%, con respecto a la producción actual, como puede apreciarse en la siguiente ilustración:

Ilustración 17. Proyección de la producción de residuos



Fuente: Análisis CRA, 2018

Se evidencia en la ilustración que se requerirá de la ampliación de los sitios de disposición final existentes, construcción de nuevos rellenos sanitarios y generación de alternativas de tratamiento de residuos para una correcta disposición final de los mismos.

Con base en esta proyección de residuos y aplicando la metodología de UNFCCC⁹⁹, el documento mencionado concluye que, entre el año 2019 y el año 2067, se generarán aproximadamente 2.813 giga gramos de metano (Gg CH₄), que equivalen a 70.348 giga gramos de dióxido de carbono (Gg CO₂ eq).

En este sentido, las proyecciones de población indican que la producción de residuos se incrementará, así como la producción de residuos a disponer en los rellenos sanitarios.

2.4.6 Inventario de las emisiones de GEI del sector de residuos

Debido a la importancia de los GEI y los efectos que traen consigo las emisiones antropógenas, a nivel mundial, en el contexto del Convenio Marco de las Naciones Unidas

⁹⁸ Recopilación de precios de mercado en internet como los contenidos en: <https://www.emison.com/antorcha%20poco%20caudal.htm>

⁹⁹ <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol1.html>, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>

sobre el Cambio Climático se acordó, que las partes deben actualizar periódicamente los inventarios nacionales de las emisiones de GEI. En Colombia, el último inventario nacional fue realizado en el año 2014.

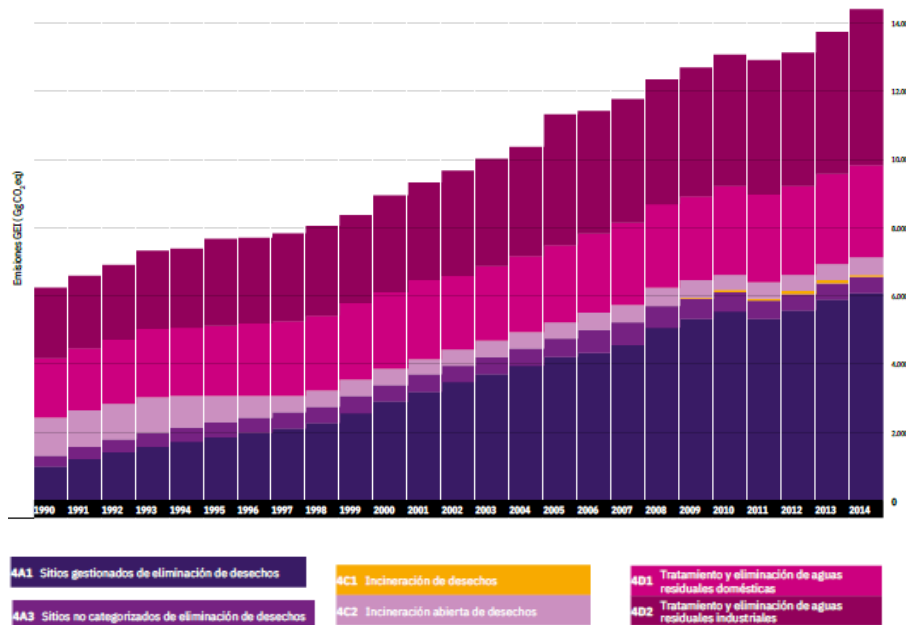
En el estudio “Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático” de 2018, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, se hizo una caracterización de los GEI por sectores productivos y de servicios. En lo relacionado con el sector de los servicios públicos, los residuos generan un 6% de los GEI a nivel nacional.

En esta categoría se dividen, en un 3% los sitios gestionados para la eliminación de los residuos sólidos¹⁰⁰, 2% el tratamiento de las aguas residuales industriales y el 1% el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

De acuerdo con el estudio mencionado, el servicio público de aseo en la actividad de eliminación de los residuos sólidos genera 6.547 Gg¹⁰¹ CO₂ equivalentes¹⁰². Los rellenos sanitarios regionales generan 5.011 Gg CO₂ equivalentes, los rellenos locales, celdas de contingencias y plantas integrales generan 1.085 Gg CO₂ equivalentes.

Además, se establece que “las emisiones estimadas a lo largo de la serie temporal 1990-2014 para el módulo presentan un comportamiento ascendente con una tasa de crecimiento anual compuesta de 3,6%. Las emisiones se incrementaron 131% entre 1990 y 2014. A lo largo de la serie temporal, el metano es el principal GEI emitido (debido a la descomposición de la materia orgánica presente en los residuos sólidos y aguas residuales), con una participación del 91% en promedio para el módulo, seguido del N₂O con 6% y, finalmente, el CO₂ con 3%”.¹⁰³

Ilustración 18. Tendencia emisiones GEI para la serie 1990 – 2014 Módulo residuos



Fuente: Segundo reporte bial de actualización de Colombia ante la CMNUCC. PNUD – GEF. 2018.

¹⁰⁰ Hace referencia a los rellenos sanitarios, celdas transitorias y plantas integrales de residuos sólidos.

¹⁰¹ Giga gramos = miles de toneladas. No incluye las emisiones de los residuos dispuestos en sitios no autorizados.

¹⁰² CO₂ equivalente es una medida en toneladas de la huella de carbono, que es el nombre dado a la totalidad de la emisión de GEI.

¹⁰³ SEGUNDO REPORTE BIAL DE ACTUALIZACIÓN DE COLOMBIA ANTE LA CMNUCC.

Se observa en la gráfica la tendencia creciente de las emisiones de GEI, causada por los servicios públicos, la cual se puede explicar por el aumento de la población y el aumento en el comportamiento del sector industrial.

2.4.7 Instrumentos de gestión y seguimiento de las emisiones de GEI

Los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales – PIGCCS, son instrumentos a través de los cuales los Ministerios identificarán, evaluarán y orientarán la incorporación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático en las políticas y regulaciones del respectivo sector.

El PIGCCS del MVCT – VASB establece 2 medidas relacionadas con el biogás generado en rellenos sanitarios. La primera medida es fortalecer la operación de rellenos sanitarios por medio de la implementación de sistemas para la captación, conducción y quema de biogás y la segunda, es fomentar los sistemas de aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios.

Para la primera medida se plantearon las siguientes metas de porcentaje de biogás tratado:

- Año 2025 = 1%
- Año 2030 = 2%
- Año 2035 = 4%
- Año 2040 = 7%
- Año 2045 = 10%
- Año 2050 = 12%

El potencial de reducción de GEI esperado para el año 2030 es de 2,02 Mton CO₂ eq.

Para cumplir estas metas, se han adoptado medidas como la expedición del CONPES 3874 Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, CONPES 3934 Política de Crecimiento Verde, el Decreto de 1784 de 2017 y el Decreto 596 de 2016.

Otra herramienta mediante la cual se trabaja por la reducción de los GEI son las Acciones Nacionalmente Apropiadas de Mitigación (NAMA por sus siglas en inglés). Los NAMA son políticas, regulaciones, programas u otro tipo de acciones que reducen las emisiones de GEI de sus niveles tendenciales.

En Colombia se ha establecido un NAMA para residuos sólidos municipales, el cual tiene como objetivo reducir las emisiones de metano y otros GEI del sector, mediante el avance de la implementación de políticas y proyectos que contribuyan a la gestión integrada y sostenible de los residuos sólidos. Este documento contempla 4 tecnologías para lograr el objetivo planteado, entre ellas están los sistemas de captación, conducción y quema de biogás; y los sistemas de manejo y aprovechamiento de biogás.

Para realizar el seguimiento de estas medidas, en el Capítulo 4 “Mecanismos de monitoreo, reporte y verificación” del Segundo Reporte Bienal de Actualización de Colombia Ante la CMNUCC, se hace referencia a como se han ido implementando estos sistemas de monitoreo, reporte y verificación – MRV, con el objetivo de hacer seguimiento al avance de las implementaciones de las diferentes iniciativas para la mitigación de gases GEI en Colombia.

2.5 MARCO TARIFARIO DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO

A partir de la Ley 142 de 1994, la Comisión de Regulación ha expedido tres (3) metodologías tarifarias para la remuneración del servicio público de aseo. La primera metodología tarifaria se compiló en la Resolución CRA 151 de 2001¹⁰⁴, que estableció precios techo mediante el régimen de libertad regulada. El propósito principal fue mejorar la cobertura y las

¹⁰⁴ Regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo.

frecuencias de recolección de residuos, por ello, se estableció en el artículo 4.1.1.1 que sólo se remuneraría a los prestadores de recolección y transporte que hayan realizado al menos el 50% de las frecuencias establecidas (tres veces por semana).

Con relación a la disposición final, se promovió la transición de sitios no adecuados a rellenos sanitarios. Así, el costo establecido correspondía a un techo que variaba entre COP 7.000 y COP 2.000 por tonelada (\$/jun-1997), dependiendo del tipo de disposición, que podía ser: (i) relleno sanitario, (ii) enterramiento, o (iii) botadero.

De acuerdo con el artículo 4.2.2.4 de esta Resolución, la remuneración del enterramiento y botadero se daría únicamente mientras el Plan de Manejo Ambiental se estuviera vigente y el sitio se convirtiera en un relleno sanitario. Esta disposición respondió a la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos de 1998, cuya meta fue el cubrimiento del 50% de los municipios del país con sistemas de disposición adecuados en un plazo de cuatro (4) a cinco (5) años.

Cabe señalar, que en el momento de expedición de la Resolución¹⁰⁵, se identificó qué tipo de sitios estaban disponibles para cada municipio, reportando que sólo catorce (14) correspondían a relleno sanitarios¹⁰⁶, cinco (5) a enterramientos y los restantes a botaderos.

La segunda metodología tarifaria se estableció en las Resoluciones CRA 351¹⁰⁷ y 352¹⁰⁸ de 2005, cuya remuneración se basó en modelos de ingeniería que determinan un costo por unidad, a partir de unos supuestos de eficiencia en la prestación y economías de escala. Para el caso de la disposición final, aquellos sitios de enterramiento o botadero sin licencia ambiental no serían remunerados, es decir el costo de disposición final sería cero (0).

La Comisión definió la remuneración con base en un modelo de ingeniería que parametriza la geometría y las necesidades de área de terreno, vías internas y externas, tuberías, materiales de cobertura y demás elementos requeridos para un relleno sanitario tipo rampa, incluyendo los elementos requeridos para la construcción de las chimeneas. Se consideraron todos los requisitos establecidos en el entonces vigente Decreto 838 de 2005¹⁰⁹ y el título F del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) de la Resolución 1096 de 2000¹¹⁰.

Así las cosas, el modelo de ingeniería estimaba en el costo de inversión, aquellos valores relacionados con los estudios y diseños, la obra civil, la maquinaria y terreno, actividades propias del Plan de Manejo Ambiental, entre otros; mientras en los costos de operación, reconocía aquellos relacionados con la mano de obra, servicios públicos, consumos de insumos de la maquinaria, estudios ambientales periódicos, entre otros. Estos costos y la cantidad de residuos para recibir se proyectaban para un periodo de veinte (20) años, para obtener un valor por tonelada, al cual se le aplicaban costos de administración y la utilidad.

La Resolución CRA 351 de 2005 introdujo el concepto de mínimo costo, que consistía en que aquellos prestadores que tuvieran la opción de disponer los residuos en más de un relleno sanitario debían trasladar a la tarifa del usuario el valor de transporte y disposición final al sitio que generara el menor costo.

¹⁰⁵ Artículo 4.2.5.2 la Resolución CRA 151 de 2001.

¹⁰⁶ Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cartagena, Manizales, Pereira, Ibagué, Villavicencio, Pasto, Villamaría, Chinchiná, Palestina, Tuluá y Buga fueron reportadas con la tecnología de relleno sanitario, mientras Cali, Riohacha, El Cerrito, Palmira y Candelaria reportadas con enterramiento y los demás municipios con botadero.

¹⁰⁷ *"Por la cual se establecen los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo y la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo de residuos sólidos ordinarios y se dictan otras disposiciones"*.

¹⁰⁸ *"Por la cual se dictan los parámetros para la estimación del consumo en el marco de la prestación del servicio público domiciliario de aseo y se dictan otras disposiciones"*.

¹⁰⁹ *"Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones"*.

¹¹⁰ *"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS"*.

Posterior a la Resolución CRA 351 de 2005, la Comisión emitió la Resolución CRA 720 de 2015¹¹¹ únicamente para prestadores que operan en municipios de más de 5.000 suscriptores y rellenos sanitarios que reciben más de 300 toneladas al mes.

En el caso del costo de disposición final se utilizó como tecnología de referencia el mismo modelo de la Resolución CRA 351 de 2005, es decir el modelo geométrico para rellenos tipo rampa y de esta forma establecer las cantidades de obras necesarias. Adicionalmente, se introdujeron modificaciones para considerar mejores prácticas en la disposición final, incluyendo la actualización del RAS, que correspondía a la última versión emitida por el MVCT en el año 2012 y lo establecido en la normatividad ambiental de servicios públicos vigente en el Decreto 1077 de 2015¹¹².

De ahí que, dentro de los costos de inversión se incluyeron los necesarios para los estudios técnicos y ambientales, requeridos por las autoridades ambientales para el otorgamiento de la Licencia Ambiental, acorde con lo señalado en la Resolución 1274 de 2006¹¹³. Esos requisitos incluyen: i) la evaluación de la calidad del aire y ruido, que a su vez debe realizarse acorde con el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire,¹¹⁴ que contiene un Plan de Gestión de la Calidad del Aire (PGCA) y ii) un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire SVCA. Sistema que debe diseñarse conforme a la norma de calidad del aire ambiente¹¹⁵ y que es desarrollado por etapas en las fuentes identificadas de contaminación incluyendo aquellas fuentes fijas dispersas o difusas, tal como están catalogados los rellenos sanitarios.

Por otra parte, la resolución mencionada establece que las autoridades ambientales competentes deben realizar las mediciones de dichos contaminantes utilizando el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, adoptado por la Resolución 650 del 2010¹¹⁶ y ajustado por la Resolución 2154 de 2010¹¹⁷, el cual establece los lineamientos básicos para llevar a cabo actividades de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire en **zonas urbanas o industriales**. Además, establece que los rellenos sanitarios son fuentes fijas dispersas o difusas.

Adicionalmente, en este marco tarifario, la Comisión introdujo actividades complementarias en el servicio público de aseo, concernientes a la limpieza urbana (corte de césped, poda de árboles, lavado de áreas públicas e instalación y mantenimiento de cestas), así como la actividad de aprovechamiento de residuos, que refiere a la recuperación de materiales reciclables.

El aprovechamiento de residuos fue introducido con ocasión a las directrices generadas por el MVCT¹¹⁸ de remunerar la actividad que realizan los recicladores de oficio y otras empresas recuperadoras de materiales reciclables. La remuneración de este componente corresponde al costo evitado de la recolección y transporte, y disposición final.

¹¹¹ "Por la cual se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones".

¹¹² "Por medio del cual se expide el Decreto Único reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio"

¹¹³ "Por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración de Estudio de Impacto Ambiental para la construcción y operación de rellenos sanitarios y se adoptan otras determinaciones".

¹¹⁴ Resolución 650 de 2010 "Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire", ajustado por la Resolución 2154 de 2010.,

¹¹⁵ Resolución 2254 de 2017 "Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones"

¹¹⁶ "Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire"

¹¹⁷ "Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones"

¹¹⁸ Decreto 596 de 2016: "Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones".

Por otra parte, sobre el componente de recolección y transporte introdujo la comparación de costos de transportar los residuos en compactador desde el área de prestación de servicio hasta el sitio de disposición final y en compactador hasta una estación de transferencia y luego a transporte a granel hasta el sitio de disposición final. El prestador debe escoger el menor valor del resultado de esta comparación para su remuneración en el transporte.

Este marco tarifario, por último, establece un régimen de calidad y descuentos a los prestadores, en el cual, por incumplimiento en los horarios y frecuencias de recolección, en la densidad de compactación en el relleno sanitario o en las metas de reclamos comerciales resueltos en segunda instancia por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD, el prestador debe hacer efectivos unos descuentos en la factura de los usuarios.

En octubre de 2018, la Comisión emitió, mediante la Resolución CRA 853 de 2018, el marco tarifario para prestadores que operan en municipios de hasta 5.000 suscriptores, centros poblados rurales, esquemas de prestación regionales y en zonas de difícil acceso¹¹⁹. Mediante esta resolución, se establece una metodología sencilla de aplicación para los prestadores de dicho ámbito de aplicación y se busca que mejoren su suficiencia financiera a partir de tarifas que reflejen sus costos reales de prestación.

En el componente de disposición final, se utiliza el mismo modelo de ingeniería del marco tarifario de la Resolución CRA 351 de 2005 salvo que se modifican los tamaños de los rellenos sanitarios, para construir una curva que corresponda a sitios de disposición final que reciben hasta 300 toneladas por mes. De otra parte, este modelo incluye el costo de tratamiento para plantas de tratamiento de residuos orgánicos que reciben menos de 300 toneladas de residuos orgánicos al mes.

De lo anterior, es posible concluir que las metodologías tarifarias emitidas por la CRA han evolucionado acorde con la política y desarrollos normativos. En principio, se buscó mejorar las coberturas y las frecuencias de recolección y eliminar la disposición en botaderos a cielo abierto y demás sitios de disposición no adecuados. Posteriormente, se introdujeron mayores requisitos a los modelos de ingeniería, para dar la señal de mejores prácticas en las actividades del servicio. Por último, actualmente se cuenta con remuneración para actividades como la recuperación de materiales y tratamiento de residuos orgánicos en plantas que reciben menos de 300 toneladas de residuos orgánicos por mes y descuentos para aquellos prestadores que no cumplan con los estándares establecidos por la Comisión.

2.5.1 Remuneración del componente de disposición final

Actualmente la remuneración del costo de disposición final se realiza a partir de un modelo que simula un relleno sanitario tipo rampa¹²⁰ con las siguientes características técnicas y operativas:

- Pendiente del terreno de 12% en promedio.
- Nivel freático localizado a mínimo 1.5 metros por debajo de la superficie del terreno.
- Taludes de excavación para las celdas de 1H:1V.
- Altura de las celdas 5 metros.
- Terrazas constituidas por tres celdas para una altura total de terraza de 15 metros.
- La siguiente terraza deberá iniciarse dejando una berma de 3.5 metros.
- Para el manejo de aguas lluvias y otros vertimientos, en la base del nuevo nivel debe construirse una cuneta en todo el frente de la terraza.
- Taludes de terminación para los residuos sólidos de 3H:1V.

¹¹⁹ De acuerdo con el artículo 2.3.7.2.2.2.1 del Decreto 1077 de 2015, modificado por el Decreto 1272 de 2017, las zonas de difícil acceso son aquellos municipios en los cuales la persona prestadora en su área de prestación en suelo urbano no puede alcanzar los estándares de eficiencia, cobertura o calidad en los plazos establecidos en la regulación expedida por la CRA, y cuenta con una población urbana menor a 25.000 habitantes.

¹²⁰ Documento de trabajo Resolución CRA 720 de 2015.

Con base en estas características, se construye un flujo de caja para una vida útil de 20 años y un período de posclausura de 10 años, para tres (3) tamaños de rellenos sanitarios que reciben Residuos Sólidos Urbanos (RSU):

- RSU 1: recibe en promedio 1.280 toneladas día.
- RSU 2: recibe en promedio 300 toneladas día.
- RSU 3: recibe en promedio 10 toneladas día.

La construcción de los costos se realiza a partir de la estimación de las cantidades de insumos requeridos en un año, para cada tamaño de relleno sanitario; así como, a partir de la definición de las inversiones correspondientes, en concordancia con el modelo de ingeniería establecido por esta Comisión de Regulación.

Una vez estimados estos costos, el valor de las inversiones se trae a valor presente con una tasa de retorno de 13,88%, mientras que se obtiene el valor mensual de los costos de operación y se afectan por la tasa de retorno mensualizada, cuyo equivalente es 2,46%.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 19. Estimación del CDF según modelo de ingeniería

Tamaño del relleno	Costos vida útil		Costos posclausura	
	VPN inversión (\$jun-2012)	Valor anual operación (\$jun-2012)	Valor mensual inversión (\$jun-2012)	Valor mensual funcionamiento (\$jun-2012)
RSU 1	20.463.025.340	5.376.956.057	851.682	16.660.622
RSU 2	12.200.243.230	1.974.036.747	257.967	11.302.300
RSU 3	1.099.536.030	250.858.813	70.224	1.480.460

Fuente: Modelo del CDF de la Resolución CRA 720 de 2015.

Con base en esta información se calcula el costo por tonelada de residuos sólidos dispuestos en cada uno de los tres tamaños de relleno sanitario, valor que corresponde al cociente de los costos totales sobre el valor presente de las toneladas que se recibirán durante la vida útil del relleno sanitario. Sobre el valor por tonelada, se aplica un factor de gastos administrativos equivalente a 13,91% y la adición del impuesto de cuatro por mil y, se actualiza el costo a precios de diciembre de 2014 con el índice de obras de explanación (IOExp).

Una vez con los valores por tonelada para cada tamaño de relleno sanitario, se desarrolla una función en la que el prestador debe seleccionar el menor valor por tonelada de una curva desarrollada entre el RSU 1 y RSU 2 y el costo de RSU 3, a saber:

- Para el costo de disposición final durante la vida útil del relleno sanitario (\$/dic-2014):

$$CDF VU = \min \left\{ \left(18.722 + \frac{132.924.379}{QRS} \right), 139.896 \right\}$$

- Para el costo de disposición final en el periodo de posclausura del relleno sanitario (\$/dic-2014):

$$CDF PC = \min \left\{ \left(242 + \frac{11.652.352}{QRS} \right), 6.185 \right\}$$

Donde, QRS corresponde al promedio mensual del semestre anterior de toneladas recibidas en el relleno sanitario.

2.5.2 Sistema de evacuación de gases reconocido en la tarifa del CDF

En lo que se refiere a la captura del biogás, el modelo incluye los costos de los insumos para la construcción de un sistema pasivo de evacuación de gases integrado por chimeneas

distribuidas en una retícula ubicándolas a 40m una de otra, de sección 1 m x 1 m, construidas con piedra bola y malla, que incluye una tubería de hierro galvanizado perforada de 3 pulgadas de diámetro. Se reconoce además una cantidad estimada de tubería de polietileno de alta densidad de 8”.

Los costos calculados por el modelo en toda la vida útil de cada uno de los tres tamaños de relleno sanitarios definidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 20. Costos reconocidos en la tarifa por la captura pasiva del biogás

INSUMO	RSU 1	RSU 2	RSU 3
	Costo total (\$/2012)	Costo total (\$/2012)	Costo total (\$/2012)
Piedra bola para chimeneas	221.285.834	47.983.260	1.932.783
Malla para chimeneas	107.372.155	23.282.403	937.824
Tubería perforada hierro galvanizado chimenea gases D=3"	29.235.139	7.308.785	447.477
Tubería HDPE 8"	377.159.739	47.144.967	1.539.428

Fuente: Modelo del CDF de la Resolución CRA 720 de 2015.

Los costos de personal para la construcción del sistema pasivo se encuentran contemplados dentro de los costos de personal requeridos para las actividades de construcción de la infraestructura correspondiente a la inversión inicial y fueron calculados de acuerdo con lo señalado en la reforma tributaria, Ley 1607 de 2012¹²¹.

Adicionalmente, para el periodo de la posclausura, el modelo considera un costo de mantenimiento de las chimeneas, estimado para cada mantenimiento como el 10% del costo total del sistema de evacuación de gases, para un total de 10 mantenimientos en el año y se incluyen los costos del personal requerido para las actividades del Plan de Manejo Ambiental, dentro de los cuales se reconoce la contratación del personal que se encargará de la ejecución de la supervisión del relleno y las actividades de monitoreo (aguas, suelo, aire, etc.).

Así, específicamente los costos asociados al **sistema de evacuación de gases pasivo** en la tarifa se presentan en la **Tabla 21**. Al respecto, es conveniente señalar que durante el periodo de operación del relleno sanitario no se destinaron costos adicionales específicos asociados a la operación del sistema de captura pasiva, toda vez que los costos de inversión de las chimeneas se generan en forma simultánea con la construcción de las celdas del relleno sanitario por lo cual no se generan costos de operación, salvo en el periodo de posclausura cuyos costos ya se describieron anteriormente.

Tabla 21. Inversiones y costos de operación estimados en el modelo del CDF para rellenos sanitarios que reciben más de 300 toneladas por mes.

Tipo de relleno	VPN inversión durante vida útil (\$jun-2012)	Valor anual operación durante vida útil (\$jun-2012)	Valor anual mantenimiento chimeneas durante posclausura (\$jun-2012)
RSU 1	279.133.433	0	1.302.217
RSU 2	47.741.453	0	222.724
RSU 3	1.844.621	0	86.056

Fuente: Modelo del CDF de la Resolución CRA 720 de 2015.

La Resolución CRA 853 de 2018 utiliza un modelo de ingeniería de relleno semimecanizado para la estimación del CDF y permite como valor máximo para este componente la fórmula

¹²¹ "Por la cual se expiden normas en materia tributaria y se dictan otras disposiciones"

tarifaria del CDF de la Resolución CRA 720 de 2015 (excepto para los esquemas de prestación) y como valor mínimo fija un valor que se construye a partir de dicho modelo que se ajusta a las condiciones técnicas de los rellenos sanitarios que reciben hasta 300 toneladas de residuos al mes. Los tamaños de relleno utilizados para la estructuración de la fórmula tarifaria son:

- RSU 1: recibe en promedio 5.7 toneladas por día.
- RSU 2: recibe en promedio 3.8 toneladas por día.
- RSU 3: recibe en promedio 1.9 toneladas por día.

Tabla 22. Inversiones y costos de operación estimados en el modelo del CDF para rellenos sanitarios que reciben menos de 300 toneladas por mes.

Tipo de relleno	VPN inversión durante vida útil (\$dic-2017)	Valor anual operación durante vida útil (\$dic-2017)	Valor anual mantenimiento chimeneas durante posclausura (\$dic-2017)
RSU 1	6.584.828	0	730.479
RSU 2	4.389.885	0	486.986
RSU 3	2.194.943	0	243.493

Fuente: Modelo del CDF de la Resolución CRA 853 de 2018.

Los valores de las inversiones y costos de operación reconocidos en la tarifa corresponden a sistemas de captura pasiva del biogás. Los sistemas pasivos utilizan quemadores abiertos y no permiten el control de los gases emitidos, por lo que, de llegar a regularse la actividad de quema de biogás, se deberá considerar los sistemas con quemadores cerrados.

De acuerdo con lo anterior, la actual remuneración de los rellenos sanitarios incluye la extracción pasiva de biogás y, en este sentido, la captura activa y quema no está cubierta por la tarifa.

2.6 PROYECTOS (MDL) PARA EL MANEJO DE GASES EN RELLENOS SANITARIOS

El MDL se encuentra establecido en el artículo 12 del Protocolo de Kioto (PK), mediante el cual, los países industrializados pueden financiar proyectos que tienen como objetivo reducir las emisiones de gases efecto invernadero en países en desarrollo y recibir a cambio Reducciones Certificadas de Emisiones (CER por sus siglas en inglés).

De acuerdo con el MADS dichos CER se definen de la siguiente forma: *“Las Reducciones Certificadas de las Emisiones (Certified Emission Reductions – CER por sus siglas en inglés) generadas por tales proyectos pueden ser utilizadas por los países industrializados para cumplir con su cuota de reducción de emisiones. En los países en vía de desarrollo, como Colombia, en los cuales se implementan estos proyectos se genera un beneficio directo en la contribución al desarrollo sostenible del país.”*¹²².

2.6.1 Fallas de los Proyectos MDL por causa de la caída de los precios de los Certificados

Para el control efectivo de la polución y la emisión de gases nocivos a la atmósfera existen diversos mecanismos de intervención estatal. Sin embargo, algunos de ellos como los denominados de “comando y control”, en los que la autoridad define un comportamiento determinado, como la adopción de una tecnología específica, tienen la tendencia a generar consecuencias indeseadas como la reducción de la innovación¹²³ o el incremento de los requisitos de capital que pueden obstaculizar tanto la competencia¹²⁴ como la formación de

¹²² Encontrado en <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/466-plantilla-cambio-climatico-22>.

¹²³ Sunstein, C. R. (1990). Paradoxes of the regulatory state. *The University of Chicago Law Review*, 57(2), 407-441.

¹²⁴ McWilliams, A., Van Fleet, D. D., & Cory, K. D. (2002). Raising rivals' costs through political strategy: An extension of resource-based theory. *Journal of Management Studies*, 39(5), 707-724.

nuevas empresas¹²⁵. Esos problemas de eficiencia y efectividad asociados a los mecanismos de comando y control han generado la necesidad de implementar mecanismos de regulación enfocados a incentivar comportamientos en vez de determinar conductas.

Otra desventaja de los mecanismos regulatorios sustentados en tarifas, consiste en que el reconocimiento de la implementación de sistemas de captura activa y quema en la tarifa del servicio de aseo, requiere, para garantizar la efectividad de la medida, del diseño y puesta en marcha de mecanismos de control de las emisiones toda vez que el cumplimiento de dicho reconocimiento, requiere de actividades que aseguren que la norma se cumpla por parte de los operadores en el terreno¹²⁶, para que no se reconozcan en la tarifa únicamente la implementación de infraestructura sin cumplir el objetivo (disminución de GEI).

De esta manera, los Estados han reconocido, sustentados en la revelación que la sobreexplotación de un activo se debe a los problemas de definición de propiedad sobre ellos¹²⁷ y que definir ese derecho puede promover la conservación de los mismos¹²⁸, que se pueden generar mecanismos regulatorios económicos, mediante los cuales se impone un precio a las actividades que menoscaban el ambiente¹²⁹, y con ello generar instrumentos que implican permisos para emitir gases y mercados de emisiones para proteger el ambiente.

Con esa idea, en 1990 la administración Federal de los Estados Unidos de Norte América implementó el Título V del Acto para un Aire Limpio¹³⁰ de manera exitosa. Esas reglas consistían en un sistema de “límite e intercambio” de los gases generadores de lluvia ácida¹³¹. Esa intervención definía un límite global de emisiones y se otorgaban, mediante subasta, permisos de emisión de esas sustancias los cuales podían ser intercambiados, incentivando la reducción de emisiones a partir de la identificación de un precio explícito de los permisos y su adquisición por parte de las empresas con menor capacidad de reducir sus emisiones, lo cual incrementaba sus costos, incentivando la reducción de la polución del aire¹³².

Las intervenciones sustentadas en estos mercados de emisiones requieren de una estricta verificación y seguimiento de las emisiones efectivamente realizadas por los tenedores de los permisos¹³³, así como de las actividades de mitigación realizadas por los beneficiarios de los certificados de compensación. De esa manera, los mecanismos asociados con el Protocolo de Kioto y aquellos inspirados por él, cuentan con procedimientos certificados a través de normas de estándares internacionales para el registro, aprobación y validación de forma tal que aseguran que las declaraciones contenidas en los documentos que sustentan los pagos y contraprestaciones económicas, corresponden a las emisiones efectivamente realizadas (en el caso de los permisos de emisión) o evitadas (en el caso de las compensaciones)¹³⁴. Esa característica representa otra ventaja de este tipo de mecanismos sobre los tradicionales (tarifas).

¹²⁵ List, J. A., Millimet, D. L., Fredriksson, P. G., & McHone, W. W. (2003). Effects of environmental regulations on manufacturing plant births: evidence from a propensity score-matching estimator. *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 944-952.

¹²⁶ Heyes, A. (2000). Implementing environmental regulation: enforcement and compliance. *Journal of Regulatory Economics*, 17(2), 107-129.

¹²⁷ Coase, R. H. (1959). The Federal Communications Commission. *Journal of Law & Economics*, 2, (1). 1-40.

¹²⁸ Demsetz, H. (1967). Toward a theory of property rights. *American Economic Review*, 62, 347-359.

¹²⁹ Baumol, W. J., Oates, W. E., Bawa, V. S., Bawa, W. S., & Bradford, D. F. (1988). *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge University Press.

¹³⁰ <https://www.govinfo.gov/link/statute/104/2468>

¹³¹ Joskow, P. L., Schmalensee, R., & Bailey, E. M. (1998). The market for sulfur dioxide emissions. *American Economic Review*, 669-685.

¹³² Chan, G., Stavins, R., Stowe, R., & Sweeney, R. (2012). “The SO2 Allowance Trading System and the Clean Air Act Amendments of 1990: Reflections on Twenty Years of Policy Innovation”. *National Tax Journal*, Vol. 65(2), 419-452.

¹³³ Driesen, D. Alternatives to Regulation? Market Mechanisms and the Environment. en *The Oxford Handbook of Regulation*. Editado por Martin Cave, Robert Baldwin y Martin Lodge

¹³⁴ Nigoff, M. G. (2006). The Clean Development Mechanism: Does the Current Structure Facilitate Kyoto Protocol Compliance?. *Georgetown International Environmental Law Review*, 18(2), 249.

Inspirado en el éxito del Título V del Acto para un Aire Limpio y de la teoría que lo inspira, el Protocolo de Kioto incorporó en su artículo 17, la posibilidad que los Estados parte participen en operaciones de comercio de los derechos de emisión de gases efecto invernadero con el fin de cumplir los compromisos adquiridos al ratificar ese instrumento internacional.

En desarrollo de esa autorización, la Unión Europea, a través de la Directiva 2003/87/EC de su Parlamento y Consejo, estableció un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en el interior de la Comunidad, con el fin de fomentar reducciones de las emisiones de esos gases de una forma eficaz, en relación con su costo, y económicamente eficiente¹³⁵.

De este modo existió un mercado global con vínculos internacionales con otros mecanismos de mitigación de las emisiones. Así, los precios del sistema Europeo de Emisiones están vinculados con los créditos por las compensaciones en sistemas de captura biológicos, según el cual las empresas obligadas por el sistema europeo pueden adquirir compensaciones para cumplir con sus obligaciones respecto a emisiones. Sin embargo, cuando los precios en el mercado de permisos son inferiores al de los créditos de compensación por captura, no hay ningún incentivo para invertir en estos últimos, cercenando el vínculo entre los dos sistemas de mitigación¹³⁶.

De esta manera en 2005 se creó un mercado europeo de certificados de emisiones de carbono, sin embargo, el mismo no logró alcanzar en el corto plazo la suficiente liquidez para contar con la denominada eficiencia de forma débil¹³⁷, es decir, los precios de los instrumentos que representaban las emisiones podían ser predichos con sustento en los valores de mercado presentados en períodos anteriores, eso podía deberse a la poca liquidez inicial de esos mercados y a las prohibiciones de ventas en corto, a la cobertura de riesgo y de otras estrategias de especuladores que limitaban el atractivo de ese mercado para los inversionistas y fortalecían la posición de quienes podían explotar esas ineficiencias¹³⁸.

Sin embargo, a partir de 2008 el precio de los certificados presentó un colapso. En primer lugar, debe resaltarse el efecto de la crisis financiera mundial de ese año y su posterior desarrollo en la crisis de deuda de algunos países de la Unión Europea, como situaciones que redujeron la confianza y liquidez en todos los mercados, situación que afectó el instrumento europeo de emisiones de carbono, reduciendo el volumen de transacciones y de recursos disponibles en una situación con un elevado nivel de incertidumbre¹³⁹. En segundo lugar, la misma Directiva 2003/87/EC estableció, en su artículo 10, que durante tres años al menos el 95% de los permisos de las emisiones debían ser realizadas por los estados miembros de manera gratuita y que, por cinco años a partir del 2008, el 90% de las asignaciones se harían de esa manera. Los países de la Unión Europea utilizaron esa provisión para asignar los permisos de emisión de manera preferencial a sus empresas generadoras de energía, lo cual generó que las metas de reducción de las emisiones de CO₂ no fueran lo suficientemente estrictas para incrementar el valor de los permisos de emisiones y que el sector de energía eléctrica esperara que los permisos otorgados bajaran de valor empleando estrategias para su comercialización a la baja¹⁴⁰.

¹³⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32003L0087>

¹³⁶ Ranson, M., & Stavins, R. N. (2016). Linkage of greenhouse gas emissions trading systems: Learning from experience. *Climate Policy*, 16(3), 284-300.

¹³⁷ Jensen, M. C. (1978). Some anomalous evidence regarding market efficiency. *Journal of Financial Economics*, 6(2/3), 95-101.

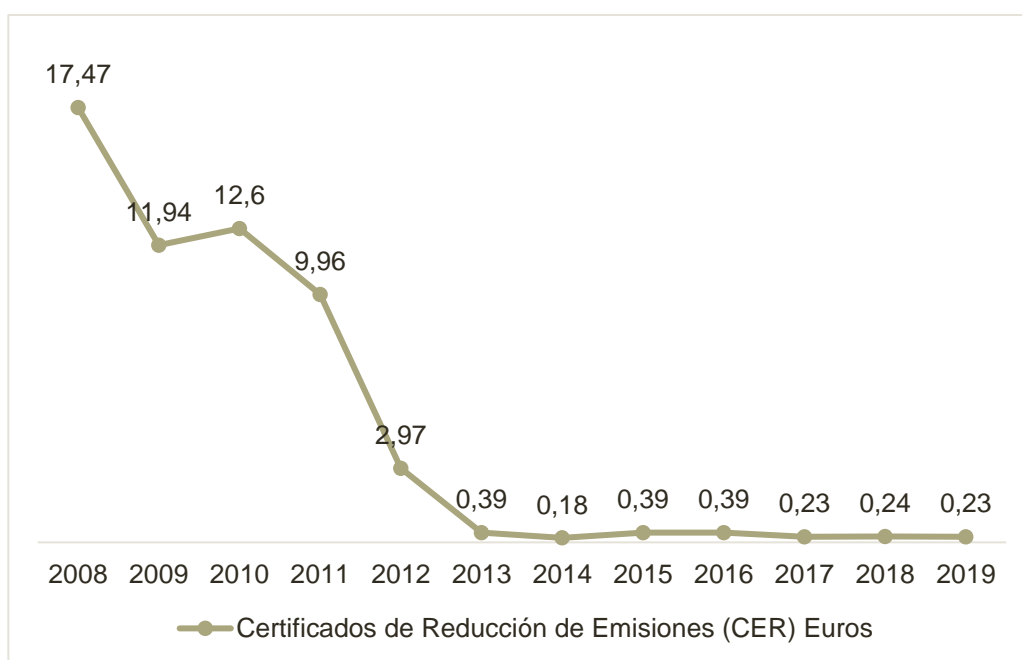
¹³⁸ Daskalakis, G., & Markellos, R. N. (2008). Are the European carbon markets efficient. *Review of Futures Markets*, 17(2), 103-128.

¹³⁹ Laing, T., Sato, M., Grubb, M., & Combetti, C. (2014). The effects and side-effects of the EU emissions trading scheme. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(4), 509-519.

¹⁴⁰ Ellerman, A. D., & Joskow, P. L. (2008). *The European Union's emissions trading system in perspective* (pp. 12-64). Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.

Adicionalmente, y a pesar de que las decisiones de política pública en la Unión Europea que han incrementado el valor de los permisos de emisión (ETS) a partir de 2015, los organismos de decisión al interior de ella también han tomado decisiones sobre el reconocimiento de las compensaciones que provienen del MDL (CERs) que han reducido el valor de ese instrumento específico. Así, la Unión Europea no reconoce como susceptible de compensación los CER que provengan de proyectos hidroeléctricos que cuenten con más de 20 MW de capacidad instalada, proyectos sustentados en energía nuclear, proyectos de reforestación y de destrucción de gases industriales como HFC-23 y N₂O¹⁴¹. Esas decisiones han generado suficiente incertidumbre para que los precios de los permisos de emisión y de los certificados de compensación no presenten la misma tendencia.

Ilustración 19. Precio de los certificados de reducción de emisiones en el periodo 2008 - 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Sendeco, 2019

Las circunstancias de diseño y aquellas acaecidas en el mercado de permisos de emisiones de carbono, con su subsecuente caída del precio, redujeron considerablemente el atractivo financiero de las acciones de compensación y su valor para los inversionistas. En esa medida, los proyectos que sustentaban su existencia en ella cesaron sus actividades hasta que las iniciativas nacionales, como el impuesto al carbono y el mercado colombiano, comenzaron a ser implementadas.

A continuación, se presenta un resumen de la información disponible en relación con las experiencias nacionales e internacionales de proyectos MDL desarrollados en rellenos sanitarios, identificando las principales actividades realizadas, los costos de implementación, así como el potencial de reducción de GEI.

2.6.2 Experiencia nacional

Los proyectos MDL se diseñaron principalmente en rellenos sanitarios grandes, ubicados en las principales ciudades del país como: Bogotá D.C., Medellín, Cali, Barranquilla, o en rellenos sanitarios regionales con gran importancia departamental, como: Pradera, Nuevo

¹⁴¹ Por ejemplo Directiva 2009/29/EC. Disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009L0029>

Mondoñedo y San Pedro, aunque también se registran experiencias en ciudades intermedias.

La información compilada está basada en el Documento de Diseño del Proyecto de MDL PDD (Clean Development Mechanism, Project Design Document Form CDM-PDD por sus siglas en inglés) de cada uno de los proyectos presentados a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático UNFCCC.

En el Anexo b, se presenta el detalle de la información recopilada para 16 proyectos MDL aprobados en el país por la Dirección de Cambio climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, asociando su localización, capacidad y área del relleno sanitario, dueño del proyecto, duración y descripción del proyecto, el promotor del proyecto, la cantidad estimada de reducción de gases de efecto invernadero y algunos valores de referencia de los costos de inversión.

Es importante destacar que todos los rellenos sanitarios que implementaron proyectos MDL en el país son los que tienen más de 300 ton/día de recolección de residuos sólidos. A continuación, se presenta un resumen de los proyectos mencionados:

Tabla 23 Proyectos Mecanismo Desarrollo Limpio (MDL) en Colombia

Ubicación	Relleno sanitario	Residuos (ton/día) 2017	Reducción (tCO ₂ eq) anual	Período (años)	Actividades incluidas	Inversión	Estatus del proyecto nacional *	Estatus del proyecto o internacional *
Bogotá D.C	Doña Juana	6279,48	1.050.295	21	Quema y aprovechamiento	No hay información	LoA	CERs
Medellín	La Pradera	2685	1.131.195	21	Quema antorcha cerrada	US\$1.387.700	LoA	CERs
	Curva de Rodas	Clausurado				US\$1.097.400		
Medellín	El Guacal	Clausurado	896.994	21	Quema antorcha cerrada	No hay información	LoA	CERs
Yotoco	Guabal	2426,29	236.179	21	Quema antorcha cerrada	US\$6.407.329	LoA	R
Barranquilla	Los Pocitos	1936,5	94.616	21	Quema antorcha cerrada	US\$1.617.443	LoA	R
Santa Marta	Palangana, La Miel, Los Corazones, El Oasis	1876,48	3.057.878	21	Quema antorcha cerrada	US\$863659	LoA	R
Cartagena	Parque Ambiental Loma de los Cocos	1520,28	996.687	21	Quema antorcha cerrada	1120536,4 EUR/US (TRM 2012 1,25)	LoA	R
Mondoñedo	Nuevo Mondoñedo	1364,51	54.254	32	Quema antorcha cerrada	No hay información	LoA	CERs ¹⁴²
Bucaramanga	El Carrasco	1030,61	650.000	10	Quema y aprovechamiento	4074492,54 EUR/US (TRM 2010 1,28)	LoA	CERs

¹⁴² En la actualidad Nuevo Mondoñedo está aprobado para vender Certificados de Carbono según información suministrada en el marco de la consulta con grupos de interés del presente proyecto AIN y acorde con lo informado por la Gobernación de Cundinamarca, en noviembre de 2017, la Organización de Naciones Unidas notificó la aceptación del proyecto para la quema y aprovechamiento de biogás en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo.

Ubicación	Relleno sanitario	Residuos (ton/día) 2017	Reducción (tCO ₂ eq) anual	Período (años)	Actividades incluidas	Inversión	Estatus del proyecto nacional *	Estatus del proyecto internacional *
Cúcuta	El Guayabal	842,09	612.397	21	Quema, generador de energía suplente	1712640 EUR/US (TRM 2010 1,28)	LoA	R
	La Esmeralda	642		21		1327360 EUR/US (TRM 2010 1,28)		
San Pedro VC	Regional Presidente	831,84	107.219	21	Quema y aprovechamiento	US\$5.884.000	LoA	R
Montería	Loma Grande	566,08	39.723	21	Quema antorcha cerrada	US\$577.000	LoA	R
Villavicencio	Parque Ecológico Reciclante	536,94	33.652	25	Quema antorcha cerrada	No hay información	LoA	R
Pasto	Antanas	418,94	249.049	15	Quema antorcha cerrada	No hay información	LoA	CERs
Montenegro Q.	Andalucía	362,76	35.078	7	Quema y aprovechamiento	US\$577.000	LoA	R
Tunja	Pirgua	311,51	78.192	30	Quema antorcha cerrada	US\$411.000	LoA	R

Fuente: Elaboración CRA a partir de PPD de cada proyecto y * el portafolio colombiano de proyectos MDL 2016-Proyectos y programas de actividades registrados en UNFCCC.
i) R: Registrado ii) LoA: Carta de Aprobación Nacional (Letter of Approval) iii) CERs: CER Issuance

Todos los proyectos relacionados en la tabla se encuentran registrados¹⁴³ en la UNFCCC por la destrucción de metano a cambio de certificados de reducción de emisiones de CO₂ (CER's).

Adicionalmente, los proyectos realizados en La Pradera, Nuevo Mondoñedo, El Carrasco, Antanas y Doña Juana se encuentra en la fase de emisión de créditos de carbono (CER's) por las emisiones reducidas verificadas por el Consejo Ejecutivo. Se observa que todos los rellenos proponen sistemas con antorcha cerrada y solo dos incluyeron sistemas de aprovechamiento.

Cabe resaltar que el relleno Doña Juana nunca suspendió operación con el objeto de emitir créditos de carbono CERs. según información suministrada por el Biogás Doña Juana en el marco de la consulta con grupos de interés. Así mismo, Veolia se encuentra en fase de adecuación del relleno Sanitario Regional Presidente para lograr la emisión de CERs en un futuro.

2.6.3 Experiencia internacional

A nivel internacional también se ejecutaron proyectos MDL en rellenos sanitarios de diferentes países, tales como: Panamá, Argentina, Brasil y México.

¹⁴³ Acorde con el portafolio colombiano de proyectos MDL 2016-Proyectos y programas de actividades registrados en UNFCCC. Publicado en la página del ministerio de ambiente mediante el siguiente link: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosMarinosCosterosyRecursosAcuatico/PORTAFOLIO_MDL_-_REGISTRADOS_2016_-_Para_Publicar.pdf.

En el Anexo b se presenta el detalle de la información recopilada asociada a su localización, capacidad y área del relleno sanitario, empresa encargada de su ejecución, duración y descripción del proyecto, el financiador internacional, la cantidad estimada de reducción de gases de efecto invernadero y algunos valores de referencia de los costos de inversión. A continuación, se presentan la información más relevante de cada proyecto.

Tabla 24. Proyectos Mecanismo Desarrollo Limpio (MDL) internacionales

País	Relleno sanitario	Reducción (tCO ₂ eq)	Período	Actividades incluidas	Inversión
Panamá	Cerro Patacón	223.658	7 años	Quema y aprovechamiento	US\$428.699.471
Argentina	Las Heras	30.599	c/año x 10 años	Quema y aprovechamiento	3.401.319 euros
Brasil	Jambeiro	106.154	c/año x 10 años	Quema antorcha cerrada	1.268.212 euros
Brasil	Anaconda	842.960	21 años	Quema antorcha cerrada	6.412.437 euros
México	Culiacán Norte	427.456	10 años	Quema y aprovechamiento	33.064.090 pesos mexicanos

Fuente: Elaboración CRA, 2019

Se observa que todos los proyectos internacionales relacionados consideran antorcha cerrada y 3 de los 5 proyectos incluyen el aprovechamiento. Por último, las inversiones en los rellenos sanitarios varían entre USD 411.000 y USD 8.139.306 de acuerdo con el tamaño del relleno sanitario, el horizonte del proyecto y las condiciones locales de cada país.

2.6.4 Otros Estudios

Entre las actividades desarrolladas en la elaboración del documento “*SISTEMAS DE EXTRACCIÓN, CAPTURA ACTIVA Y PASIVA PARA EL MANEJO DE GASES EN RELLENOS SANITARIOS*”, por parte del grupo técnico de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, se realizaron encuestas a diferentes operadores de rellenos sanitarios con condiciones operativas diferentes, acorde a la capacidad de recepción de residuos sólidos dispuestos (Información año 2014 – 2016). Estos acercamientos permitieron conocer la manera en que varios operadores de rellenos sanitarios, en diferentes regiones del país, están manejando el tratamiento del biogás de acuerdo con las toneladas que reciben diariamente en sus sitios de disposición final y su capacidad financiera. Las conclusiones obtenidas de estas encuestas son:

- Todos los rellenos sanitarios cuentan con infraestructura que les permite liberar el biogás generado. Dependiendo de la complejidad del relleno sanitario, tienen una infraestructura acorde, que va desde chimeneas con malla y piedra bola para ventear el biogás hasta sistemas de captura y extracción activa.
- En cuanto a los operadores que implementaron algún sistema de quema, 3 rellenos sanitarios tenían equipos de antorchas abiertas, de estos, 2 correspondían al grupo de RSU 1 y uno al grupo RSU 2. Además, 4 operadores afirmaron tener un sistema de antorcha cerrada.
- Respecto del rango de temperatura de la antorcha se tiene que en 1 equipo es inferior a 850°C, en 1 equipo está entre 850 y 1000°C y en 2 equipos es superior a 1000°C.
- El relleno sanitario Parque Ambiental Los Pocitos manifestó que tenía un equipo de control del tiempo de residencia, que le permitía tener un tiempo de 0,3 s para la quema. De los demás operadores encuestados no se obtuvo respuesta sobre esta clase de equipos.

- 4 operadores de rellenos sanitarios mencionaron que han pensado en aprovechamiento de la quema de biogás para generación de energía eléctrica y 1 operador planteó la posibilidad de hacer uso directo.
- De los operadores encuestados, 6 tuvieron diseñados proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL para extracción activa del biogás generado en los rellenos sanitarios, y varios de estos consideraban aprovechamiento energético.
- En los operadores de los rellenos sanitarios que respondieron la encuesta planteada para el estudio, se puede identificar una variabilidad entre la infraestructura empleada para el manejo de los gases generados en las celdas de disposición final. Dependiendo de las toneladas recibidas, la complejidad de los equipos determina la extracción pasiva o activa de los gases.

Con base en la información recopilada a través de las encuestas, en el estudio al que se hace referencia, se diseñan cinco (5) escenarios de costos, a partir del análisis del flujo de caja en 20 años, con un retorno regulado equivalente 13,57%. de los cuales se realiza un resumen en la tabla 24. No obstante, estos resultados por sí solos no podrían tenerse de referencia para realizar un análisis de inclusión de los mismos en la tarifa final al suscriptor, toda vez que este ejercicio preliminar se realiza contemplando la cota superior de la capacidad del relleno y no recoge las particularidades de las inversiones requeridas y la operación de estos sistemas para la quema de biogás implementados en el país.

Para la construcción de estos escenarios, en el estudio referenciado se consideraron las recomendaciones frente a la tecnología a usar respecto al quemador o antorcha, teniendo en cuenta la temperatura y tiempos de residencia. No obstante, podría no ser costo efectivo para rellenos del Escenario 1 y 2 adquirir este tipo de sistemas de combustión de llama cerrada.

Bajo este marco, para el Escenario 1 se plantearon dos opciones, hacer una quema abierta y sin control de temperatura o solo hacer venteo, acciones que si bien se encuentran consideradas en las buenas prácticas del RAS, y desde el punto de vista de sostenibilidad financiera para rellenos con disposición de residuos inferior a 300 ton/d, podrían llegar a ser una alternativa técnica, social y ambiental, actualmente no están contempladas en los lineamientos del reciente Decreto 1784 de 2017, dado que este sistema no permite que se tenga un control de temperatura de quema del biogás, recordando que en procesos de combustión incompleta podrían llegarse a producir dioxinas y furanos.

Tabla 25. Estimación del costo por la captura y quema pasiva del biogás

Escenario	Descripción	Capacidad del relleno	Costo por tonelada de residuos dispuestos (COP oct-2017)
1	Considera los rellenos más pequeños RSU1, extracción pasiva y venteo	Desde 0 a 50 ton/día	\$166
1	Considera los rellenos más pequeños RSU1, extracción pasiva y quema en antorcha abierta bajo las consideraciones del Decreto 1784 de 2017	Desde 0 a 50 ton/día	\$18.048
2	Contempla el proceso de venteo y extracción pasiva, involucra los costos a quema en antorcha abierta	Desde 50 y hasta 300 ton/día	\$1.489
3	Considera un proceso de extracción activa y antorcha cerrada	Más de 300 a 500 ton /día	\$6.451
4	Considera la extracción activa y la quema en antorcha cerrada, difiere del E3 en el volumen de metano generado que está relacionado con la cantidad de residuos dispuestos y su composición.	Desde 500 y hasta 3000 ton/día	\$2.975
5	Presenta las mismas condiciones del E4, pero requiere quemar un mayor volumen de metano, en relación con la mayor cantidad de residuos dispuestos.	Más de 3000 ton/día	\$2.121

Fuente: CRA, 2017

Como se puede observar, para el Escenario 1 el costo promedio implementando quema, como lo exige el Decreto 1784 de 2017, es de \$18.048, en contraste con el cálculo obtenido si solo se realiza venteo en el que el costo se reduce a \$166.

En los escenarios 1 y 2, en los que se consideran los mismos costos asociados a la extracción pasiva y quema en antorcha abierta, se observa una diferencia notoria, explicada por la diferencia en toneladas que se disponen en cada uno de los rellenos.

En cuanto a los resultados para los Escenarios 3, 4 y 5, donde se contemplan los procesos de extracción activa y antorcha cerrada, se tiene que los costos de inversión del escenario 4 son el doble de los costos para el Escenario 3, sin embargo, el volumen de residuos tratados es 4.5 veces mayor, lo que genera que los costos por tonelada de la captura y quema tecnificada del biogás del Escenario 3 sean un poco más del doble con respecto a los obtenidos para el Escenario 4.

En relación con el Escenario 5, se aprecia que el costo por tonelada obtenido es 1,4 veces mayor que el calculado para el Escenario 4, a pesar de que el volumen de residuos dispuestos en los rellenos sanitarios del Escenario 5 triplican la cantidad de toneladas dispuestas en el Escenario 4.

2.7 ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN TARIFA A PARTIR DEL COSTO DE LA EXTERNALIDAD

En esta sección, se presenta el costo promedio de las antorchas que se encuentran actualmente en el mercado, consideradas para la implementación de la quema como lo exige el Decreto 1784 de 2017 y las buenas prácticas establecidas en el RAS para esta actividad.

Se tomaron como referencia las antorchas para poco caudal (Ver Tabla 26), que consisten en una generación de antorchas con quemador atmosférico de llama cerrada, especializadas en el quemado de biogás con un catalizador que elimina los humos generados, para evacuar el gas con la mínima incidencia medioambiental posible, para lo cual la temperatura de incineración es de unos 700°C (variable con el poder calorífico del gas). Estas antorchas se encuentran construidas totalmente en acero inoxidable, electrodos para el encendido del gas, rampa de gases con válvula manual, apagallamas, válvula anti retorno de la llama, válvulas de corte, pulsadores de paro y marcha, un sistema de separación de condensados y el gas se quema sobre una placa de cerámica que permite grandes variaciones tanto en el caudal como en la composición y PCI del gas. Adicionalmente, incluye una estructura metálica para ser fijada al suelo, en una bancada de hormigón con tirantes de estabilización¹⁴⁴.

Tabla 26. Precio de antorchas cerradas para quema de biogás poco caudal

ANTORCHA CERRADA POCO CAUDAL				
MODELO	CAUDAL M ³ /H	QUEMADOR	PRECIO UNITARIO EUROS ¹⁴⁵	PRECIO UNITARIO PESOS ¹⁴⁶
ATP-1	0'2-1	30	9.560	32.961.778
ATP-3	1-3	35	10.662	36.763.565
ATP-5	2-5	40	11.618	40.059.743
ATP-10	5-10	60	12.859	44.337.967
ATP-20	10-20	90	14.904	51.387.315
ATP-50	25-50	115	20.523	70.760.868
ATP-100	75-100	130	23.667	81.602.279

Fuente: www.emison.com. Cálculos CRA

¹⁴⁴ www.emison.com

¹⁴⁵ Estos precios incluyen los costos de importación e instalación.

¹⁴⁶ Estos valores fueron calculados a una Tasa de cambio de \$3.448 pesos por Euro

Así mismo, para mayores caudales (Ver Tabla 27) se consideraron antorchas que oscilan entre los COP\$156.967.100 y COP\$343.415.060 tal como se presenta en la tabla a continuación. Esta generación de antorchas con quemador atmosférico de llama cerrada, especializadas en el quemado de biogas con un catalizador que garantiza una llama limpia y fácilmente visible. Estas antorchas se encuentran construidas totalmente en acero inoxidable, consta de un tubo de un metro de alto con una rampa de entrada de gases que contiene todos los elementos necesarios, tales como, apaga llamas, electro válvulas de corte, etc, tanto para el gás de encendido del piloto como para el gas a quemar, válvula anti retorno de la llama, válvula automática y derivación al piloto, adicionalmente cuenta con una trampilla de acceso y entrada de aire, y un microprocesador programable que garantiza el control del funcionamiento de la antorcha y pulsadores de paro y marcha. La temperatura de incineración en este tipo de antorchas es de unos 1000°C (variable con el poder calorífico del gas)¹⁴⁷.

Tabla 27. Precio de antorchas cerradas para quema de biogás caudales moderados y altos

ANTORCHA CERRADA CAUDALES MODERADOS Y ALTOS				
MODELO	CAUDAL M3/H	PILOTO	PRECIO UNITARIO EUROS ¹⁴⁸	PRECIO UNITARIO PESOS ¹⁴⁹
AT 100	50-125	1/2"	45.525	156.967.100
AT 250	100-300	1/2"	50.698	174.804.381
AT 600	400-700	1/2"	64.815	223.478.913
AT 1000	800-1000	1/2"	80.937	279.066.668
AT 1500	1200-1600	1/2"	99.600	343.415.060
AT 2000	1800-2200	3/4"	123.271	425.031.924
AT 3000	2500-3200	3/4"	157.099	541.671.893

Fuente: www.emison.com. Cálculos CRA

Para establecer las condiciones técnicas para la implementación de estos sistemas, en cada una de las categorías de rellenos sanitarios determinados en la normatividad vigente, se requiere el desarrollo de modelos que capturen las particularidades de inversión, operación y mantenimiento de estos sistemas a considerar para la modelación de los costos que eventualmente puedan ser remunerados vía tarifa.

No obstante, en esta sección (Ver Tabla 28), se realiza un análisis teórico, *ceteris paribus*, como primer acercamiento para establecer el impacto que podría generarse en las tarifas¹⁵⁰ cobradas a los suscriptores del servicio público de aseo, en el caso de considerarse incluir en las mismas el precio de la externalidad producto de los GEI emitidos en los rellenos sanitarios.

Respecto del costo de la externalidad, acorde con lo expuesto en la sección 2.3.10, para el caso (i) se considera el precio reconocido por la administración tributaria colombiana para la emisión de una tonelada de CO₂ que está por el orden de USD4.7 de CO_{2-e} por tonelada de residuos dispuestos, equivalente a COP14.476 por tonelada de residuos dispuesta.

Para los casos (ii) y (iii) se reconocen las cotas inferiores y superiores del precio internacional de la externalidad, avaluado entre USD 3,2 y USD 8,4 por tonelada de residuos dispuesta, es decir entre **COP 10.000 y COP 26.400 por tonelada de residuos dispuesta**. Sin embargo, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el relleno sanitario,

¹⁴⁷ www.emison.com

¹⁴⁸ Estos precios incluyen los costos de importación e instalación.

¹⁴⁹ Estos valores fueron calculados a una Tasa de cambio de \$3.448 pesos por Euro

¹⁵⁰ El ejercicio se desarrolla considerando los costos y tarifas remitidos por los prestadores de los municipios analizados en su estudio de costos y tarifas. Con base en esta información se adiciona el costo de un componente relacionado con la quema de gases y a partir de allí se determina el incremento en la tarifa, considerando la producción de residuos por suscriptor (TRNA_{w,z}), según lo establecido en el artículo 39 de la Resolución CRA 720 de 2015. Las variables con las cuales se construyen los costos y las tarifas en los estudios de costos remitidos por los prestadores no se modifican.

este valor puede ascender incluso a los USD 80, o COP 250.000 por tonelada de residuos dispuesta.

Sobre los resultados obtenidos y presentados a continuación, en que se estudiaron 4 escenarios de rellenos sanitarios ubicados en diferentes municipios del territorio nacional, se tiene que el impacto sobre la tarifa final correspondería a un incremento máximo del 18%, suponiendo que se realice vía tarifa la remuneración con base en el costo de la externalidad (i), descrito en esta sección; el impacto sería entre 4% y 11% si se internaliza el costo asociado a la cota inferior (ii) y por el contrario el aumento en tarifas estaría entre el 11% y el 29% si se consideran el valor de la cota superior (iii).

Tabla 28. Escenarios de impacto en las tarifas del municipio de Bello (Antioquía)

Tipo de tarifa	Tarifa de comercialización	Tarifa de barrido y limpieza	Tarifa de recolección y transporte	Tarifa de disposición final	Tarifa de tratamiento de lixiviados	Tarifa de costo de quema de gases	Tarifa	Impacto	(TRNAu,z)
Sin manejo de biogás	\$1.467	\$3.899	\$6.762	\$1.596	\$187	\$-	\$13.911	0%	0,0565
Con manejo biogás (Precio de externalidad mercado nacional) [i]	\$1.467	\$3.899	\$6.762	\$1.596	\$187	\$927	\$14.183	2%	0,0565
Con manejo biogás (Precio techo internacional externalidad cota inferior) [ii]	\$1.467	\$3.899	\$6.762	\$1.596	\$187	\$565	\$14.476	4%	0,0565
Con manejo biogás (Precio techo internacional externalidad cota superior) [iii]	\$1.467	\$3.899	\$6.762	\$1.596	\$187	\$1.491	\$15.402	11%	0,0565

Fuente: Cálculos UAE-CRA.

Tabla 29. Escenarios de impacto en las tarifas del municipio de Cali (Valle del Cauca)

Tipo de tarifa	Tarifa de comercialización	Tarifa de barrido y limpieza	Tarifa de limpieza urbana	Tarifa de recolección y transporte	Tarifa de disposición final	Tarifa de tratamiento de lixiviados	Tarifa de costo de quema de gases	Tarifa	Impacto	(TRNAu,z)
Sin manejo de biogás	\$2.201	\$6.095	\$350	\$5.156	\$1.461	\$245	\$-	\$15.507	0%	0,0562
Con manejo biogás (Precio de externalidad mercado nacional) [i]	\$2.201	\$6.095	\$350	\$5.156	\$1.461	\$245	\$922	\$16.429	7%	0,0562

Tipo de tarifa	Tarifa de comercialización	Tarifa de barrido y limpieza	Tarifa de limpieza urbana	Tarifa de recolección y transporte	Tarifa de disposición final	Tarifa de tratamiento de lixiviados	Tarifa de costo de quema de	Tarifa	Impacto	(TRNAu,z)
Con manejo biogás (Precio techo internacional externalidad cota inferior) [ii]	\$2.201	\$6.095	\$350	\$5.156	\$1.461	\$245	\$562	\$16.068	4%	0,0562
Con manejo biogás (Precio techo internacional externalidad cota superior) [iii]	\$2.201	\$6.095	\$350	\$5.156	\$1.461	\$245	\$1.483	\$16.989	11%	0,0562

Fuente: Cálculos UAE-CRA.

Tabla 30. Escenarios de impacto en las tarifas del municipio de Malambo (Atlántico)

Tipo de tarifa	Tarifa de comercialización	Tarifa de barrido y limpieza	Tarifa de recolección y transporte	Tarifa de disposición final	Tarifa de tratamiento de lixiviados	Tarifa de costo de quema de gases	Tarifa	Impacto	(TRNAu,z)
Sin manejo de biogás	\$2.369	\$4.251	\$15.382	\$4.997	\$20	\$ -	\$27.019	0%	0,1508
Con manejo biogás (Precio de externalidad mercado nacional) [i]	\$2.369	\$4.251	\$15.382	\$4.997	\$20	\$2.476	\$29.496	18%	0,1508
Con manejo biogás (Precio techo internacional externalidad cota inferior) [ii]	\$2.369	\$4.251	\$15.382	\$4.997	\$20	\$1.508	\$28.527	11%	01508
Con manejo biogás (Precio techo internacional externalidad cota superior) [iii]	\$2.369	\$4.251	\$15.382	\$4.997	\$20	\$3.981	\$31.000	29%	0.1508

Fuente: Cálculos UAE-CRA.

Tabla 31. Escenarios de impacto en las tarifas del municipio de El Cerrito (Valle del Cauca)

Tipo de tarifa	Tarifa de comercialización	Tarifa de barrido y limpieza	Tarifa de limpieza urbana	Tarifa de recolección y transporte	Tarifa de disposición final	Tarifa de tratamiento de lixiviados	Tarifa de costo de quema de	Tarifa	Impacto	(TRNAu,z)
Sin manejo de biogás	\$2.143	\$4.911	\$1.417	\$11.441	\$2.834	\$829	\$ -	\$23.574	0%	0.1041
Con manejo biogás (Precio de externalidad mercado nacional) [i]	\$2.143	\$4.911	\$1.417	\$11.441	\$2.834	\$829	\$1.710	\$25.283	12%	0.1041
Con manejo biogás (Precio techo internacional externalidad cota inferior) [ii]	\$2.143	\$4.911	\$1.417	\$11.441	\$2.834	\$829	\$1.041	\$24.615	7%	0.1041
Con manejo biogás (Precio techo internacional externalidad cota superior) [iii]	\$2.143	\$4.911	\$1.417	\$11.441	\$2.834	\$829	\$2.748	\$26.322	20%	0.1041

Fuente: Cálculos UAE-CRA.

2.8 CONCLUSIONES

La política nacional frente a la gestión integral de residuos sólidos y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, está dada por diversos instrumentos que se insertan en la agenda internacional relacionada con el cumplimiento de las metas establecidas por el país en el acuerdo COP 21; en particular, reducir las emisiones de gases efecto invernadero en 20% para el año 2030.

Lo anterior, en adición a las obligaciones para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, con el logro de metas en los objetivos relacionados con ciudades y comunidades sostenibles (11.6) y con producción y consumos responsables (12.3, 12.4 y 12.5), así como los requerimientos para el ingreso de Colombia al Comité de Política Ambiental de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico - OCDE. Adicionalmente, las políticas públicas, en el marco de la economía circular, proponen que los recursos consumidos se regeneren o se recuperen y restauren a través de intervenciones técnicas. Así existen diferentes alternativas de disposición final, como las descritas en el diagnóstico, para que los materiales descartados generen un recurso utilizable o se recuperen (reutilización, aprovechamiento).

Para alcanzar los objetivos de reducción de las emisiones antropogénicas de gases que producen calentamiento, Colombia ha desplegado diferentes acciones con el fin de que en su territorio se reduzca la producción de esas sustancias. A partir de ese objetivo, se ha propuesto la implementación de políticas públicas a favor del compromiso del Estado con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, tales como las medidas normativas contenidas en las leyes 1819 de 2016¹⁵¹, 1931 de 2018¹⁵², el artículo 1.5.5.3 del

¹⁵¹ "Por medio de la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones"

¹⁵² Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático

Decreto 1625 de 2016¹⁵³, que se concentran en aquellas fuentes con mayor impacto en la producción de esos gases, y el Decreto 1784 de 2017¹⁵⁴.

Las leyes mencionadas adoptaron los mecanismos económicos reconocidos en la literatura económica especializada¹⁵⁵ como las técnicas más eficientes para la reducción de GEI, impuesto pigouviano¹⁵⁶ y un mercado de emisiones, que reconoce las condiciones definidas a nivel internacional para su implementación y que implica un flujo de recursos a las empresas que hayan implementado proyectos MDL, reactivando el interés del mercado por adquirir los certificados emitidos en Colombia, como los que podrían emitir los rellenos sanitarios.

La implementación de sistemas de captura, quema controlada o generación de energía a partir del biogás producido en rellenos sanitarios es una de las alternativas que se pueden implementar para disminuir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y contribuir al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones, en el marco de la mitigación del cambio climático, garantizando que esta actividad se realice cumpliendo los lineamientos técnicos para ello establecidos, considerando lo establecido en el Decreto 1784 de 2017, el cual contiene los requisitos mínimos, como el dren de gases, para el diseño de rellenos sanitarios nuevos o la ampliación de los existentes y establece un período de transición de 3 años para aquellos que se encuentran en operación.

A nivel internacional se diseñó un mecanismo de cooperación entre Estados sustentado en los mercados, a través de la emisión de permisos canjeables (ETS) y certificados de compensación (CERs) que reconocen económicamente las reducciones de GEI efectivamente realizadas. Estos mecanismos cuentan con estrictas condiciones para su aprobación, seguimiento y control, dentro de los cuales se resalta el requisito de “adicionalidad”¹⁵⁷.

En desarrollo de esas acciones, en Colombia se registraron 16 proyectos MDL en los rellenos sanitarios que más residuos sólidos reciben, en los cuales a 2018 se disponen el 79,3% del total (23.631 ton/día). Cabe destacar que Doña Juana es el único relleno sanitario de la categoría IV, con un total de 6.279 ton/día. Así mismo, 12 proyectos MDL presentados en Colombia pertenecen a la categoría III. Entre estas dos categorías se dispone el 75,6% de los residuos sólidos del país con un total de 22.543,81 ton/día. En el proyecto MDL de Santa Marta se unieron los rellenos sanitarios de Palangana¹⁵⁸ La Miel, Los Corazones y El Oasis los cuales pertenecen a la categoría II, sin embargo entre todos logran un total de 1.876 ton/día.

Adicionalmente, las técnicas de tratamiento descritas en el numeral 2.4 como alternativas a la disposición final pueden aportar a la disminución de la emisión de GEI, porque permiten generar menos residuos sólidos y desarrollar prácticas de reutilización, reciclaje y aprovechar los subproductos reduciendo los residuos que se disponen en los rellenos sanitarios.

Sin perjuicio de lo anterior, como se analiza en la sección 2.6 del presente documento, en Colombia existe infraestructura para la captura y quema o generación de energía a partir del biogás, que permanece disponible porque sus operadores cuentan con capacidad financiera propia o proveniente de los instrumentos económicos nacionales e internacionales.

¹⁵³ Procedimiento para hacer efectiva la no causación del impuesto nacional al carbono

¹⁵⁴ Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento, y disposición final de residuos, sólidos en el servicio público de aseo

¹⁵⁵ Premio Nobel de Economía de 2017. Disponible en <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/nordhaus/facts/>

¹⁵⁶ Un impuesto que no tiene fines de recaudo fiscal sino de control de una externalidad.

¹⁵⁷ Comité de las Partes Decisión 3/CMP.1

¹⁵⁸ De la categoría III

La generación de biogás en los rellenos sanitarios depende de la cantidad y tipología de residuos sólidos que reciben, las condiciones climáticas y las características técnico-operativas que se lleven a cabo en el lugar de disposición final. Por lo tanto, se deben considerar todas estas variables para establecer qué tipo de extracción del biogás es técnicamente viable.

Las categorías de rellenos sanitarios definidas por el Decreto 1784 de 2017 tienen diferentes capacidades de generación de biogás, las cuales son determinadas por los factores mencionados anteriormente. Dependiendo del flujo de biogás, se determina si se puede realizar venteo o una extracción activa. Este flujo permite establecer qué tipo de antorcha es requerido en caso que se decida quemar el biogás generado, considerando la cantidad de metano que tiene el biogás. De acuerdo con el análisis realizado por esta comisión, no es recomendable, en términos de eficiencia, la implementación de sistemas para la quema del metano en los rellenos sanitarios que reciben menos de 300 toneladas por su baja generación de biogás, que corresponden a 119 rellenos sanitarios.

El marco tarifario actual, contempla que los valores de las inversiones y costos de operación reconocidos en la tarifa corresponden a sistemas de captura pasiva del biogás, por lo que, si se decide reconocer en tarifa la actividad de quema de biogás, se deberá considerar los sistemas con quemadores cerrados ya que la remuneración de los rellenos sanitarios no incluye la captura activa y quema. Por otra parte, la regulación como mecanismo de superación de una falla del mercado sólo es eficiente en la medida que el costo de la intervención sea menor al valor del costo de esta (Sunstein C. , 2005). Por lo tanto, para regular de forma eficiente, es necesario el desarrollo de modelos técnicos y económicos que permitan identificar las particularidades relacionadas con la inversión, operación y mantenimiento para la adopción de sistemas de captura activa y quema de biogás en cada una de las categorías definidas para los rellenos sanitarios, de forma tal que se cuente con los insumos necesarios para el análisis del costo beneficio y los impactos reales que podría generarse en las personas prestadoras y en los suscriptores, de considerarse la remuneración de los componentes de esta actividad vía tarifa.

Acorde con el estudio del IDEAM (2018) los GEI emitidos por el sector de servicios públicos representa el 6% de los GEI a nivel nacional y de este porcentaje la disposición de residuos sólidos gestionados alcanza el equivalente a 3% como se expuso en la sección 2.4.5. Adicionalmente, en el estudio realizado por la UPME (2017) referenciado en la sección 2.3.9, el sector de residuos sólidos urbanos se encuentra en tercer lugar en la priorización de potencial energético generado por las biomásas después de los sectores pecuario y agrícola.

La anterior consideración es especialmente relevante porque, en el territorio nacional, un gran número de rellenos sanitarios, por su baja producción de biogás, no generan suficientes GEI para justificar la adopción de sistemas de captura activa y quema. Esa circunstancia conlleva a que una intervención que obligue a adoptar esos costos no reduzca el daño al ambiente en una proporción igual al sacrificio que implica reconocer esas inversiones mediante la regulación, en un contexto en que existen otros instrumentos económicos, para aquellos actores con la mayor capacidad de reducir sus emisiones o mitigarlas, que incentivan la implementación de estos sistemas en donde es más eficiente desarrollarlos.

Como se explicó en las secciones 2.2.2 y 2.7.1 los mecanismos económicos mencionados (MDL, mercado voluntario, impuesto al carbono), contemplan en su diseño y en la práctica estrictas medidas para el seguimiento y control de las emisiones, de modo que, cuando se logra el reconocimiento económico, este es producto de un resultado verificado con estrictos estándares.

Adicionalmente, la quema del biogás sin control de temperatura y tiempos de residencia puede generar dioxinas y furanos, gases que resultan tóxicos, cancerígenos y más nocivos

que el mismo biogás y, por lo tanto, para garantizar la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero se recomienda utilizar antorchas cerradas.

Por último, se evidencia en el documento que el regulador se encuentra en una situación de asimetría de información respecto al regulado, quien tiene información completa sobre su estructura de costos (Baron D. P., 1982). En ese contexto, debe recordarse que la ausencia de una interacción continua o reiterada con las variables de costos de una actividad en que existe asimetría de información incrementa los costos de la intervención para el regulador (Fremeth, 2010), y que la administración de las emisiones de gases de efecto invernadero no es objeto de regulación por parte de esta Comisión de Regulación, lo cual dificulta la actividad regulatoria de la entidad, incrementando el riesgo de implementar el reconocimiento del componente en mención de manera que el usuario asuma esa ineficiencia.

3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Durante el transcurso de la consulta y diálogo con los distintos actores se identificaron cambios en las prioridades del mercado motivadas por la reactivación del interés de los sujetos pasivos del impuesto al carbono (como se explica en la sección 2.2.2) en la implementación de proyectos MDL incentivada por el funcionamiento de los esquemas de reducción de GEI de la política nacional a través de los instrumentos del impuesto al carbono y su compensación y el mercado nacional. Adicionalmente, los proyectos MDL cuentan con un estricto mecanismo de seguimiento y control a las emisiones efectivamente reducidas. Lo anterior, promueve la reducción de gases efecto invernadero y la transición a la economía circular, circunstancias que se incorporan en el análisis inicial del árbol de problemas y que fueron incluidas en el diagnóstico, en aspectos tales como el principio de adicionalidad, tal como es interpretado por la UNCCC, los mercados voluntarios y el mecanismo de compensación del impuesto al carbono.

Con base en lo anterior, a continuación, se presenta el árbol de problemas en el que se incorpora el análisis bajo el escenario descrito.

3.1 Problema principal

Una vez complementado el diagnóstico con el resultado de la consulta con grupos de interés, el problema principal se define como:

“Los costos por la reducción de las emisiones¹⁵⁹ de gases de efecto invernadero producidos por los rellenos sanitarios no se encuentran reconocidos en la tarifa del servicio público de aseo”.

El árbol de problemas que se encuentra adjunto muestra las causas del problema y los efectos que tiene sobre el cumplimiento de los compromisos de la agenda internacional del país.

3.2 Causas del problema

En relación con las causas identificadas en el árbol del problema inicial, estas fueron ajustadas acorde con la información adquirida en el proceso de consulta, en el cual se identificó la reactivación de los proyectos MDL como consecuencia de los incentivos nacionales y el aumento del precio de los ETS en la Unión Europea. Así mismo se identificó que una causa importante del problema es la necesidad de no afectar el requisito de adicionalidad:

- Los costos por la reducción de emisiones en rellenos sanitarios de más de 300 ton/día fueron asumidos por un instrumento económico del mercado (CERs) que colapsó en 2010.

Los sistemas de extracción, captura activa y quema del biogás producido en los rellenos sanitarios que registraron sus proyectos MDL ante las UNCCC contaron por un tiempo con un mecanismo de financiación que eliminó la necesidad de regular la inclusión de dichos costos en la tarifa del servicio público de aseo. Como se mencionó en el diagnóstico (numeral 2.7.), este mecanismo (MDL), colapsó como resultado de la caída del precio de los Certificados de Emisión Reducida – CER, generando un impacto negativo en la sostenibilidad de los sistemas construidos o por construir en los rellenos sanitarios del país que acogieron dicho mecanismo. Es así como, de los dieciséis (16) proyectos MDL

¹⁵⁹ Se eliminó del glosario la definición: “*Tratamiento de biogás: Para los efectos de este documento, el tratamiento comprende la extracción, captura activa y quema del biogás; no obstante, no se desconoce que existen otras formas de tratamiento con fines de aprovechamiento del biogás*”.

aprobados a nivel nacional¹⁶⁰, cinco¹⁶¹ proyectos lograron emitir CERs en el año 2016 y solo el relleno sanitario Doña Juana ha operado sin interrupción hasta la fecha.

El registro del valor de los CER, presentado en la ilustración 27 de este documento, muestra que en el año 2008 se pagaron a 17,47 Euros y en el año 2019 el valor registrado es de 0,23 Euros.

En este sentido, la mitigación de las emisiones en los rellenos sanitarios quedó desprovista de un mecanismo de financiación, por lo cual el CONPES 3874 consideró que la Comisión debía analizar la remuneración de la captura y quema de biogás vía tarifa.

Los proyectos MDL se desarrollaron principalmente en rellenos sanitarios grandes, ubicados en las principales ciudades del país como: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, o en rellenos sanitarios regionales con gran importancia departamental, como: Pradera y Presidente, aunque también se registran experiencias en ciudades intermedias.

- Necesidad de mantener el Principio de adicionalidad establecido por la UNCCC

El concepto de adicionalidad es fundamental para el desarrollo de los proyectos MDL. De acuerdo con el literal c, numeral 5 del artículo 12° del Protocolo de Kioto, *“las reducciones de emisiones resultantes de cada actividad de proyecto deben ser (...) adicionales a las que ocurrirían en la ausencia de la actividad certificada de proyecto”*.

Un proyecto propuesto sólo es considerado adicional si su implantación está vinculada necesariamente al registro como una actividad de MDL, es decir, al hecho de que la actividad de proyecto no sería ejecutada sin la expectativa de sus *“créditos de carbono”* (recursos financieros extras). De esta manera, si el proyecto se hubiera realizado sin requerir la financiación del proyecto con recursos del mecanismo, ese proyecto no es adicional y no puede ser considerado para los beneficios contemplados en el Protocolo.

Como se analizó en la sección 2.6 del presente documento, y de acuerdo con la información recopilada en la consulta con los grupos de interés, los rellenos sanitarios que reciben el 79.3% total de los residuos dispuestos en los rellenos sanitarios del país, o están operando sistemas de captura activa y aprovechamiento del biogás (Doña Juana), o se encuentran adelantando las etapas previas a la implementación de proyectos para la quema activa o aprovechamiento del biogás (Veolia y Nuevo Mondoñedo), es decir, que existen en el país proyectos MDL que pueden emitir CERs.

En este sentido, se debe tener en cuenta que, al incluir los costos asociados a la quema de biogás en la tarifa a cobrar a los suscriptores del servicio de aseo, se eliminaría la posibilidad de desarrollar proyectos MDL, al perderse el principio de “adicionalidad”.

- El volumen de residuos dispuestos en algunos rellenos sanitarios no permite internalizar los costos por la extracción, captura activa y quema del biogás de manera eficiente.

De acuerdo con el análisis realizado, en el numeral 2.7.4, se evidencia que, en algunos rellenos sanitarios, el costo de la implementación de sistemas de extracción activa y quema del biogás, puede ser mayor que los costos ocasionados por el biogás generado, por lo que la regulación de la misma sería ineficiente y estaría en contra de lo establecido en el numeral

¹⁶⁰ Acorde con el portafolio colombiano de proyectos MDL 2016-Proyectos y programas de actividades registrados en UNFCCC. Publicado en la página del ministerio de ambiente mediante el siguiente link: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosMarinosCosterosyRecursosAcuatico/PORTAFOLIO_MDL_-_REGISTRADOS_2016_-_Para_Publicar.pdf.

¹⁶¹ Acorde con lo informado por la Gobernación de Cundinamarca, en noviembre de 2017, la Organización de Naciones Unidas notificó la aceptación del proyecto para la quema y aprovechamiento de biogás en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo. <http://www.cundinamarca.gov.co/Home/prensa2018/asnoticias/prensa/nuevo+mondonedo+sera+habilitado+para+vender+bonos+de+carbono>.

87.1 del artículo 87 de la Ley 142 de 1994, con relación al criterio superior de eficiencia económica.

3.3 Efectos del problema

En relación con los efectos del problema, se precisa que el alcance de los mismos está dirigido únicamente a los rellenos sanitarios que no tienen acceso a otras fuentes de financiación diferentes a tarifa.

El problema central tiene las siguientes consecuencias:

- **Inviabilidad financiera de los sistemas de quema de biogás en los rellenos sanitarios** que no pueden acceder a otras fuentes de financiación. Como se muestra en el diagnóstico, los marcos tarifarios actuales solo consideran los costos de la captura pasiva de los gases que se generan en los rellenos sanitarios, por lo cual, la implementación de sistemas de extracción, captura activa y combustión con control y monitoreo de las emisiones, no cuentan con financiación vía tarifa del servicio público de aseo. Las experiencias nacionales e internacionales de los proyectos financiados con el mecanismo MDL, recopiladas en este documento, muestran que la implementación de dichos sistemas requiere inversiones cuantiosas que además incrementan los costos operativos. Por lo tanto, en aquellos rellenos sanitarios en los cuales el volumen de residuos dispuestos no es suficiente para generar un proyecto de quema controlada costo eficiente, no cuentan con otra fuente de financiación, a diferencia de aquellos rellenos en los cuales la producción de biogás permite acceder a los CERs a través de la implementación de proyectos MDL y del mercado voluntario.
- **No se implementan sistemas de captura activa y quema o aprovechamiento de gases en los rellenos sanitarios que no pueden acceder a otras fuentes de financiación.** Los rellenos sanitarios que reciben menos de 300 ton/día, no cuentan con una fuente de financiación para implementar sistemas de extracción activa y quema controlada del biogás, por lo que los prestadores no tendrían incentivos para implementar dichos sistemas.
- **Aumento progresivo de la emisión de GEI en rellenos sanitarios que no pueden acceder a otras fuentes de financiación.** El crecimiento urbano incrementa la generación de residuos sólidos que llegan a los rellenos sanitarios y por tanto de las emisiones derivadas de su descomposición. Como se presentó en el diagnóstico, la tendencia de producción de biogás es ascendente y se proyecta, sin considerar los efectos de la implementación de proyectos MDL y del mercado voluntario, que en 30 años alcanzará un incremento del 50% con relación a la producción actual.

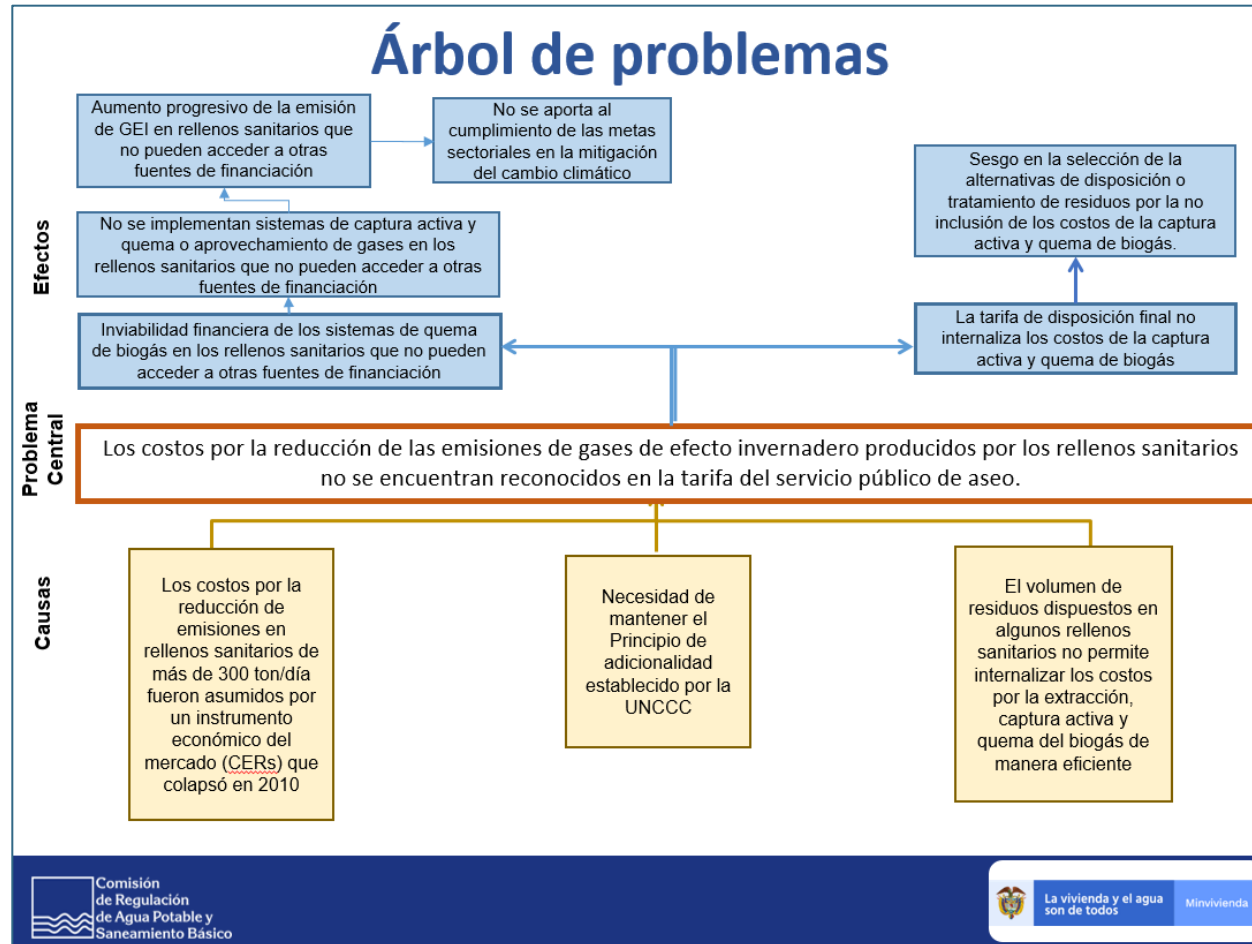
Adicionalmente, como se presentó en la sección 2.4.3., en los rellenos sanitarios categoría II se produce una cantidad entre los 100 y 250 metros cúbicos por hora de biogás, mientras que para los rellenos sanitarios de categoría III, los valores se encuentran entre los 1.000 y 6.000 metros cúbicos de biogás producidos por hora.

- **No se aporta al cumplimiento de las metas sectoriales en la mitigación del cambio climático.** Los rellenos sanitarios que, por su baja producción de biogás, no podrían formular proyectos de extracción activa y combustión controlada con costos eficientes, y por lo tanto, no acceden a los incentivos económicos establecidos por el Gobierno Nacional o al mecanismo MDL, no reducen su producción de GEI, por lo cual el aporte a la meta de reducción estaría concentrada en los rellenos sanitarios que implementen proyectos MDL, que producen la mayor cantidad de esos gases.
- **La tarifa de disposición final no internaliza los costos de la captura activa y quema del biogás.** Como se presentó en el capítulo 2.5, los actuales marcos

tarifarios solo reconocen los costos de la captura pasiva del biogás, permitiendo la emisión a la atmósfera de los GEI que se generan en la descomposición de los residuos orgánicos dispuestos, por lo cual, la tarifa del servicio de aseo no refleja el costo total para la sociedad de la disposición final de los residuos.

- **Sesgo en la selección de las alternativas de disposición o tratamiento de residuos por la no inclusión de los costos de la captura y quema de biogás.** Actualmente, la selección de la técnica de disposición en rellenos sanitarios obedece a que con esta se obtiene el menor costo por tonelada dispuesta (exceptuando el compostaje), sin embargo, se evidencia que el marco tarifario actual no considera la inclusión del costo de las emisiones, lo cual genera que la opción del relleno sanitario no contabilice todos los costos que esa técnica de disposición final le impone a la sociedad.

Ilustración 20. Árbol de problemas



Fuente: Análisis CRA

3.4 Identificación de afectados

Tabla 32. Identificación de actores afectados

Sector	Actor	Rol	Interés
• Público	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios -SSPD	Inspección, vigilancia y control de las empresas prestadoras de servicios públicos de acueducto, alcantarillado, aseo, energía y gas; y la protección de los derechos de los usuarios.	<ul style="list-style-type: none"> Realizar vigilancia y control al cumplimiento por parte de las personas prestadoras de la normativa vigente, con relación a la captura y quema de gases en los rellenos sanitarios.
	Comisión de Regulación de Agua y Saneamiento Básico CRA	Establecer fórmulas para la fijación de las tarifas de los servicios públicos y regular los monopolios o promover la competencia en la prestación de servicio públicos.	<ul style="list-style-type: none"> Expedir la regulación para el reconocimiento de las tarifas de los sistemas de extracción, captura para manejo de gases en los rellenos sanitarios del país.
	Autoridades Ambientales	Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de las personas prestadoras del servicio de aseo. Más información para el seguimiento de la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero en rellenos sanitarios.
	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS	Diseñar y formular la política nacional en relación con el ambiente y los recursos naturales renovables, y establecer las reglas y criterios de ordenamiento ambiental de uso del territorio	
	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MVCT	Formular, dirigir y coordinar las políticas, planes, programas y regulaciones en materia de agua potable y saneamiento básico.	<ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento de metas sectoriales del servicio de aseo. Generación de grandes proyectos para la prestación del servicio.
	Municipios de Colombia	Asegurar que se presenten a sus habitantes, de manera eficiente el servicio público de aseo	<ul style="list-style-type: none"> Prestación del servicio público de aseo más adecuado. Mitigación de riesgos por problemas de salud pública Cumplimiento de metas del servicio de aseo Mayores niveles de prestación del servicio
• Privado	Personas prestadoras del servicio público de aseo	Prestación eficiente del servicio público de aseo	<ul style="list-style-type: none"> Acceso a recursos de inversión.
	Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones - ANDESCO	Administración dentro del área de su jurisdicción del medio ambiente y los recursos naturales, y propenden por su desarrollo sostenible a través del cumplimiento de las regulaciones y disposiciones legales del ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de nuevas tecnologías y mejoramiento de las tecnologías existentes Mejoramiento de indicadores en el desempeño de la prestación del servicio.
	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia - ANDI	Defender, fomentar y difundir los principios políticos, económicos y sociales del sistema de libre empresa, basado en la dignidad humana, en la libertad, la democracia política, la justicia social y el respeto a la propiedad privada.	<ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento de los estándares ambientales de emisiones de gases de efecto invernadero. Posibilidad de acceso a recursos por el aprovechamiento de biogás Cumplir con la responsabilidad social de la persona prestadora del

	Inversionistas	Personas naturales o entidades que realizan inversiones en dinero o recursos esperando obtener algún rendimiento económico a futuro	<ul style="list-style-type: none"> • servicio de aseo frente a la comunidad circundante. • Generación de proyectos sostenibles y rentables • Generación de nuevos espacios de inversión.
• Académico	Centros de investigación Universidades	Organizaciones públicas, privadas o mixtas dedicadas a la generación de conocimiento fundamental para el país mediante proyectos de investigación científica básica y/o aplicada en líneas de investigación específicas Comunidad académica	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo académico y científico en la generación de alternativas para la captura activa y quema del biogás • Participación en proyectos sociales asociados al sector de aseo.
• Comunidades locales	Juntas de acción comunal, asociaciones de usuarios Comunidades indígenas y étnicas Usuarios y suscriptores del servicio	Derecho a vivir en un ambiente sano.	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento en la salud pública. • Alternativas amigables con el medio ambiente para la prestación del servicio público de aseo. • Incremento en la calidad de vida.
• Cooperación internacional	Organismos multilaterales cooperación Agencias cooperación Organizaciones no gubernamentales	Ayuda voluntaria de un donante o de un país (estado, gobierno local, ONG) a una población (beneficiaria) de otro.	<ul style="list-style-type: none"> • Promover medias encaminadas a reducir la emisión de GEI mediante la financiación de proyectos de manejo de biogás en rellenos sanitarios.
*Internacional	Comité de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC)	Constituye un mecanismo adoptado por el tratado internacional (actualmente ratificado por 192 países) creado con el objetivo de analizar las posibles formas de reducir el calentamiento global.	Establecer los estándares, requisitos, que deben cumplir los proyectos MDL.

Fuente: Análisis CRA

3.5 Justificación de la necesidad de intervención regulatoria

En el escenario actual, con la normatividad reciente (Decreto 1784 de 2017), los operadores de los rellenos sanitarios nuevos o quienes amplíen los rellenos sanitarios existentes deben cumplir con los requisitos mínimos de diseño o ampliación, entre los cuales se encuentra la captura y quema tecnificada para todas las categorías de relleno establecidas, por lo tanto, las empresas prestadoras de la actividad de disposición final podrían incluir en tarifa los costos de implementar sistemas de extracción y quema del biogás, a través de la solicitud de una actuación particular ante la CRA.

Sin embargo, el término “captura y quema tecnificada” y los criterios y parámetros a tener en cuenta por parte de la CRA para evaluar la regulación que reconozca en tarifa de los costos asociados a la inversión y operación de estos sistemas (considerando el principio de adicionalidad), de acuerdo con su tamaño, están pendientes de reglamentación por parte del MVCT.

En consideración de lo anterior, para la Comisión, se presenta una oportunidad de establecer señales regulatorias que promuevan la reducción de las emisiones de efecto invernadero de los rellenos sanitarios, remunerando la extracción, captura activa y quema del biogás en la tarifa del servicio público de aseo, logrando además un fortalecimiento y buenas prácticas en la actividad complementaria de disposición final.

4 OBJETIVOS DE LA INTERVENCIÓN REGULATORIA

De la interacción de los actores en el mercado se concluyó que la normativa relacionada con los incentivos nacionales (compensación al impuesto al carbono y el mercado nacional) se encuentra no solo expedida sino operativa, promoviendo una reciente activación del mercado nacional de certificados de compensaciones, razón por la cual los proyectos MDL recuperaron la posibilidad que los costos asociados a los sistemas de captura activa y quema de biogás puedan ser financiados por estos mecanismos. Por lo anterior, los requisitos para la presentación de este tipo de proyectos deben ser considerados al definir los objetivos de la actuación regulatoria.

4.1 Objetivo principal

Tal como se identificó en el documento CONPES 3874 de 2016, en los rellenos sanitarios se encuentra una fuente fija de generación de GEI, cuyo control permitirá al país avanzar en el cumplimiento de los objetivos pactados en la vigésima primera reunión de la Conferencia de las Partes (COP 21) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

Una vez establecido que el problema es la existencia de costos generados por la emisión de GEI en los rellenos sanitarios e identificando que el principal mecanismo de control de esta es la asignación de un precio, el objetivo de la regulación que atañe es:

“Facilitar las condiciones para que se remuneren los costos eficientes por la quema de los gases efecto invernadero producidos en los rellenos sanitarios.”

El árbol de objetivos define los medios para lograr el resultado esperado y los impactos que se esperan obtener para aportar desde el sector de residuos al cumplimiento de los compromisos derivados de la agenda internacional del país.

4.2 Objetivos generales o fines de la intervención

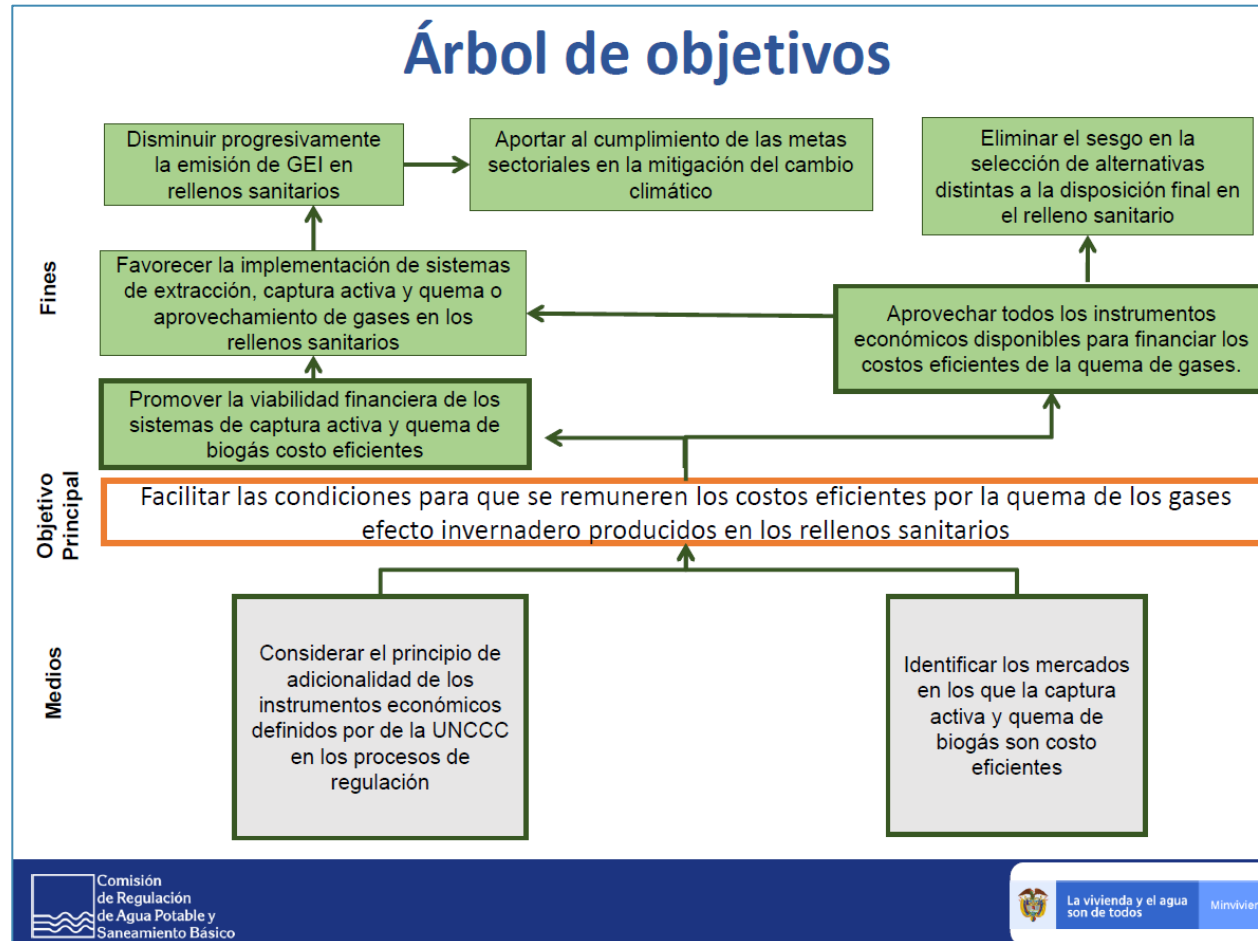
Se demuestra a lo largo del documento que los costos de implementación (inversión y operación), de los sistemas de extracción activa y combustión del biogás no se encuentran reconocidos en la tarifa del servicio público de aseo, por lo tanto, se requiere promover la viabilidad financiera de estos sistemas considerando el criterio de costo eficiencia, para favorecer la implementación de los mismos y lograr una disminución en la tendencia creciente de producción de GEI, aportando al cumplimiento de las metas sectoriales que hacen parte de la agenda internacional del país.

Al respecto, se reconoce en el numeral 2.2.1 del documento que la inclusión de dichos costos en la tarifa del servicio de aseo podría afectar el cumplimiento del principio de adicionalidad, el cual es requerido para la aprobación de los proyectos que buscan el cierre financiero a través de la obtención de CERs.

De esta manera, si las empresas que administran rellenos sanitarios se encuentran incentivadas efectivamente a realizar las inversiones de mitigación de las emisiones de GEI, como se evidencia en las consultas con los grupos de interés, se podrá aportar a los objetivos sectoriales de reducción de emisiones.

A su vez, esos incentivos, en la medida que se apliquen a todas las alternativas de disposición final, generan que exista un mismo reconocimiento económico para reducir la producción de residuos que eventualmente se convierten en GEI en los rellenos sanitarios. Así los usuarios efectivamente cuentan con la señal de costos para que reduzcan sus desechos y los empresarios encuentren, al menor costo posible para la sociedad, la alternativa para su tratamiento.

Ilustración 21. Árbol de Objetivos



Fuente: Análisis CRA

4.3 Objetivos específicos o medios

Inicialmente, se consideró que, ante la ausencia de mecanismos de financiación de los sistemas de captura activa y quema de biogás, los medios para cumplir el objetivo propuesto eran el diseño de un instrumento para remunerar esta actividad, con aplicación en los rellenos sanitarios en operación y la generación de condiciones para el desarrollo de mercado de aprovechamiento de biogás. Sin embargo, la identificación de la reactivación de los mercados de certificados de emisiones y la existencia de proyectos de captura activa y quema de biogás implementados y en curso, en los principales rellenos del orden nacional, requiere que, para alcanzar el objetivo principal propuesto en este AIN, la medida adoptada no afecte el principio de adicionalidad, entendido en los términos de la UNCCC.

En consecuencia, los objetivos medios son los siguientes:

- Considerar el principio de adicionalidad de los instrumentos económicos definidos por de la UNCCC en los procesos de regulación.
- Identificar los mercados en los que la captura activa y quema de biogás son costo-eficientes.

5 IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS REGULATORIAS

Para la identificación de alternativas, la metodología AIN recomienda que se analice en primer lugar mantener el *statu quo*, es decir, no intervenir regulatoriamente, ni realizar algún cambio al estado actual. Con esta consideración, las alternativas regulatorias identificadas por la CRA, para su posterior evaluación, se presentan a continuación:

Tabla 33. Identificación de alternativas

Opciones	Alternativas	Descripción
No hacer nada	Mantener el statu quo	<ul style="list-style-type: none"> • Tramitar una actuación particular de modificación de fórmula tarifaria en los términos de la Resolución CRA 864 de 2018. • Acceder a los mecanismos MDL o a los mercados voluntarios nacionales.
Alternativas regulatorias	<p>Modificación y/o adición de la Resolución CRA 720 de 2015.</p> <p>Inclusión de la remuneración en el próximo marco tarifario que regule los rellenos sanitarios en los cuales los sistemas de captura activa y quema de biogás sean costo-eficientes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir un nuevo costo en la metodología tarifaria vigente por la implementación de los sistemas de captura activa y quema del biogás. • Adicionar al costo de disposición final los costos por la implementación de los sistemas de captura activa y quema del biogás. • Considerar la inclusión del reconocimiento del costo por la implementación de los sistemas de captura activa y quema del biogás, en el nuevo marco tarifario.
Mecanismo regulatorio	Precio techo	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica regulatoria que incentiva el ahorro de recursos al reconocer un valor máximo de remuneración y la diferencia entre este valor y los costos reales de prestación son la utilidad del prestador.
	Regulación por tasa de retorno	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica regulatoria que reconoce una rentabilidad fija a un conjunto de inversiones y sus costos establecidos por el regulador.

Ante el cambio de las prioridades del mercado en relación con el desarrollo de proyectos MDL y sus condiciones jurídicas, el enfoque del análisis de ventajas y desventajas ya no se concentra en decisiones sobre el instrumento regulatorio a utilizar sino en el mecanismo de remuneración de las inversiones para reducir los GEI. Sin perjuicio de lo anterior, el análisis del mecanismo regulatorio se presenta en el anexo c.

5.1 Mantener el *Statu quo*

De acuerdo con los lineamientos del DNP (2015), *“el análisis de “no hacer nada” es importante para poder tener una línea de base que permita realizar posteriormente el análisis y saber si las opciones que se proponen tienen sentido”*. Por lo tanto, en esta alternativa se evalúa si la normatividad y la regulación actual, incluido el Decreto 1077 de 2015, son suficientes para permitir a los prestadores la implementación de sistemas de captura activa y quema de biogás.

Al respecto, tal como se mencionó en el presente documento, las fórmulas tarifarias vigentes, aplicables a la actividad complementaria de disposición final del servicio público de aseo, contemplan la recuperación de los costos de la captura pasiva del biogás, pero no se han desarrollado los criterios regulatorios que permitan: i) Determinar la técnica de captura activa y quema tecnificada de biogás que debe incluirse en la tarifa y ii) Definir el costo y el mecanismo de remuneración de las inversiones y costos operativos que genera esta actividad.

Por lo anterior, ante el escenario de no hacer nada, para cubrir los costos de implementar los sistemas de captura activa y quema del biogás, los prestadores, podrían: a) Implementar los sistemas mencionados a través de la aplicación del mecanismo MDL o el mercado voluntario que, como resultado de las medidas desarrolladas por el Gobierno Nacional, han incentivado la generación de este tipo de proyectos o, b) Tramitar ante esta Comisión de Regulación una solicitud de modificación de carácter particular de la fórmula tarifaria, en los términos de la Resolución CRA 864 de 2018, y proponer la fórmula, criterios o parámetros para la remuneración en la tarifa del servicio público de aseo, de aquellos costos que permitan garantizar la captura y quema tecnificada del biogás.¹⁶²

De acuerdo con el análisis realizado en el presente documento, los rellenos sanitarios que disponen menos de 300 ton/día de residuos sólidos no generan el biogás suficiente para hacer costo eficiente la implementación de los sistemas de captura activa y quema, a diferencia de aquellos que reciben un volumen superior de residuos, lo cual hace técnica y financieramente viable su implementación.

Adicionalmente, se evidenció que los rellenos sanitarios que reciben el 79.3% de los residuos que se disponen en los rellenos sanitarios del país, han implementado o están implementando proyectos de extracción activa y quema o aprovechamiento del biogás, con lo cual, se aportaría sectorialmente a la reducción de la meta de emisión de GEI del país.

El desarrollo de los incentivos derivados de la reglamentación de Leyes 1819 de 2016 y 1931 de 2018 ha despertado el interés del sector privado en implementar proyectos de reducción de emisiones de GEI, generándose un mercado nacional voluntario que se suma al mecanismo MDL del Protocolo de Kioto, los cuales tienen un estricto control a las emisiones de GEI efectivamente mitigadas, generando impactos positivos para el país, que además está aprovechado la infraestructura construida en el primer período de implementación de los proyectos MDL.

5.2 Alternativas regulatorias

La metodología tarifaria del servicio público de aseo establece que el régimen de regulación de los prestadores es el de libertad regulada, la cual se define en el numeral 10 del artículo 14 de la Ley 142 de 1994, como *“el régimen de tarifas mediante el cual la comisión de regulación respectiva fijará los criterios y la metodología con arreglo a los cuales las empresas de servicios públicos domiciliarios pueden determinar o modificar los precios máximos para los servicios ofrecidos al usuario o consumidor”*.

¹⁶² En la medida que en el caso concreto exista un acto administrativo de licenciamiento ambiental que así lo exija.

Para incluir el reconocimiento de los costos de implementar sistemas de extracción, captura activa y quema del biogás se identifican dos alternativas regulatorias: a) Modificación y/o adición de la Resolución CRA 720 de 2015 o, b) Inclusión de la remuneración en el próximo marco tarifario que regule los rellenos sanitarios en los cuales los sistemas de tratamiento de biogás sean costo-eficientes.

Dentro del análisis que se adelante con el fin de determinar la remuneración de los sistemas de captura activa y quema del biogás, se tendría que evaluar, en la medida que se cuente con información consistente y confiable, el impacto derivado del aprovechamiento de biogás.

Lo anterior, considerando que el aprovechamiento de biogás requiere de inversiones adicionales, como la compra de equipos de generación de energía o transporte de gas, así como costos operacionales, para procesos tales como incrementar el poder calorífico o la cantidad de metano para poder ser utilizado en el servicio público domiciliario de biogás (Resolución CREG 240 de 2016), entre otros y, por tanto, la decisión de implementar aprovechamiento de biogás constituye una decisión de inversión del prestador.

Ahora bien, con el fin de definir una tarifa que remunere la implementación y operación de sistemas de extracción, captura activa y combustión del biogás, que cumpla con los criterios del artículo 87 de la Ley 142 de 1994 y considerando la asimetría de información evidenciada en el diagnóstico, se requiere adelantar los análisis económicos y técnicos que permitan maximizar los beneficios de la intervención regulatoria.

- a) Modificación o adición de la Resolución CRA 720 de 2015 (metodología tarifaria actual)

En este escenario, la remuneración de la extracción, captura activa y quema del biogás requiere modificar la tarifa del servicio público de aseo, ya sea incluyendo un nuevo costo en la metodología tarifaria vigente (de manera similar al Costo de Tratamiento de Lixiviados) o adicionando los costos de extracción, captura activa y quema del biogás al costo de disposición final (CDF), que en la actualidad únicamente incluye los costos de captura pasiva de gases.

Adicionalmente, se requerirá evaluar la necesidad de incluir un periodo de transición, para que las personas prestadoras que operen rellenos sanitarios puedan dar aplicación a las nuevas disposiciones tarifarias, lo cual implica ajustar los estudios de costos y cumplir con las disposiciones de información de tarifas definidas en la Sección 5.1.2 de la Resolución CRA 151 del 2001.

Por otra parte, la expedición de un instrumento regulatorio precisa la estructuración de las fórmulas tarifarias con los correspondientes criterios y variables, el proceso de participación ciudadana y la aprobación por parte de la Comisión de Regulación, actividades que pueden desarrollarse en un período entre seis y ocho meses, aproximadamente.

- b) Inclusión de la remuneración en el próximo marco tarifario que regule los rellenos sanitarios en los que la implementación de los sistemas de captura activa y quema de biogás sea costo eficiente.

De conformidad con la agenda regulatoria indicativa 2019 – 2020, esta Comisión de Regulación inició en el segundo semestre del año en curso la construcción de las bases para la expedición del siguiente marco tarifario para grandes prestadores del servicio público de aseo, proceso que conlleva al análisis integral de las medidas regulatorias vigentes y su impacto en el mercado regulado, para la identificación de los aspectos que requieren modificaciones en la regulación o de aquellos que permitirán al servicio de aseo articularse con los nuevos lineamientos de política establecidos por el Gobierno Nacional.

Ahora bien, teniendo en cuenta que el artículo 126 de la Ley 142 de 1994 establece que la vigencia de las fórmulas tarifarias será de cinco años y que las fórmulas de la Resolución CRA 720 de 2015 iniciaron su vigencia en el mes de abril de 2016, se tiene que las bases del marco tarifario del período siguiente deberán definirse y publicarse hasta abril de 2020.

En este contexto, se puede considerar analizar el tema de inclusión de los costos de implementación de los sistemas de captura activa y quema de biogás en la expedición del siguiente marco tarifario, lo cual podría tener un valor agregado al permitir que esta guarde correspondencia con él, reduciendo los costos de transacción. Asimismo, existiría una mayor posibilidad, en términos de tiempo, de que el MVCT efectúe las revisiones y desarrollos normativos complementarios que garanticen la integralidad y efectividad de las medidas regulatorias.

6 RESULTADOS DE LA PRIMERA CONSULTA

La consulta es un proceso fundamental para garantizar que el AIN incluya aportes de grupos que puedan verse potencialmente afectados con las alternativas propuestas, ya sea de manera positiva o negativa. De esta manera, en el desarrollo del presente estudio se dio la oportunidad de expresarse sobre el diagnóstico realizado y los problemas, objetivos y alternativas identificadas por esta Comisión.

En este sentido, el documento de “*Diagnóstico e identificación de problemas, objetivos y alternativas*” fue publicado inicialmente en la página web de la CRA en el periodo comprendido entre el 13 de junio y el 27 de junio de 2019 y posteriormente este plazo fue ampliado hasta el 12 de julio del año en curso, con el fin que los grupos de interés pudieran manifestar sus comentarios y propuestas.

Adicionalmente, en el marco de la consulta se realizaron las reuniones relacionadas en la siguiente tabla:

Tabla 34. Consultas con grupos de interés

Ciudad	Fecha	Público Objetivo	Número personas participantes externos
Bogotá D.C.	04 de Junio de 2019	Prestadores de la actividad complementaria de Disposición Final (Veolia Colombia)	2
Bogotá D.C.	13 de Junio de 2019	Operadores de los sistemas de aprovechamiento de Biogás (Biogás Doña Juana S.A.S ESP)	3
Bogotá D.C.	20 de junio de 2019	MVCT - CRA	8
Bogotá D.C.	27 de junio de 2019	Prestadores, Operadores de Rellenos Sanitarios, Instituciones, Entidades de inspección, vigilancia y control Entidades del sector.	5

Ciudad	Fecha	Público Objetivo	Número personas participantes externos
	11 de Julio de 2019	Prestadores, Operadores de Rellenos Sanitarios, Instituciones, Entidades de inspección, vigilancia y control Entidades del sector.	24
Bogotá D.C.	30 de julio de 2019	UPME	4
Bogotá D.C.	10 de septiembre de 2019	MVCT - CRA	15

Considerando que la Empresa Veolia Colombia, opera 5¹⁶³ rellenos sanitarios en el país, se realizó una reunión con el objetivo de presentar el proyecto regulatorio y recoger información actualizada sobre el manejo del biogás. Se informó que el Grupo empresarial ha incluido en sus objetivos corporativos la implementación de proyectos de captura activa y quema del Biogás, como aporte a la reducción de los GEI que emiten los rellenos sanitarios que se encuentran bajo su responsabilidad. En desarrollo de este propósito han estructurado proyectos bajo el esquema del mecanismo MDL que se encuentran en implementación por lo cual se requiere que las exigencias regulatorias no afecten el principio de adicionalidad establecido por la UNCCC.

De igual manera y considerando que el relleno sanitario Doña Juana recibe el mayor volumen de residuos del país, se realizó una reunión con la Empresa Biogás Doña Juana, “*empresa dedicada de manera ininterrumpida desde el año 2009 a la destrucción térmica y aprovechamiento del Biogás del relleno sanitario Doña Juana como proyecto registrado ante la convención marco de cambio climático de la Naciones Unidas (...)*”¹⁶⁴, quien también manifestó, la necesidad de conservar el principio de adicionalidad para hacer posible la financiación de este tipo de proyectos a través del mecanismo MDL y los instrumentos nacionales del mercado voluntario.

Adicionalmente, y considerando que el MVCT adelanta el trámite de un proyecto de resolución, sometido a consulta, “*Por la cual se reglamenta el Decreto 1784 del 2 de noviembre de 2017 en lo relativo a las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo*”, se realizaron dos reuniones con el objetivo de presentar los avances del AIN y compartir la información recopilada en la consulta con los grupos de interés. Se comparte la posición de mantener el principio de adicionalidad para facilitar el desarrollo de los proyectos de implementación de los sistemas de extracción, captura activa y quema de biogás bajo los mecanismos del mercado voluntario y los MDL.

Por otra parte, se convocó a una consulta con los grupos de interés para el 27 de junio de 2019, convocatoria que se reprogramó para el 11 de julio de 2019, por solicitud de ANDESCO, gremio que agrupa, entre otros, a los grandes prestadores del sector de aseo. Por lo anterior, se generaron dos espacios de consulta ya que algunos prestadores asistieron a la primera fecha y otros en la segunda. Los resultados de estas consultas se detallan a continuación y en la matriz anexa.

Se recibieron 72 observaciones, de las cuales el 33% fueron hechas por otros actores estratégicos, el 61% por prestadores del servicio público de aseo y el 6% por agremiaciones.

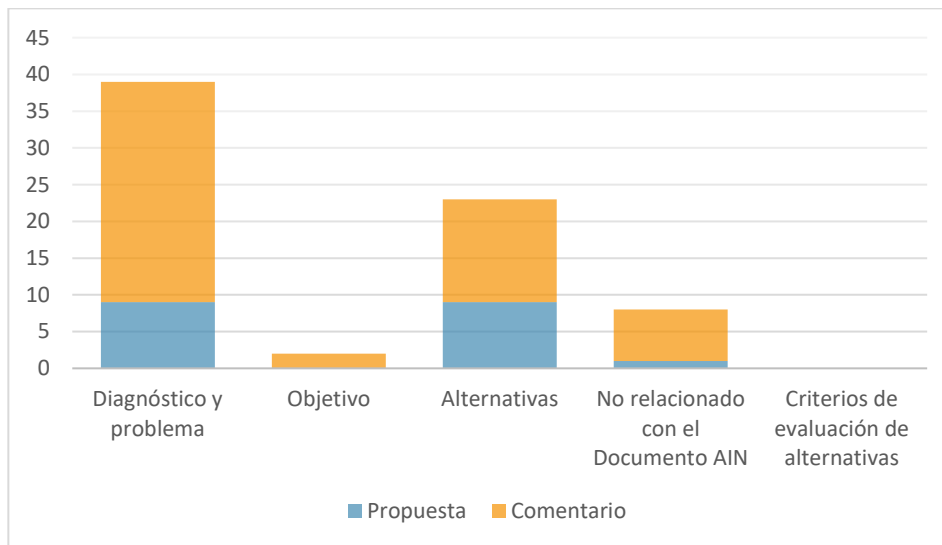
¹⁶³ Información reportada por la empresa Veolia Colombia en el marco de la consulta de grupos de interés.

¹⁶⁴ Radicado CRA 20193210054922 del 28 de junio de 2019.

El 74% de las observaciones recibidas corresponde a comentarios generales al documento y el 26% de las observaciones son propuestas específicas para modificar apartes del documento. En cuanto a las consultas que llegaron a esta Entidad, el 64% fue escrita, mientras que el 36% fueron presencial en las sesiones mencionadas anteriormente.

En relación con los ejes temáticos objeto de consulta la mayoría de comentarios se centraron en el documento de diagnóstico (57%), seguido por las alternativas (26%), objetivos (4%) y temas no relacionados con el proyecto regulatorio (13%). Por su parte, las propuestas se distribuyeron de la siguiente manera: diagnóstico (47,4%), alternativas (47,4%) y temas no relacionados con el proyecto regulatorio (5,2%). Ver gráfica siguiente.

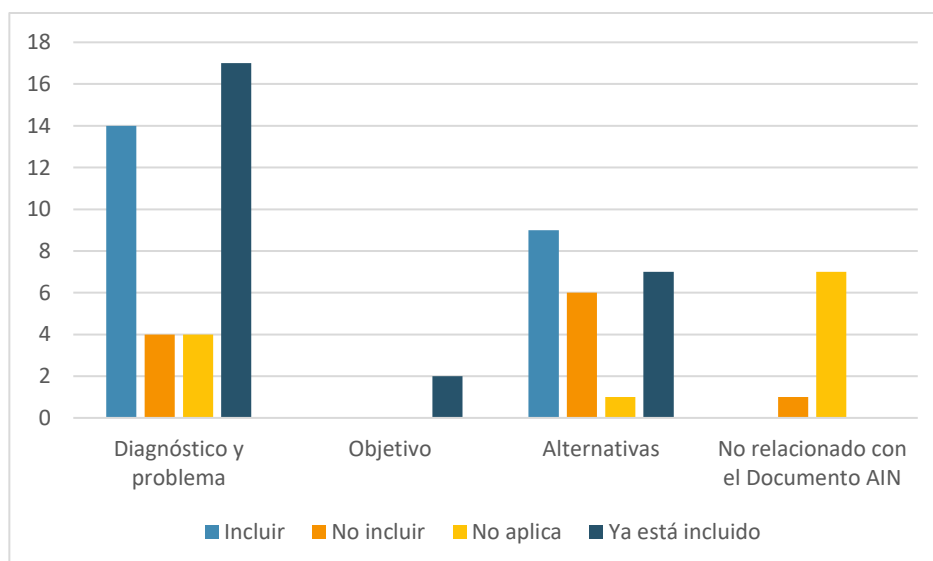
Ilustración 22. Comentarios y propuestas por eje temático



Fuente: CRA.

En lo referente al trámite de las consultas, el 36% de los comentarios y propuestas ya estaban consideradas en el documento de “*Diagnóstico e identificación de problemas, objetivos y alternativas*”, el 15% no se incluyó, el 32% se decidió incluir y el 17% no está relacionado con el proyecto regulatorio, véase gráfica siguiente.

Ilustración 23. Trámite por eje temático



Fuente: CRA.

Una vez revisados todos los comentarios y observaciones recibidas, se incorporaron en este documento los elementos que se consideraron pertinentes, previo análisis técnico y jurídico. No se incorporaron aquellos que no tenían relación con el objeto del AIN. En el Anexo d se presenta la matriz de comentarios y respuestas de la primera consulta.

Los comentarios y propuestas que se incorporaron estuvieron orientados a:

- **Diagnóstico**

- ✓ Ampliación del desarrollo en el tema de la voluntariedad de los proyectos aplicados de Mecanismos de Desarrollo Limpio a nivel nacional e internacional, así como el desarrollo de los tratados internacionales que aplican a estos proyectos.
- ✓ Descripción del proceso de aprobación de los proyectos aplicados de Mecanismos de Desarrollo Limpio indicando los actores que intervienen.
- ✓ Tema del principio de adicionalidad.
- ✓ Complementar la información de los casos revisados con los operadores de rellenos sanitarios interesados en el proyecto, como Biogás Doña Juana S.A. E.S.P.
- ✓ Estimación del costo de la captura activa y quema del biogás por tonelada de residuos sólidos dispuestos.
- ✓ Vacío normativo de la reglamentación con relación a los niveles permisibles de emisiones de metano y otros componentes del biogás.
- ✓ Incluir lo relacionado con el Acuerdo de París.
- ✓ Comportamiento actual de los mercados certificados de carbono. En este contexto, se tienen en cuenta el impuesto al carbono establecido a nivel nacional.

- **Alternativas**

- ✓ Ampliar las desventajas por tasa de retorno considerando la distorsión en la tarifa y la especulación de proveedores de tecnología desarrollado en el anexo c.
- ✓ Ampliar la descripción del *Statu quo* con mayor información sobre las variaciones actuales del mercado de certificados de carbono.
- ✓ El riesgo de perder el principio de adicionalidad.
- ✓ Requisitos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en el mercado de emisiones.

Con respecto a los comentarios y propuestas que no se incluyeron en el documento, pero se desarrollan en el anexo,d, se tiene:

- **Diagnóstico**

- ✓ Determinación de estándares técnicos para la implementación de la medida regulatoria en los rellenos sanitarios.
- ✓ Reglamentación en el aprovechamiento de la quema de biogás para generación de energía eléctrica.
- ✓ Viabilidad del aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios respecto a un número mínimo de toneladas de residuos sólidos dispuestos diarios.
- ✓ Disparidad con otras iniciativas del Gobierno Nacional con respecto a la economía circular en el tema de residuos sólidos.

- **Alternativas**

- ✓ Regular el costo para la captura y quema de biogás permitiendo el aprovechamiento del mismo como una alternativa.
- ✓ En primera medida, la modificación de la Resolución CRA 720 de 2015, seguido por la incertidumbre en la fecha de expedición del nuevo marco tarifario aplicable a grandes prestadores para el servicio público domiciliario de aseo.
- ✓ No tener en cuenta la alternativa del *Statu quo*.

- ✓ Modificación de categorías de rellenos sanitarios propuestos en el Decreto 1784 de 2017.
- ✓ Modificación del CONPES 3874 de 2016.
- ✓ Análisis de alternativas por segmentación de acuerdo a las escalas de rellenos sanitarios.

7 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En el presente caso, por ser un proyecto catalogado como AIN bajo, la selección de la alternativa se realizará a partir de un análisis de ventajas y desventajas en el cual se comparan cada una de las alternativas respecto de diferentes criterios que evidencian el cumplimiento del objetivo de “Facilitar las condiciones para que se reconozcan los costos eficientes por la quema de los gases efecto invernadero producidos en los rellenos sanitarios.”

7.1 Definición de criterios

Los criterios propuestos corresponden al cumplimiento de objetivos específicos y generales de la intervención, y se listan a continuación. Se aclara que, si bien algunos de ellos son de ley, se considera importante evidenciarlos en este documento para efectos del análisis de alternativas.

El criterio de evaluación relacionado con el principio de adicionalidad se incorpora en el presente análisis, dado que esa condición es un requisito esencial para los reconocimientos económicos asociados con el desarrollo de proyectos MDL.

1. **Aporta al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones de GEI** (reducir las emisiones de gases efecto invernadero en 20% para el año 2030). La implementación de la alternativa evaluada propicia la implementación de sistemas de captura activa y quema de gases en rellenos sanitarios con lo cual disminuye la emisión de los gases GEI en el sector residuos.
2. **Induce a que el precio que se traslada en la tarifa se aproxime al de un mercado en competencia.** La alternativa evaluada propicia que la implementación de sistemas de captura activa y quema de gases a precios que permitan a los operadores de rellenos sanitarios el cumplimiento de los requerimientos normativos del servicio y las metas ambientales sectoriales y que no sobrepasen el rango de los precios comerciales de las tecnologías aplicadas en el mercado atendido.
3. **Garantiza la suficiencia financiera del prestador.** La alternativa analizada propicia la remuneración de las inversiones realizadas para la implementación de las tecnologías de captura activa y quema de gases, en mayor o menor grado como lo haría una empresa eficiente, en un sector de riesgo comparable al del servicio público de aseo.
4. **Conserva el principio de adicionalidad.** La alternativa analizada permite mantener el principio de adicionalidad al que se refiere el artículo 12 del Protocolo de Kioto y que es un requisito tanto para el desarrollo de proyectos MDL como para acceder a los mercados voluntarios nacionales.

7.2 Descripción de alternativas frente a los criterios identificados

A continuación, se presenta el análisis de ventajas y desventajas de las alternativas propuestas, según los criterios definidos anteriormente y considerando los comentarios recibidos en el proceso de consulta con los grupos de interés:

1. Aporta al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones de GEI (reducir las emisiones de gases efecto invernadero en 20% para el año 2030).

Tabla 35 Ventajas y desventajas del criterio 1

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Statu quo	<p>Existen mecanismos económicos internacionales y nacionales, promovidos por el gobierno nacional, que incentivan la implementación de proyectos de reducción de GEI. Los cuales, por el estricto control requerido para lograr el reconocimiento económico, garantizan la reducción de emisiones de GEI.</p> <p>Los rellenos sanitarios que reciben el mayor volumen de residuos en el país (Doña Juana, Nuevo Mondoñedo, Presidente) están operando o implementando proyectos de captura activa y quema o aprovechamiento del biogás por lo cual el aporte al cumplimiento de las metas de la reducción de la emisión de GEI podría cumplirse en el corto plazo.</p> <p>La implementación de los sistemas de captura activa y quema de biogás está sujeta a una decisión empresarial que dependerá de las oportunidades disponibles para acceder a los mecanismos económicos que incentivan la reducción de GEI.</p>	<p>El aporte se debe revisar periódicamente considerando que estaría sujeto a las fluctuaciones del mercado de los mecanismos de reducción de emisiones.</p>
Alternativas regulatorias	<p>Reconocer en la tarifa un costo explícito de los GEI emitidos por los rellenos sanitarios que encarece la producción de residuos que se disponen en un relleno sanitario, haciendo más atractiva de manera relativa el uso de otras alternativas para la disposición final.</p>	<p>El aporte real a la reducción de emisiones de GEI está sujeto al diseño e implementación de un esquema de seguimiento y cumplimiento de la reducción de emisiones que garantice que las inversiones en infraestructura y operación estén acompañadas de reducción efectiva de las emisiones, lo que genera costos para la supervisión y control.</p>

2. Induce a que el precio se aproxime al de un mercado en competencia.

Tabla 36 Ventajas y desventajas del criterio 2

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Statu quo	Los mecanismos como los MDL y el mercado nacional de emisiones de GEI contienen un precio que refleja la información relacionada con el valor de la externalidad y el costo de oportunidad de las acciones de mitigación y de reducción de las emisiones, por lo cual, se trata de un mercado en competencia.	La alternativa no presenta ninguna desventaja.
Alternativas regulatorias	<p>La regulación a través del reconocimiento en la tarifa del costo de disposición final de las externalidades producidas establece un incentivo para la realización de inversiones que se aproximan a las necesarias para que los operadores de los rellenos sanitarios consideren el costo de los GEI emitidos por los rellenos sanitarios.</p> <p>Con la información que revelen los prestadores, el regulador podría identificar mejoras en el esquema regulatorio que deriven en precios eficientes.</p>	<p>Se requiere contar con información de calidad sobre las variables que impactan el precio a regular.</p> <p>La existencia de asimetría de información genera que un esquema regulatorio sólo alcance a ser un “segundo mejor” en relación con los mercados y en la presencia de un mercado de emisiones como el de la Unión Europea y el nacional, un esquema regulatorio de reconocimiento de los costos en tarifa no se aproxima a las características de eficiencia de aglomeración de la información que permiten los mercados.</p> <p>Considerando lo explicado en el Anexo C, mediante esta alternativa se podrían trasladar ineficiencias del prestador al usuario.</p>

3. Garantiza la suficiencia financiera del prestador.

Tabla 37 Ventajas y desventajas del criterio 3

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Status quo	Garantiza la recuperación de costos de inversión y operación a aquellos operadores que presenten solicitudes de modificación de fórmula. Los operadores pueden realizar su cierre financiero apalancados en los mecanismos MDL o mercados voluntarios.	La recuperación de costos de inversión y operación está sujeta al precio del mercado de CER's cuando se ha decidido acudir a los mecanismos MDL.
Alternativas regulatorias	La regulación mediante el reconocimiento vía tarifa garantiza la recuperación de los costos de inversión, operación y rentabilidad de aquellos rellenos sanitarios en los cuales la implementación de sistemas de captura activa y quema de biogás es costo eficiente.	Aquellos rellenos sanitarios cuyos costos de inversión, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento que podrían presentar particularidades no captadas en la tarifa, requerirían de una modificación particular de la fórmula tarifaria. El incremento en la tarifa puede reducir la disposición a pagar por parte de los usuarios del servicio.

4. Conserva el principio de adicionalidad.

Tabla 38 Ventajas y desventajas del criterio 4

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Statu quo	No se modifican las condiciones actuales por lo que se mantiene el principio de adicionalidad.	No presenta desventajas frente al criterio evaluado.
Alternativas regulatorias	No presenta ventajas frente al criterio evaluado.	Reconocer una remuneración regulatoria de las actividades de captura activa y quema de biogás desvirtúa la condición de adicional de las actividades y por lo tanto no permite su remuneración a través de los mecanismos asociados al Protocolo de Kioto ni a los del mercado nacional.

7.3 Alternativa recomendada

Del análisis de las ventajas y desventajas de las alternativas presentadas, se recomienda la alternativa de mantener el STATU QUO por las siguientes razones:

1. La alternativa de mantener el STATU QUO permite a los prestadores la recuperación de costos de inversión y operación por medio de una solicitud particular de modificación de fórmulas tarifarias¹⁶⁵ o mediante el acceso a los mecanismos MDL o mercados voluntarios existentes.
2. La alternativa de mantener el STATU QUO no interfiere con la implementación de proyectos MDL, teniendo en cuenta que estos proyectos se llevan a cabo en los rellenos sanitarios en los que más residuos sólidos disponen en el país con un total de 23.631 ton/día lo que representa el 79,3% del total dispuesto en el país, por lo cual el aporte al cumplimiento de las metas de la reducción de la emisión de GEI podría cumplirse en el corto plazo.
3. La alternativa de mantener el STATU QUO no implica generar nuevos sistemas de control de emisiones de GEI, ya que, los proyectos MDL y los otros mecanismos asociados con los mercados de emisiones cuentan con herramientas de control que garantizan el pago contra reducciones de las emisiones efectivamente realizadas.

¹⁶⁵ Acorde con lo contemplado en el artículo 5.2.1.1. de la Resolución CRA 151 de 2001, modificado por el artículo segundo de la Resolución CRA 271 de 2003, modificado por el artículo 4 de la Resolución CRA 864 de 2018.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de renovación del territorio. (s.f.). *Municipios ZOMAC 344*. Obtenido de <http://www.renovacionterritoio.gov.co/descargar.php?id=111>
- Arvizu, J., & Huacuz, J. (2003). *Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad*. México D.F.: Boletín IIE.
- Averch, H., & Leland L., J. (1962). Behavior of the Firm Under Regulatory Constraint. *The American Economic Review*, 1052-1069.
- Averch, H., & Johnson, L. (1962). Behavior of the Firm Under Regulatory Constraint. *The American Economic Review*, 1052-1069.
- Baron, D. P. (1982). Regulating a monopolist with unknown costs. . *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 911-930.
- Baron, D., & Besanko, D. (1984). Regulation and information in a continuing relationship. *Information Economics and Policy*, 267-302.
- BID, B. I. (2010). *Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales*.
- BID, B. I. (2017). *Generación de electricidad a partir de biogás capturado de residuos sólidos urbanos: un análisis teórico - práctico*.
- Cain, M., & IEA Bioenergy. (2000). *Biogas flares*. Culham, Abingdon, Oxfordshire, UK: AEA Technology Environment.
- CELADE. (2017). *Estimaciones y proyecciones de población a largo plazo 1950-2100*. Obtenido de https://celade.cepal.org/bdcelade/proyecciones/resultados/05_COL_internet.xlsx
- CEPAL. (2018). *Plan de Acción Regional para la implementación de la Nueva Agenda Urbana en América Latina y el Caribe 2016-2036*. Santiago: Naciones unidas.
- Coase, R. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 56(4), 837-877.
- Comisión Europea. (2000). *A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste*.
- CRA. (2017). *SISTEMAS DE EXTRACCIÓN, CAPTURA ACTIVA Y PASIVA PARA EL MANEJO DE GASES EN RELLENOS SANITARIOS*.
- Cuesta, J., Sánchez, F., Crespo, G., & Fernández, S. (s.f.). Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento. *CEIM Confederación Empresarial de Madrid, CEDE, Fundación para el conocimiento*.
- DANE. (30 de 6 de 2011). *Anexos (Actualización cifras cabecera y resto 30 de junio de 2011)*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/censo/files/resultados/NBI_total_cab_resto_mpio_nal_30jun11.xls
- DANE. (12 de 5 de 2011). *Colombia. Estimaciones 1985-2005 y Proyecciones 2005-2020 nacional y departamental desagregadas por sexo, área y grupos quinquenales de edad*. Obtenido de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/seriesp85_20/EstimacionesProyecciones1985_020.xls
- DANE. (12 de 05 de 2011). *Proyecciones de Población*. Obtenido de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Edades_Simples_1985-2020.xls
- DANE. (14 de 08 de 2017). *Colombia. Número y proporción de hogares que habitan en asentamientos precarios, según año*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/118-Prop-hogares-precarios-2017/Proporcion-de-hogares-en-asentamientos-precarios.xls>
- DANE. (14 de 08 de 2017). *Colombia. Número y proporción de hogares que habitan en asentamientos precarios1, según año*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/118-Prop-hogares-precarios-2017/Proporcion-de-hogares-en-asentamientos-precarios.xls>
- DANE. (17 de 8 de 2017). *Colombia. Número y proporción de la población con acceso a métodos de abastecimiento de agua adecuados, por cobertura geográfica, según año*.

- Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/67-Fuentes-de-abastecimiento/Poblacion-con-acceso-a-agua-potable.xls>
- DANE. (17 de 8 de 2017). *Colombia. Número y proporción de la población con acceso a métodos de saneamiento adecuados, según año*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/68-Saneamiento-mejorado/Poblacion-con-acceso-a-metodos-de-saneamiento.xls>
- DNP. (2009). *Lineamientos para la consolidación de la política de mejoramiento integral de barrios MIB*. Bogotá D.C.
- DNP. (2014). *Base Histórica 2000 - 2014*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Base%20Desempe%c3%b1o%20Fiscal%20Oficial%202006%20-%202014%20Marzo.xlsx>
- DNP. (2015). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2015*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Portal%20Territorial/Resumen%20Desempe%c3%b1o%20Fiscal%202015.xlsx>
- DNP. (7 de 6 de 2016). *A partir de hoy, 100 municipios y 25 departamentos le apuestan a ser territorios modernos: DNP*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/A-partir-de-hoy,-100-municipios-y-25-departamentos-le-apuestan-a-ser-territorios-modernos-DNP.aspx>
- DNP. (2016). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2016*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Anexos%20Desempe%C3%B1o%20Fiscal%202016%2022012018.xlsx?Web=1>
- DNP. (6 de 9 de 2018). Distribución de estratos por municipio y distrito, incluyendo a las áreas no municipalizadas de los departamentos de Amazonas, Guainía y Vaupés del Sistema Único de Información – SUI. Bogotá D.C.
- DNP. (2018). *Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia*. Bogotá D.C.
- DNP. (2 de 8 de 2018). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2016*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Anexos%20Desempe%C3%B1o%20Fiscal%202016%2022012018.xlsx?Web=1>
- Driesen, D. Alternatives to Regulation? Market Mechanisms and the Environment. en *The Oxford Handbook of Regulation*. Editado por Martin Cave, Robert Baldwin y Martin Lodge.
- Fankhauser, S. &. (2010). Designing carbon markets, Part II: Carbon markets in space. . *Energy Policy*, 38(8), 4381-4387.
- Fremeth, A. R. (2010). Information asymmetries and regulatory decision costs: an analysis of US electric utility rate changes 1980–2000. *The Journal of Law, Economics, & Organization*, 28(1), 127-162.
- Gobierno Colombiano. (2014). *Informe de Seguimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio -2014*. Bogotá D.C.
- Greenglass, N. (2014). he Quest for Climate Additionality: Searching for Emission Reductions under the UNFCCC's Clean Development Mechanism. *Vermont Law Review*, 489-536.
- Heyes, A. (2000). Implementing environmental regulation: enforcement and compliance. *Journal of Regulatory Economics*, 17(2), 107-129.
- Ian, A., & Irwin, T. (1996). Price Caps, Rate-of-Return Regulation, and the Cost of Capital. *Public Policy for the Private Sector*.
- IDEAM. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá.
- IPSE. (25 de 4 de 2018). *Repuesta Solicitud de Información Localidades ZNI - IPSE*. Bogotá D.C., Colombia.
- Joskow, P. L. (1998). The market for sulfur dioxide emissions. *The American Economic Review*, 669-685.

- Kumar, D. (2004). Generación de dioxinas y furanos en procesos de combustión. *cooperacion Colombo - Alemana. Ministerio del Medio Ambiente.*
- MAG Consultoría. (13 de Mayo de 2016). Estudio de técnicas alternativas de tratamiento, disposición final y/o aprovechamiento de residuos sólidos- Propuesta Ajuste al Decreto 1077 de 2015. Colombia. Recuperado el 31 de Mayo de 2019
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial Dirección Desarrollo Sostenible, B. M. (2007). *Inventario Nacional de Fuentes y Liberación de Dioxinas y Furanos en Colombia.*
- MVCT. (30 de 6 de 2018). *Informe de monitoreo SGP-APSB 2017.* Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Lists/InformesSGP/Attachments/10/Resultados%20de%20indicadores%20de%20monitoreo%202017.xlsx>
- MVCT. (2018). *ODS sector de agua potable y saneamiento básico.* Bogotá D.C.
- MVCT. (2018). *Programa de Mejoramiento Integral de Barrios.* Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Mejoramiento%20Integral%20de%20Barrios/Programa%20Mejoramiento%20Integral%20de%20Barrios.pdf>
- Nahman, A. (2011). Pricing landfill externalities: Emissions and disamenity costs in Cape Town, South Africa. *Waste Management, 2046-2056.*
- New Jersey, D. d. (2005). Hoja Informativa de sustancias peligrosas.
- Nicholson, W. (2007). *Teoría microeconómica: principios básicos y ampliaciones.*
- Nigoff, M. G. (2006). The Clean Development Mechanism: Does the Current Structure Facilitate Kyoto Protocol Compliance?. *Georgetown International Environmental Law Review, 18(2), 249.*
- Nordhaus, W. (1991). The cost of slowing climate change: a survey. *The Energy Journal, 37-65.*
- Nordhaus, W. (2015). Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy. . *The American Economic Review, 105(4), 1339-70.*
- Nordhaus, W. D. (1977). Economic growth and climate: the carbon dioxide problem. *The American Economic Review, 341-346.*
- PETRAMAS. (2011). *De la Basura a la Electricidad: Huaycoloro, la primera experiencia peruana.* Lima.
- Pigou, A. (1929). *The Economics of Welfare.* McMillan, Londres, 76.
- Registro Único de Víctimas. (01 de 05 de 2018). *Descarga de Datos Abiertos.* Obtenido de <https://www.unidadvictimas.gov.co/es/registro-unico-de-victimas-ruv/37394>
- Sappington, D., & Weisman, D. (2016). The price cap regulation paradox in the electricity sector. *The Electricity Journal, 1-5.*
- SIEE. (13 de 12 de 2017). Promedio mensual de número de horas de prestación del servicio de acueducto (Zona urbana y centros poblados). Bogotá D.C.
- SIEL. (2018). *Cobertura de Energía Eléctrica a 2016.* Obtenido de http://www.siel.gov.co/siel/portals/0/Piec/Cobertura_del_ICEE_2016.xlsx
- Soto Carrillo, G. (2009). Regulación por precios tope. *Economía Vol XXXII, No. 63 ISSN 0254-4415, 79-102.*
- SUI. (6 de 7 de 2017). *Coberturas de Acueducto, Alcantarillado y Aseo.* Obtenido de <http://www.sui.gov.co/web/content/download/2230/18237/version/1/file/Coberturas+de+Acueducto%2C+Alcantarillado+y+Aseo.xls>
- SUI. (18 de 12 de 2017). Continuidad por Municipio. Bogotá D.C.
- SUI. (2 de 8 de 2018). *RUPS oficial.* Obtenido de http://bi.superservicios.gov.co/o3web/viewdesktop.jsp?cmd=open&source=SUI_RUP_S_OFICIAL
- SUI. (8 de 2 de 2018). *SUI comercial.* Obtenido de http://bi.superservicios.gov.co/o3web/browser/showView.jsp?viewDesktop=true&source=SUI_COMERCIAL%2FVISTA_INICIAL_ACUE%23_public
- SUI. (6 de 9 de 2018). *SUI comercial.* Obtenido de http://bi.superservicios.gov.co/o3web/browser/showView.jsp?viewDesktop=true&source=SUI_COMERCIAL%2FVISTA_INICIAL_ACUE%23_public
- Sunstein, C. (2005). Cost-benefit analysis and the environment. *Ethics, 351-385.*
- Sunstein, C. R. (2005). Cost-benefit analysis and the environment. . *Ethics, 115(2), 351-385.*

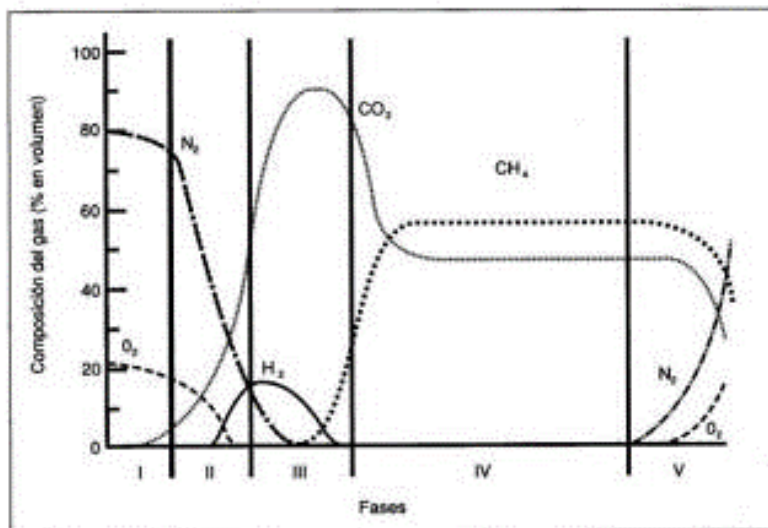
- Tchobanoglous. (1993). *Integrated solid waste management*. . McGraw-Hill.
- UNFCCC. (2012). *Project design document form (CDM PDD) - Version 03; "Proactiva Presidente landfill gas to energy project"*. San Pedro.
- UNFCCC. (10 de 11 de 2018). Obtenido de The Clean Development Mechanism: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/the-clean-development-mechanism>
- UPME-UNAL, C. O. (2018). *Estimación del potencial de conversión a biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento*. Bogotá.
- Viscusi, W., Harrington, J., & Vernon, J. (2005). *Economics of regulation and antitrust*. London: The MIT Press.

9 ANEXOS

a. FASES DE GENERACIÓN DEL BIOGÁS

La producción de biogás no es constante a lo largo del tiempo, se considera que los gases se emiten en las fases secuenciales que se presentan en la siguiente gráfica:

Ilustración 24. Fases de la generación de biogás en un relleno sanitario



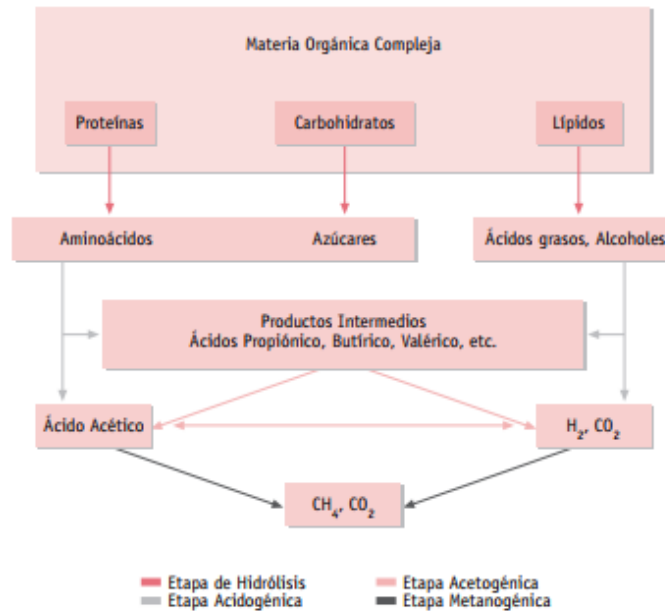
Fuente: Tchobanoglous, 1993.

- **Fase I o fase de ajuste inicial. Descomposición aeróbica:** Ocurre en cuanto se disponen los residuos sólidos en el relleno sanitario, es decir cuando hay presencia de oxígeno en la zona de disposición. En esta fase se produce dióxido de carbono, agua y calor.
- **Fase II o de transición Descomposición anaerobia, no metanogénica:** En esta fase se disminuye la degradación aeróbica y se empieza a desarrollar la anaeróbica, Decrece la generación de dióxido de carbono e inicia la transición de fase aeróbica a una anaeróbica. En esta fase se genera calor, agua y metano.
- **Fase III o fase ácida. Anaeróbica metanogénica inestable:** Se incrementa la degradación anaeróbica, aparece un mayor crecimiento de microorganismos acetogénicos que destruyen las grandes moléculas, generando ácidos grasos llevándolos principalmente a ácido acético, gas hidrógeno y se sostiene la producción de dióxido de carbono. Estas reacciones consumen el oxígeno y nitrógeno residual presente en el relleno sanitario.
- **Fase IV o fase de fermentación. Anaeróbica metanogénica estable:** En esta fase comienzan a desaparecer los microorganismos acidogénicos y se desarrollan los metanogénicos que transforman los ácidos grasos generados en el estadio anterior y los transforman en CH₄ en concentraciones entre 40% a 70% del volumen total y generalmente, en forma estable y CO₂. Se alcanzan temperaturas entre 40 y 60 °C. Es usual que la mayoría de los rellenos sanitarios alcancen esta fase después de dos años de que los residuos fueron dispuestos en el relleno.
- **Fase V o de maduración. Anaeróbica metanogénica en disminución:** Decae la actividad microbiana, la generación de biogás disminuye considerablemente, debido a que la mayoría

del material biodegradable fue transformado durante la Fase IV. Comienza a infiltrarse el nitrógeno y el oxígeno a través de los residuos.

En adición a lo anterior, en las etapas II a V se presentan procesos de metabolización biológica anaerobia los cuales se ilustran en la siguiente ilustración:

Ilustración 25. Fases de la generación de biogás en un relleno sanitario



b. EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES DE MODELOS DE DESARROLLO LIMPIO – MDL

NOMBRE RELLENO SANITARIO	AÑO	DURACIÓN	MATERIA ORGÁNICA%	CANTIDAD ESTIMADA DE REDUCCIÓN DE GEI (año)	INVERSIÓN TOTAL (USD)	TECNOLOGÍA		APROVECHAMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
						CAPTURA	TIPO DE ANTORCHA		
BARRANQUILLA Parque Ambiental Los Pocitos	2013	21 AÑOS	49,02%	94.616 tCO ₂ eq / año (primeros 7 años)	\$1.617.443	Pasiva	Cerrada	No contemplado en el proyecto	Las actividades del proyecto consideran la instalación de sistemas de recolección de gases generados en el relleno sanitario y de estaciones de quemadores. El sistema de recolección estará instalado por todo el relleno sanitario, incluidas las áreas cerradas. El proyecto considera la instalación de 59 chimeneas verticales perforadas en el suelo para extraer los gases, un sistema de recolección de gases que conectan con estaciones de quemadores, un sistema de condensación, bombas de extracción de lixiviados, blowers.

MONTERÍA	Montería	2011	21 AÑOS	No hay información	39.723 tCO ₂ eq / año (primeros 7 años)	\$577.000	Activa	Cerrada	No contemplado en el proyecto	El proyecto consiste en la instalación de un sistema de extracción de gases generados en el relleno sanitario que incluye chimeneas, tuberías, blowers, estaciones de monitoreo y análisis. Lo anterior que permitan la destrucción segura y combustión del metano y componentes orgánicos diferentes al metano.
	Nuevo Mondoñedo	2017	32 AÑOS	52%	54.254 tCO ₂ eq / año (primeros 7 años)	No hay información	Activa	Cerrada	Generación de Energía. Poder eléctrico 800kWe. La energía generada se usará internamente en el relleno y lo sobrante, se integrará al sistema nacional eléctrico.	Las actividades del proyecto van encaminadas a la captura del metano para producir energía eléctrica para las necesidades propias del relleno. En el proceso, el calor será usado para evaporar los lixiviados. Una unidad quemadora cerrada hará parte del proyecto. De la eficiente combustión de los gases, en la generación de energía, evaporación de



											lixiviados y equipos quemadores, lograrán la reducción de emisiones de gases. El proyecto contempla la destruir el metano mediante quema y combustión en motores y microturbinas.
PIRGUA	Pirguá	2011	30 AÑOS	55%	78.192 tCO ₂ eq / año (primeros 7 años)	\$411.000	Activa	Cerrada	No contemplado en el proyecto		El proyecto consiste en la instalación de un sistema de extracción de gases generados en el relleno sanitario que incluye chimeneas, tuberías, blowers, estaciones de monitoreo y análisis. Lo anterior que permitan la destrucción segura y combustión del metano y componentes orgánicos diferentes al metano.



SAN PEDRO	Proactiva Presidente	2012	21 AÑOS	69%	107.219 tCO ₂ eq / año (primeros 7 años)	\$6.538.000	Activa	Cerrada	Tiene la posibilidad de incluir el gas recolectado para producción de electricidad. Energía para el autoconsumo y las necesidades de los vertederos, así como para la venta externa.	Las actividades del proyecto incluyen la instalación de sistemas de extracción de gases y equipos de tratamiento para hacer una quema segura del metano. Se podría generar energía eléctrica para auto consumo del relleno sanitario. Una pequeña parte del gas es usado en agua hirviendo para generar energía térmica para el tratamiento de lixiviados. El gas será recolectado en las áreas existentes y futuras del relleno sanitario
	VILLAVICENCIO	Parque Ecológico Reciclante	2010	25 AÑOS	54,20%	33.652 tCO ₂ eq / año (primeros 10 años)	No hay Información	Activa	Cerrada	Tiene la posibilidad de incluir el gas recolectado para generación de energía. La factibilidad de esto se determinará una vez el proyecto esté completamente en operación.

											monitoreo y control y trabajos civiles.
MONTENEGRO	Montenegro	2011	25 AÑOS	55%	35.078 tCO ₂ eq / año (primeros 7 años)	\$577.000	Activa	Cerrado	No realizan		Los gases del relleno sanitario recolectados serán usados como combustible para la generación de energía y otros propósitos. Tiene la posibilidad de incluir el gas recolectado para generación de energía. La factibilidad de esto se determinará una vez el proyecto esté completamente en operación.
BOGOTÁ	Doña Juana	2007	21 AÑOS	74,49%	1.050.295 tCO ₂ eq / año	No hay Información	Activa	Cerrada	Instalación de varias plantas de energía incluyendo su red de conexión.		Las actividades del proyecto incluyen la instalación de un sistema de extracción de gases y equipos quemadores, una estación de pretratamiento de

										gases. El sistema de extracción consiste en una red de pozos conectados a unos colectores principales. Mediante blowers, los gases serán enviados a los dispositivos quemadores.
PASTO	Antanas	2009	15 AÑOS	44,90%	249.049 tCO ₂ eq / año	No hay Información	Activa	Cerrada	No contemplado en el proyecto	Este proyecto de pequeña escala está basado en un sistema recolector de gases y un sistema de quemadores de los gases generados en el relleno sanitario. Se utilizarán una red de recolección de gases, tuberías permeables, pozos verticales de extracción y trincheras horizontales, quemadores de alta temperatura cerrados, sistema de monitoreo y control de emisiones, obras civiles.
BUCARAMANGA	El Carrasco	2010	10 AÑOS	50,30%	650.000 tCO ₂ eq / año	\$4.074.492,5 (EUR 1,28 /US 2010)	Activa	Cerrada	Generador eléctrico de respaldo.	Los equipos de este proyecto incluyen el sistema de recolección de gases, una estación quemadora cerrada de alta

										temperatura y un sistema de monitoreo y control de emisiones.
CARTAGENA	Parque Ambiental Loma de los Cocos	2012	21 AÑOS	67,60%	996.687 tCO ₂ eq / año	\$1.120.536,4 (EUR/1,25 US 2012)	Activa	Cerrada	No contemplado en el proyecto. Puede ser utilizado para producción de energía térmica en industrias cercanas y / o generación de energía eléctrica.	Las actividades de este proyecto contemplan en su primera fase, las actividades de extracción mediante pozos verticales, un sistema de recolección de gases que se conecta con la estación quemadora. Un sistema de condensadores, monitoreo de lixiviados extraídos, blowers, estación quemadora y un sistema de monitoreo y control de las emisiones.
				47,80%		\$1.712.640 (EUR 1,28/US 2010)				Las actividades de este proyecto contemplan un sistema de recolección de gases y sistema de quemadores. Los equipos por utilizar son una red de recolección de gases, tuberías permeables, pozos verticales de extracción, trincheras
MANIZALES	El Guayabal y La Esmeralda	2010	21 AÑOS	50,40%	612.397 tCO ₂ eq / año	\$1.327.360 (EUR 1,28/US 2010)	Activa	Cerrada	Generador de energía suplente.	

										horizontales, quemador cerrado de alta temperatura, sistema de monitoreo y control de emisiones.
MEDELLÍN	Curva de Rodas	2010				\$1404.672 (EUR 1,28/US 2010)				Las inversiones planeadas contemplan un sistema de recolección de gases con tuberías permeables, cúpulas para los gases, pozos para extracción de gases, tuberías de conducción, blower, quemador cerrado de alta temperatura, sistema de monitoreo y control de emisiones.
	La Pradera		21 AÑOS	No hay información	1.351.195 tCO ₂ eq / año	\$1.771.136 (EUR 1,28/US 2010)	Activa	Cerrada	No contemplado en el proyecto. Puede ser utilizado para producción de energía térmica en industrias cercanas y / o generación de energía eléctrica.	
YOTOCO - CALI	Colomba-Guabal	2009	21 AÑOS	No hay información	236.179 tCO ₂ eq / año	\$6.407.329	Activa	Cerrada	No contemplado en el proyecto. Puede ser utilizado para producción de energía térmica en industrias cercanas y / o generación de energía eléctrica.	Las tecnologías utilizadas para el proyecto serán: pozos de extracción existentes que se conectarán con tuberías, nuevos pozos de extracción, sistema de extracción, blower, sistema de condensadores, dos quemadores cerrados de alta eficiencia y un

												sistema continuo de monitoreo.
MEDELLÍN	El Guacal	2009	21 AÑOS	No hay información	896.994 tCO2eq / año	\$1.198.001	Activa	Cerrada	No contemplado en el proyecto. Puede ser utilizado para producción de energía térmica en industrias cercanas y / o generación de energía eléctrica.			<p>Durante el proyecto, los pozos de extracción existentes serán cerrados y se conectarán a una línea de tubería. Las redes de tuberías se conectarán a unos blowers para extraer el gas y conducirlo al quemador. Habrá un sistema de condensadores. Un sistema de quemadores y un sistema de monitoreo continuo.</p>

SANTA MARTA, IBAGUÉ, VALLEDUPAR, SINCELEJO.	Palangana, La Miel, Los Corazones, El Oasis	2012	21 AÑOS	No hay información	3.057.878 tCO ₂ eq / año	\$863.659	Activa	Cerrada	No lo incluyen pues los costos de energía en Colombia son muy bajos.	Las chimeneas de venteo existentes se interconectarán con tuberías. Mediante ingeniería de detalles se determinará la necesidad de más pozos y chimeneas de venteo para capturar gases generados en el relleno sanitario. Áreas con emisiones fugitivas serán cubiertas con membrana geo- textil para su captura. Un sistema de blower continuo, sistema de extracción y almacenamiento. Un quemador centralizado de alta eficiencia y un sistema de monitoreo.
	PANAMÁ Cerro Patacón	2012	15 años	42,20%	223,658 tCO ₂ eq / año. (primeros 7 años)	\$3.428.050,4	Activa	Cerrada	Planta de Energía	Este proyecto tenía como objetivo generar energía, eliminar una cantidad significativa de metano (CH ₄) y desplazar el uso de combustibles fósiles cuya utilización genera emisiones de gases CO ₂



ARGENTINA	Las Heras	2009	10 años	44,90%	30,599 tCO ₂ e / año	\$3.004.815,632 (EUR 1,456/US 2009)	Activa	Cerrada	Posteriormente si se demuestra viabilidad	<p>El equipamiento incluye el sistema de redes de recolección del biogás, los equipos de extracción y las estaciones de quema de alta temperaturas cerradas. También se incluye el sistema de monitoreo y el sistema de control de las emisiones.</p> <p>Uno de los posibles usos del biogás incluye la generación de electricidad para usarlo en el relleno sanitario. La planta de energía consiste en un sistema de pretratamiento y en generadores de energía, los cuales, una vez instalados demostrarán la factibilidad cuando se hagan las pruebas operativas.</p>
-----------	-----------	------	---------	--------	------------------------------------	---	--------	---------	--	---



BRAZIL	Jambeiro	2012	10 años	45,30%	106,154 tCO ₂ eq / año	\$1.585.266,2 (EUR 1,25/US 2012)	Activa	Cerrada	No contemplado en el proyecto	<p>El relleno sanitario de la municipalidad de Jambeiro tienen un área de 138,99 hectáreas, con una capacidad de 9.656 millones de metros cúbicos de residuos sólidos. Por tanto, se propuso el proyecto para la reducción de gases de efecto invernadero. Los beneficios de desarrollar este proyecto MDL es que se destruyen los gases de efecto invernadero, minimizando el riesgo de explosiones o incendios por acumulación de estos gases. El impacto social por la destrucción de partículas contaminantes mejorando la calidad del aire y la seguridad de las comunidades. Además, se crean puesto de trabajo a largo plazo debido a las actividades de implementación del proyecto, operación y</p>

										asegurar que el sistema funcione en un solo sentido, y por último, condensadores en el sistema y extractores.
MEXICO	Culiacan Northern									
		2010	10 años	No hay información	427,456 tCO ₂ eq / año	\$1.303.535,6 (MXN 0,07804/US 2010)	Activa	Cerrada	Producción de energía a partir de los gases que se generan en el relleno sanitario, lo que guiaría a una reducción de las emisiones.	El proyecto por desarrollar busca la reducción de los gases de efecto invernadero de dos formas diferentes. Capturando y quemando los gases generados en el relleno, lo que evitaría las emisiones incontroladas de metano.

c. MECANISMO REGULATORIO

Mecanismo regulatorio

Como se mencionó anteriormente, corresponde a la Comisión de Regulación definir la metodología y criterios con arreglo a los cuales las empresas de servicios públicos domiciliarios determinan o modifican los precios máximos de los servicios. De esta manera, la definición de metodologías o criterios implica una regulación de precios que se refiera a un precio o un rango de precios que la empresa puede trasladar en la tarifa y, dependiendo del caso, la regulación puede imponer un mínimo, por ejemplo, para evitar precios predatorios, o máximo para evitar pérdidas en el beneficio de los consumidores y mantener los retornos de las empresas (Viscusi, Harrington, & Vernon, 2005).

En el control de precios, se destacan dos aproximaciones para prevenir los cobros excesivos en mercados no competitivos: la imposición de un precio techo y la regulación de la tasa de retorno (Ian & Irwin, 1996). Con el ánimo de identificar las ventajas y desventajas de ambos mecanismos a continuación se describen sus características teóricas.

i. Precio techo

El precio techo fue propuesto por primera vez en 1980 por Stephen Littlechild, según Viscusi, Harrington, & Vernon (2005), este método se basa *“en la idea que si el precio que una firma puede cobrar es independiente de cualquier reducción de costos, entonces dicha reducción será parte de las utilidades. Esto produce un poderoso incentivo a actuar eficientemente y, en adición, da a la firma alguna flexibilidad en el ajuste de precios. (...) El objetivo en el precio techo es establecer un precio en un nivel adecuado, lo que requiere estimar los futuros aumentos en productividad”*.

El regulador debe establecer un precio máximo que se ajuste a lo largo del tiempo, con base en los incrementos de precios (inflación) y los incrementos en productividad. De acuerdo con Sappington & Weisman (2016), los precios regulados de una firma son establecidos para reflejar los costos preponderantes. Bajo este esquema, el incremento en los precios regulados P se permite conforme la siguiente ecuación:

$$\dot{P} = I - X + Z$$

Donde,

- \dot{P} : Variación del precio P regulado.
- I : Tasa de inflación de la economía.
- X : Factor de productividad.
- Z : Costos exógenos de la firma.

El valor de P está dado por la siguiente ecuación:

$$P_t = P_{t-1} * (I - X) + Z$$

Donde,

- P_t : Precio regulado del periodo t .

El valor de I corresponde a cualquiera de los indicadores económicos que publica el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), los cuales corresponden al Índice de Precios al Consumidor (IPC), Índice de Obras de Explanación (IOExp) y el Índice Combinado de Precios al Consumidor y Combustible (IPCC). En el momento de elaborar la regulación, se requerirá definir cuál es el indicador más conveniente.

El valor de X corresponde al valor de productividad, cuyo valor debería mostrar la tasa de crecimiento de la productividad que un prestador obtiene si estuviera sujeto a las presiones de la competencia (Viscusi, Harrington, & Vernon, 2005).

Por su parte, el valor de Z correspondería a aquellos valores que son inherentes a la operación del prestador, tales como las tasas ambientales cobradas por las autoridades ambientales, requerimientos de las autoridades ambientales, impuestos, entre otros.

Las desventajas de este mecanismo regulatorio, según Soto Carrillo (2009) son:

- La calidad en la prestación del servicio puede verse aminorada, debido a que genera incentivos en la reducción de los costos.
- La empresa regulada puede obtener beneficios excesivos, en el caso que el factor X sea muy bajo.
- Si el factor X es muy alto se compromete la suficiencia financiera de la empresa.
- En una segunda revisión del precio techo, si los costos se construyen a partir de información revelada por las empresas, éstas pueden exhibir comportamientos estratégicos para lograr un mayor precio tope.

ii. Regulación por tasa de retorno

Este mecanismo corresponde a la remuneración de una empresa con base en una tasa de retorno determinada, en términos de Viscusi, Harrington, & Vernon (2005) este mecanismo regulatorio sigue la siguiente estructura:

$$\sum_{i=1}^n p_i q_i = Costos + sB$$

Donde,

- p_i : Precio del servicio i -ésimo.
 q_i : Cantidad del servicio i -ésimo.
 s : Tasa de retornoregulada.
 B : Base del retorno.

De acuerdo con Viscusi, Harrington, & Vernon (2005) en este mecanismo regulatorio “*la idea fundamental, naturalmente, es que el recaudo de la empresa sea igual a sus costos, por lo cual el beneficio económico es cero. Nótese que los precios eficientes no son requeridos en la ecuación, sólo precios que cubran los costos totales*”¹⁶⁶.

Bajo esta opción, el regulador debe identificar la tasa de retorno s , la base de capital para dar aplicación a la misma B y los precios que las cubren p_i . Asumiendo que la empresa está restringida a que sus ganancias sean iguales a cero, entonces la tarifa corresponderá al costo medio.

Así, la tasa de retorno debería ser la mínima que garantice la sostenibilidad financiera e incentive al prestador a desarrollar inversiones futuras requeridas; mientras que la base generalmente corresponde a los costos en los que incurre una firma por su planta y equipo, descontado de la depreciación; por su parte, los costos, idealmente, deberían ser equivalentes al costo marginal (Viscusi, Harrington, & Vernon, 2005).

¹⁶⁶ Página 430.

La tasa de retorno se determina mediante distintos mecanismos, la Comisión utiliza el establecimiento del costo de capital a través del Costo Ponderado Medio de Capital (WACC¹⁶⁷, por sus siglas en inglés), en el cual se evalúa el costo de la firma ponderado por el costo del capital propio, el costo de la deuda sujeto al nivel de riesgo de país y de mercado y el nivel impositivo.

Por su parte, los costos¹⁶⁸ corresponderían a los que informen los prestadores en relación con las inversiones requeridas y la operación que conlleva implementar el sistema de tratamiento a remunerar.

Las desventajas de este mecanismo regulatorio, según (Averch & Johnson, Behavior of the Firm Under Regulatory Constraint, 1962) y Soto Carrillo (2009), son:

- El prestador podría no igualar la tasa marginal de sustitución al de la tasa del costo de los factores.
- La innovación y reducción de costos podrían verse limitados.
- Podrían trasladarse ineficiencias al usuario.

iii. Análisis y selección de alternativas

En el presente caso, por ser un proyecto catalogado como AIN bajo, la selección de la alternativa se realizará a partir de un análisis de ventajas y desventajas en el cual se comparan cada una de las alternativas respecto de diferentes criterios que evidencian el cumplimiento del objetivo de *“Reconocer en la tarifa del servicio público de aseo los costos eficientes de tratamiento de gases generados en los rellenos sanitarios.”*

Los criterios propuestos corresponden al cumplimiento de objetivos específicos y generales de la intervención, y se listan a continuación. Se aclara que, si bien algunos de ellos son de ley, se considera importante evidenciarlos en este documento para efectos del análisis de alternativas.

5. **Aporta al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones de GEI** (reducir las emisiones de gases efecto invernadero en 20% para el año 2030). La implementación de la alternativa evaluada propicia la implementación de sistemas de tratamiento de gases en rellenos sanitarios con lo cual disminuye la emisión de los gases GEI en el sector residuos.
6. **Induce a que el precio que se traslada en la tarifa se aproxime al de un mercado en competencia.** La alternativa evaluada propicia que la implementación de sistemas de captura activa y quema tecnificada de gases a precios que permitan a los operadores de rellenos sanitarios el cumplimiento de los requerimientos normativos del servicio y las metas ambientales sectoriales y que no sobrepasen el rango de los precios comerciales de las tecnologías aplicadas en el mercado atendido.
7. **Garantiza la suficiencia financiera del prestador.** La alternativa analizada propicia la remuneración de las inversiones realizadas para la implementación de las tecnologías de captura activa y quema tecnificada de gases, en mayor o menor grado como lo haría una empresa eficiente, en un sector de riesgo comparable al del servicio público de aseo.

¹⁶⁷ Weighted Average Cost of Capital

¹⁶⁸ Teniendo en cuenta que se tendrían que generar mecanismos que neutralicen las distorsiones que pudieran generarse producto de la especulación de los proveedores de las tecnologías dispuestas como costos de referencia, como un problema regulatorio cuando el regulador en sus normas define una tecnología específica.

Las alternativas propuestas se evalúan de manera cualitativa desde la perspectiva de cada uno de los criterios y en función de la eficiencia y eficacia que aporten para lograr el cumplimiento del objetivo. La selección de la alternativa se realizará después de surtir el proceso de consulta con los grupos de interés.

A continuación, se presenta el análisis de ventajas y desventajas de las alternativas propuestas, según los criterios definidos anteriormente:

Aporta al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones de GEI (reducir las emisiones de gases efecto invernadero en 20% para el año 2030).

Tabla 39 Ventajas y desventajas del criterio 1

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Statu quo	Con relación a este criterio, la alternativa no presenta ventajas.	<p>El aporte estaría sujeto a las fluctuaciones del mercado de los mecanismos de reducción de emisiones. No se observa que en el corto plazo los mecanismos actuales de reducción de emisiones aporten al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones de GEI (ver sección 2.6.1), pues en los últimos 6 años, el mercado de emisiones ha presentado precios bajos y los demás mecanismos de mitigación no incentivan a los prestadores a poner en funcionamiento los sistemas de tratamiento de biogás.</p> <p>El aporte depende de la voluntad del prestador. y está condicionado a que otros mecanismos de mitigación, como el MDL, permitan al operador recuperar sus inversiones, costos de operación y obtener rentabilidad, o, estaría limitado al número de prestadores que soliciten la remuneración del tratamiento del biogás a través de la modificación de la fórmula tarifaria</p> <p>Aporte poco significativo en el corto plazo. Por la alta probabilidad de aplicación de la medida en rellenos sanitarios con vida útil menor a 3 años que, de acuerdo con el diagnóstico, no corresponden a aquellos que reciben la mayor cantidad de residuos (ver sección 2.4.1). Las modificaciones de fórmulas tarifarias estarían limitadas por lo establecido en el Decreto 1784 de 2017.</p>
Regular mediante precio techo	Aporta al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones, considerando que los prestadores tendrán incentivos a implementar la captura activa y quema del biogás, ya que sus sistemas serán remunerados vía tarifa.	No presenta desventajas frente al criterio evaluado.
Regular mediante	Aporta al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones, considerando que los prestadores	No presenta desventajas frente al criterio evaluado.

Alternativa	Ventajas	Desventajas
tasa de retorno	tendrán incentivos a implementar la captura activa y quema del biogás, ya que sus sistemas serán remunerados vía tarifa.	

5. Induce a que el precio que se traslada en la tarifa se aproxime al de un mercado en competencia.

Tabla 40 Ventajas y desventajas del criterio 2

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Statu quo	No afecta al usuario. Si en los mercados de reducción de emisiones se logra un precio atractivo para los prestadores, los costos de tratamiento de biogás no tendrían que ser trasladados a la tarifa.	Si el mercado de reducciones de emisiones no es atractivo, la no implementación de sistemas de tratamiento de biogás genera ineficiencias derivadas de las externalidades producidas por dichas emisiones.
Regular mediante precio techo	El prestador cuenta con los incentivos suficientes para implementar y seleccionar el sistema de tratamiento menos costoso, para sus condiciones de modo y lugar, con el ánimo de incrementar la diferencia entre el precio reconocido y los recursos efectivamente gastados (Anexo c).	Se requiere contar con información de calidad sobre las variables que impactan el precio a regular.
Regular mediante tasa de retorno	Con la información que revelen los prestadores, el regulador podría identificar mejoras en el esquema regulatorio que deriven en precios eficientes.	Considerando lo explicado en el Anexo c, mediante esta alternativa se podrían trasladar ineficiencias del prestador al usuario.

Garantiza la suficiencia financiera del prestador.

Tabla 41 Ventajas y desventajas del criterio 3

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Status quo	Garantiza la recuperación de costos de inversión y operación a aquellos rellenos sanitarios nuevos o que requieran ampliación y que presenten solicitudes de modificación de costos. Cuando el MDL presenta precios atractivos para el prestador, garantiza la suficiencia financiera de los mismos.	Mientras el MDL mantenga precios bajos, no garantiza la recuperación de costos de inversión, operación y mantenimiento de los rellenos sanitarios existentes y, especialmente, de aquellos que ya cuentan con sistemas de extracción, captura activa y quema de biogás.
Regular mediante precio techo	Garantiza la recuperación de los costos de inversión, operación y rentabilidad de aquellos rellenos sanitarios en los cuales la	Aquellos rellenos sanitarios cuyos costos de inversión, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento presenten

Alternativa	Ventajas	Desventajas
	implementación de sistemas de tratamiento de biogás es costo eficiente.	particularidades no captadas en el precio techo, requerirían de una modificación particular de la fórmula tarifaria.
Regular mediante tasa de retorno	Garantiza la recuperación de la totalidad de los costos en que incurra el prestador.	Con relación a este criterio, esta alternativa no presenta desventajas.

d. MATRIZ DE CONSULTA A GRUPOS DE INTERÉS

Consecutivo	1	1		1
Radicado	1	2		20193210058022
Fecha de Radicado	1	3		12/07/2019
Mes	1	4		7
Remitente	1	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.	
Ciudad	1	6		Medellín
Departamento	1	7		Antioquia
Tipo de remitente	1	8		Empresa
Consulta	1	9	"Adicional a las propuestas de modificación del Decreto 1784 de 2018 analizadas por la CRA proponemos las siguientes: Redefinir las categorías de clasificación de los sitios de disposición final de que trata el artículo 2.3.2.3.1o del decreto 1784 de 2017. (...) Lo anterior considerando que en la Categoría III se clasifican rellenos que manejan entre 500 y 3000 toneladas día, siendo este rango una brecha muy grande operativamente hablando, pues el tamaño de los rellenos y las inversiones requerida son muy diferentes, por tanto no es razonable que se mida bajo el mismo rasante esta diversidad de rellenos, pues no es comparable entre ellos los criterios operativos, técnicos, ambientales, económicos, por tanto se propone la modificación de este artículo por parte del Ministerio de Vivienda y Ciudad y Territorio con las siguientes categorías: Categoría I: de 0 a 50 ton/día Categoría II: Mayor de 50 hasta 500 ton/día Categoría III: Mayor de 500 hasta 1500 ton/día Categoría IV: Mayor de 1500 hasta 3000 ton/día Categoría V: Mayor de 3000 ton/día	
Escrita/Presencial	1	10		Escrita
Tipo de Consulta	1	11		Propuesta
Eje temático	1	12		No relacionado con el Documento AIN
Tipo de Respuesta	1	13		No aplica
Respuesta	1	14	Si bien en el documento se consideran algunos aspectos del Decreto 1077 de 2015, modificado por el Decreto 1784 de 2017, la reglamentación de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994.	
Consecutivo	2	1		2
Radicado	2	2		20193210058022
Fecha de Radicado	2	3		12/07/2019
Mes	2	4		7
Remitente	2	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.	
Ciudad	2	6		Medellín
Departamento	2	7		Antioquia
Tipo de remitente	2	8		Empresa

Consulta	2	9	<p>Modificar el artículo 2.3.2.3.11, numeral III, inciso 3 que citan: "Artículo 2.32.3.11. Requisitos mínimos para el diseño de nuevos rellenos sanitarios o ampliación de existentes. (...)</p> <p>i). Ampliar el alcance la captura y quema tecnificada del biogás a los actuales sitios de disposición final, toda vez que este se genera a partir del tercer año de disposición de los residuos sólidos. De no tomarse esta medida, el País perdería el potencial de biogás que existe actualmente en los rellenos sanitarios que se encuentran en funcionamiento y que en un corto plazo no serán objeto de ampliaciones.</p>
Escrita/Presencial	2	10	Escrita
Tipo de Consulta	2	11	Propuesta
Eje temático	2	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	2	13	Ya está incluido
Respuesta	2	14	<p>La reglamentación de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994. Sin embargo, se aclara en la sección 2.2.4 del documento AIN que el Decreto 1784 de 2017 también determinó la existencia de un régimen de transición, según el cual, los sitios de disposición final que se encuentren en operación antes del 31 de diciembre de 2017, contarán con un término de 36 meses, a partir del 1° de enero de 2018, para la actualización del Reglamento Operativo y cumplimiento de estándares mínimos en la operación. Los análisis presentados en el AIN consideran la captura activa y quema de biogás en los rellenos sanitarios.</p>
Consecutivo	3	1	3
Radicado	3	2	20193210058022
Fecha de Radicado	3	3	12/07/2019
Mes	3	4	7
Remitente	3	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	3	6	Medellín
Departamento	3	7	Antioquia
Tipo de remitente	3	8	Empresa
Consulta	3	9	<p>ii) Eliminar la obligatoriedad de realizar "captura y quema tecnificada" para sitios de disposición final de categorías I y II (sitios de disposición final que reciban menos de 500 toneladas mes), dado que las cantidades de residuos sólidos recibidas no son representativas en términos de generación de biogás.</p> <p>En estos sitios debe exigirse una extracción pasiva la cual es remunerada a través de la estructura tarifaria vigente.</p>
Escrita/Presencial	3	10	Escrita
Tipo de Consulta	3	11	Propuesta
Eje temático	3	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	3	13	Ya está incluido
Respuesta	3	14	<p>La reglamentación de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994.</p> <p>Sin embargo, en la sección 2.4.4 se incluye un análisis de la producción de biogás por categoría de relleno sanitario. Adicionalmente, se consideró como una causa del problema que "El volumen de residuos dispuestos en algunos rellenos sanitarios no permite internalizar los costos por la extracción, captura activa y quema del biogás de manera eficiente", así mismo, el documento contiene como Objetivos generales: "Identificar los mercados en los que la captura activa y quema de biogás son costo eficientes".</p>
Consecutivo	4	1	4
Radicado	4	2	20193210058022
Fecha de Radicado	4	3	12/07/2019
Mes	4	4	7
Remitente	4	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	4	6	Medellín
Departamento	4	7	Antioquia
Tipo de remitente	4	8	Empresa

Consulta	4	9	ii) Desarrollar el alcance de la expresión "captura y quema tecnificada", pues no existe en el decreto la descripción de un alcance que permita evidenciar las actividades que se encuentran implícitas y asociadas e en la generación y extracción del biogás en los rellenos sanitarios. Este vacío normativo, no permite identificar las acciones necesarias que deben llevarse a cabo dentro de los rellenos sanitarios para el adecuado manejo de Biogás, así mismo imposibilita el dimensionamiento de las inversiones requeridas en cada una de las actividades que se le remuneraría vía tarifa. Sugerimos entonces que la captura y quemas incluya las siguientes actividades: - Extracción Activa - Captura - Almacenamiento - Quema tecnificada y/o aprovechamiento
Escrita/Presencial	4	10	Escrita
Tipo de Consulta	4	11	Propuesta
Eje temático	4	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	4	13	No aplica
Respuesta	4	14	La reglamentación de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994. Sin embargo, el MVCT se encuentra reglamentando el Decreto 1784 de 2017 en el cual se incluye la expresión "captura y quema tecnificada".
Consecutivo	5	1	5
Radicado	5	2	20193210058022
Fecha de Radicado	5	3	12/07/2019
Mes	5	4	7
Remitente	5	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	5	6	Medellín
Departamento	5	7	Antioquia
Tipo de remitente	5	8	Empresa
Consulta	5	9	Del análisis del presente AIN, se vuelve a poner en discusión el vacío normativo que existe en relación con la propiedad de los residuos sólidos y por ende la propiedad del biogás, en tal sentido insistimos que se requiere por parte del MVCT la adición del decreto 1077/2015 en relación con la definición de propiedad de los residuos, pues si bien la responsabilidad inicial de estos corresponde al operador del servicio de recolección y transporte, la responsabilidad y los riesgos sobre su manejo final recae sobre el prestador de la actividad de disposición final y/o tratamiento a quien deberá trasladarse finalmente la propiedad y responsabilidad de los mismos.
Escrita/Presencial	5	10	Escrita
Tipo de Consulta	5	11	Propuesta
Eje temático	5	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	5	13	No aplica
Respuesta	5	14	En las consideraciones iniciales "COMPROMISO DE LA CRA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORES PRÁCTICAS REGULATORIAS", se precisa que el propósito de aplicar la metodología AIN es "identificar la herramienta, regulatoria o no regulatoria, más eficaz para dar solución a una situación problemática, a los menores costos para la sociedad". En este sentido, el alcance de este AIN no incluye la solución de otros temas que requieren de otros instrumentos regulatorios o de política. Sin embargo, se comunicará al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) la propuesta presentada.
Consecutivo	6	1	6
Radicado	6	2	20193210058022
Fecha de Radicado	6	3	12/07/2019
Mes	6	4	7
Remitente	6	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	6	6	Medellín
Departamento	6	7	Antioquia
Tipo de remitente	6	8	Empresa
Consulta	6	9	En el análisis realizado por la CRA solo se contempla los costos de inversión de las infraestructuras necesarias para realizar extracción y quema del biogás sin considerar los costos de la operación del sistema, por tanto se requiere que

			estos últimos sean incorporados al modelo de acuerdo a la cantidad del gas que se genere (el cual dependerá de la recepción diaria de residuos sólidos, su composición orgánica, las características climáticas de la zona, la compactación y cobertura del relleno entre otros).
Escrita/Presencial	6	10	Escrita
Tipo de Consulta	6	11	Comentario
Eje temático	6	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	6	13	Ya está incluido
Respuesta	6	14	En las tablas 26 y 27 se presenta el costo asociado a las antorchas cerradas para la quema de biogás. Adicionalmente y dada la existencia de asimetría de información para realizar una aproximación a todos los costos asociados a la quema de biogás, en la sección 2.7 del documento se presenta un ejercicio teórico sobre el impacto que podría generar en la tarifa de incorporarse el costo total de la externalidad.
Consecutivo	7	1	7
Radicado	7	2	20193210058022
Fecha de Radicado	7	3	12/07/2019
Mes	7	4	7
Remitente	7	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	7	6	Medellín
Departamento	7	7	Antioquia
Tipo de remitente	7	8	Empresa
Consulta	7	9	Con el fin de incentivar el aprovechamiento de Biogás de que trata el artículo 2.3.2.3.21. del decreto 1784 de 2018 que reza: (...) Proponemos regular el costo para la captura y quema de biogás permitiendo el aprovechamiento del mismo como una alternativa, tal como se remunera la alternativa a la disposición final de residuos. En tal sentido proponemos el siguiente artículo: Costo de alternativas a la captura y quema de biogás. Podrán emplearse otras alternativas a la captura y quema de biogás en los rellenos sanitarios siempre y cuando éstas cuenten con los permisos y autorizaciones ambientales requeridas y el costo a trasladar a los usuarios en la tarifa no exceda el precio techo definido para el majo del biogás en el sitio de disposición final.
Escrita/Presencial	7	10	Escrita
Tipo de Consulta	7	11	Propuesta
Eje temático	7	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	7	13	No incluir
Respuesta	7	14	El alcance de este AIN no incluye la proyección de una resolución. Sin embargo, si al finalizar este AIN la alternativa recomendada es regular, la definición de los artículos se realizará en el desarrollo del proyecto de resolución, el cual, cumpliendo con la normatividad vigente, tendrá una etapa de participación ciudadana en la cual se podrán presentar propuestas y observaciones relacionadas con dicho proyecto. Adicionalmente, en el artículo 2,3,2,3,21 del Decreto 1077 de 2015, se establece que el aprovechamiento de biogás dependerá "de los estudios de viabilidad técnica, económica y la relación beneficio costo" y por lo tanto corresponde a una decisión empresarial. No obstante, uno de los fines del árbol de objetivos establecidos en la sección 4 del AIN es "Favorecer la implementación de sistemas de extracción, captura activa y quema o aprovechamiento de gases en los rellenos sanitarios".
Consecutivo	8	1	8
Radicado	8	2	20193210058022
Fecha de Radicado	8	3	12/07/2019
Mes	8	4	7
Remitente	8	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	8	6	Medellín
Departamento	8	7	Antioquia
Tipo de remitente	8	8	Empresa
Consulta	8	9	2. Observaciones Alternativas presentadas por la CRA 2.1 Instrumentos Jurídicos a) Modificación y/o adición de la Resolución CRA 720 de 2015 (metodología

			tarifaria actual). Dado que este proyecto de norma es requerido con urgencia, consideramos pertinente la modificación y/o adición de la resolución CRA 720 de 2015. b) Inclusión de la remuneración en el próximo marco tarifario que regule los rellenos sanitarios en los que la implementación de los sistemas de tratamiento de biogás sea costo eficiente. Existe una incertidumbre muy grande de la fecha en la cual empezará a regir el nuevo maro tarifario, por ende, esta alternativa no debe ser considerada.
Escrita/Presencial	8	10	Escrita
Tipo de Consulta	8	11	Propuesta
Eje temático	8	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	8	13	No incluir
Respuesta	8	14	El resultado del Análisis de Impacto Normativo en este tipo de proyectos (AIN bajo) culmina con una recomendación de una alternativa. Ahora bien, con los resultados de la consulta con grupos de interés y teniendo en cuenta el cambio de las prioridades del mercado en relación con el desarrollo de proyectos MDL y sus condiciones jurídicas el enfoque del análisis de ventajas y desventajas ya no se concentra en decisiones sobre el instrumento regulatorio a utilizar sino en el mecanismo de remuneración de las inversiones para reducir los GEI.
Consecutivo	9	1	9
Radicado	9	2	20193210058022
Fecha de Radicado	9	3	12/07/2019
Mes	9	4	7
Remitente	9	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	9	6	Medellín
Departamento	9	7	Antioquia
Tipo de remitente	9	8	Empresa
Consulta	9	9	2.2 Mecanismos Regulatorios. a) Statu quo No debe tenerse en cuenta considerando que se requiere dar solución a la problemática existente en los rellenos por no contar con mecanismos que permitan la reducción de GEI.
Escrita/Presencial	9	10	Escrita
Tipo de Consulta	9	11	Propuesta
Eje temático	9	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	9	13	No incluir
Respuesta	9	14	El resultado del Análisis de Impacto Normativo en este tipo de proyectos (AIN bajo) culmina con una recomendación de la alternativa más apropiada. Por lo anterior, con la información recopilada en el desarrollo del mismo y aquella aportada por los Grupos de Interés y los comités de expertos comisionados realizados al interior de la entidad, en la sección 7 se describen las ventajas y desventajas de cada alternativa. Adicionalmente, el análisis del Statu Quo es necesario porque permite identificar la línea base sobre la cual se realiza la regulación. Para este caso particular, se identificó que manteniendo el principio de adicionalidad, existen mecanismos que resuelven la falla de mercado y que por tanto se deben considerar. Por otra parte, de acuerdo con la Guía Metodológica de Análisis de Impacto Normativo el Análisis del Statu quo es obligatorio.
Consecutivo	10	1	10
Radicado	10	2	20193210058022
Fecha de Radicado	10	3	12/07/2019
Mes	10	4	7
Remitente	10	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	10	6	Medellín
Departamento	10	7	Antioquia
Tipo de remitente	10	8	Empresa
Consulta	10	9	b) Precio techo Este modelo regulatorio, permite estandarizar las tecnologías de referencia en el País, y trasladar a los usuarios un costo "eficiente" siempre y cuando los modelos desarrollados por la CRA obedezcan a precios reales de la realización de estas actividades.

			<p>Sugerimos este mecanismo de regulación, siempre y cuando se haga una construcción conjunta del modelo económico con los operadores del servicio a partir las experiencias y estudios con los que cuentan los actuales operadores de los rellenos sanitarios. Así mismo es importante considerar la remuneración del aprovechamiento de biogás como una alternativa a la quema del mismo.</p> <p>Finalmente, y de construirse un costo techo se hace necesario que se modifiquen las categorías de rellenos sanitarios existentes, como se sugirió en líneas anteriores, a fin de unificar la muestra con rellenos sanitarios comparables entre sí.</p>
Escrita/Presencial	10	10	Escrita
Tipo de Consulta	10	11	Propuesta
Eje temático	10	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	10	13	No incluir
Respuesta	10	14	<p>El resultado del Análisis de Impacto Normativo en este tipo de proyectos (AIN bajo) culmina con una recomendación de la alternativa más apropiada. Por lo anterior, con la información recopilada en el desarrollo del mismo y aquella aportada por los Grupos de Interés y los comités de experto comisionados realizados al interior de la entidad, en la sección 7 se describen las ventajas y desventajas de cada alternativa.</p> <p>Por otra parte, en cuanto a la propuesta de modificar las categorías definidas en el Decreto 1784/2017, se precisa que la reglamentación de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994.</p>
Consecutivo	11	1	11
Radicado	11	2	20193210058022
Fecha de Radicado	11	3	12/07/2019
Mes	11	4	7
Remitente	11	5	Jorge Antonio Yépez Vélez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	11	6	Medellín
Departamento	11	7	Antioquia
Tipo de remitente	11	8	Empresa
Consulta	11	9	<p>c) Regulación por tasa de retorno.</p> <p>Esta alternativa podría generar distorsión en la tarifa al usuario final y hasta la inviabilidad de algunos sitios de disposición final, ya que se presta a la especulación de proveedores de tecnologías que no cuentan con experiencias exitosas en el País".</p>
Escrita/Presencial	11	10	Escrita
Tipo de Consulta	11	11	Comentario
Eje temático	11	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	11	13	Incluir
Respuesta	11	14	En el anexo C, se desarrollan las desventajas que presentarían de seleccionarse la alternativa de regulación por tasa de retorno
Consecutivo	12	1	12
Radicado	12	2	0
Fecha de Radicado	12	3	26/07/2019
Mes	12	4	7
Remitente	12	5	Ana Martínez. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN EPM E.S.P.
Ciudad	12	6	Medellín
Departamento	12	7	Antioquia
Tipo de remitente	12	8	Empresa
Consulta	12	9	Los proyectos MDL son un tema costoso y con un trámite muy largo. Para los temas de mitigación en rellenos sanitarios, una fuente de ingreso es poder certificar las emisiones, pero la viabilidad económica del proyecto no debe depender de la posibilidad de la comercialización.
Escrita/Presencial	12	10	Presencial
Tipo de Consulta	12	11	Comentario
Eje temático	12	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	12	13	Ya está incluido
Respuesta	12	14	En el análisis de alternativas (tabla 37), se identifica que la "recuperación de costos de inversión y operación está sujeta al precio del mercado" y por ende se

			reconoce el riesgo de la fluctuación del mercado de bonos de carbono (presentada en la sección 2.6.1) como desventaja en la alternativa de Statu Quo
Consecutivo	13	1	13
Radicado	13	2	20193210058202
Fecha de Radicado	13	3	15/07/2019
Mes	13	4	7
Remitente	13	5	John Jairo Martínez - Veolia
Ciudad	13	6	Bogotá_D.C.
Departamento	13	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	13	8	Empresa
Consulta	13	9	I. COMENTARIO FRENTE AL OBJETIVO PRINCIPAL (...) Si bien se entiende la preocupación del regulador, se debe tener en cuenta que si el fundamento jurídico de la necesidad de intervención por parte de la CRA parte desde las obligaciones asumidas por Colombia al adherirse al Protocolo de Kioto, normas supranacionales que tiene prelación dentro de nuestra jerarquía legal, para lograr el cumplimiento de las metas allí asumidas. Con estos instrumentos, lo que ha pretendido por la comunidad internacional es que todos los actores que generan externalidades asociadas a la generación y/o manejo de GEI, realicen de manera voluntaria las inversiones requeridas para la construcción (o reconversión) y operación de proyectos MDL que mitiguen esas emisiones; costos que serían remunerados a través de los mecanismo previstos en estos Acuerdos; v. gr., lo señalado por el Protocolo: (...)
Escrita/Presencial	13	10	Escrita
Tipo de Consulta	13	11	Comentario
Eje temático	13	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	13	13	Incluir
Respuesta	13	14	En los numerales 2.2.1 y 2.6 se desarrolla el tema de los tratados internacionales y las experiencias nacionales e internacionales relacionadas con los proyectos MDL. Así mismo, se enfatiza la condición de voluntariedad de los mismos respecto al principio de adicionalidad.
Consecutivo	14	1	14
Radicado	14	2	20193210058202
Fecha de Radicado	14	3	15/07/2019
Mes	14	4	7
Remitente	14	5	John Jairo Martínez - Veolia
Ciudad	14	6	Bogotá_D.C.
Departamento	14	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	14	8	Empresa
Consulta	14	9	(...) Si bien somos conscientes de la crisis generada en el valor de los CERs como nos ilustra el documento, también lo es que los mismos están sujetos a las leyes del mercado, y a las políticas pro cíclicas y contracíclicas que se establezcan en los países, que deben permitir una recuperación de los costos asociados a la puesta en marcha y operación de estos sistemas MDL.
Escrita/Presencial	14	10	Escrita
Tipo de Consulta	14	11	Comentario
Eje temático	14	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	14	13	Incluir
Respuesta	14	14	En el análisis de alternativas se consideraron las ventajas y desventajas del statu quo, alternativa que considera los comentarios del prestador (tablas 35, 36 y 37). Adicionalmente en el documento se amplió la descripción del statu quo con las actuales variaciones del mercado de certificados como se expone en la sección 2.6.1.
Consecutivo	15	1	15
Radicado	15	2	20193210058202
Fecha de Radicado	15	3	15/07/2019
Mes	15	4	7
Remitente	15	5	John Jairo Martínez - Veolia
Ciudad	15	6	Bogotá_D.C.

Departamento	15	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	15	8	Empresa
Consulta	15	9	Bajo esta perspectiva, debemos advertir que los instrumentos internacionales asumidos por Colombia constituyen el primer incentivo económico para que los prestadores u operadores del servicio de disposición final de RNA, realicen las inversiones en los sitios destinados para el efecto para la implementación y/o desarrollo de tecnologías MDL en el sector de residuos sólidos.
Escrita/Presencial	15	10	Escrita
Tipo de Consulta	15	11	Comentario
Eje temático	15	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	15	13	Incluir
Respuesta	15	14	En los numerales 2.2.1 y 2.6 se desarrolla el tema de los tratados internacionales y las experiencias nacionales e internacionales relacionadas con los proyectos MDL. Adicionalmente se enfatizó que los tratados internacionales son para el prestador u operador de rellenos sanitarios, un incentivo económico para la implementación voluntaria de los sistemas de captura y quema de biogás.
Consecutivo	16	1	16
Radicado	16	2	20193210058202
Fecha de Radicado	16	3	15/07/2019
Mes	16	4	7
Remitente	16	5	John Jairo Martínez - Veolia
Ciudad	16	6	Bogotá_D.C.
Departamento	16	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	16	8	Empresa
Consulta	16	9	Sin embargo, debemos remarcar que lo pretendido por esta Comisión de incluir en la tarifa la remuneración de esta actividad (lo cual admitimos también se fija en tal sentido por el Decreto 1784 de 2017), ya torna OBLIGATORIA la implementación de estas tecnologías. La inevitable consecuencia de tal obligatoriedad, es que los prestadores NO podrán acceder al esquema de economía circular promovido además por el Acuerdo de París: pues si ya la regulación incluye en la tarifa de aseo la remuneración por la captura y quema de los gases generados en las celdas de disposición final, NO podrán ejecutar proyectos MDL que sean certificables para poder participar en el mercado de los CERs ;
Escrita/Presencial	16	10	Escrita
Tipo de Consulta	16	11	Comentario
Eje temático	16	12	Análisis de alternativas
Tipo de Respuesta	16	13	Incluir
Respuesta	16	14	En la sección inicial del documento donde se relacionan los compromisos de la CRA con la implementación de las mejores prácticas regulatorias, el propósito de aplicar la metodología AIN es "identificar la herramienta, regulatoria o no regulatoria, más eficaz para dar solución a una situación problemática, a los menores costos para la sociedad". En este sentido, se incluyó en la secciones 2.2.1 y 2.6 el análisis de alternativas el efecto que tendría en los proyectos MDL la inclusión en tarifa de los costos por captura y quema de biogás, en estas secciones también se explica la importancia de no afectar el principio de adicionalidad desde la perspectiva regulatoria.
Consecutivo	17	1	17
Radicado	17	2	20193210058202
Fecha de Radicado	17	3	15/07/2019
Mes	17	4	7
Remitente	17	5	John Jairo Martínez - Veolia
Ciudad	17	6	Bogotá_D.C.
Departamento	17	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	17	8	Empresa
Consulta	17	9	(...) pues se itera, los costos asociados a la reconversión o construcción y operación de proyectos MDL en este servicio, de ser incluidos en la tarifa por la CRA como se pretende, es abiertamente contraria al carácter voluntario que debe amparar estas iniciativas acorde al Protocolo, como ya se extractó; restringiendo así la libre iniciativa privada que contempla el artículo 333 constitucional, y que caracteriza nuestro modelo económico de economía social de mercado. Es claro entonces que para garantizar este precepto constitucional, lo

			recomendable desde el punto de vista de quienes ejecutan la inversión, es mantener el statu-quo: para que sea éste quien adopte la decisión empresarial acerca de si persigue la remuneración al implementar de manera eficiente la captura y quema del biogás generado en los rellenos sanitarios que sean de su propiedad o donde éstos operen a través de la metodología tarifaria vigente para el sector, o si busca recuperar estos costos y perseguir la utilidad que le pueda generar la comercialización de CERs, a través del mecanismo previsto por el Protocolo de Kioto.
Escrita/Presencial	17	10	Escrita
Tipo de Consulta	17	11	Propuesta
Eje temático	17	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	17	13	Ya está incluido
Respuesta	17	14	En cuanto a la propuesta, en la sección 7, se encuentra incluida en el análisis del statu quo, en el cual se menciona que la persona prestadora tiene la posibilidad de aplicar la Resolución CRA 864 de 2018 o financiar sus costos a través de los CERs.
Consecutivo	18	1	18
Radicado	18	2	20193210058202
Fecha de Radicado	18	3	15/07/2019
Mes	18	4	7
Remitente	18	5	John Jairo Martínez - Veolia
Ciudad	18	6	Bogotá_D.C.
Departamento	18	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	18	8	Empresa
Consulta	18	9	COMENTARIOS FRENTE A ALGUNAS DE LOS PLANTEAMIENTOS REALIZADOS EN LA REUNIÓN DE ANDESCO EL DIA 11 DE JULIO " 1. Para rellenos pequeños el tratamiento de biogás es más costoso que el costo del daño ocasionado por el biogás ". Es cierto que debido a las considerables inversiones a realizar para un proyecto MDL, no todos los rellenos estarían en la capacidad económica de lograr desarrollar un proyecto de estos; sin embargo, es importante realizar una quema pasiva que ayude a minimizar el efecto de este gas, al contrario de realizar una emisión al ambiente de al no tener ningún tipo de quema.
Escrita/Presencial	18	10	Escrita
Tipo de Consulta	18	11	Propuesta
Eje temático	18	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	18	13	Incluir
Respuesta	18	14	En cuanto al tratamiento entendido como quema de biogás en rellenos pequeños, se incluyó en la sección 2.4.3 una estimación teórica de producción de metano para este tipo de rellenos sanitarios y se mencionan las buenas prácticas recomendadas por el RAS. Así mismo, en las tablas 26 y 27 se presenta el costo asociado a las antorchas cerradas para la quema de biogás. Adicionalmente y dada la existencia de asimetría de información para realizar una aproximación a todos los costos asociados a la quema de biogás, en la sección 2.7 del documento se presenta un ejercicio teórico sobre el impacto que podría generar en la tarifa de incorporarse el costo total de la externalidad.
Consecutivo	19	1	19
Radicado	19	2	20193210058202
Fecha de Radicado	19	3	15/07/2019
Mes	19	4	7
Remitente	19	5	John Jairo Martínez - Veolia
Ciudad	19	6	Bogotá_D.C.
Departamento	19	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	19	8	Empresa
Consulta	19	9	"2. Este tipo de medidas están sujetas a externalidad como es el precio del CO2eq que puede tener un impacto en las inversiones que hagan lo operadores en este tipo de infraestructura ". Se desconoce el comportamiento del negocio de los certificados de reducción de emisiones hacia el futuro, en tanto que en el mercado se están presentando proyectos de captura de CO2 por extensiones de siembras de árboles, razón por la cual, se puede llegar a un problema de sobre ofertas de certificados que llegaron a reducir el precio de los mismo que se están comercializar hoy en día.

Escrita/Presencial	19	10	Escrita
Tipo de Consulta	19	11	Comentario
Eje temático	19	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	19	13	Ya está incluido
Respuesta	19	14	Se reconoce en las secciones 2.6 y 7, el hecho de que el precio de los CERs está sujeto a las condiciones del mercado.
Consecutivo	20	1	20
Radicado	20	2	20193210058202
Fecha de Radicado	20	3	15/07/2019
Mes	20	4	7
Remitente	20	5	John Jairo Martínez - Veolia
Ciudad	20	6	Bogotá_D.C.
Departamento	20	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	20	8	Empresa
Consulta	20	9	<p>Por tal motivo, consideramos y se propone incluir las dos opciones.</p> <p>“ 3. La CRA está evaluando la opción de incluir estos análisis en las bases del nuevo marco tarifario. Sin embargo, existe la dificultad que actualmente no existe una norma de calidad de gases que soporte técnicamente el cobro en la tarifa. En caso que se decida no regular, deberá ser modificado el Conpes frente a esta obligación .”</p> <p>Es necesario realizar una definición clara en la norma, que presenta este requerimiento de captura y quema del biogás de rellenos sanitarios como necesario y no como un obligación. Esto debido a que el organismo de aprobación de los proyectos MDL, cuando la norma exija esta actividad sustentada bajo una tarifa, puede indicar que no es aplicable la metodología MDL y la tarifa debe viabilizar el proyecto.</p>
Escrita/Presencial	20	10	Escrita
Tipo de Consulta	20	11	Propuesta
Eje temático	20	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	20	13	No incluir
Respuesta	20	14	<p>La reglamentación de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994. Adicionalmente se precisa que los CONPES no son objeto de modificación por esta Comisión.</p> <p>En cuanto a la obligatoriedad de la implementación de la extracción activa y quema de biogás, es necesario conocer la reglamentación que expedirá el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT). En las secciones 2.2.1 y 2.6 del documento AIN se expone la importancia de la voluntariedad , para lograr la aprobación de los proyectos MDL.</p>
Consecutivo	21	1	21
Radicado	21	2	0
Fecha de Radicado	21	3	27/06/2019
Mes	21	4	6
Remitente	21	5	Martha Marín. Veolia
Ciudad	21	6	Bogotá D.C.
Departamento	21	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	21	8	Empresa
Consulta	21	9	El problema que nosotros vemos es (...) que si se regula se pierde la posibilidad de la adicionalidad.
Escrita/Presencial	21	10	Presencial
Tipo de Consulta	21	11	Comentario
Eje temático	21	12	Análisis de alternativas
Tipo de Respuesta	21	13	Incluir
Respuesta	21	14	<p>Se incluyeron en la sección 2.2.1. del documento, los requisitos exigidos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en los mercados de emisiones, entre los que se encuentra el requisito de adicionalidad en los términos del UNFCCC, que consiste en que los esfuerzos deben ser voluntarios y superar las obligaciones legales o regulatorias. Así mismo, se incluyó como causa en el árbol de problemas, como medio en el árbol de objetivos y en el análisis de ventajas y desventajas de las alternativas como criterio de evaluación.</p>
Consecutivo	22	1	22

Radicado	22	2		0
Fecha de Radicado	22	3		27/06/2019
Mes	22	4		6
Remitente	22	5	Tatiana Nogales. Relleno sanitario Nuevo Mondoñedo	
Ciudad	22	6		Bogotá D.C.
Departamento	22	7		Bogotá D.C.
Tipo de remitente	22	8		Empresa
Consulta	22	9	Cuando se sale a negociar al mercado el valor de los CER está mucho más bajo de los \$15.000 que paga el Gobierno. Aquellas empresas que necesitan los certificados, dependiendo del monto que desean comprar, varía el precio y como no hay un mercado inicial que certifique el precio, este puede tener un valor real que puede estar en un 60% o 70% del reconocido por el gobierno.	
Escrita/Presencial	22	10		Presencial
Tipo de Consulta	22	11		Comentario
Eje temático	22	12		Análisis de alternativas
Tipo de Respuesta	22	13		Incluir
Respuesta	22	14	Se reconoce en la sección 2.6.1, del AIN el hecho de que el precio de los CERs está sujeto a las condiciones del mercado. Adicionalmente se incluyó en el análisis de ventajas y desventajas de las alternativas presentado en la sección 7, el riesgo de perder el principio de adicionalidad de seleccionarse la alternativa de regular. Además se incluyeron en la sección 2.2.1 los requisitos exigidos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en los mercados de emisiones, entre los que se encuentra el requisito de adicionalidad que consiste en que los esfuerzos deben ser voluntarios y superar las obligaciones legales o regulatorias.	
Consecutivo	23	1		23
Radicado	23	2		0
Fecha de Radicado	23	3		27/06/2019
Mes	23	4		6
Remitente	23	5	Jaime Vélez. Relleno sanitario Nuevo Mondoñedo	
Ciudad	23	6		Bogotá D.C.
Departamento	23	7		Bogotá D.C.
Tipo de remitente	23	8		Empresa
Consulta	23	9	Se debe tener presente como manejar el tema de la adicionalidad y la quema del biogás y que la negociación de los bonos de carbono es un tema muy complejo.	
Escrita/Presencial	23	10		Presencial
Tipo de Consulta	23	11		Comentario
Eje temático	23	12		Análisis de alternativas
Tipo de Respuesta	23	13		Incluir
Respuesta	23	14	Se incluyeron en la sección 2.2.1. del documento, los requisitos exigidos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en los mercados de emisiones, entre los que se encuentra el requisito de adicionalidad en los términos del UNFCCC, que consiste en que los esfuerzos deben ser voluntarios y superar las obligaciones legales o regulatorias. Así mismo, se incluyó como causa en el árbol de problemas, como medio en el árbol de objetivos y en el análisis de ventajas y desventajas de las alternativas como criterio de evaluación.	
Consecutivo	24	1		24
Radicado	24	2		0
Fecha de Radicado	24	3		27/06/2019
Mes	24	4		6
Remitente	24	5	Jaime Vélez. Relleno sanitario Nuevo Mondoñedo	
Ciudad	24	6		Bogotá D.C.
Departamento	24	7		Bogotá D.C.
Tipo de remitente	24	8		Empresa
Consulta	24	9	Adicionalmente, al haber sido un operador del proyecto MDL diferente al operador del relleno, genera situaciones muy complejas porque hay rellenos sanitarios que en el registro de Naciones Unidas el propietario del proyecto es una empresa extranjera (ejemplo francés). Por lo anterior modificar el PDD en	

			Naciones Unidas es tremendamente complejo. En los proyectos de aprovechamiento intervienen muchos actores diferentes al operador del relleno.
Escrita/Presencial	24	10	Presencial
Tipo de Consulta	24	11	Comentario
Eje temático	24	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	24	13	Incluir
Respuesta	24	14	Se incluyó en la sección 2.2.1, la descripción del procedimiento de aprobación de los proyectos MDL indicando los distintos actores que intervienen en el proceso y su rol.
Consecutivo	25	1	25
Radicado	25	2	0
Fecha de Radicado	25	3	27/06/2019
Mes	25	4	6
Remitente	25	5	Jaime Vélez. Relleno sanitario Nuevo Mondoñedo
Ciudad	25	6	Bogotá D.C.
Departamento	25	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	25	8	Empresa
Consulta	25	9	Los CER son un mecanismo tremendamente fluctuante y sin ninguna garantía.
Escrita/Presencial	25	10	Presencial
Tipo de Consulta	25	11	Comentario
Eje temático	25	12	Análisis de alternativas
Tipo de Respuesta	25	13	Ya está incluido
Respuesta	25	14	En el análisis de alternativas (tabla 37), se identifica el riesgo de la fluctuación del mercado de bonos de carbono como desventaja en la alternativa de Statu Quo.
Consecutivo	26	1	26
Radicado	26	2	0
Fecha de Radicado	26	3	27/06/2019
Mes	26	4	6
Remitente	26	5	Jaime Vélez. Relleno sanitario Nuevo Mondoñedo
Ciudad	26	6	Bogotá D.C.
Departamento	26	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	26	8	Empresa
Consulta	26	9	Vender energía es muy complejo es un oligopolio y se debe garantizar la estabilidad. Pese a los enormes esfuerzos que ha hecho el estado para tratar de que los pequeños generadores puedan proveer energía.
Escrita/Presencial	26	10	Presencial
Tipo de Consulta	26	11	Comentario
Eje temático	26	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	26	13	Ya está incluido
Respuesta	26	14	En el numeral 2.3.7 del documento se incluyen los usos del biogás y se presentan los distintos acondicionamientos requeridos para la generación de energía eléctrica, evidenciando la complejidad de esta alternativa.
Consecutivo	27	1	27
Radicado	27	2	0
Fecha de Radicado	27	3	27/06/2019
Mes	27	4	6
Remitente	27	5	Jaime Vélez. Relleno sanitario Nuevo Mondoñedo
Ciudad	27	6	Bogotá D.C.
Departamento	27	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	27	8	Empresa
Consulta	27	9	Incluir en la tarifa algo para promover que se aproveche el biogás, es en últimas un subsidio hacia el operador del relleno sanitario. Es completamente válido en el sentido de que si uno mira el tema de los costos de un relleno sanitario desde el punto de vista económico con las externalidades, lo que se reconoce en las tarifas no paga esas externalidades. Entonces el subsidio es volver financieramente viable un proyecto que económicamente es viable.
Escrita/Presencial	27	10	Presencial
Tipo de Consulta	27	11	Comentario
Eje temático	27	12	Diagnóstico y problema

Tipo de Respuesta	27	13	Ya está incluido
Respuesta	27	14	Como se establece en el objetivo principal de este AIN, se busca "Facilitar las condiciones para que se reconozca los costos eficientes por la quema de los gases efecto invernadero producidos en los rellenos sanitarios". Sin embargo, considerando que, en donde sea financieramente viable, la opción de realizar el aprovechamiento del biogás es una alternativa que aporta mayores beneficios que la quema, se incluye como un fin: "favorecer la implementación de sistemas de extracción captura activa y quema o aprovechamiento de gases en los rellenos sanitarios". Lo anterior, teniendo en cuenta que en el artículo 2.3.2.3.21 del Decreto 1077 de 2015, se establece que el aprovechamiento de biogás dependerá "de los estudios de viabilidad técnica, económica y la relación beneficio costo" y por lo tanto corresponde a una decisión empresarial.
Consecutivo	28	1	28
Radicado	28	2	0
Fecha de Radicado	28	3	27/06/2019
Mes	28	4	6
Remitente	28	5	Tatiana Nogales. Relleno sanitario Nuevo Mondoñedo
Ciudad	28	6	Bogotá D.C.
Departamento	28	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	28	8	Empresa
Consulta	28	9	El aprovechamiento del biogás es muy costoso y para generar energía, con las demandas de estabilidad de red que piden los intermediarios (comercializadores de energía) se debe invertir en equipos mucho más costosos lo que genera que el mecanismo sea aún más complejo.
Escrita/Presencial	28	10	Presencial
Tipo de Consulta	28	11	Comentario
Eje temático	28	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	28	13	Ya está incluido
Respuesta	28	14	En el numeral 2.3.7 del documento se incluyen los usos del biogás y se presentan los distintos acondicionamientos requeridos para la generación de energía eléctrica, evidenciando la complejidad de esta alternativa. Se precisa que el AIN evalúa la posibilidad de incluir en la tarifa únicamente la extracción, captura activa y quema del biogás, no el aprovechamiento. Lo anterior, teniendo en cuenta que en el artículo 2.3.2.3.21 del Decreto 1077 de 2015, se establece que el aprovechamiento de biogás dependerá "de los estudios de viabilidad técnica, económica y la relación beneficio costo" y por lo tanto corresponde a una decisión empresarial.
Consecutivo	29	1	29
Radicado	29	2	0
Fecha de Radicado	29	3	27/06/2019
Mes	29	4	6
Remitente	29	5	Jaime Vélez. Relleno sanitario Nuevo Mondoñedo
Ciudad	29	6	Bogotá D.C.
Departamento	29	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	29	8	Empresa
Consulta	29	9	Actualmente está la posibilidad con Naciones Unidas de reconocer el 80% de los bonos de carbono cuando se cumplen los estándares más altos de exigencia. De la misma manera está la posibilidad de reconocer el 50% cuando se utilizan otro tipo de tecnologías no tan costosas.
Escrita/Presencial	29	10	Presencial
Tipo de Consulta	29	11	Comentario
Eje temático	29	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	29	13	Incluir
Respuesta	29	14	Sobre el particular se precisa que en el diagnóstico en la sección 2.6 y Anexo B se incluyó la información disponible en relación con los proyectos MDL registrados en la plataforma de Naciones Unidas. Asimismo, se incluyó en la sección 2.2.1 una descripción del procedimiento de aprobación de los proyectos MDL y las condiciones para el reconocimiento de los bonos de carbono.
Consecutivo	30	1	30
Radicado	30	2	0

Fecha de Radicado	30	3	27/06/2019
Mes	30	4	6
Remitente	30	5	EMPRESA AAA DE YOPAL
Ciudad	30	6	Bogotá D.C.
Departamento	30	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	30	8	Empresa
Consulta	30	9	No es conveniente otro incremento cuando todavía no se entiende porque se paga el tratamiento de los lixiviados, como explicamos al usuario que realmente tiene pocos recursos que ahora tendrá que pagar más por un gas que para ellos no existe o no hace daño.
Escrita/Presencial	30	10	Presencial
Tipo de Consulta	30	11	Comentario
Eje temático	30	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	30	13	Ya está incluido
Respuesta	30	14	En la sección inicial del documento donde se relacionan los compromisos de la CRA con la implementación de las mejores prácticas regulatorias, el propósito de aplicar la metodología AIN es "identificar la herramienta, regulatoria o no regulatoria, más eficaz para dar solución a una situación problemática, a los menores costos para la sociedad". En este sentido, si bien el análisis no incluye la evaluación de la capacidad de pago del usuario, en la sección 2.7 se presenta un ejercicio teórico sobre la estimación del impacto en tarifa a partir del costo de la externalidad.
Consecutivo	31	1	31
Radicado	31	2	0
Fecha de Radicado	31	3	11/07/2019
Mes	31	4	7
Remitente	31	5	SERVIGENERALES
Ciudad	31	6	Bogotá D.C.
Departamento	31	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	31	8	Empresa
Consulta	31	9	Tener en cuenta el impacto del aumento tarifario al usuario por una posible inclusión de tratamiento de los residuos sólidos para el aprovechamiento energético o de otro tipo. El desconocimiento del usuario por los cobros que se realizan vía tarifa, considerando que a veces no saben que es un tratamiento de lixiviados.
Escrita/Presencial	31	10	Presencial
Tipo de Consulta	31	11	Comentario
Eje temático	31	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	31	13	Ya está incluido
Respuesta	31	14	En la sección inicial del documento donde se relacionan los compromisos de la CRA con la implementación de las mejores prácticas regulatorias, el propósito de aplicar la metodología AIN es "identificar la herramienta, regulatoria o no regulatoria, más eficaz para dar solución a una situación problemática, a los menores costos para la sociedad". En este sentido, si bien el análisis no incluye la evaluación de la capacidad de pago del usuario, en la sección 2.7 se presenta un ejercicio teórico sobre la estimación del impacto en tarifa a partir del costo de la externalidad.
Consecutivo	32	1	32
Radicado	32	2	20193210057932
Fecha de Radicado	32	3	12/07/2019
Mes	32	4	7
Remitente	32	5	ANDREA ANILLO YEPES - TRIPLE A S.A. E.S.P.
Ciudad	32	6	Bogotá D.C.
Departamento	32	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	32	8	Empresa
Consulta	32	9	Al ser retribuidas vía tarifa las inversiones y costos operacionales para quema y captura de biogás, la empresa tendría la posibilidad de participar en la comercialización de los bonos?"
Escrita/Presencial	32	10	Escrita
Tipo de Consulta	32	11	Comentario
Eje temático	32	12	Análisis de alternativas

Tipo de Respuesta	32	13	Incluir
Respuesta	32	14	El comentario se consideró y se incluyó en el análisis de alternativas en la sección 7 del AIN, donde se analizó el riesgo de perder el principio de adicionalidad si la alternativa seleccionada es regular. Además, en la sección 2.2.1, se incluyeron los requisitos exigidos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en los mercados de emisiones, entre los que se encuentra el requisito de adicionalidad que consiste en que los esfuerzos deben ser voluntarios y superar las obligaciones legales o regulatorias.
Consecutivo	33	1	33
Radicado	33	2	20193210054922
Fecha de Radicado	33	3	28/06/2019
Mes	33	4	6
Remitente	33	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	33	6	Bogotá D.C.
Departamento	33	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	33	8	Empresa
Consulta	33	9	Biogás Doña Juana manifiesta que realiza la destrucción térmica y aprovechamiento del Biogás del relleno sanitario Doña Juana, " de manera ininterrumpida", desde 2009, como proyecto MDL registrado ante la UNFCCC, y que "si actualmente no se estuviera desarrollando la actividad (...) se tendría como consecuencia directa el hecho de que más de 800 mil toneladas de CO2 estarían llegando a la atmósfera cada año con sus graves efectos contaminantes." "d) Sin embargo, si bien a la luz de los anteriores comentarios es evidente la conveniencia de la nueva regulación propuesta, es absolutamente crucial no olvidar que, al proferirse dicha regulación, puede conducir a la quiebra a las Compañías que actualmente ya estamos ejecutando esa actividad. En efecto, la obligatoriedad de realizar extracción, captura y quema del Biogás y obtener remuneración vía tarifa significa la modificación total del concepto de adicionalidad de los proyectos MDL en la metodología de UNFCCC y por tanto la terminación inmediata de todos los proyectos actualmente registrados y en operación ante el acuerdo suscrito en el protocolo de Kioto. Por tanto, si se expide esta nueva regulación, se acabará de un tajo la posibilidad de certificar las reducciones de emisiones de GEI en el marco de proyectos MDL ante las Naciones Unidas."
Escrita/Presencial	33	10	Escrita
Tipo de Consulta	33	11	Comentario
Eje temático	33	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	33	13	Incluir
Respuesta	33	14	Se incluyeron en la sección 2.2.1. del documento, los requisitos exigidos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en los mercados de emisiones, entre los que se encuentra el requisito de adicionalidad en los términos del UNFCCC, que consiste en que los esfuerzos deben ser voluntarios y superar las obligaciones legales o regulatorias. Así mismo, se incluyó como causa en el árbol de problemas, como medio en el árbol de objetivos y en el análisis de ventajas y desventajas de las alternativas como criterio de evaluación.
Consecutivo	34	1	34
Radicado	34	2	20193210054922
Fecha de Radicado	34	3	28/06/2019
Mes	34	4	6
Remitente	34	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	34	6	Bogotá D.C.
Departamento	34	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	34	8	Empresa
Consulta	34	9	d) Por lo tanto, si las empresas que actualmente ejecutamos esta actividad (Biogás Doña Juana S.A.S. en Bogotá, CarbonBW en Cartagena, Montería y Tunja y la Triple A en barranquilla) vamos a perder nuestra única fuente de ingresos (El precio de los certificados de reducción de emisiones expedidos en nuestro favor por las Naciones Unidas), es imprescindible que la tarifa a fijar por la CRA debe ser suficiente para remunerar íntegramente esta actividad, garantizando cobertura de costos y rentabilidad de la actividad (...)"
Escrita/Presencial	34	10	Escrita

Tipo de Consulta	34	11	Comentario
Eje temático	34	12	Análisis de alternativas
Tipo de Respuesta	34	13	Ya está incluido
Respuesta	34	14	Tanto en el objetivo de este AIN como en el análisis realizado en la identificación de alternativa se considera la remuneración de los costos eficientes de la actividad, cumpliendo con los principios establecidos en el artículo 87 de la Ley 142/94 y considerando lo referenciado en la sección 2.2.1, sobre los requisitos exigidos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en los mercados de emisiones, entre los que se encuentra el requisito de adicionalidad que consiste en que los esfuerzos deben ser voluntarios y superar las obligaciones legales o regulatorias.
Consecutivo	35	1	35
Radicado	35	2	20193210054922
Fecha de Radicado	35	3	28/06/2019
Mes	35	4	6
Remitente	35	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	35	6	Bogotá D.C.
Departamento	35	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	35	8	Empresa
Consulta	35	9	"(...) Una tarifa de \$2,121 pesos por tonelada dispuesta de RSU para los grandes rellenos sanitarios remuneraría tan solo cerca del 62% de los costos y la rentabilidad que actualmente esa actividad trae consigo. Si bien en un Relleno sanitario de gran tamaño se obtienen economías de escala, ellas no son tantas como el estudio plantea para colocar una tarifa diferencial tan enorme entre los Rellenos sanitario a gran escala y los Rellenos sanitarios que reciben menos de tres mil toneladas día, pues debe considerarse que el tendido de la tubería de extracción implica la necesidad de cubrir grandes extensiones."
Escrita/Presencial	35	10	Escrita
Tipo de Consulta	35	11	Comentario
Eje temático	35	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	35	13	No aplica
Respuesta	35	14	El alcance de este AIN no incluye la determinación de una tarifa. La estimación de costos presentados en la tabla 25 (antes tabla 21) corresponde a una estimación preliminar realizada con base en la información recopilada en el estudio de 2017 que no puede considerarse de referencia debido a que revela la asimetría de información existente.
Consecutivo	36	1	36
Radicado	36	2	20193210054922
Fecha de Radicado	36	3	28/06/2019
Mes	36	4	6
Remitente	36	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	36	6	Bogotá D.C.
Departamento	36	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	36	8	Empresa
Consulta	36	9	e) En consecuencia, si la Comisión de regulación de agua y saneamiento básico realmente pretende fomentar que esta actividad logre un verdadero efecto positivo y se eliminen más del seis por ciento del total de las emisiones de GEI que se producen en el País, emisiones de las cuales esta actividad de captura de biogás es responsable en Colombia, es necesario (i) que la tarifa sea suficiente para remunerar la actividad que se pretende regular lo que no se ve para los grandes rellenos sanitarios) y
Escrita/Presencial	36	10	Escrita
Tipo de Consulta	36	11	Comentario
Eje temático	36	12	Análisis de alternativas
Tipo de Respuesta	36	13	Ya está incluido
Respuesta	36	14	Tanto en el objetivo de este AIN como en el análisis realizado en la identificación de alternativa se considera la remuneración de los costos eficientes de la actividad, cumpliendo con los principios establecidos en el artículo 87 de la Ley 142/94 y considerando lo referenciado en la sección 2.2.1, sobre los requisitos exigidos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en los mercados de emisiones, entre los que se encuentra el requisito de adicionalidad

			que consiste en que los esfuerzos deben ser voluntarios y superar las obligaciones legales o regulatorias.
Consecutivo	37	1	37
Radicado	37	2	20193210054922
Fecha de Radicado	37	3	28/06/2019
Mes	37	4	6
Remitente	37	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	37	6	Bogotá D.C.
Departamento	37	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	37	8	Empresa
Consulta	37	9	(ii), es necesario asegurar que tal actividad se haga técnicamente bien en los rellenos sanitarios existentes y en consecuencia, tal regulación debe establecer de modo imperativo que la captura del biogás se haga siguiendo los estándares técnicos ya fijados desde hace muchísimo tiempo por ejemplo por las Naciones Unidas para esta actividad, estándares éstos que son totalmente conocidos en Colombia, pues todas las empresas que ejecutamos esta actividad, lo hacemos con base en esos altos estándares soportados por rigurosas metodologías."
Escrita/Presencial	37	10	Escrita
Tipo de Consulta	37	11	Comentario
Eje temático	37	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	37	13	No incluir
Respuesta	37	14	La reglamentación técnica de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994. Por otra parte, el alcance del AIN no incluye la determinación de los estándares técnicos que se deberán cumplir si la alternativa recomendada es regular. Sin embargo, en el análisis de alternativas presentado en el AIN se consideró como una ventaja de los proyectos MDL los estrictos controles y seguimiento requeridos internacionalmente para este mecanismo.
Consecutivo	38	1	38
Radicado	38	2	20193210054922
Fecha de Radicado	38	3	28/06/2019
Mes	38	4	6
Remitente	38	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	38	6	Bogotá D.C.
Departamento	38	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	38	8	Empresa
Consulta	38	9	A) El documento establece únicamente la obligatoriedad en la quema tecnificada del Biogás sin contemplar el aprovechamiento energético del mismo. Si bien la quema reduce las emisiones de GEI, no es el proceso óptimo para aprovechamiento de éstos gases y no se enfoca en el desarrollo de la economía circular, donde el aprovechamiento energético de dicho gas cerraría un ciclo importante del sector residuos al mismo tiempo que contribuye a la mitigación de emisiones de GEI. En el caso de Biogás Doña Juana, actualmente en la central de generación de energía eléctrica Doña Juana, el proyecto ya ha avanzado hasta el aprovechamiento del biogás produciendo energía eléctrica para entregar al Sistema interconectado Nacional (SIN) y progresivamente pasando de la quema tecnificada a la generación de energía eléctrica.
Escrita/Presencial	38	10	Escrita
Tipo de Consulta	38	11	Comentario
Eje temático	38	12	Objetivo
Tipo de Respuesta	38	13	Ya está incluido
Respuesta	38	14	En la sección 4 de este AIN se estableció como uno de los fines del árbol de objetivos: "favorecer la implementación de sistemas de extracción, captura activa y quema o aprovechamiento de gases en los rellenos sanitarios". Lo anterior, teniendo en cuenta que en el artículo 2.3.2.3.21 del Decreto 1077 de 2015, se establece que el aprovechamiento de biogás dependerá "de los estudios de viabilidad técnica, económica y la relación beneficio costo" y por lo tanto corresponde a una decisión empresarial.
Consecutivo	39	1	39
Radicado	39	2	20193210054922
Fecha de Radicado	39	3	28/06/2019

Mes	39	4	6
Remitente	39	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	39	6	Bogotá D.C.
Departamento	39	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	39	8	Empresa
Consulta	39	9	b) Al incluir la obligatoriedad de la quema tecnificada, debe tenerse especial cuidado en que no se desestime o se perjudique la ejecución de actividades de aprovechamiento del Biogás.
Escrita/Presencial	39	10	Escrita
Tipo de Consulta	39	11	Comentario
Eje temático	39	12	Objetivo
Tipo de Respuesta	39	13	Ya está incluido
Respuesta	39	14	En la sección 4 de este AIN se estableció como uno de los fines del árbol de objetivos: "favorecer la implementación de sistemas de extracción, captura activa y quema o aprovechamiento de gases en los rellenos sanitarios". Lo anterior, teniendo en cuenta que en el artículo 2.3.2.3.21 del Decreto 1077 de 2015, se establece que el aprovechamiento de biogás dependerá "de los estudios de viabilidad técnica, económica y la relación beneficio costo" y por lo tanto corresponde a una decisión empresarial.
Consecutivo	40	1	40
Radicado	40	2	20193210054922
Fecha de Radicado	40	3	28/06/2019
Mes	40	4	6
Remitente	40	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	40	6	Bogotá D.C.
Departamento	40	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	40	8	Empresa
Consulta	40	9	c) Con el hecho de que no se perjudique la posibilidad de aprovechar el biogás ya la regulación cumpliría su objetivo para los efectos de la competencia de la CRA, sin que sea necesario llamar al Ministerio de Minas y energía para que proceda a regular el aprovechamiento energético, pues ese Ministerio se encuentra probando desde hace tiempo su desdén y su total desinterés por la energía generada a partir de los residuos sólidos (Art. 18 de la Ley 1715). La CRA debe ocuparse de lo de su competencia y el Ministerio de Minas por lo menos no debe ser llamado para que perjudique.
Escrita/Presencial	40	10	Escrita
Tipo de Consulta	40	11	Comentario
Eje temático	40	12	No relacionado con el Documento AIN
Tipo de Respuesta	40	13	No aplica
Respuesta	40	14	La Ley 1715 de 2014 establece que la función de regular el aprovechamiento energético debe ser ejercida por el Ministerio de Minas y Energía (MME) en conjunto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), por lo tanto, no es competencia de la CRA intervenir en las funciones que la ley les asigna a dichas entidades. No obstante, en el artículo 2.3.2.3.21 del Decreto 1077 de 2015, se establece que el aprovechamiento de biogás dependerá "de los estudios de viabilidad técnica, económica y la relación beneficio costo" y por lo tanto corresponde a una decisión empresarial.
Consecutivo	41	1	41
Radicado	41	2	20193210054922
Fecha de Radicado	41	3	28/06/2019
Mes	41	4	6
Remitente	41	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	41	6	Bogotá D.C.
Departamento	41	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	41	8	Empresa
Consulta	41	9	a) (...) En efecto, el método 2E utilizado, se establece para compuestos, pero está excluido el metano. Su forma de realización y aplicabilidad es mediante la instalación de equipos de extracción activa en sitio para poder hacer las determinaciones y corresponde a un modelo cuantitativo para determinación estadística. Este método no contempla las emisiones principales de metano ni dióxido de carbono y no hay parámetros establecidos de emisiones para los rellenos sanitarios, por lo cual sería totalmente inútil su aplicación.
Escrita/Presencial	41	10	Escrita

Tipo de Consulta	41	11	Comentario
Eje temático	41	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	41	13	Ya está incluido
Respuesta	41	14	<p>Este punto se desarrolló en el numeral 2.3.6 del diagnóstico, en el que se indica que el método 2E es uno de los métodos para la evaluación de emisiones contaminantes contenidos en la Tabla 1 de la Resolución 2153 de 2010 "Por la cual se ajusta el protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, adoptado a través de la Resolución 760 de 2010 y se adoptan otras disposiciones", método que permite la determinación de la tasa de flujo de producción de gas en rellenos sanitarios y no aplica para determinar su composición.</p> <p>También se revela en este numeral que, entre los contaminantes a los que la mencionada Resolución les fija los niveles máximos permisibles y el tiempo de exposición, no se encuentran el metano y el dióxido de carbono.</p>
Consecutivo	42	1	42
Radicado	42	2	20193210054922
Fecha de Radicado	42	3	28/06/2019
Mes	42	4	6
Remitente	42	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	42	6	Bogotá D.C.
Departamento	42	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	42	8	Empresa
Consulta	42	9	c) Si en algún momento se pretende implementar este método 2 E, entonces será necesario evaluar la efectividad de éste método y la aplicabilidad a las diferentes escalas de relleno sanitario planteadas. Con mucho gusto, Biogás Doña Juana puede contribuir con la CRA para este propósito.
Escrita/Presencial	42	10	Escrita
Tipo de Consulta	42	11	Propuesta
Eje temático	42	12	Análisis de alternativas
Tipo de Respuesta	42	13	No aplica
Respuesta	42	14	<p>Resulta pertinente precisar que en razón a las funciones y facultades de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) establecidas, principalmente en los artículos 73 y 74 de la Ley 142 de 1994, no es competencia de esta Entidad realizar la evaluación de la efectividad de los métodos de monitoreo de calidad del aire, competencia asignada a la autoridad ambiental correspondiente de acuerdo con el artículo 31, numerales 10 y 12 de la Ley 99 de 1993.</p>
Consecutivo	43	1	43
Radicado	43	2	20193210054922
Fecha de Radicado	43	3	28/06/2019
Mes	43	4	6
Remitente	43	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	43	6	Bogotá D.C.
Departamento	43	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	43	8	Empresa
Consulta	43	9	<p>4. Comentario: En las secciones 2.4.3, 2.6.1, 2.6.2 se menciona que todos los proyectos MDL de relleno sanitario cesaron su operación o actividad.</p> <p>Ello no es del todo cierto. Los precios tan bajos de los CERs han impactado la gran mayoría de proyectos y los hicieron financieramente poco atractivos. Biogás Doña Juana continúa ejecutando su actividad y no ha dejado de operar desde el inicio de su monitoreo ante Naciones Unidas (el 22 de septiembre de 2009), pero con un gran esfuerzo de los accionistas y ante la cruda realidad de que la suspensión de la actividad de quema del biogás implicaría la pérdida total de las inversiones ya realizadas en épocas de bonanza de los precios de los Certificados. Por tal razón, la única esperanza de nuestra Compañía es lograr incrementar nuestra actividad de generación de energía para recuperar algún día las inversiones realizadas. Por lo tanto, una tarifa adecuada para la actividad de quema del biogás daría estabilidad y certidumbre a quienes ejecutan esta actividad y les permitiría contar con un ingreso cierto que les permita compensar los altos costos de Capex y Opex que se tienen en la actividad de generación de energía eléctrica y que no hacen tan competitivos estos proyectos en el sector</p>

			de energía, ante las grandes hidroeléctricas que dominan el 70% del mercado energético nacional.
Escrita/Presencial	43	10	Escrita
Tipo de Consulta	43	11	Comentario
Eje temático	43	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	43	13	Incluir
Respuesta	43	14	<p>En referencia al relleno sanitario Doña Juana, se incluyó en el diagnóstico, específicamente, la información reportada en el "Formato de Documento del Diseño del Proyecto de MDL" elaborado por la UNFCCC y reportado en el link: https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html. Se complementará con la información suministrada por Biogás Doña Juana en el marco de la consulta con grupos de interés de este AIN. Adicionalmente en la tabla 23 de la sección 2.6.2 se incluyó el estatus de los proyectos MDL. Si bien en la sección 2.6 se incluyó la fluctuación de los precios de los CERs, en la sección 2.2.2, también se incluye el análisis del valor reconocido por el Estado colombiano a través de la Resolución 9 de 2019.</p> <p>Con relación a la tarifa, en la descripción de las alternativas presentadas en la sección 7 y Anexo C se describen los distintos mecanismos de control de precios, los cuales deben atender los criterios establecidos en el artículo 87 de la Ley 142 de 1994, los cuales incluyen la suficiencia financiera del prestador.</p>
Consecutivo	44	1	44
Radicado	44	2	20193210054922
Fecha de Radicado	44	3	28/06/2019
Mes	44	4	6
Remitente	44	5	Helmuth Gallego. Biogás Doña Juana S.A.S ESP
Ciudad	44	6	Bogotá D.C.
Departamento	44	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	44	8	Empresa
Consulta	44	9	5. (...) Ésta tabla 21 no es clara. Biogás Doña Juana espera que cuando allí se dice que el costo por tonelada allí mencionado se refiera a la tonelada de RSU dispuesta. Jamás a la tonelada de CO2 equivalente.
Escrita/Presencial	44	10	Escrita
Tipo de Consulta	44	11	Comentario
Eje temático	44	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	44	13	Incluir
Respuesta	44	14	<p>La estimación de costos presentados en la tabla 25 (anterior tabla 21) de la sección 2.6.4 corresponde a una estimación preliminar realizada con base en la información recopilada en el estudio de 2017, que no puede considerarse de referencia debido a que revela la asimetría de información existente. Adicionalmente y dada la existencia de asimetría de información para realizar una aproximación a todos los costos asociados a la quema de biogás, en la sección 2.7 del documento se presenta un ejercicio teórico sobre el impacto que podría generar en la tarifa de incorporarse el costo total de la externalidad.</p>
Consecutivo	45	1	45
Radicado	45	2	20193210058002
Fecha de Radicado	45	3	12/07/2019
Mes	45	4	7
Remitente	45	5	Martha Lucía Durán Ortiz - ANDESCO
Ciudad	45	6	Bogotá D.C.
Departamento	45	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	45	8	Agremiación
Consulta	45	9	"(...) El análisis esencialmente determina que bajo el sistema MDL no hay posibilidad de sostenibilidad por sus altos costos para eliminar o aprovechar el biogás de los rellenos sanitarios, quedando como alternativa estructurar un esquema, bien sea definiendo los costos del sistema calculando una tasa de retorno para los operadores o una fórmula tarifaria. Por lo anterior, es necesario tener en cuenta la realidad actual de dicho mercado frente a las políticas que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS ha venido estructurando actualmente en el país, y que no vemos reflejado en el documento publicado por la Comisión. Estas políticas han reactivado los proyectos inscritos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, las cuales buscan su financiamiento, así como aportar a la mitigación de Gases Efecto

			Invernadero - GEI en Colombia. No obstante, y como lo menciona el AIN, las inversiones necesarias son onerosas, lo cual impactaría significativamente en las tarifas que actualmente pagan los usuarios."
Escrita/Presencial	45	10	Escrita
Tipo de Consulta	45	11	Propuesta
Eje temático	45	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	45	13	Incluir
Respuesta	45	14	En el análisis de alternativas presentadas en la sección 7 se considera tanto la opción de no regular (statu quo) como la alternativa regulatoria, donde se encuentra incluido el análisis del statu quo, en el cual se menciona que la persona prestadora tiene la posibilidad de aplicar la Resolución CRA 864 de 2018 o financiar sus costos a través de los CERs. En los numerales 2.1 y 2.2 del documento se exponen las políticas y tratados internacionales que ha adoptado el país y que están generando la reactivación de los proyectos MDL, y se complementó el diagnóstico y el análisis de alternativas ampliando la información sobre COP 21, el valor actual de los CER y el procedimiento para acceder a los beneficios relacionados con el impuesto al carbono.
Consecutivo	46	1	46
Radicado	46	2	20193210058002
Fecha de Radicado	46	3	12/07/2019
Mes	46	4	7
Remitente	46	5	Martha Lucía Durán Ortiz - ANDESCO
Ciudad	46	6	Bogotá_D.C.
Departamento	46	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	46	8	Agremiación
Consulta	46	9	"Frente a la quema tecnificada del biogás, se sugiere desarrollar el alcance de la expresión "captura y quema tecnificada", pues no existe en el Decreto 1784 la descripción que permita evidenciar las actividades que se encuentran implícitas y asociadas en la generación y extracción del biogás en los rellenos sanitarios. Igualmente, es importante indicar que este proceso no garantiza la mayor captura y eliminación del metano, ya que se debe contar con medidores, sensores específicos y tecnificados que permitan asegurar que la quema está siendo efectiva, y realmente esté aportando a la disminución de GEI."
Escrita/Presencial	46	10	Escrita
Tipo de Consulta	46	11	Propuesta
Eje temático	46	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	46	13	Ya está incluido
Respuesta	46	14	La reglamentación de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994. Sin embargo, el MVCT se encuentra reglamentando el Decreto 1784 de 2017 en el cual se incluye la expresión "captura y quema tecnificada".
Consecutivo	47	1	47
Radicado	47	2	20193210058002
Fecha de Radicado	47	3	12/07/2019
Mes	47	4	7
Remitente	47	5	Martha Lucía Durán Ortiz - ANDESCO
Ciudad	47	6	Bogotá_D.C.
Departamento	47	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	47	8	Agremiación
Consulta	47	9	"No existe actualmente una norma en Colombia que permita medir la calidad de gases generados en un relleno sanitario, identificar las acciones necesarias que deban llevarse a cabo dentro de los rellenos sanitarios para el adecuado manejo del Biogás, así mismo imposibilita el dimensionamiento de las inversiones requeridas en cada una de las actividades que se le remuneraría vía tarifa."
Escrita/Presencial	47	10	Escrita
Tipo de Consulta	47	11	Comentario
Eje temático	47	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	47	13	Incluir
Respuesta	47	14	La falta de reglamentación con relación a los niveles permisibles de emisiones de metano y otros componentes del biogás se consideró en el Marco Conceptual

			en el numeral 2.3.6 que trata el monitoreo de la eficiencia de los sistemas de extracción y quema de Biogás en rellenos sanitarios.
Consecutivo	48	1	48
Radicado	48	2	20193210058002
Fecha de Radicado	48	3	12/07/2019
Mes	48	4	7
Remitente	48	5	Martha Lucía Durán Ortiz - ANDESCO
Ciudad	48	6	Bogotá_D.C.
Departamento	48	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	48	8	Agremiación
Consulta	48	9	"Otro aspecto a considerar es que posterior a la quema de biogás se tendría el aprovechamiento del mismo para generar electricidad Sin embargo, teniendo en cuenta que los operadores de rellenos no son comercializadores directos de la energía producida, están sometidos a las condiciones económicas impuestas por los distribuidores de energía ... (...). Por lo anterior, sugerimos que la inclusión de estas tecnologías sean optativa para los operadores de rellenos sanitarios nuevos o en ampliación, teniendo en cuenta que actualmente se encuentran implementando otras iniciativas relacionadas con proyectos inscritos por MDL o estándar voluntario, y que contribuyen a la reducción de emisiones GEI en rellanos sanitarios."
Escrita/Presencial	48	10	Escrita
Tipo de Consulta	48	11	Propuesta
Eje temático	48	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	48	13	No incluir
Respuesta	48	14	La reglamentación de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994. Sin embargo, el MVCT se encuentra reglamentando el Decreto 1784 de 2017 en el cual se incluye la expresión "captura y quema tecnificada". En los numerales 2.1 y 2.2 del documento se exponen las políticas y tratados internacionales que ha adoptado el país y que están generando la reactivación de los proyectos MDL, y se complementó el diagnóstico y el análisis de alternativas ampliando la información sobre COP 21 , el valor actual de los CER y el procedimiento para acceder a los beneficios relacionados con el impuesto al carbono.
Consecutivo	49	1	49
Radicado	49	2	0
Fecha de Radicado	49	3	11/07/2019
Mes	49	4	7
Remitente	49	5	Santiago Uribe - Carolina Norva. MADS
Ciudad	49	6	Bogotá D.C.
Departamento	49	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	49	8	Otro
Consulta	49	9	La información presentada habla del protocolo de Kioto y no se encuentra vigente. Se encuentra vigente el Acuerdo de París. Actualizar el documento con este acuerdo y sus metas.
Escrita/Presencial	49	10	Presencial
Tipo de Consulta	49	11	Propuesta
Eje temático	49	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	49	13	Incluir
Respuesta	49	14	El documento hace referencia a que el protocolo de Kioto dio origen a los proyectos MDL, sin embargo, incluyó una descripción del Acuerdo de París y en la sección 2.1. se aclaró que el Acuerdo de París sustituirá el protocolo de Kioto en 2020 de acuerdo con la declaración de Doha.
Consecutivo	50	1	50
Radicado	50	2	0
Fecha de Radicado	50	3	12/07/2019
Mes	50	4	7
Remitente	50	5	Santiago Uribe - Carolina Norva. MADS
Ciudad	50	6	Bogotá D.C.

Departamento	50	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	50	8	Otro
Consulta	50	9	Una de las modificaciones del Acuerdo de París con respecto al protocolo de Kioto, es la colocación de los bonos de carbono en la bolsa. Esto pasa a un proceso de regulación nacional y esto puede cambiar el panorama con respecto a los bonos de carbono. El precio del bono de carbono es de \$16.400 COP.
Escrita/Presencial	50	10	Presencial
Tipo de Consulta	50	11	Comentario
Eje temático	50	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	50	13	Incluir
Respuesta	50	14	El documento hace referencia a que el protocolo de Kioto dio origen a los proyectos MDL, sin embargo, incluyó una descripción del el Acuerdo de París en la sección 2.1. Se aclaró que el Acuerdo de París sustituirá el protocolo de Kioto en 2020. En los numerales 2.1 y 2.2 del documento se exponen las políticas y tratados internacionales que ha adoptado el país y que están generando la reactivación de los proyectos MDL, y se complementó el diagnóstico y el análisis de alternativas ampliando la información sobre COP 21 , el valor actual de los CER y el procedimiento para acceder a los beneficios relacionados con el impuesto al carbono.
Consecutivo	51	1	51
Radicado	51	2	0
Fecha de Radicado	51	3	14/07/2019
Mes	51	4	7
Remitente	51	5	Santiago Uribe - Carolina Norva. MADS
Ciudad	51	6	Bogotá D.C.
Departamento	51	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	51	8	Otro
Consulta	51	9	Aclarar el tema de la variabilidad de las escalas de un posible aumento en el cobro tarifario donde se presentan variaciones entre el cobro por los rellenos dependiendo las toneladas que ingresan al relleno sanitario y la población.
Escrita/Presencial	51	10	Presencial
Tipo de Consulta	51	11	Comentario
Eje temático	51	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	51	13	Incluir
Respuesta	51	14	La estimación de costos presentados en la tabla 25 (anterior tabla 21) de la sección 2.6.4 corresponde a una estimación preliminar realizada con base en la información recopilada en el estudio de 2017, que no puede considerarse de referencia debido a que revela la asimetría de información existente. Adicionalmente y dada la existencia de asimetría de información para realizar una aproximación a todos los costos asociados a la quema de biogás, en la sección 2.7 del documento se presenta un ejercicio teórico sobre el impacto que podría generar en la tarifa de incorporarse el costo total de la externalidad.
Consecutivo	52	1	52
Radicado	52	2	0
Fecha de Radicado	52	3	15/07/2019
Mes	52	4	7
Remitente	52	5	Santiago Uribe - Carolina Norva. MADS
Ciudad	52	6	Bogotá D.C.
Departamento	52	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	52	8	Otro
Consulta	52	9	Aclarar la causa de que el mecanismo para corregir la externalidad colapsó, si se pensó que este iba a ser el mecanismo para todos los rellenos sanitarios del país. Al dejar esta causa, se da a entender que la única manera de hacer el tratamiento de los gases en relleno sanitarios dependería de mecanismos externos. Los CER existieron en un escenario donde había oportunidades para ciertos grupos de rellenos sanitarios, pero si se abarcan todos los rellenos, eso entra en el tema que solo afectó a algunos rellenos sanitarios.
Escrita/Presencial	52	10	Presencial
Tipo de Consulta	52	11	Comentario
Eje temático	52	12	Diagnóstico y problema

Tipo de Respuesta	52	13	Incluir
Respuesta	52	14	<p>Se reconoce en las secciones 2.6 y 7, el hecho de que el precio de los CERs está sujeto a las condiciones del mercado.</p> <p>En los numerales 2.1 y 2.2 del documento se exponen las políticas y tratados internacionales que ha adoptado el país y que están generando la reactivación de los proyectos MDL, y se complementó el diagnóstico y el análisis de alternativas ampliando la información sobre COP 21, el valor actual de los CER y el procedimiento para acceder a los beneficios relacionados con el impuesto al carbono.</p> <p>Adicionalmente, el árbol de problemas en la sección 3 del documento AIN tiene dos causas relacionadas con el volumen de toneladas dispuestas en los rellenos sanitarios y su posibilidad de implementar proyectos MDL; por un lado "Los costos por la reducción de emisiones en rellenos sanitarios de más de 300 ton/día fueron asumidos por un instrumento económico del mercado (CERs) que colapsó en 2010." y por el otro la causa "El volumen de residuos dispuestos en algunos rellenos sanitarios no permite internalizar los costos por la extracción, captura activa y quema del biogás de manera eficiente."</p>
Consecutivo	53	1	53
Radicado	53	2	0
Fecha de Radicado	53	3	16/07/2019
Mes	53	4	7
Remitente	53	5	Karen Vergara. MVCT
Ciudad	53	6	Bogotá D.C.
Departamento	53	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	53	8	Otro
Consulta	53	9	El aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios es viable en aquellos que reciban por encima de 500 toneladas al día de acuerdo con las especificaciones del Decreto 1784 de 2017.
Escrita/Presencial	53	10	Presencial
Tipo de Consulta	53	11	Comentario
Eje temático	53	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	53	13	No incluir
Respuesta	53	14	<p>Se evidencia en el numeral 2.3.4, que para el aprovechamiento del biogás se requieren procesos de acondicionamiento e inversiones más complejas y costosas que las que se requiere para realizar la quema del biogás. Adicionalmente, en el numeral 2.6 se presentan las experiencias nacionales e internacionales de proyectos MDL, algunos de los cuales incluyen procesos de aprovechamiento, la característica común en estos proyectos es que reciben más de 1.000 ton/día de residuos.</p> <p>Adicionalmente, en el artículo 2,3,2,3,21 del Decreto 1077 de 2015, se establece que el aprovechamiento de biogás dependerá "de los estudios de viabilidad técnica, económica y la relación beneficio costo" y por lo tanto corresponde a una decisión empresarial.</p> <p>No obstante, uno de los fines del árbol de objetivos establecidos en la sección 4 del AIN es "Favorecer la implementación de sistemas de extracción, captura activa y quema o aprovechamiento de gases en los rellenos sanitarios".</p>
Consecutivo	54	1	54
Radicado	54	2	0
Fecha de Radicado	54	3	17/07/2019
Mes	54	4	7
Remitente	54	5	Karen Vergara. MVCT
Ciudad	54	6	Bogotá D.C.
Departamento	54	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	54	8	Otro
Consulta	54	9	El incentivo al aprovechamiento busca disminuir el ingreso de materiales reciclables a los rellenos sanitarios para disminuir la utilización de estos.
Escrita/Presencial	54	10	Presencial
Tipo de Consulta	54	11	Comentario
Eje temático	54	12	No relacionado con el Documento AIN
Tipo de Respuesta	54	13	No aplica

Respuesta	54	14	El alcance del este AIN no incluye el tema planteado en el comentario.
Consecutivo	55	1	55
Radicado	55	2	0
Fecha de Radicado	55	3	18/07/2019
Mes	55	4	7
Remitente	55	5	Jonathan Sanchez - Luisa Celis. Min Energía
Ciudad	55	6	Bogotá D.C.
Departamento	55	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	55	8	Otro
Consulta	55	9	Impuesto al carbono cada año aumenta su base gravable, pero no va a ser equivalente al precio de los bonos de carbono. La demanda del impuesto al carbono tiene el problema de que la oferta es menor que la demanda, para cumplir con las metas propuestas.
Escrita/Presencial	55	10	Presencial
Tipo de Consulta	55	11	Comentario
Eje temático	55	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	55	13	Incluir
Respuesta	55	14	En los numerales 2.1 y 2.2 del documento se exponen las políticas y tratados internacionales que ha adoptado el país y que están generando la reactivación de los proyectos MDL, y se complementó el diagnóstico y el análisis de alternativas ampliando la información sobre COP 21, el valor actual de los CER y el procedimiento para acceder a los beneficios relacionados con el impuesto al carbono.
Consecutivo	56	1	56
Radicado	56	2	0
Fecha de Radicado	56	3	19/07/2019
Mes	56	4	7
Remitente	56	5	Jonathan Sanchez - Luisa Celis. Min Energía
Ciudad	56	6	Bogotá D.C.
Departamento	56	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	56	8	Otro
Consulta	56	9	Se ve una problemática del proyecto de Biogás relacionada con su disparidad con otras iniciativas que se están dando por parte del gobierno por ejemplo en el marco de la economía circular principalmente con el tema de proyección de carga de residuos.
Escrita/Presencial	56	10	Presencial
Tipo de Consulta	56	11	Comentario
Eje temático	56	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	56	13	No incluir
Respuesta	56	14	En la sección 4 de este AIN se estableció como uno de los fines del árbol de objetivos: "favorecer la implementación de sistemas de extracción, captura activa y quema o aprovechamiento de gases en los rellenos sanitarios". Lo anterior, teniendo en cuenta que en el artículo 2.3.2.3.21 del Decreto 1077 de 2015, se establece que el aprovechamiento de biogás dependerá "de los estudios de viabilidad técnica, económica y la relación beneficio costo" y por lo tanto corresponde a una decisión empresarial. Igualmente, en el documento AIN se analizó el procedimiento que se deben realizar para acceder a los mercados de carbono y sus estrictos controles, lo que promueve la reducción de gases efecto invernadero y la transición a la economía circular, así como el acceso al principio de adicionalidad, tal como es interpretado por la UNCCC, los mercados voluntarios y el mecanismo de compensación del impuesto al carbono.
Consecutivo	57	1	57
Radicado	57	2	0
Fecha de Radicado	57	3	20/07/2019
Mes	57	4	7
Remitente	57	5	Jonathan Sanchez - Luisa Celis. Min Energía
Ciudad	57	6	Bogotá D.C.
Departamento	57	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	57	8	Otro

Consulta	57	9	La Unión Europea promueve la eliminación de vertederos y rellenos sanitarios, entonces el estado debe dar los lineamientos para esto.
Escrita/Presencial	57	10	Presencial
Tipo de Consulta	57	11	Comentario
Eje temático	57	12	No relacionado con el Documento AIN
Tipo de Respuesta	57	13	No aplica
Respuesta	57	14	En el numeral 2.1 del documento AIN se resumen las políticas expedidas por el Gobierno Nacional para incentivar la economía circular y, entre otros, desincentivar el uso de los rellenos sanitarios.
Consecutivo	58	1	58
Radicado	58	2	0
Fecha de Radicado	58	3	21/07/2019
Mes	58	4	7
Remitente	58	5	Jonathan Sanchez - Luisa Celis. Min Energía
Ciudad	58	6	Bogotá D.C.
Departamento	58	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	58	8	Otro
Consulta	58	9	El sistema tarifario debe ir aumentando gradualmente para promover la reducción en la generación de residuos y por lo tanto, un cargo ambiental por la gestión integral de residuos debe ser cargado a los generadores, en este caso al usuario.
Escrita/Presencial	58	10	Presencial
Tipo de Consulta	58	11	Propuesta
Eje temático	58	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	58	13	No aplica
Respuesta	58	14	El alcance del este AIN se refiere específicamente al reconocimiento de la obligatoriedad de contar con sistemas de extracción, captura activa y pasiva para el manejo de gases en rellenos sanitarios, dentro de las tarifas del servicio público de aseo no incluye el análisis de la reducción de residuos como consecuencia de un aumento tarifario.
Consecutivo	59	1	59
Radicado	59	2	0
Fecha de Radicado	59	3	22/07/2019
Mes	59	4	7
Remitente	59	5	Héctor Herrera - UPME
Ciudad	59	6	Bogotá D.C.
Departamento	59	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	59	8	Otro
Consulta	59	9	Trabajamos para aportar al tema de economía circular, entre los estudios de biogás y aprovechamiento de la biomasa que hemos realizado se ve que el mayor contenido de los residuos sólidos urbanos es de biomasa y que se pueden aprovechar para valoración energética de residuos. Desde UPME se piensa que la solución no son los rellenos sanitarios, algo que hemos descartado de las propuestas porque el relleno sanitario impide obtener otros beneficios, otros productos o subproductos de los residuos sólidos urbanos. El resultado para el tratamiento de los residuos sólidos para valorización energética es que la inversión inicial es alta y que es necesaria financiar por medio de diferentes recursos, y una recomendación para esto es incrementar la tarifa.
Escrita/Presencial	59	10	Presencial
Tipo de Consulta	59	11	Comentario
Eje temático	59	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	59	13	Ya está incluido
Respuesta	59	14	En el numeral 2.3.9 del diagnóstico se hace alusión al estudio realizado por la UPME, en el cual se determinó el potencial energético de los sectores priorizados en dicho estudio. Por otra parte, si bien los rellenos sanitarios no permiten aprovechar el potencial de los residuos que se disponen en el mismo, se requiere tiempo para avanzar en la implementación de la economía circular y en la utilización de otras técnicas de disposición final.
Consecutivo	60	1	60
Radicado	60	2	0

Fecha de Radicado	60	3	23/07/2019
Mes	60	4	7
Remitente	60	5	Héctor Herrera - UPME
Ciudad	60	6	Bogotá D.C.
Departamento	60	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	60	8	Otro
Consulta	60	9	La UPME está acompañando el proceso de economía circular con el tema de minería urbana con residuos de construcción y demolición y residuos sólidos urbanos. En este último, la generación de biogás, mediante el potencial en darle valor energético al residuo, en aprovechar el residuo.
Escrita/Presencial	60	10	Presencial
Tipo de Consulta	60	11	Comentario
Eje temático	60	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	60	13	Ya está incluido
Respuesta	60	14	En el numeral 2.3.9 del diagnóstico se hace alusión al estudio realizado por la UPME, en el cual se determinó el potencial energético de los sectores priorizados en dicho estudio. Por otra parte, si bien los rellenos sanitarios no permiten aprovechar el potencial de los residuos que se disponen en el mismo, se requiere tiempo para avanzar en la implementación de la economía circular y en la utilización de otras técnicas de disposición final.
Consecutivo	61	1	61
Radicado	61	2	0
Fecha de Radicado	61	3	24/07/2019
Mes	61	4	7
Remitente	61	5	Héctor Herrera - UPME
Ciudad	61	6	Bogotá D.C.
Departamento	61	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	61	8	Otro
Consulta	61	9	En Colombia, con la Resolución CREG 240 de 2016, la CREG estableció la posibilidad de producir y comercializar biogás y biometano. El biogás para usarlo en sitios donde se pueda conectar al sistema nacional de transporte de gas natural. La posibilidad de los rellenos sanitarios en Colombia es prolongar los que existen pero no promover más rellenos.
Escrita/Presencial	61	10	Presencial
Tipo de Consulta	61	11	Comentario
Eje temático	61	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	61	13	Ya está incluido
Respuesta	61	14	En el análisis de aprovechamiento de biogás en la sección 2.3.7 se indica la posibilidad de utilizar el biogás para convertirlo en combustible y comercializarlo a través del servicio público de gas domiciliario, en los sitios donde se cuente con la infraestructura requerida para inyectarlo al sistema.
Consecutivo	62	1	62
Radicado	62	2	0
Fecha de Radicado	62	3	25/07/2019
Mes	62	4	7
Remitente	62	5	Héctor Herrera - UPME
Ciudad	62	6	Bogotá D.C.
Departamento	62	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	62	8	Otro
Consulta	62	9	Si desde el inicio hay un análisis de segmentación, justamente por las diferencias en las escalas, ¿Por qué no se plantea el análisis de alternativas también por segmentos?
Escrita/Presencial	62	10	Presencial
Tipo de Consulta	62	11	Propuesta
Eje temático	62	12	Alternativas
Tipo de Respuesta	62	13	No incluir
Respuesta	62	14	La estimación de costos presentados en la tabla 25 (anterior tabla 21) de la sección 2.6.4 corresponde a una estimación preliminar realizada con base en la información recopilada en el estudio de 2017, que no puede considerarse de

			referencia debido a que revela la asimetría de información existente. Adicionalmente y dada la existencia de asimetría de información para realizar una aproximación a todos los costos asociados a la quema de biogás, en la sección 2.7 del documento se presenta un ejercicio teórico sobre el impacto que podría generar en la tarifa de incorporarse el costo total de la externalidad.
Consecutivo	63	1	63
Radicado	63	2	20193210057922
Fecha de Radicado	63	3	12/07/2019
Mes	63	4	7
Remitente	63	5	Ing. Oscar Javier Pardo Sáenz
Ciudad	63	6	Bogotá D.C.
Departamento	63	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	63	8	Otro
Consulta	63	9	Se tiene contemplado pagar regalías al estado por el Gas Natural renovable que se obtenga de los rellenos sanitarios.
Escrita/Presencial	63	10	Escrita
Tipo de Consulta	63	11	Comentario
Eje temático	63	12	No relacionado con el Documento AIN
Tipo de Respuesta	63	13	No aplica
Respuesta	63	14	El estudio sobre la explotación de recursos naturales renovables y si ellos causan a favor de la Nación regalías, no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994 y por lo tanto, el alcance del este AIN no incluye el tema planteado en el comentario.
Consecutivo	64	1	64
Radicado	64	2	20193210057922
Fecha de Radicado	64	3	12/07/2019
Mes	64	4	7
Remitente	64	5	Ing. Oscar Javier Pardo Sáenz
Ciudad	64	6	Bogotá D.C.
Departamento	64	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	64	8	Otro
Consulta	64	9	¿Como se garantiza la operación de los sistemas de captación, transporte, quemado, limpieza y otros construidos por un desarrollador (tercero) que sea quien realice la inversión en estos sistemas de gas de rellenos sanitarios? Esta inquietud tiene como finalidad conocer que seguridad jurídica con la que contaría el desarrollador de este tipo de proyectos, al hacer una inversión en un Relleno Sanitario de un tercero (público, privado, sociedad de economía mixta), ya que su única posibilidad de recuperar su inversión, obtener utilidad es mediante la venta del Gas Natural renovable pero si no se le garantiza la operación de la infraestructura quedaría expuesto a perder su inversión.
Escrita/Presencial	64	10	Escrita
Tipo de Consulta	64	11	Comentario
Eje temático	64	12	No relacionado con el Documento AIN
Tipo de Respuesta	64	13	No incluir
Respuesta	64	14	El desarrollo de un proyecto de aprovechamiento es una decisión empresarial que estaría sujeta, al igual que cualquier otro tipo de proyecto, a los riesgos que está dispuesto a asumir cualquier inversionista que quiera ejercer su actividad empresarial en el país. La seguridad jurídica es la propia del régimen de contratación aplicable al contratante (artículo 1603 del Código Civil), que puede ser una entidad pública, privada o mixta. En cuanto al régimen de riesgos, para una persona de derecho privado es el contenido en el artículo 868 del Código de Comercio, y para una entidad estatal es el establecido en el numeral 3o del artículo 4 de la Ley 80 de 1993, modificado por la Ley 1150 de 2007.
Consecutivo	65	1	65
Radicado	65	2	20193210057922
Fecha de Radicado	65	3	12/07/2019
Mes	65	4	7
Remitente	65	5	Ing. Oscar Javier Pardo Sáenz
Ciudad	65	6	Bogotá D.C.

Departamento	65	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	65	8	Otro
Consulta	65	9	Existe la posibilidad que las autoridades ambientales de Colombia, cuenten con recursos para pagar a empresas de ingeniería especializada para realizar los diseños, construcción, puesta en marcha y operación por 10 años de estos sistemas con el fin de no tener que conseguir recursos de privados nacionales o extranjeros.
Escrita/Presencial	65	10	Escrita
Tipo de Consulta	65	11	Comentario
Eje temático	65	12	No relacionado con el Documento AIN
Tipo de Respuesta	65	13	No aplica
Respuesta	65	14	Resulta pertinente precisar que en razón a las funciones y facultades de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) establecidas, principalmente en los artículos 73 y 74 de la Ley 142 de 1994 , no es competencia de esta Entidad intervenir en los asuntos presupuestales de las autoridades ambientales.
Consecutivo	66	1	66
Radicado	66	2	20193210057922
Fecha de Radicado	66	3	12/07/2019
Mes	66	4	7
Remitente	66	5	Ing. Oscar Javier Pardo Sáenz
Ciudad	66	6	Bogotá D.C.
Departamento	66	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	66	8	Otro
Consulta	66	9	Existe la posibilidad de presentar un proyecto de Alianza Público Privada, donde el estado entregue los rellenos actuales en su estado actual, para que mediante la iniciativa privada realice la ingeniería, construcción, venta y comercialización de energía y/o gas recupere su inversión, pague derechos de gas y obtenga sus utilidades por un plazo no menor a 15 años.
Escrita/Presencial	66	10	Escrita
Tipo de Consulta	66	11	Comentario
Eje temático	66	12	No relacionado con el Documento AIN
Tipo de Respuesta	66	13	No aplica
Respuesta	66	14	Resulta pertinente precisar que en razón a las funciones y facultades de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) establecidas, principalmente en los artículos 73 y 74 de la Ley 142 de 1994 , no es competencia de esta Entidad , aprobar, diseñar o establecer alianzas público privadas, esta actividad se encuentra establecida en la Ley 1508 de 2012, adicionada por la Ley 1955 de 2019, que define la aprobación y celebración de ese tipo de contratos en la entidad pública con competencia sobre la infraestructura, en este caso, las entidades territoriales. En la página web de la CRA se encuentra publicado el AIN sobre la regulación de las APP del servicio público de Aseo.
Consecutivo	67	1	67
Radicado	67	2	20193210064592
Fecha de Radicado	67	3	5/08/2019
Mes	67	4	8
Remitente	67	5	Juan Carlos Torres Vallejo. MVCT
Ciudad	67	6	Bogotá D.C.
Departamento	67	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	67	8	Otro
Consulta	67	9	(...) El Decreto 1784 de 2017 tiene como objeto reglamentar las condiciones bajo las cuales deberá desarrollarse la actividad complementaria de disposición final de residuos en relleno sanitario, definido en la misma norma como "Solución técnica de saneamiento básico, resultado de procesos de Planeación, Diseño, Operación y Control para la disposición final adecuada de residuos sólidos"; la cual incluye como mínimo actividades de impermeabilización, extracción de lixiviados, evacuación de gases y manejo de aguas lluvias, como requisitos mínimos, eminentemente técnicos para la construcción y operación de este tipo de proyectos.
Escrita/Presencial	67	10	Escrita
Tipo de Consulta	67	11	Comentario
Eje temático	67	12	Diagnóstico y problema

Tipo de Respuesta	67	13	Ya está incluido
Respuesta	67	14	El tema comentado se encuentra en el numeral 2.2 del contexto normativo.
Consecutivo	68	1	68
Radicado	68	2	20193210064592
Fecha de Radicado	68	3	5/08/2019
Mes	68	4	8
Remitente	68	5	Juan Carlos Torres Vallejo. MVCT
Ciudad	68	6	Bogotá D.C.
Departamento	68	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	68	8	Otro
Consulta	68	9	Así, en su Artículo 2.3.2.3.11 el citado Decreto define los requisitos mínimos para el diseño de nuevos rellenos o ampliación de existentes, los cuales incluyen los cálculos para el dren de evacuación de gases y se establece que se realice captura y quema tecnificada en todas las categorías de relleno establecidas. Lo anterior obedece a que el gas generado en el relleno sanitario, sin importar su tamaño, requiere de su captura y quema como condición fundamental, por un lado, para garantizar la estabilidad y por el otro mitigar la emisión de gases efecto invernadero en el marco de los compromisos asociados al sector de residuos sólidos.
Escrita/Presencial	68	10	Escrita
Tipo de Consulta	68	11	Comentario
Eje temático	68	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	68	13	Ya está incluido
Respuesta	68	14	La reglamentación de la disposición final no corresponde a las competencias de esta Comisión de Regulación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 73 y el numeral 74.2 de la Ley 142 de 1994. Sin embargo, el MVCT se encuentra reglamentando el Decreto 1784 de 2017 en el cual se incluye la expresión "captura y quema tecnificada".
Consecutivo	69	1	69
Radicado	69	2	20193210064592
Fecha de Radicado	69	3	5/08/2019
Mes	69	4	8
Remitente	69	5	Juan Carlos Torres Vallejo. MVCT
Ciudad	69	6	Bogotá D.C.
Departamento	69	7	Bogotá D.C.
Tipo de remitente	69	8	Otro
Consulta	69	9	No es cierta la interpretación al citado Decreto (1784 de 2017) respecto que el mismo se refiera a la necesidad de que la CRA de acuerdo con el CONPES 3874 de 2016 expida una regulación para el reconocimiento de la obligatoriedad de contar con sistemas de extracción, captura activa y pasiva para el manejo de gases en rellenos sanitarios, dentro de las tarifas del servicio público de aseo, dado que a la luz del Artículo 2.3.2.3.21, del Decreto 1077 de 2015 ello corresponde a una decisión empresarial resultado del análisis beneficio costo, considerando además el Artículo 2.3.2.3.8 que desarrolló el concepto de adicionalidad para la eficiencia.
Escrita/Presencial	69	10	Escrita
Tipo de Consulta	69	11	Comentario
Eje temático	69	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	69	13	Ya está incluido
Respuesta	69	14	Como se menciona en el numeral 2.1.1 del diagnóstico, el CONPES 3874 de 2016 estableció en su plan de acción, entre otros, dos instrumentos para promover la economía circular. Uno de ellos es la "Expedición y reglamentación por parte del MVCT para promover el uso de tecnologías complementarias y alternativas a rellenos sanitarios, así como la obligatoriedad de contar con sistemas de extracción, captura activa y pasiva para el manejo de gases y su reconocimiento en las tarifas del servicio público de aseo". Esta actividad se cumplió con la expedición del Decreto 1784 de 2017 (reporte SISCONPES). Por otra parte, el otro instrumento definido en el mismo Plan de Acción es "(...) la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico incluirá la remuneración tarifaria por la captura y combustión del gas en los rellenos sanitarios."

			En este sentido, lo anterior motivó la inclusión del presente AIN en la Agenda Regulatoria. El análisis contenido en este documento AIN refuerza la disposición del artículo 2.3.2.3.21 del Decreto 1077 de 2015, por cuanto se mantiene la decisión de contar con sistemas de captura activa y quema como una decisión empresarial.
Consecutivo	70	1	70
Radicado	70	2	20193210064592
Fecha de Radicado	70	3	5/08/2019
Mes	70	4	8
Remitente	70	5	Juan Carlos Torres Vallejo. MVCT
Ciudad	70	6	Bogotá D.C.
Departamento	70	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	70	8	Otro
Consulta	70	9	Lo anterior supone que el Decreto de interés solamente se refiere a la captura y quema, como de medida de manejo y control de emisión de gases generados por la masa de residuos confinados en un relleno sanitario, y no como se pretende homologar ese control y manejo con proyectos asociados al aprovechamiento y valorización de los mismos.
Escrita/Presencial	70	10	Escrita
Tipo de Consulta	70	11	Comentario
Eje temático	70	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	70	13	Ya está incluido
Respuesta	70	14	En el artículo 2,3,2,3,21 del Decreto 1077 de 2015, se establece que el aprovechamiento de biogás dependerá "de los estudios de viabilidad técnica, económica y la relación beneficio costo" y por lo tanto corresponde a una decisión empresarial. No obstante, uno de los fines del árbol de objetivos establecidos en la sección 4 del AIN es "Favorecer la implementación de sistemas de extracción, captura activa y quema o aprovechamiento de gases en los rellenos sanitarios".
Consecutivo	71	1	71
Radicado	71	2	20193210064592
Fecha de Radicado	71	3	5/08/2019
Mes	71	4	8
Remitente	71	5	Juan Carlos Torres Vallejo. MVCT
Ciudad	71	6	Bogotá D.C.
Departamento	71	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	71	8	Otro
Consulta	71	9	Es necesario destacar que Colombia en el marco de los mecanismos de compensación de carbono como MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio), entre otros y las políticas de mitigación del cambio climático a través de créditos de compensación, no cuenta con norma de calidad que implique la obligatoriedad de efectuar tratamiento de los gases efecto invernadero por lo que el concepto de Adicionalidad, es decir "ir más allá de la norma", es indispensable para que se consiga un apoyo financiero adicional para la venta de créditos de carbono con el fin de asegurar la integralidad de estos mecanismos, lo que permite indirectamente a países industrializados emitir más de sus objetivos sin causar las emisiones equivalentes a reducirse en un país en desarrollo.
Escrita/Presencial	71	10	Escrita
Tipo de Consulta	71	11	Comentario
Eje temático	71	12	Análisis de alternativas
Tipo de Respuesta	71	13	Incluir
Respuesta	71	14	Se incluyeron en la sección 2.2.1. del documento, los requisitos exigidos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en los mercados de emisiones, entre los que se encuentra el requisito de adicionalidad en los términos del UNFCCC, que consiste en que los esfuerzos deben ser voluntarios y superar las obligaciones legales o regulatorias. Así mismo, se incluyó como causa en el árbol de problemas, como medio en el árbol de objetivos y en el análisis de ventajas y desventajas de las alternativas como criterio de evaluación.
Consecutivo	72	1	72
Radicado	72	2	20193210064592
Fecha de Radicado	72	3	5/08/2019

Mes	72	4	8
Remitente	72	5	Juan Carlos Torres Vallejo. MVCT
Ciudad	72	6	Bogotá D.C.
Departamento	72	7	Bogotá_D.C.
Tipo de remitente	72	8	Otro
Consulta	72	9	En consecuencia, no es cierto que el Decreto 1784 de 2017 hubiera exigido a los prestadores de la actividad de disposición final realizar la captura para el aprovechamiento o valorización de los gases del relleno sanitario toda vez que ello iría en contra de los acuerdos y compromisos internacionales suscritos por Colombia en el marco de la mitigación de gases efecto invernadero en donde, este tipo de decisiones corresponden a análisis de eficiencia por adicionalidad tal como lo señala el mencionado Decreto; por lo tanto no puede la Comisión de Regulación de Agua y Saneamiento Básico-CRA incluir este tipo de conceptos, que corresponden exclusivamente a la adicionalidad a la tarifa del servicio público de aseo toda vez que desincentivaría este tipo de proyectos e iría en contra de normas de carácter supranacional.
Escrita/Presencial	72	10	Escrita
Tipo de Consulta	72	11	Comentario
Eje temático	72	12	Diagnóstico y problema
Tipo de Respuesta	72	13	Ya está incluido
Respuesta	72	14	Se incluyeron en la sección 2.2.1. del documento, los requisitos exigidos para acceder a los incentivos económicos ambientales ofrecidos en los mercados de emisiones, entre los que se encuentra el requisito de adicionalidad en los términos del UNFCCC, que consiste en que los esfuerzos deben ser voluntarios y superar las obligaciones legales o regulatorias. Así mismo, se incluyó como causa en el árbol de problemas, como medio en el árbol de objetivos y en el análisis de ventajas y desventajas de las alternativas como criterio de evaluación.