



## Primera aproximación para el aprovechamiento y generación de energía con gas natural desde mecanismo de desarrollo limpio (MDL)

First Approximation for the use and generation of energy from natural gas from Clean Development Mechanism (CDM)

Primeira Aproximação para o uso e geração de energia a partir de gás natural do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Diego Rosas Cadena<sup>1</sup>  
Claudia María Cardona<sup>2</sup>  
Edwin Rivas Trujillo<sup>3</sup>

**Fecha de recepción:** junio 2014

**Fecha de aceptación:** noviembre 2014

**Para citar este artículo:** Rosas, D., Cardona, C. y Rivas, E. (2015). Primera aproximación para el aprovechamiento y generación de energía con gas natural desde mecanismo de desarrollo limpio (MDL). *Revista Científica*, 21, 29-38. **Doi:** [10.14483/udistrital.jour.RC.2015.21.a3](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.21.a3)

### Resumen

Este artículo presenta un panorama de aplicaciones de mecanismos de desarrollo limpio a nivel regional y nacional enfocado a la recuperación de energía. Con base en este panorama se presenta una aproximación del desarrollo de proyectos de aprovechamiento y generación de energía a partir del uso de gas natural y su elegibilidad como MDL, tomando como base las metodologías existentes aprobadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas.

**Palabras Clave:** Mecanismo de Desarrollo Limpio, Gases de efecto invernadero, gas natural, Cambio climático.

### Abstract

This paper provides an overview concerning applications of Clean Development Mechanisms (CDM) at local, regional and national level focused on energy recovery. Based on this scenario an approximation

of project development and utilization of energy generation from the use of natural gas and eligibility as CDM is presented based on existing methodologies.

**Keywords:** Clean Development Mechanisms, Greenhouse gases, natural gas, Climate Change.

### Resumo

Este artigo apresenta uma visão geral dos aplicativos de mecanismos de desenvolvimento limpo a nível regional e nacional focada na recuperação de energia. Com base neste cenário uma aproximação do desenvolvimento do projeto e utilização de geração de energia a partir do uso do gás natural e da elegibilidade MDL é apresentada, com base em metodologias existentes adotadas pela Convenção-Quadro das Nações Unidas.

**Palavras-chave:** Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, gases de efeito estufa, o gás natural, Alterações Climáticas.

<sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: diegoata77@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: cmcardona@udistrital.edu.co

<sup>3</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: erivas@udistrital.edu.co

## Introducción

El conocimiento de los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) como una primera aproximación a la gestión ambiental en el sector eléctrico permite establecer las estrategias necesarias a la hora de implementar acciones en la generación de energía.

A nivel mundial, las tecnologías de generación de energía a partir de gas natural han tenido notables desarrollos, en parte debido a que algunas características del gas facilitan su evolución, tales como su relativa abundancia, costo y efectos ambientales (inferiores a los producidos por las plantas que operan con carbón mineral).

En Colombia se han implementado proyectos encaminados a lograr un desarrollo sustentable para que puedan certificar sus reducciones y, por lo tanto, entrar a comercializarlas con países industrializados, para que ellos cumplan sus obligaciones de disminución de gases de efecto invernadero (GEI). Muchos de estos proyectos se están dando en la parte de recuperación de energía, en donde entra a jugar un papel importante el uso del

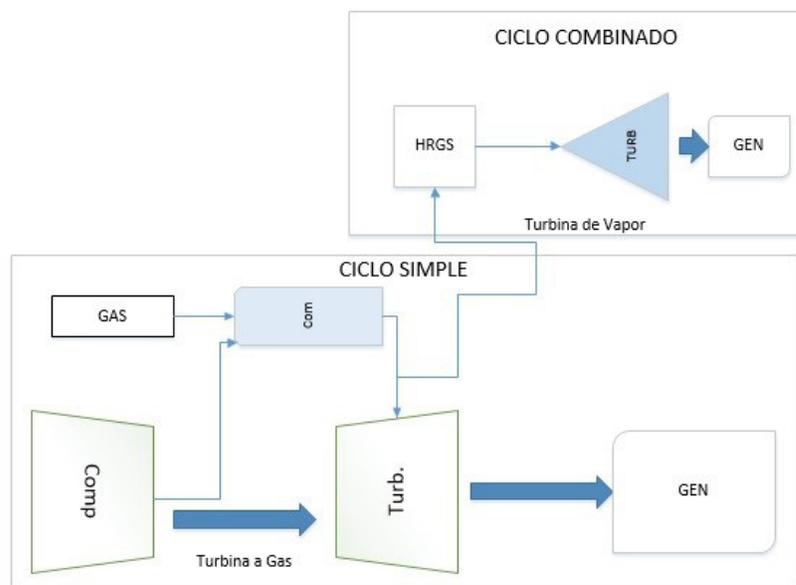
gas natural como combustible más limpio, al ser el combustible fósil con menor impacto medioambiental, lo que contribuye a la reducción de emisiones de GEI en una cantidad considerable.

El problema se define en términos de la siguiente pregunta: ¿Es viable el desarrollo de un proyecto de recuperación de energía utilizando gas natural para ser elegible como MDL para el campo petrolífero Tocaría, propiedad de AMV S.A. Con Gas?

Debido a que solo se estudiará la elegibilidad del proyecto como MDL, es fundamental plantear los principales requisitos para su elección. Este será desarrollado mediante la adaptación de una metodología de gran escala, aprobada y definida por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

## Gas natural como combustible

El gas natural es una energía eficaz, rentable y limpia, y por sus precios competitivos y su eficiencia como combustible permite considerables ahorros a sus usuarios. Por ser el combustible más limpio



**Figura 1.** Esquema de ciclo simple y combinado

Fuente: UPME (2005)

de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica, y es una alternativa energética que destacará en el siglo XXI por su creciente participación en los mercados mundiales de energía (Reyes, 2008).

En la Figura 1 se observa la utilización del gas natural en el ciclo combinado, en donde se reutiliza el vapor generado por la turbina en un generador de gas normal para ser reutilizado en el ciclo de generación de una turbina a vapor.

Los avances tecnológicos en ciclos simples han consistido en mejoras de las turbinas de gas, a través del aumento de la temperatura de la combustión, lo cual ha sido posible por la implementación de materiales que poseen mayor resistencia a presiones y temperaturas en el proceso de combustión. En los ciclos combinados, además de las mejoras obtenidas en las turbinas de gas, la tendencia es mejorar los ciclos de vapor por medio del aumento de la presión, así como desarrollar de manera comercial ciclos que posean eficiencias del 60 % y temperaturas de combustión de 1.430 °C (UPME, 2005).

El reto en el desarrollo de las nuevas turbinas, además de operar a presiones y temperaturas de combustión superiores, es lograr mantener los estándares ambientales actuales, debido a que un aumento en la temperatura de la combustión implica un aumento en las emisiones de NOx (UPME, 2005).

Tomando como referencia el programa integral contra la contaminación atmosférica de la ciudad de México, en la Tabla 1 se muestran los valores que indican la cantidad de emisiones de contaminación que generan los diferentes tipos de combustibles fósiles.

Donde: CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono: gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra), actualmente en una proporción de 350 ppm (partes por millón), cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Unidad: ppm.

CO, monóxido de carbono: gas tóxico incoloro e inodoro, es el producto de la combustión incompleta de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Unidad: porcentaje (%) y ppm.

NO<sub>x</sub>, óxido de nitrógeno: son compuestos químicos formados por la combinación del oxígeno y nitrógeno en un proceso de formación compuesto en la combustión a altas temperaturas. Unidad: ppm.

SO<sub>2</sub>, dióxido de azufre:

HC, hidrocarburos no quemados: son compuestos constituidos en su mayoría por largas cadenas químicas de hidrógeno y carbono, producto de la combustión incompleta de combustibles. Unidad: ppm.

**Tabla 1.** Emisión típica de contaminantes por kg de petróleo equivalente (kilogramos de contaminante)

| Combustible | CO <sub>2</sub> | CO     | NO <sub>x</sub> | SO <sub>2</sub> | HC     | Partículas |
|-------------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|--------|------------|
| Gasolina    | 2,979           | 0,608  | 0,017           | 0,0028          | 0,0029 | 0,0017     |
| Diesel      | 3,088           | 0,0026 | 0,052           | 0,0028          | 0,0062 | 0,0184     |
| Combustóleo | 3,268           | 0,0005 | 0,0086          | 0,0590          | 0,0039 | 0,0285     |
| Gas Natural | 2,347           | 0,0008 | 0,0104          | 0,0004          | 0,0003 | 0,0011     |
| Gas GLP     | 2,657           | 0,0010 | 0,012           | 0,0010          | 0,0015 | 0,0012     |
| Carbón      | 3,941           | 0,0004 | 0,031           | 0,0227          | 0,0002 | 0,0070     |

**Fuente:** Programa integral contra la contaminación atmosférica, Ciudad de México

**Tabla 2.** Proyectos relacionados con el aprovechamiento de gas Natural presentados como MDL en Colombia

| Título                                                                                                                  | Departamento       | Estado        | Tipo                                  | Subtipo                                | Metodología |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-------------|
| <i>Energy Efficiency and partial Fuel Switch at Ladrillera Alcarraza</i>                                                | Antioquia          | En validación | Eficiencia energética en la industria | Materiales de construcción             | AMS - II.D. |
| <i>Improving energy efficiency in a new Gas Plant in Gibraltar Colombia</i>                                             | Santander y Boyacá | En validación | Eficiencia energética en la industria | Petroquímica                           | AMS - II.D. |
| <i>Recovery and utilization of gas that would otherwise be flared in oil fields of Ecopetrol S.A in Huila, Colombia</i> | Huila              | En validación | Emisiones fugitivas                   | Reducción de quema en pozos petroleros | AM9         |

**Fuente:** Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNUCC)

Partículas: contaminantes atmosféricos complejos, que abarcan un amplio espectro de sustancias, tanto sólidas como líquidas, procedentes de diversas fuentes, entre las que destacan: polvo (producido por desintegración mecánica), humos (procedentes de combustiones), brumas (por condensación de vapor) y aerosoles (mezcla de partículas sólidas o líquidas suspendidas en un gas).

En la Tabla 2 se observan tres proyectos propuestos en Colombia con utilización de gas natural presentados como MDL, su estado en el ciclo MDL, el tipo y la actividad del proponente.

### Aplicación específica planteada en Colombia

Dadas las características de los proyectos mencionados y tomando en cuenta la similitud del proyecto propuesto, profundizaremos en el MDL planteado por ECOPEPETROL S.A.

Nombre: Recuperación y utilización de gas natural que de otra manera sería quemado en los campos petroleros de Ecopetrol S.A. en el departamento del Huila, Colombia.

Descripción: La principal razón del desarrollo propuesto es apoyar la política de aumentar el uso

del gas natural y gas licuado de petróleo (GLP), especialmente en las zonas rurales de Colombia. En muchos hogares rurales pobres en Colombia, los combustibles tradicionales como la leña todavía se utilizan para cocinar, trayendo consigo graves problemas de salud, ambientales y socioeconómicos, la deforestación es solo uno de muchos. Muchas áreas en las regiones del sur del país no tienen acceso a combustibles más fiables, como el GLP, debido al hecho de que la producción y las importaciones se concentran en el centro-norte del país y el transporte hacia el sur tiene un costo muy elevado. El proyecto planteado ha sido creado para hacer frente a este problema mediante el inicio de la producción de GLP más cerca de esas áreas. Además de aliviar el problema de accesibilidad, el proyecto tiene por objeto garantizar que el GLP llegue a las familias pobres que más lo necesitan mediante la subvención de un cierto número de estufas de GLP (CMNUCC).

Ubicación: Neiva, Huila, Colombia.

Clasificación: Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, petróleo y gas)

Metodología Propuesta: La línea de base y metodología de monitoreo aprobada aplicada a la actividad del proyecto es la versión 4 de AM0009 "Recuperación y utilización de gas de los pozos de petróleo que de otro modo sería quemado o venteadado".

### Trabajos representativos internacionales sobre aplicaciones MDL de recuperación de energía y uso del gas natural

#### Mecanismos de desarrollo limpio

Los proyectos de MDL surgen como un mecanismo de flexibilidad del Protocolo de Kioto para que los países industrializados, incluidos en el anexo I del protocolo, puedan cumplir las metas de reducción de emisiones de GEI propuestas para el periodo comprendido entre 2008 y 2014.

Por ser un país en vía de desarrollo, Colombia se encuentra en el anexo III del Protocolo, lo cual lo ubica dentro de uno de los objetivos del MDL que es "Ayudar a los países en desarrollo generar un desarrollo sostenible".

Un proyecto MDL se debe enfocar en la búsqueda del mejoramiento de las condiciones

ambientales, de la mano con políticas que ayuden al desarrollo de la población en general, ya que el impacto que va a generar es considerable, teniendo en cuenta que entrará en el foco de una gran cantidad de actividades, las cuales pueden mejorar directa o indirectamente las costumbres y la calidad de vida de los habitantes.

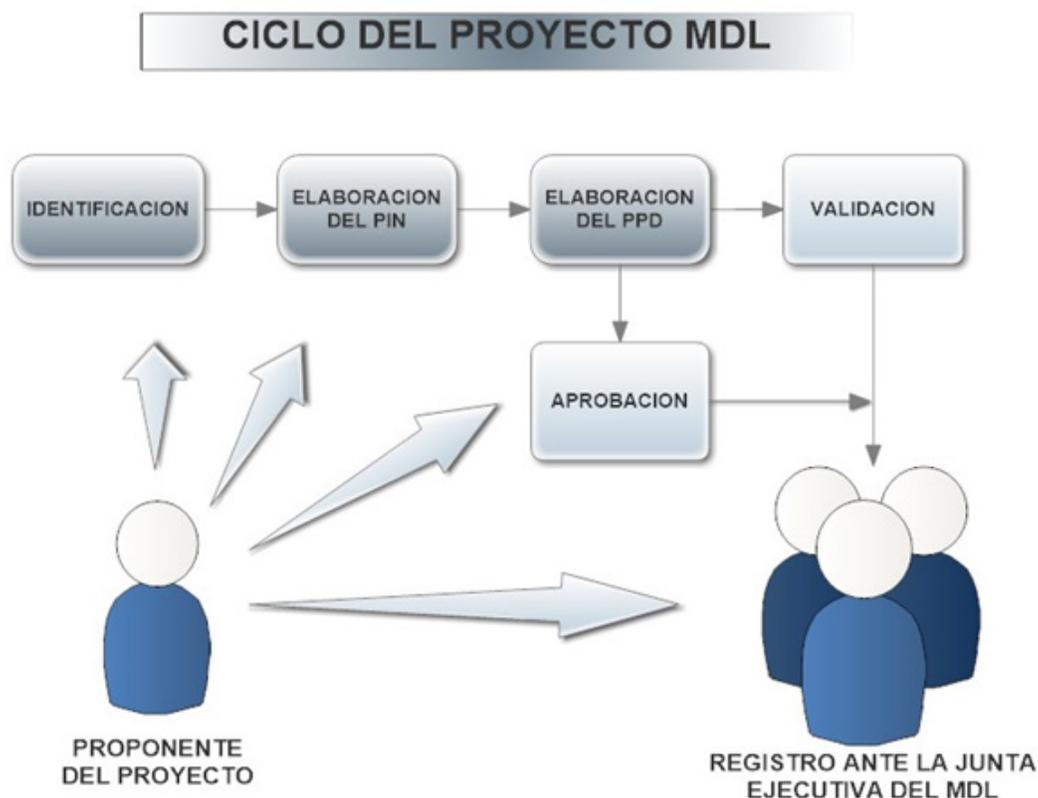
El cambio climático lleva a una toma de decisiones que contribuyan a mitigar el impacto sobre el medio ambiente, en la utilización de combustibles fósiles el gas natural se ubica como la mejor alternativa haciendo una relación de eficiencia y emisiones de GEI, además de ser la mejor opción para dar tiempo al desarrollo de nuevas tecnologías que en este momento se consideran que no son eficientes para la industria (Calvo, 2011).

De acuerdo con lo establecido en el protocolo de Kioto, Colombia puede participar con proyectos que le permitan lograr un desarrollo sostenible y que les ayuden a los países industrializados a cumplir sus compromisos de reducción de emisiones de GEI. Como se ilustra en la Figura 2, los proyectos que quieran ser inscritos y reconocidos como mecanismos de desarrollo limpio deben cumplir un ciclo

**Tabla 3.** Trabajos representativos relacionados con la recuperación de energía o gas natural en aplicaciones de MDL

| Autores y Año                                                  | Aspectos relevantes                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Y. Wei-hua-X. Tao-J. Li-yue-G. Yue-jiao-C. Guang-L. Wei (2010) | Describen el proceso de recuperación de energía y su aplicación como MDL en una planta cementera mediante la instalación de dispositivos que aprovechen la energía desperdiciada.                     |
| Xiangning, Xiuqin, Jing (2009)                                 | Analizan la viabilidad como MDL, a partir de la línea base y los costos incrementales del desarrollo de un parque eólico en la Costa Oriental de China.                                               |
| Xu Tao - Zhao Sheng-nan - Jing Dong (2009)                     | Analizan la reutilización de gases residuales en una planta de fundición de hierro y aluminio perteneciente a Handan Iron & Steel Group Co., Ltd., como proyecto MDL mediante la metodología ACM0004. |

**Fuente:** elaborado con base en información de *IEEE Xplore*



**Figura 2.** Ciclo del proyecto MDL

**Fuente:** Seminario Taller “El mecanismo de desarrollo limpio como una nueva oportunidad para el desarrollo de negocios ambientales” 2008

## Portafolio del MDL en Colombia

Desde la fecha de aprobación de la Oficina para la Mitigación del Cambio Climático se tiene un portafolio de MDL en Colombia (Figura 3 y Tabla 4) en el cual se maneja la información de reducciones de GEI, proyectos registrados, ingresos por estos proyectos y valores proyectados.

La Figura 3 muestra en cifras el portafolio en el país y ubica los proyectos por fase de aprobación ante entes nacionales e internacionales.

La Tabla 4 refleja un equivalente de los beneficios económicos y de la producción de CER del portafolio en valores potenciales.

Las Figuras 4 y 5 reflejan que el sector energético hace un gran aporte en proyectos MDL, con un 26,71 % del total de los proyectos en el país,

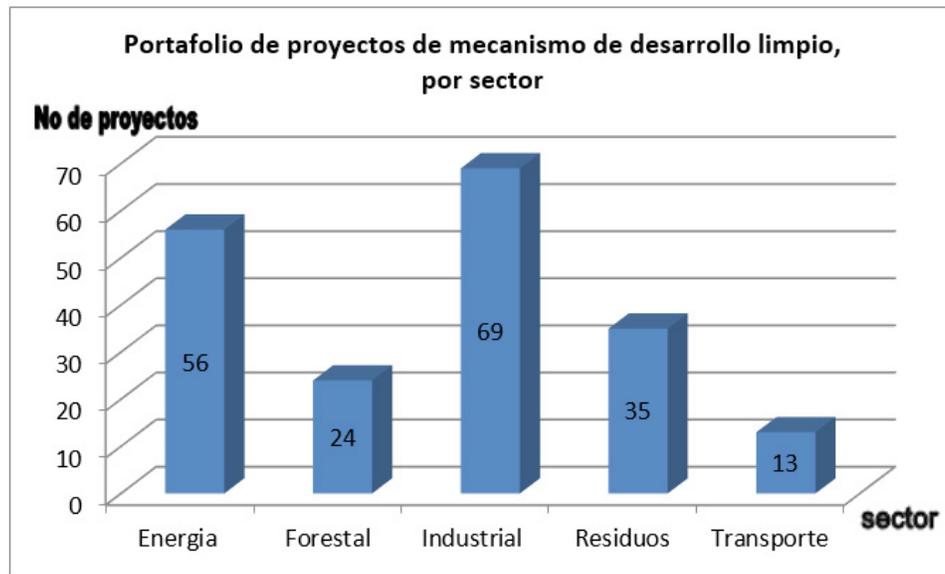
con lo que se ubica en el segundo lugar, por detrás del sector industrial, que tiene una participación de 35,61 % .

Las Figuras 6 y 7 reflejan el número de proyectos relacionados con cada área en específico con aprobación nacional y muestran el total de reducciones de GEI que producen.

Las Figuras 8 y 9 reflejan el número de proyectos que ya están legalmente registrados y posicionados dentro de la CMNUCC y el potencial anual total de reducciones de GEI que poseen.

Todo esto convierte a Colombia en el cuarto país en Latinoamérica en cuanto a proyectos MDL registrados ante la ONU y el número doce en el mundo.

Actualmente se han emitido certificados de reducción (CER) a ocho proyectos MDL por parte de las Naciones Unidas.



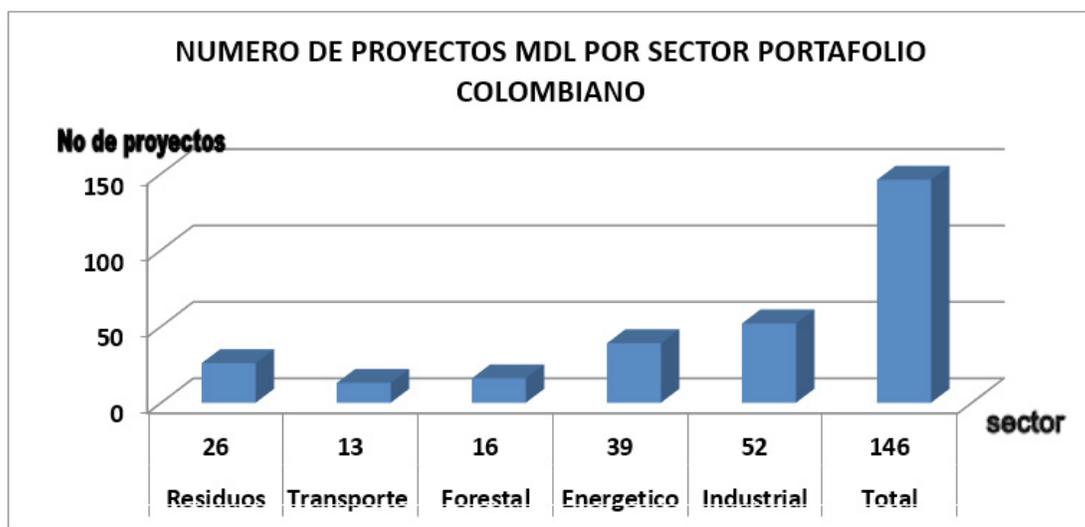
**Figura 3.** Proyectos de MDL en Colombia

**Fuente:** Portafolio de Proyectos MDL del Grupo de Mitigación del Cambio Climático- MADS

|                                                                |                 |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|
| Total CER potenciales del portafolio anuales (toneladas)       | 19,440,135      |
| Potencial total de ingresos por CER (dólares)                  | USD 185,496,915 |
| Ingresos por venta de CER en Colombia de 2007 a 2009 (dólares) | USD 87,870,000  |

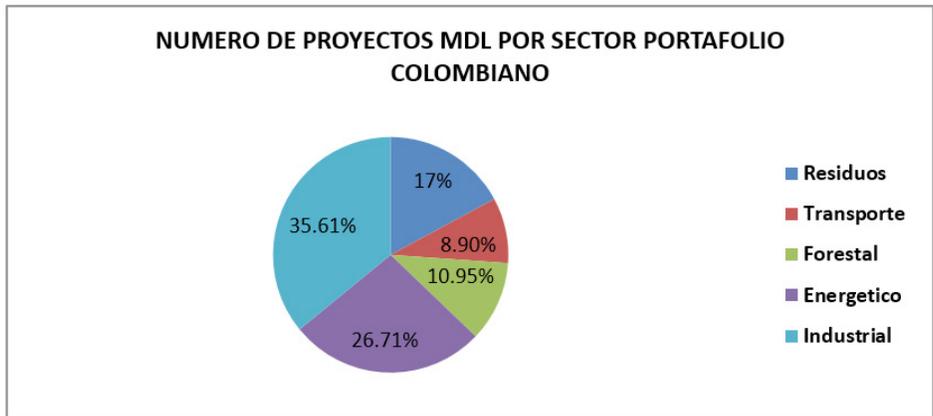
**Tabla 4.** Ingresos y CER potenciales de los proyectos

**Fuente:** Portafolio de Proyectos MDL del Grupo de Mitigación del Cambio Climático- MADS



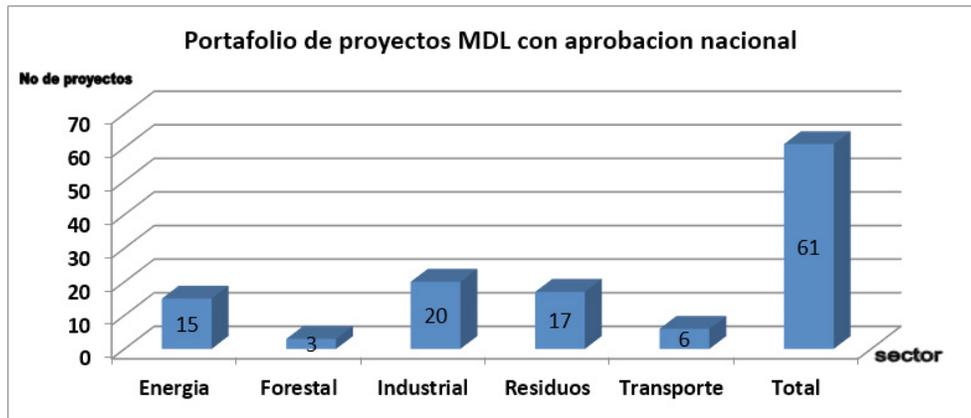
**Figura 4.** Relación de proyectos MDL por sector portafolio colombiano

**Fuente:** Portafolio de Proyectos MDL del Grupo de Mitigación de Cambio Climático-MADS



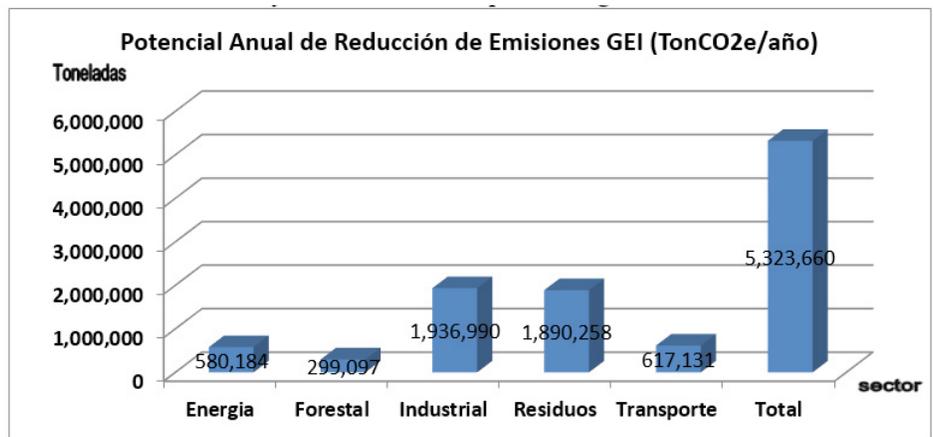
**Figura 5.** Relación de proyectos MDL por sector Portafolio Colombiano

**Fuente:** Portafolio de Proyectos MDL del Grupo de Mitigación de Cambio Climático-MADS



**Figura 6.** Portafolio de proyectos MDL con aprobación nacional

**Fuente:** Portafolio de Proyectos MDL del Grupo de Mitigación de Cambio Climático-MADS



**Figura 7.** Potencial Anual de Reducción de Emisiones GEI (TonCO2e/año)

**Fuente:** Portafolio de Proyectos MDL del Grupo de Mitigación de Cambio Climático-MADS

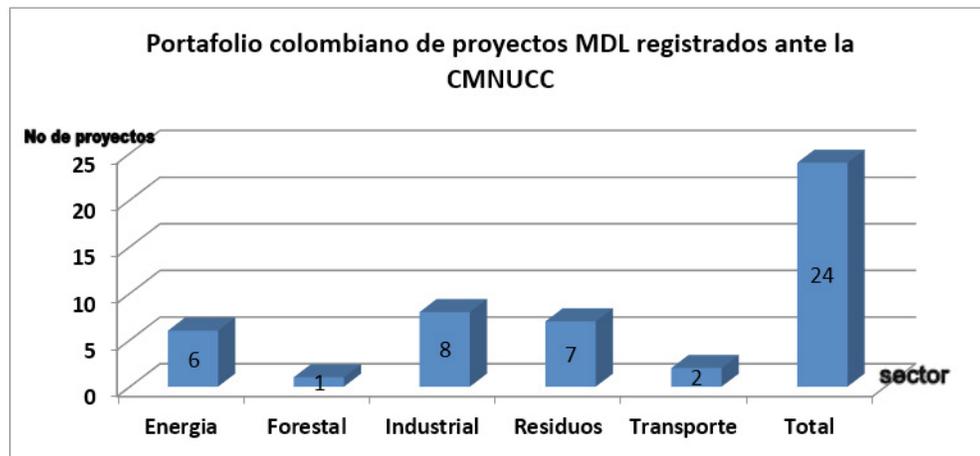


Figura 8. Portafolio colombiano de proyectos MDL registrados ante la CMNUCC

Fuente: Portafolio de Proyectos MDL del Grupo de Mitigación de Cambio Climático-MADS

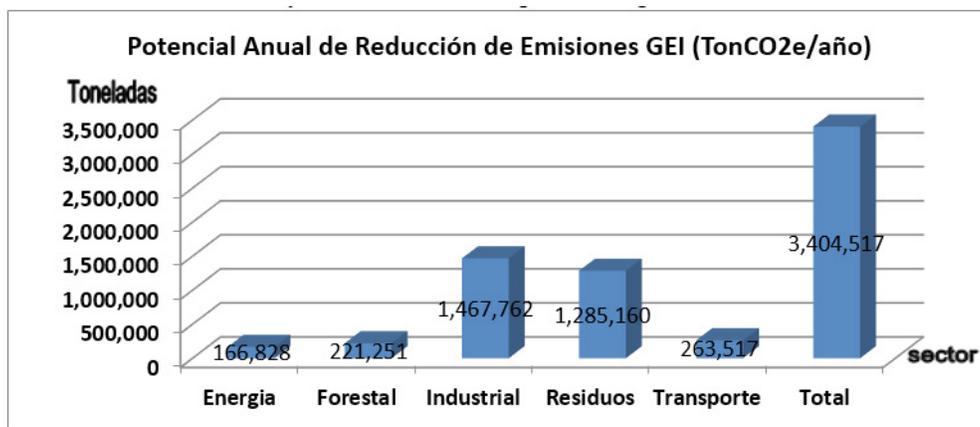


Figura 9. Potencial Anual de Reducción de Emisiones GEI (TonCO<sub>2</sub>e/año) de los proyectos registrados ante la CMNUCC

Fuente: Portafolio de Proyectos MDL del Grupo de Mitigación de Cambio Climático-MADS

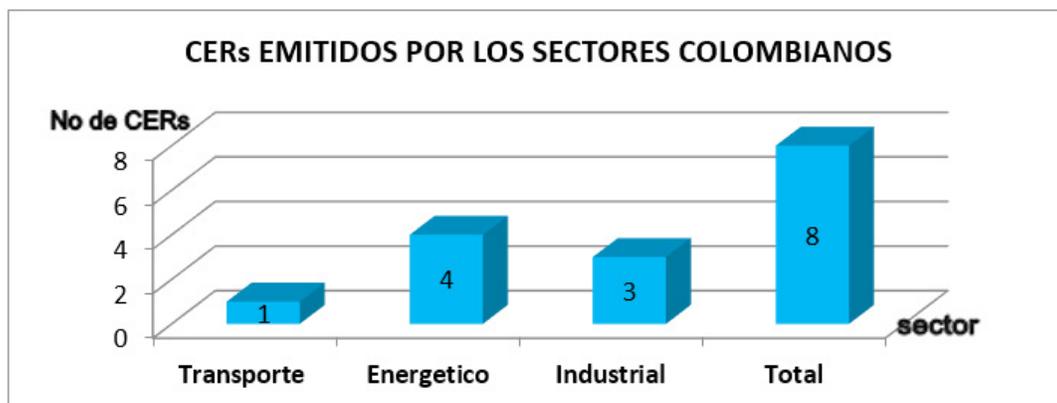


Figura 10. Proyectos de Desarrollo Limpio MDL con CER emitido por los sectores colombianos

Fuente: Portafolio de Proyectos MDL del Grupo de Mitigación de Cambio Climático-MADS

## Referencias

- Reyes, L. (2008). *Uso del gas natural como combustible más limpio*. Universidad de La Salle.
- Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2005). *Plan de expansión de referencia 2003 – 2012*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2005). *Costos indicativos de generación eléctrica en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (CMNUCC). *Recovery and utilization of gas that would otherwise be flared in oil fields of Ecopetrol S.A. in Huila, Colombia*. (Recuperación y utilización de gas natural que de otra manera sería quemado en los campos petroleros de Ecopetrol S.A. en el departamento del Huila, Colombia). Versión 1.0 22/04/2010. Recuperado de <https://cdm.unfccc.int/Projects/Validation/DB/DI145IJRICP12B6WDJCH86TY52EC70/view.html>
- Y. Wei-hua-X. Tao-J. Li-yue-G. Yue-jiao-C. Guang-L. Wei. (2010). Feasibility Study on Wind Farm Renewable Energy Development in the Eastern Coast of China. *2010 WASE International Conference on Information Engineering (ICIE)*, 4. 287-290.
- Xiangning, H., Xiuqin, M. y Jing, W. (2009). Waste Gases Utilization and Power Generation in Iron and Steel Works. *Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops, 2009. IITAW '09*. 249-249.
- Tao, X., Sheng-nan, Z. y Dong, J. (2009). The Contribution of Clean Development Mechanism to CO2 Emission Reduction: A Case Study. *Power and Energy Engineering Conference, 2009. APPEEC 2009. Asia-Pacific*. 1-3.
- Calvo, E. (2011). *El gas natural, un puente hacia el 2030 para frenar el cambio climático*. Instituto de Estrategia Internacional (IEI).
- Portal institucional / Cambio Climático / Portafolio del MDL en Colombia. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. <<http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=829&conID=3046>>

