

OPORTUNIDADES PARA EL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO DENTRO DEL
MARCO DEL PROTOCOLO DE KYOTO

JAIRO ANDRÉS CORREA CASTRILLÓN

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

MEDELLÍN

2008

OPORTUNIDADES PARA EL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO DENTRO DEL
MARCO DEL PROTOCOLO DE KYOTO

JAIRO ANDRÉS CORREA CASTRILLÓN

Trabajo de grado para optar el título de
Especialista en Organización Industrial y Regulación Económica

Asesor
Carlos Fonseca
M.Sc, M.A, Ph(e)

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA
MEDELLÍN

2008

ÍNDICE

ÍNDICE	3
LISTA DE GRÁFICAS Y TABLAS	4
ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	5
GLOSARIO	8
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
1. MARCO TEORICO	18
1.1. Protocolo de Kyoto (PK)	18
1.1.1. Comercio de Emisiones (CE)	23
1.1.2. Implementación Conjunta (IC)	24
1.1.3. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)	24
1.2. Los Sumideros de GEI	28
1.3. Mercados de Carbono	28
1.3.1. Certificados de Reducción de Emisiones (CERs)	35
1.4. Riesgos en MDLs	36
1.5. MDLs en Latinoamérica	38
2. SECTOR ELÉCTRICO	42
2.1. Metodologías	44
2.2. Generación con Fuentes Renovables	47
2.2.1. Energía Hidráulica	48
2.2.2. Energía Eólica	48
2.2.3. Biomasa	49
2.2.4. Geotermia	49
2.2.5. Mareomotriz	50
2.2.6. Energía solar	50
2.3. Medidas de Eficiencia Energética	51
2.3.1. Sustitución de Combustible	51
2.3.2. Ciclos Combinados (CC)	52
2.3.3. Distribución y Demanda de Energía	53
2.3.4. Líneas de Interconexión entre países	53
2.4. La Cogeneración de Energía	54
2.5. Proyectos de Pequeña Escala	55
2.5.1. Cálculo Reducción de Emisiones	59
3. OPORTUNIDADES DE MDL EN EL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO ..	61
3.1. Regulación	62
3.2. Incentivos Fiscales	66
3.3. Procedimiento de Aprobación	67
3.4. Proyectos Registrados	69
3.5. Proyectos Elegibles	71
3.6. Reflexiones Finales	74
CONCLUSIONES	77
ANEXO 1- Inventario Nacional de PCH <5000KW	81
BIBLIOGRAFÍA	88

LISTA DE GRÁFICAS Y TABLAS

Gráfica 1. Ciclo calentamiento global.	16
Gráfica 2. Evolución de distintos parámetros una vez estabilizadas las emisiones.	17
Gráfica 3. Meta reducción de emisiones del PK.	18
Tabla 1. Compromisos de reducciones de emisiones.	19
Gráfica 4. Costo marginal de reducir una tCO ₂ e para cumplir PK.	22
Tabla 2. Tipos de proyectos MDL.	25
Gráfica 5. Ciclo del proyecto MDL.	27
Tabla 3. Etapas ciclo de proyectos MDL.	27
Gráfica 7. Volumen de CERs.	36
Gráfica 8. Estadísticas de CO ₂ de Latinoamérica.	38
Gráfica 9. Estadísticas MDLs en Latinoamérica por país.	39
Gráfica 10. Estadísticas MDLs en Latinoamérica por tecnología.	39
Gráfico 11. GEI provocados por la generación eléctrica en Latinoamérica y el Caribe.	42
Gráfica 12. Categorías proyectos MDL en Electricidad.	46
Tabla 4. Metodologías consolidadas y de pequeña escala por sectores.	47
Tabla 5. Proyectos de energías renovables de Pequeña Escala (< 15 MWe).	56
Tabla 6. Proyectos de mejora de la eficiencia energética (≤ 15 GWh/año).	57
Gráfica 13. Comparación de CO ₂ Colombia vs otros países Latinoamericanos.	61
Gráfica 14. Estadísticas MDLs en Colombia.	71
Gráfica 15. Número de Proyectos Elegibles a MDL.	72
Gráfica 16. Generación SIN Marzo 2008 y CEN a 31/12/2007 en Colombia.	75

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AAU	Unidad de Cantidad Atribuida
AND	Autoridad Nacional Designada (DNA, por sus siglas en inglés)
CAN	Comunidad Andina de Naciones
BID	Banco Iberoamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CH4	Metano
CE	Comercio de Emisiones
CEN	Capacidad Efectiva Neta
CER	Certificado de Reducción de Emisiones
CC	Ciclo Combinado
CO2	Dióxido de carbono
CP	Conferencia de las Partes (COP, por sus siglas en inglés)
EE.UU	Estados Unidos de Norte América
EOD	Entidad Operacional Designada (DOE, por sus siglas en inglés)
FE	Factor de Emisión
GN	Gas Natural
GEI	Gas de Efecto Invernadero
HFC	Carburo Hidrofluorado
JE	Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio
Kcal	Kilo Calorías
kW	Kilovatios
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático

IPPC	Directiva de Control y Prevención Integrada de la Contaminación
IC	Implementación Conjunta (JI, por sus siglas en inglés)
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas en las ZNI
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM, por sus siglas en inglés)
MR	Mercado Regulado
MV	Mercado Voluntario
MW	Megavatio
NU	Naciones Unidas
OECC	Oficina Española de Cambio Climático
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
ONU	Organización de Naciones Unidas
OTC	Mercados No Organizados, en inglés <u>Over The Counter</u>
PCH	Pequeñas Centrales Hidráulicas
PDD	Documento de Diseño, en inglés <i>Project Design Document</i>
PIN	Notas de Idea de Proyecto, en inglés <i>Project Idea Note</i>
PK	Protocolo de Kyoto
PNA	Plan Nacional de Asignación
PFC	Perfluoro Carbono
RMU	Unidad de absorción
SF6	Hexafluoruro de azufre
SIEPAC	Sistema de Interconexión Eléctrica de América Central
SIN	Sistema Interconectado Nacional

UE	Unión Europea
UNFCCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
UPME	Unidad de Planificación Minero Energética
URE	Unidad de reducción de emisiones (ERU, por sus siglas en inglés)
VER	Emisiones Reducidas Verificadas
XM	Compañía de Expertos en Mercados S.A. E.S.P.
ZNI	Zonas No Interconectadas

GLOSARIO

AAU: *Assigned Amount Unit*. Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero para un país en el período 2008-2012. Cada unidad equivale a una tonelada de CO₂e.

Adicionalidad: Esta se compone de dos requisitos fundamentales: Un proyecto es adicional si sus emisiones de GEI son menores a las que habrían ocurrido en ausencia de la implementación del proyecto (línea base); al mismo tiempo, un proyecto es adicional si se presentan barreras de tipo financiero, tecnológico y la implementación como MDL puede ayudar a superarla.

AND: Autoridad Nacional Designada por cada país para aprobar la presentación de un proyecto MDL a la JE de NU.

Antropógenos: Derivado de las actividades humanas.

Banking: Almacenamiento de derechos de emisión asignados o conseguidos para fechas futuras, por ejemplo el periodo de Kyoto 2008-2012.

Biocombustibles: Combustible producido a partir de materia orgánica seca o producido naturalmente por las plantas.

Biomasa: Material orgánico no fósil de origen biológico. Por ejemplo, los árboles y las plantas son biomasa.

Biosfera: Región en la tierra, en los océanos y en la atmósfera habitada por organismos vivos.

Calentamiento Global: Incremento en la temperatura cerca de la superficie de la Tierra. El calentamiento global ha ocurrido en el pasado distante como resultado de las influencias naturales, pero el término se usa con mayor frecuencia para referirse al calentamiento

pronosticado como resultado del incremento de las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Cambio Climático (referido también como ‘cambio climático global’): El término ‘cambio climático’ es usado algunas veces para referirse a todas las formas e inconsistencia climática, pero debido a que el clima de la Tierra nunca es estático, el término se usa más apropiadamente para implicar un cambio significativo de una condición a otra. En algunos casos, el ‘cambio climático’ se ha usado como sinónimo del término ‘calentamiento global’; sin embargo, los científicos tienden a utilizar el término en el sentido más amplio para incluir también los cambios naturales en el clima.

Cap & Trade: Sistema que crea un mercado de comercio de derechos de emisión (*Trading*) a partir de limitar lo que puede producir de GEI cada instalación industrial y crear una escasez.

CERs: Certificado de Reducción de Emisiones. Derechos de emisión generados por un proyecto MDL, equivalentes a una AAU (1 ton CO₂ eq).

Cogeneración: Proceso por el cual dos formas diferentes y útiles de energía son producidas al mismo tiempo. Por ejemplo, mientras que se hierve agua para generar electricidad, el vapor que queda puede utilizarse en procesos industriales o para la calefacción.

Combustibles Fósiles: Término general para los depósitos geológicos de combustibles de carbono en forma reducida (orgánica) y de origen biológico, incluye carbón, petróleo, gas natural, esquisto de petróleo, y arena alquitranada. Una preocupación importante es que ellas emiten dióxido de carbono a la atmósfera cuando se queman, contribuyendo así significativamente al incremento del efecto invernadero.

Comercio de Emisiones: El Protocolo de Kyoto establece un mecanismo por el cual las Partes que han contraído compromisos de emisiones pueden comerciar sus asignaciones de emisiones con otras Partes. El propósito del mismo es mejorar la flexibilidad global y la eficiencia económica de las reducciones de emisiones.

Compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones: Objetivos adoptados legalmente y plazos de tiempo bajo el Protocolo de Kyoto para la limitación o reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para los países desarrollados.

Contribución al Desarrollo Sostenible: Dado que el proyecto debe pasar por una serie de instancias para su aprobación, es importante demostrar que el proyecto contribuye al desarrollo sostenible del país en el cual se implementa. Los criterios de desarrollo sostenible son definidos por cada país y evaluados por la AND.

CP: Conferencia de las partes implicadas en el protocolo de Kyoto.

Costos de Transacción: Son los costos en que se incurre en el proceso de registro del proyecto ante la UNFCCC. Corresponden a los gastos por auditorías de verificación, trámites ante la UNFCCC, etc. Son menores para los proyectos de pequeña escala.

Efecto Invernadero: Calentamiento de las capas bajas de la atmósfera que se produce cuando ciertos gases presentes en ella, llamados de efecto invernadero, impiden que una parte del espectro de radiación emitido por la Tierra y la atmósfera se transmita al espacio exterior.

EOD: Entidad Operacional Designada por la JE de NU para llevar a cabo la validación de un PDD de MDL presentado y, si éste es registrado, verificar y certificar las reducciones de emisiones conseguidas en el ciclo de vida del proyecto.

Emisiones: Liberación de una sustancia (usualmente un gas cuando se refiere al tema del cambio climático) en la atmósfera.

ETS: Sistema Europeo de Comercio de Derechos de Emisión. *Emission Trading System* en inglés.

EU-ETS: *European Union Emission Trading System*. Sistema europeo de comercio de derechos de emisión AAUs, CERs y ERUs para que las empresas y los países con exceso de emisiones puedan cubrir sus compromisos.

EUA: *European Unit of Allowance*. Derecho de emisión del Comercio Europeo de emisiones asignado en los PNA.

GEI: Gas de Efecto Invernadero. Gas atmosférico, natural o antropogénicas, que se caracteriza por ser opaco a ciertas radiaciones del espectro emitido por la Tierra y la atmósfera. Aunque el vapor de agua es el gas con mayor poder de efecto invernadero, no se considera como tal porque su concentración no está directamente relacionada con las actividades humanas. Sí se consideran al resto de los constituyentes que tienen esa capacidad: CO₂, CH₄, N₂O, O₃ y los carburos halogenados.

IC: Implementación Conjunta. Actividades de proyectos que generan créditos de Kyoto realizadas por países Anexo I en otros países Anexo I.

JE: Junta Ejecutiva. Órgano dependiente de NU encargado de tramitar y dar luz verde a proyectos MDL. *Executive Board* (EB) en inglés.

Link: Directiva creada por la UE por la que se le reconoce la paridad 1 a 1 a los derechos de emisión procedentes de proyectos MD/IC con los derechos de emisión que emanan de los PNA de los países.

Línea Base: Son las emisiones que se producirían en ausencia del proyecto MDL.

LULUCF: *Land Use, Land Use Change and Forestry*. Proyectos de sumideros (*Sinks*)

MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio. Actividades de proyectos que generan créditos de Kyoto realizadas por países Anexo I en otros países no Anexo I. *Clean Development Mechanism* (CDM) en inglés.

Mecanismos Flexibles: Término que engloba las diversas maneras de obtener derechos de emisión: Comercio de emisiones, proyectos MDL y proyectos IC.

Medidas Voluntarios: Medidas para reducir las emisiones de GEI que son adoptadas por empresas, corporaciones privadas u otros actores en ausencia de mandatos gubernamentales. Las medidas voluntarias resultan en la fabricación de productos ambientalmente “amigables” o procesos más rápidamente disponibles, además de promover entre los consumidores finales la adopción de valores ambientales en sus decisiones de compra.

Monitoreo y Verificación: Una vez registrado el proyecto, las emisiones deben ser monitoreadas periódicamente para garantizar que las reducciones reales, corresponden con las estimadas en la formulación del proyecto y de esa forma poder emitir los CERs.

Monitoring: Estimación de las reducciones de emisiones que va a generar un proyecto MDL o CE. Se comprobará si es cierto o no ese cálculo en la fase de verificación durante la vida del proyecto.

Países Anexo I: Grupo de países incluidos en el Anexo I (como se estableció en 1998) al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, incluyendo a todos los países desarrollados de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos y las Economías en Transición. Dentro de los artículos 4.2 (a) y 4.2 (b) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, los países incluidos en el Anexo I se

comprometen específicamente a reducir individual o conjuntamente el nivel de gases de efecto invernadero al nivel que tenían en 1990. Son los 36 países desarrollados y de economías en transición reconocidos por la UNFCCC y que tienen objetivos de reducciones cuantificados según Kyoto.

País Anfitrión: País de acogida de algún proyecto MD/IC.

Países No Anexo I: Los restantes países que han firmado Kyoto, sin compromiso de reducción de emisiones dado su estado de vías de desarrollo o más desfavorecidos.

Países del Anexo B: Grupo de países incluidos en el Anexo B del Protocolo de Kyoto que han acordado un objetivo para sus emisiones de gases de efecto invernadero, incluidos todos los Países del Anexo I (tal y como se enmendó en 1998) excepto Turquía y Belarús.

Periodo de Acreditación: La reducción de emisiones se estima año tras año y se define un periodo de emisión de CERs, según los lineamientos de la UNFCCC, durante el cual se van emitiendo a medida que se logre la reducción de emisiones prevista.

Permiso de Emisión. Títulos no transferibles o intercambiables otorgados por el gobierno a empresas individuales, que les permiten emitir una cantidad específica de alguna sustancia.

PDD: Documento de Proyecto MDL para ser aprobado y registrado en la JE de ONU. *Project Design Document* en inglés. Presenta la información técnica y organizacional de las actividades del proyecto y es el insumo clave para la validación, registro, y verificación. El PDD contiene la información de acerca la actividad del proyecto, metodología de línea base, estimaciones de la reducciones y el protocolo de monitoreo del proyecto, así como también impactos ambientales y cometarios de la comunidad que ha sido informada del proyecto.

PIN: Notas de Idea de Proyecto. En inglés *Project Idea Note*. Ayudar a los desarrolladores de proyectos en los pasos necesarios para proceder al siguiente nivel. Puede ser la base para encontrar financiamiento, socios estratégicos. Un PIN es un plan de negocios y necesita no ser mayor a 5 páginas.

PNA: Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión establecido por los gobiernos de la UE para limitar las emisiones de gases GEI en sus instalaciones de producción eléctrica y de otros sectores industriales.

Protocolo: Un protocolo está vinculado a una convención existente, pero es un acuerdo separado y adicional y debe firmarse y ratificarse por las Partes de la convención. Los Protocolos típicamente fuerzan a una convención al añadirle compromisos nuevos y más detallados.

RMUs: Unidades de Reducción de Emisiones procedentes de Bosques y de Sumideros.

Secuestro de Carbono: Captura y almacenamiento del carbono. Los árboles y plantas, por ejemplo, absorben el dióxido de carbono, liberan oxígeno y almacenan el carbono. Los combustibles fósiles en un tiempo fueron biomasa y continuaron almacenando carbono hasta que se quemaron.

UREs: Unidades de Reducción de Emisiones. Derechos de emisión generados por un proyecto CE, equivalentes a una AAU (1 ton CO₂ eq). ERUs en inglés.

RESUMEN

La preocupación mundial por el Cambio Climático Global es creciente debido a los Gases de Efecto Invernadero (GEI), la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) ha motivado en 1997 el Protocolo de Kyoto (PK) a tomar medidas correctivas para reducir GEI en no menos del 5.2% respecto a los niveles de las de 1990. Para reducir los costos de transacción y las cargas económicas de estos países, se han diseñado diferentes mecanismos: Comercio de Emisiones (CE), Implementación Conjunta (IC) y Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), mediante bonos o certificados que pueden ser transados internacionalmente en los “Mercados de Carbono”. El Sector Eléctrico Colombiano ya se ha beneficiado con algunos proyectos MDLs, pero se prevé que se beneficie mucho más tanto en el Mercado Regulado (MR) como en el Mercado Voluntario (MV). Las Pequeñas Centrales Hidráulicas (PCH) son un ítem importante en los proyectos actuales de MDL en Colombia, pero van a tomar mucha más relevancia por las condiciones del mercado y sus características hídricas.

INTRODUCCIÓN

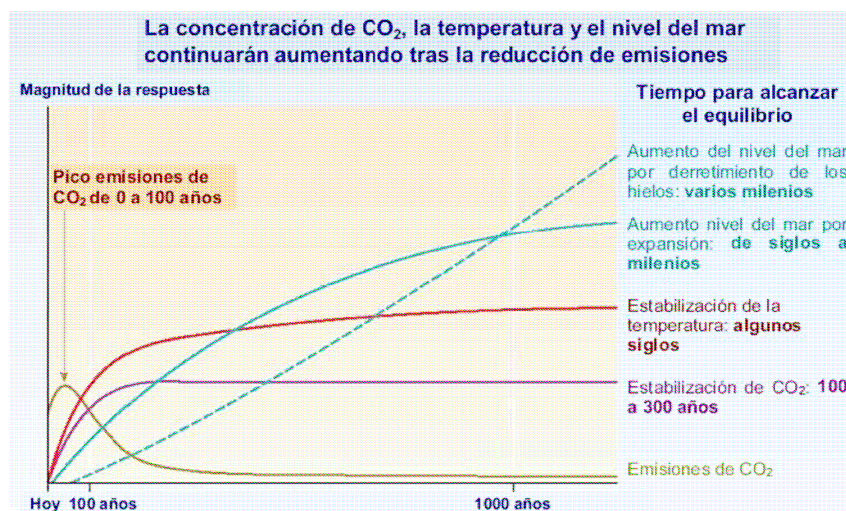
Hace más de 50 años, científicos descubrieron cambios significativos en la temperatura de la tierra que han generado consecuencias nocivas en el planeta y un incremento constante de Dióxido de Carbono (CO₂) en la atmósfera, mediciones sobre dichos efectos en 1990, determinando que el 70% de las emisiones perjudiciales provenían de países desarrollados y el 30% restante de los países en vía de desarrollo.

Expertos coinciden en que el cambio climático es el resultado de actividades humanas (emisiones antropogénicas), principalmente en el incremento en las emisiones de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), los cuales absorben y retienen parte de la energía radiada por el sol, lo que posibilita un aumento de la temperatura global. El calentamiento global se desarrolla del modo que muestra en la Gráfica 1.



Gráfica 1. Ciclo calentamiento global.

Las actividades que más aportan a liberar GEI en la atmósfera son: Los combustibles fósiles, la deforestación, la descomposición de residuos, la agricultura y los procesos industriales. Si la tendencia continúa, en el año 2100 la temperatura del planeta oscilará entre 1.4 y 5.8 grados centígrados, los glaciares se derretirán y el nivel de las aguas del mar subirá entre 9 y 88 centímetros. Estas nuevas condiciones traerán consigo la inundación de islas y zonas costeras, la desaparición de zonas fértiles y de especies de fauna y flora. Adicionalmente, nuevas enfermedades harán más difícil la supervivencia humana y hacia el 2050, un total de 150 millones de personas serán desplazados por la naturaleza. Estas situaciones son consecuencia de las 600,000 toneladas de CO₂ que anualmente se producen en el mundo por el consumo que hacen los 7,000 millones de habitantes del planeta de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón o el gas. La Gráfica 2 muestra la evolución de emisiones de CO₂ bajo diferentes escenarios.



Gráfica 2. Evolución de distintos parámetros una vez estabilizadas las emisiones.

Fuente: Tercer informe de evaluación. Grupo Internacional de Expertos sobre el Cambio Climático, 2001.

La creciente preocupación por el impacto de las emisiones antropogénicas de GEI sobre la atmósfera y el clima, ha empujado a la comunidad mundial a abordar este urgente problema ambiental.

El protocolo contiene el compromiso de que cada Estado debe hacer un inventario de cuáles son las actividades que emanan emisiones a la atmósfera y establecer qué cantidad de emisiones puede emanar cada una de ellas, de tal manera que la suma de todas las emisiones de todas las actividades de dicho Estado consiga los objetivos de reducción previstos. La Tabla 1. Muestra la posición de países con compromisos cuantificados de limitación y reducción en millones de toneladas de CO2 en el marco del PK.

País (Anexo B)	Compromiso de reducción (% del nivel de 1990)	Demanda / oferta de emisiones (millones de tCO ₂ e)		Posible posición para el 2010
		Último reporte (1999)	Proyecciones BAU para el 2010	
Australia	108	31	18	Comprador
Austria	92	9	9	Comprador
Bélgica	92	19	8	Comprador
Bulgaria	92	-45	-10	Vendedor
Canadá	94	117	103	Comprador
República Checa	92	-38	-27 a -53	Vendedor
Dinamarca	92	+6.5	+12	Comprador
Finlandia	92	+7	+37	Comprador
Francia	92	+49	+70	Comprador
Alemania	92	-95	+66	Comprador
Grecia	92	+24	+32 a +49	Comprador
Hungría	94	-8	-10	Vendedor
Italia	92	+63	+103	Comprador
Japón	94	+176	+319	Comprador
Holanda	92	+34	+53	Comprador
Nueva Zelanda	100	+2	+15	Comprador
Noruega	101	+6.7	+16	Comprador
Polonia	94	-130	-3 a -85	Vendedor
Portugal	92	+16	+16	Comprador
Rumania	92	-80	+41	Comprador
Rusia	100	-1073	-89 a -122	Vendedor
Eslovaquia	92	-17	-5.4 a -13	Vendedor
España	92	+82	+84	Comprador
Suecia	92	+6.4	+9	Comprador
Suiza	92	+4.3	+4.2	Comprador
Ucrania	100	-455	-152 a -68	Vendedor
Reino Unido	92	-11	+5	Vendedor
Estados Unidos	93	+1033	+2154	Comprador
	Total	Anexo B sin EE.UU.: -	Anexo B sin EE.UU.: -	
	Compradores	1299	+690	
	UE total	+653	+1020.2	
		+168	+473	

Tabla 1. Compromisos de reducciones de emisiones.

Fuente: CEPAL (marzo 2004)

En 2006, los países industriales, con menos del 20 por ciento de la población mundial, contribuyeron aproximadamente el 40% de las emisiones mundiales de CO₂, y son responsables del más del 60 % del total de CO₂ que se ha añadido a la atmósfera desde la revolución industrial. Aunque esto, está cambiando rápidamente, pues en países como China, las emisiones están aumentando 10% por año, lo que equivale a 10 veces la tasa

media de naciones industrializadas. En 2006, las emisiones de CO₂ en China fueron sólo un 12 % por debajo de las de EE.UU. También, las emisiones son cada vez mayores en el medio Oriente, donde el rápido crecimiento de la población, el aumento de riqueza generada por el petróleo y los bajos precios por los subsidiados de la energía han llevado a un aumento aceleradamente la demanda de energía.

Algunos economistas argumentan que la razón de que los combustibles fósiles dominen hoy, es inherentemente al menor costo comparado con los combustibles alternativos, esto sugiere que poner un precio al carbono, probablemente a través de una reglamentación sobre emisiones de CO₂, resolvería el problema climático. El economista Douglass North, premio nobel, ha mostrado que las leyes, las costumbres y las prioridades sociales influyen el funcionamiento de la economía. Sin ellos, la mayoría de los mercados trabajarían ineficiente.

Existe entonces un potencial enorme para mejorar la productividad de energía en los próximos años: Bombillas eléctricas, motores eléctricos, aires acondicionados, automóviles, centrales eléctricas, computadoras, aeronaves y edificios, se encuentran entre los cientos de sistemas y tecnologías que se pueden hacer mucho más eficientes, en muchos casos sólo mediante el uso de tecnologías ya disponibles, como pasar a bombillas fluorescentes o a vehículos eléctricos híbridos. También se pueden hacer alterando el esquema de ciudad, aumentando el papel del transporte público masivo, mientras se reducen la dependencia de los automóviles.

Debido a los altos costos económicos y sociales que implica el cumplimiento de las metas de reducción aceptadas por las Partes del Anexo I, se han determinado tres mecanismos de flexibilidad, los cuales son variantes de un sistema regulatorio “de mercado” llamado

derechos negociables de emisión que permiten reducir el costo de la regulación ambiental, y son complementarios a las reducciones que los países hagan en su territorio, que permitirían alcanzar las metas de manera más eficiente:

1. Comercio de Emisiones (CE): Los países con compromisos de reducción podrán intercambiar entre sí sus cuotas asignadas de emisión. A través de este régimen los países del Anexo I y/o sus empresas pueden comercializar libremente unidades de sus cantidades atribuidas (AAU) que les fueron asignadas de conformidad con sus niveles de emisiones de GEI y de acuerdo con los términos del Protocolo. Este sistema permite a las Partes Anexo I adquirir AAU de aquellos sectores que cuenten con excedentes de las mismas por haberles resultado más fácil y económico disminuir las cantidades de GEI que envían a la atmósfera en sus actividades y/o procesos productivos.
2. Implementación Conjunta (IC): Mecanismo que permite a los países Anexo I ejecutar proyectos que reduzcan las emisiones o consigan una mayor absorción utilizando sumideros, en otros países Anexo I. Las Unidades de Reducción de Emisiones (URE) generadas por estos proyectos pueden utilizarse por las Partes inversoras Anexo I para ayudar a cumplir sus objetivos de emisión. Los proyectos de IC deben contar con la aprobación de todas las Partes involucradas para dar lugar a las reducciones y absorciones de emisiones que sean adicionales a las que se habrían registrado en su ausencia.
3. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL): Permite la ejecución de proyectos de reducción de emisiones en el territorio de países que no tienen esta obligación. Es definido en el Artículo 12 del PK: *"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”, el cual proporciona la oportunidad para que los países en desarrollo, los llamados países no Anexo I puedan participar en el proceso de reducción de emisiones de GEI, entre los que se encuentra Colombia.

La Gráfica 4, compara los costos con y sin los mecanismos de flexibilidad: CE, MDL/IC y mercado de carbono para los países del Anexo I del PK. Con una reducción del 91% de los costos si se usan los mecanismos flexibles de Kyoto.

Sin mecanismos	Pais	Costo de marginal de reducir una tC para cumplir Kioto (USD\$)
	Japón	584
Unión Europea	273	
Resto OCDE	233	
Estados Unidos	186	
Economías en transición	116	
Costo total agregado	120 mil millones	
Con mecanismos	Opciones de flexibilidad	Costo de marginal de reducir una tC para cumplir Kioto (USD\$)
	Mercado limitado al Anexo B	127
	Costo total agregado	54 mil millones (55% menos)
	Mercado Global	24
Costo total agregado	11 mil millones (91% menos)	

Gráfica 4. Costo marginal de reducir una tCO₂e para cumplir PK.

Fuente: Introducción al Protocolo de Kyoto y al Mecanismo de Desarrollo Limpio Manuel Estrada. 2005.

Los pilares del PK, materializados por el MDL, se basan en que históricamente las emisiones causantes del cambio climático han sido resultado de la industrialización de los países desarrollados, además siendo el cambio climático un problema ambiental “global”, es prácticamente irrelevante el lugar donde se produzcan las reducciones ya que todas contribuyen a la mitigación del problema. El seguimiento del cumplimiento del Protocolo se efectúa a través de las Conferencias de las Partes (CP), cuyas reuniones tendrán lugar anualmente con carácter ordinario (art. 13).

1.1.1. Comercio de Emisiones (CE).

El protocolo crea un mercado de unidades de reducción de emisiones. Si un país genera emisiones por debajo de la tasa de reducción que tiene asignada, puede vender el exceso a otro país. En su virtud, el país comprador podría aumentar sus emisiones en la cantidad adquirida del país vendedor.

Las transacciones sólo podrán realizarse entre países del Anexo I de la Convención. Las transacciones pueden ser realizadas a instancia de actividades industriales que tengan lugar en esos países (art. 3.10-13 y 6). Para que esta operación se efectúe con transparencia es necesario que cualquier transacción quede perfectamente registrada, a la hora de conocer cuáles son los derechos de emisión que corresponden a cada industria. Existirán, a tales efectos, tanto registros de carácter internacional como nacional.

Para conseguir estos objetivos de reducción sobre el sector industrial, la directiva obliga a los Estados miembros a hacer un inventario de cuáles son las industrias que emanan emisiones a la atmósfera y establecer qué cantidad de emisiones puede emanar cada una de ellas, de manera singularizada, de tal manera que la suma de todas las emisiones de todas las actividades industriales de dicho Estado, proyectadas a lo largo del tiempo, consiga los objetivos de reducción previstos para dicho Estado.

La cantidad de emisiones que se le permite emanar a cada actividad industrial se mide en derechos de emisión. Un derecho de emisión se configura como el derecho subjetivo a emitir a la atmósfera una tonelada equivalente de dióxido de carbono (CO₂). Dependiendo del tipo de industria, cada Estado otorgará a cada una de ellas un determinado número de derechos de emisión.

1.1.2. Implementación Conjunta (IC)

Los mecanismos para lograr esta reducción serían principalmente la aplicación de nuevas tecnologías, la generación y ampliación de sumideros. Como iniciativa intergubernamental, la IC busca promover que los emisores de GEI en los países desarrollados inviertan en actividades que reduzcan dichas emisiones en otros países, particularmente en los países menos desarrollados. Las actividades conjuntas a ejecutarse por las partes involucradas deben orientarse al apoyo de las prioridades ambientales y estrategias de desarrollo sostenible nacionales, a la vez que se contribuye a la disminución de las emisiones globales de GEI.

La reducción de GEI se hará a través de proyectos orientados básicamente a fijación de CO₂ en el sector forestal, a través de proyectos de manejo sostenible en: Plantaciones forestales, agroforestería, manejo de bosque y preservación de la biomasa almacenada en los bosques, evitando su deforestación. También en reducción o eliminación de emisiones en los sectores de: Energía, agrícola, industria, manejo de desechos y transporte.

1.1.3. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

El MDL es en esencia un esquema de mercados de derechos, es un instrumento de flexibilidad que permite a los Países Industrializados (PI) que tienen compromisos de reducciones, invertir o comprar “Créditos de Carbono” de proyectos que reducen emisiones en países en vías de desarrollo (que no tienen obligaciones de reducción), y de esa forma cumplir con sus metas a un costo menor al que lo lograrían reduciendo las emisiones en sus países, y al mismo tiempo contribuyendo con el desarrollo sustentable de los países en vías de desarrollo. El MDL promueve la implementación de proyectos de reconversión industrial en estos países, generación de energía renovable tales como la eólica, geotérmica,

biomasa, solar, hidráulica y mareomotriz; soluciones de transporte masivo más limpio; generación, uso y distribución eficiente de energía; el mejoramiento de la eficiencia energética; cambio a combustibles alternativos, manejo de residuos sólidos o de proyectos que capturen o sean sumideros del carbono, como los forestales.

Existen procedimientos a través de los cuales los desarrolladores de proyectos pueden proponer nuevas categorías de proyectos, así como las metodologías para su implementación y monitoreo. La Tabla 2, muestra por sector los tipos de proyectos que pueden ser proyectos MDL.

Energía e Industria	Transporte	Residuos	Forestal
Medidas de eficiencia energética: Sustitución de combustible, incremento de eficiencia del combustible. Modificación del proceso industrial. Cambio del insumo utilizado como materia prima.	Mejora de la eficiencia del combustible usado por los vehículos. Cambio del combustible. Bio-combustibles.	Conversión de basura en fertilizantes, esto es, eliminación del metano por la conversión de la basura.	Reforestación de tierras degradadas.
Centrales de generación eléctrica con tecnología de baja o cero emisión: Hidroeléctricas, centrales a gas natural, parques eólicos, biomasa, etc.	Medidas de eficiencia en el transporte masivo. Reducción de la actividad de transporte. Incremento de la capacidad de carga de los vehículos.	Quema de metano en rellenos sanitarios.	Forestación de áreas nuevas.
Modernización industrial con tecnologías limpias.	Unidades de transporte con combustibles limpios.	Uso del metano como fuente de energía.	

Tabla 2. Tipos de proyectos MDL.

El PK especifica que el propósito del MDL es la contribución al desarrollo sostenible de las partes No Anexo I. No existe una guía común y única para establecer criterios de desarrollo sostenible, por lo que dichos criterios son materia de soberanía del gobierno del país anfitrión de proyectos MDL, sin embargo en estos proyectos surgen las siguientes externalidades:

- Externalidades Ambientales El proyecto además de reducir las emisiones de GEI y la utilización de combustibles fósiles, preserva los recursos locales, reduce la presión

sobre los ambientes locales, procura salud y otros beneficios ambientales. Genera políticas ambientales y energéticas. Protege activos ambientales globales como son los bosques y la biodiversidad.

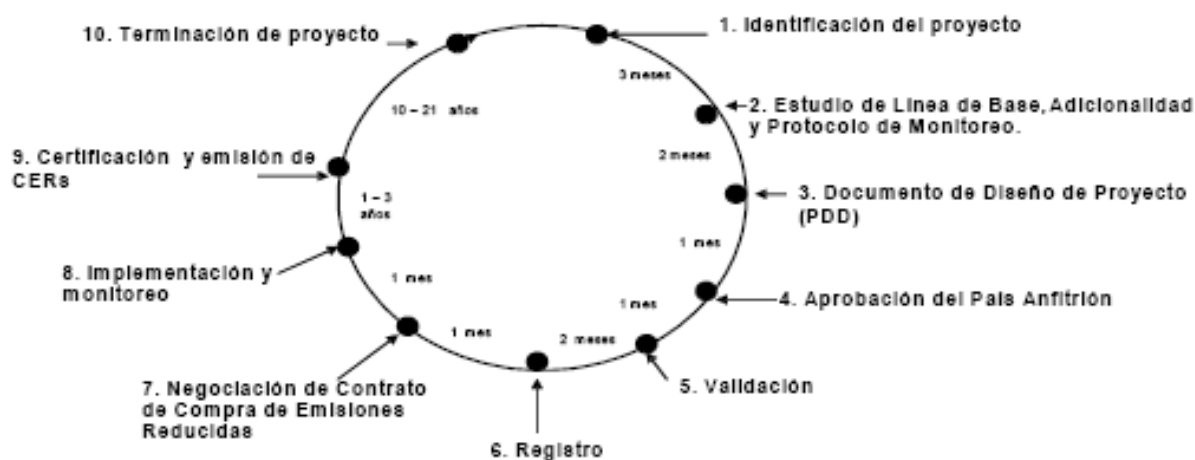
- Externalidades Sociales: El proyecto mejora la calidad de vida, disminuye la pobreza y aumenta la equidad.
- Externalidades Económicas: El proyecto proporciona créditos a las entidades locales, resulta en un impacto positivo sobre la balanza de pagos.
- Externalidades Tecnológicas: La movilización de inversiones adicionales en eficiencia energética, energías renovables, tecnologías de producción limpia y de bajas emisiones hacia áreas rezagadas del territorio generan transferencia de tecnología.

Para participar en proyectos de MDL, existen tres condiciones fundamentales (acuerdos de Marrakech) que los países deben cumplir:

1. La participación en el MDL debe ser voluntaria.
2. El establecimiento de una Autoridad Nacional Designada (AND) para el MDL.
3. La ratificación del PK.

Para que un proyecto pueda ser registrado bajo el MDL y genere reducciones que puedan ser certificadas internacionalmente, debe someterse a una serie de procesos de formulación, revisión y evaluación. Además debe demostrar Adicionalidad. Un proyecto MDL debe lograr “reducciones de emisiones que sean adicionales a las que hubieran ocurrido en ausencia del proyecto” (PK, art.12.5c). Un proyecto MDL es adicional si las emisiones antropogénicas de GEI se reducen por debajo de las que hubieran ocurrido en ausencia del proyecto MDL (Modalidades y procedimientos del MDL, párrafo 43), dicho de otra manera, en ausencia del MDL el proyecto no podría ser implementado, de esta forma,

proyectos que ya han sido implementados, o que igualmente serían implementados sin MDL, no son adicionales y no pueden obtener CERs. El conjunto de etapas y procedimientos se conoce como el ciclo de un proyecto MDL y está compuesto por todos los pasos necesarios para que un determinado proyecto produzca CERs. La Gráfica 5, muestra el ciclo del proyecto MDL, con los tiempos estimados entre cada etapa del ciclo.



Gráfica 5. Ciclo del proyecto MDL.

Un proyecto MDL pasa por 7 etapas en su ciclo de vida, como lo muestra la Tabla 3. Las cuatro primeras etapas son desarrolladas previa implementación del proyecto. Las últimas tres, son desarrolladas durante todo período de acreditación o vida útil del proyecto MDL.

Etapas	Función	Responsable
Diseño del proyecto	Formular el proyecto y preparar el Documento de Proyecto. PIN, DDP	Proponente de proyecto
Aprobación Nacional	Evaluar el Documento de Proyecto presentado por el Proponente y, emitir la Carta de Aprobación	AND para el MDL
Validación	Comprobar la concordancia del Documento de Proyecto con los procedimientos establecidos.	EOD por la CMNUCC
Registro	Aceptar oficialmente a un proyecto como actividad de proyecto MDL	JE del MDL
Monitoreo	Medir y documentar el desempeño del proyecto durante su ejecución	Proponente del proyecto
Verificación	Examinar las reducciones observadas de emisiones durante el período de verificación.	EOD por la CMNUCC
Certificación	Notificar por escrito de las reducciones de emisiones observadas.	EOD por la CMNUCC
Expedición de CERs	Expedir los CERs	JE del MDL

Tabla 3. Etapas ciclo de proyectos MDL.

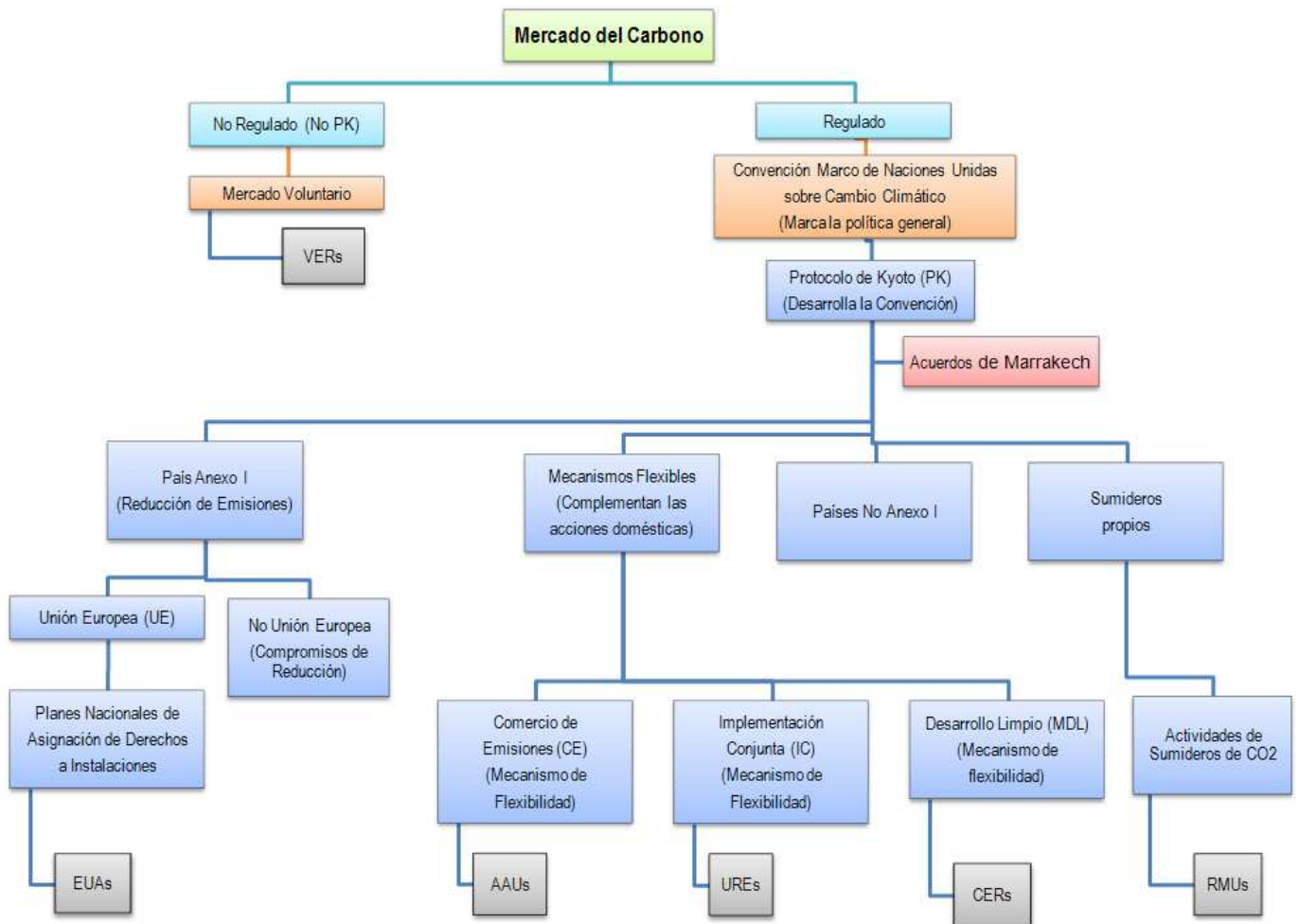
1.2. Los Sumideros de GEI

De la misma manera que existe fuentes de emisión de gases, como son las actividades industriales o los transportes, existen fenómenos naturales que sirven para absorber las emisiones de CO₂ en la atmósfera, disminuyendo así los GEI y el calentamiento del planeta. Los principales sumideros son los bosques, el PK establece que los Estados pueden cumplir sus compromisos de reducción de la contaminación atmosférica a través de dos vías: Disminuyendo las emisiones o bien, aumentando los sumideros (art. 3.3). El PK no cuantifica, sin embargo, en qué medida el aumento de los sumideros de un Estado repercute en su capacidad de emanar emisiones. Los Estados presentarán sus proyectos de sumideros que serán evaluados por comités técnicos a los efectos de ser contabilizados (art. 5).

1.3. Mercados de Carbono

Se podría decir que no existe un solo mercado de carbono, definido por un solo producto, un solo tipo de contrato o un sistema único de compradores y vendedores. El “Mercado de Carbono” es un conjunto de transacciones en el que se intercambian cantidades de reducciones de emisiones de GEI. Existe el Mercado Regulado (MR) bajo el PK, con mecanismo basados en proyectos MDL/IC y el Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU), cuyos mecanismos son basados en cuotas (EU-ETS), por otra parte están los Mercado Voluntario (MV), cuyos mecanismos son basados en Emisiones Reducidas Verificadas (VERs), las cuales pueden usarse para el mercado voluntario de compañías que quieren “neutralizar” sus emisiones, sin embargo los VERs no pueden ser usados para cumplir los compromisos de reducción establecidos por en el MR.

La Gráfica 6, esquematiza la estructura de la respuesta internacional al cambio climático del planeta, incluyendo los “Bonos” o “Certificados” que se transan de acuerdo a su origen.



Gráfica 6. Estructura del Mercado de Carbono.
Elaboración propia.

El Mercado Regulado (MR): Está conformado por aquellos países que forman parte del Anexo B en el PK, y son los que están obligados a reducir sus emisiones de GEI. Para cumplir con la cuota, los gobiernos de cada país Anexo B han establecido algunas cuotas obligatorias de reducción de emisiones de GEI a sus principales empresas emisoras.

Mercado Voluntario (MV): El MV o de No PK, está conformado por aquellas empresas que no tienen obligatoriedad de reducir sus emisiones de CO₂, las mismas que pueden o no pertenecer a un país Anexo B. Las empresas reducen sus emisiones de CO₂ como parte de sus políticas de protección al ambiente, esto da un valor agregado a sus productos. Es

decir, en ausencia de los topes de emisiones de CO₂ los gobiernos junto a las empresas, organizaciones e individuos voluntariamente compran créditos, cuyo objetivo es mitigar emisiones GEI. A menudo se hace referencia a ellos simplemente como "compensaciones de carbono," estos créditos son comprados y vendidos.

Se estima que en 2006 al menos 23,7 millones de toneladas equivalentes de CO₂ se intercambiaron en los MV de carbono. En EE.UU o en Europa, cada vez más existen personas interesadas en comprar compensaciones de carbono para ayudar en el impacto climático desde las actividades de la vida cotidiana. Por ejemplo, la aerolínea Expedia, trabajó en equipo con *Brokers* de TerraPass para ofrecer a los clientes la oportunidad de compensar las emisiones de dióxido de carbono generados durante sus vuelos, TerraPass, a su vez, utiliza las tasas que recaude en la compra del tiquete para comprar VERs producido por el viento, la biomasa, o proyectos de eficiencia industrial. Estos proyectos se diseñan para el MV y no se registran como MDL. Este mercado permite saltarse la burocracia y ahorrarse los gastos del ciclo del proyecto MDL, los proyectos pueden conseguir precios equivalentes (o incluso más elevados). Si bien algunos de estos proyectos son capaces de sobrevivir sustentados sólo en los ingresos por CE, la mayoría requieren una financiación muy alta que los compradores de emisiones no están dispuestos a proveer, o proveen sólo bajo condiciones muy estrictas. Una ventaja adicional de desarrollar un proyecto de compensación por VERs es que puede dar acceso más libremente a fondos de donaciones que permitan cubrir este agujero financiero. Bajo el MDL, el uso de los fondos donados está restringido debido a la interpretación preeminente y conservadora del requerimiento que dice que un proyecto MDL no debe suponer una desviación de la ayuda oficial al desarrollo.

Sin embargo, la expansión del MV trae consigo un conjunto de preocupaciones específicas, pues el valor principal del MDL reside en su rigurosa estandarización de las reducciones de emisiones de alcance internacional, protegiendo la integridad medioambiental del sistema, y todavía no se sabe cómo un MV de grandes dimensiones podrá garantizar estos principios.

Los CERs son comprados por el MR y MV, y se incluyen a las empresas privadas, los *brokers*, los gobiernos, *traders* y fondos de carbono. Los Certificados existentes en el MR, son variados de acuerdo a su origen, entre ellos podemos distinguir como los más usuales:

- AAU: Unidades de la Cantidad Atribuida, es la cantidad que le corresponde a cada país de acuerdo al nivel de 1990 y reducido por las metas establecidas. Estas AAU quedan acreditadas en una cuenta de retiro en el Registro Nacional del País Anexo I que corresponda. Estos países establecen un cupo y los que sobrepasan ese cupo tienen que comprar certificados para cumplirlo y los que no llegan al cupo pueden vender. Son los certificados más seguros porque tienen el marco regulatorio de los mercados domésticos e internacionales de los países Anexo 1.
- RMU: Unidades de Absorción, estos certificados se obtienen por actividades domésticas realizadas por un país Anexo I y se relaciona con la captura o secuestro de carbono en el sector LULUCF (art. 3.3 y 3.4, PK). Esta división corresponde con actividades forestales incluidas dentro del marco del PK.
- URE: Unidades de Reducción de Emisiones, este tipo de certificado se obtiene como consecuencia de la participación de un país Anexo I (o sus empresas), en mecanismos de reducción de emisiones de GEI o secuestro de carbono en un país distinto al propio, pero que también pertenece al Anexo I (art. 6, PK). provenientes de los proyectos de

Implementación Conjunta (IC) localizados principalmente en países con economías en transición (por ejemplo Rusia, Ucrania y ciertos países de Europa del Este)

- CER: Certificadas de Reducción de Emisiones, se obtienen estos certificados cuando un país Anexo I, a través de inversiones y transferencia tecnológica, logra reducciones de emisiones de GEI en un país que siendo firmante del PK no esté incluido entre los países Anexo I (art. 12, PK). El objetivo propuesto es que mientras uno se hace de los bonos, el otro recibe a cambio inversiones y tecnología limpia que le permitan tener una economía sustentable en países en vías de desarrollo. Los contratos se hacen por monto creciente que se ajusta cada tres o cinco años.

Los países en desarrollo, como el caso de Colombia, solo participan en transacciones de CERs generados a partir de proyectos en el MDL.

Para el comercio de derechos de emisión entre los países del Anexo I de la Convención (Artículo 6), existe el Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU-ETS), que establece los objetivos para que los países de la UE cumplan sus objetivos de reducción de GEI, asigna derechos de emisiones (EUA) a los países de la UE. Cualquier industria a la que se le hayan otorgado derechos de emisión puede acudir a dicho mercado para comprar o vender dichos derechos, aumentando o disminuyendo las emisiones contaminantes a la atmósfera a las que tendría derecho. Para el control de los intercambios, se crea el registro europeo de derechos de emisión. Existen diferentes posibilidades de cobertura en estos mercados: Bilateral Puro (OTC), Bilateral Intermediado (*Brokers*) y Bilateral Organizado (*Exchange*), asimismo existe múltiples fondos en Europa para negociar.

- Bilateral Puro (OTC):
 - Se negocia directamente con la potencial contraparte.

- Es posible negociar una amplia variedad de productos.
- Normalmente se asume el riesgo de crédito de la contraparte aunque ya existen Cámaras de Compensación que ofrecen sus servicios para contrataciones vía OTC o *Broker*.
- Es necesario firmar Acuerdos Marco con cada una de las contrapartes con las que se desee cerrar tratos.
- Bilateral Intermediado (*Broker*):
 - Se negocia a través de *Broker* con el fin de “enseñar” la posición sólo a aquellas contrapartes con las que se llega a un acuerdo de compra-venta.
 - El *Broker* recibe una comisión por sus servicios.
 - Similares características en cuanto a riesgo de crédito y Acuerdos Marco que el Bilateral Puro.
- Bilateral Organizado (*Exchange*):
 - Se negocia normalmente a través de plataformas electrónicas.
 - Sólo productos estándar (futuros hasta el momento).
 - Riesgo de Crédito asumido por el *Exchange*.
 - Importante simplificación en el papeleo pues sólo hay que firmar un contrato con el Exchange y con la Cámara de Compensación (o miembro de la misma).

En la compraventa de unidades de emisión (CERs), los detalles del sistema de comercio de derechos de emisión no estaban especificados en el PK, por lo que hubo que celebrar negociaciones adicionales para llegar a una mayor precisión, “Acuerdos de Marrakech” de 2001, donde finalmente se llega a un texto legal donde se recogen los compromisos de cada uno de los países y se estructuran muchos de los mecanismos del PK.

Los mecanismos de flexibilidad del PK crearon un nuevo mercado a través del montaje de una maquinaria institucional multilateral. Los fundamentos económicos para comprender el comportamiento de dicho mercado y/o elementos que se deben tener en cuenta son los siguientes:

- La estabilidad de la demanda internacional de acciones/proyectos para reducir GEI. Esta demanda es de origen exógeno y surge de un proceso de negociación política cuando los países se comprometen a lograr metas concretas de reducción de sus emisiones nacionales en el marco del proceso multilateral de la convención de cambio climático (UNFCCC).
- Los costos de transacción implícitos en la reglamentación, operación y diseño institucional de los mecanismos de flexibilidad.
- La diferencia de costo para efectuar reducciones de emisiones de GEI entre los PI y los países en vías de desarrollo producto de la heterogeneidad de sus matrices energéticas.
- Los impactos del contaminante a controlar, debían tener efectos globales y no locales, como el CO₂ cuyo efecto depende de su acumulación y concentración en la atmósfera en general, permite la reasignación entre fuentes sin crear riesgos locales.
- Debe incluirse un gran número de empresas en el mercado para mantener suficiente competencia y evitar la monopolización del sistema.
- Deben existir instituciones eficientes que promuevan la difusión de información sobre oferta, demanda y precios de los derechos en el mercado; que permitan transacciones fluidas sin imponer altos costos de transacción, además de asegurar el cumplimiento de las empresas en el programa.

La oportunidad económica de lograr un monto total de reducción de emisiones a un costo menor mediante la flexibilidad de transar CERs en el mercado internacional radica en explotar las diferencias entre las distintas estructuras de costos de mitigación de emisiones entre países. Esta diferencia en los costos marginales de mitigación de emisiones que enfrentan los distintos grupos de países tiene su origen en sus distintos niveles de desarrollo económico, las distintas estructuras de capital, tecnología, composición de sus aparatos productivos y dotación de recursos reflejadas en sus matrices energéticas. Lo anterior, ofrece la oportunidad de que los países más desarrollados (países Anexo B) puedan compensar a aquellos países en vías de desarrollo que emprendan proyectos de mitigación a través de un mercado internacional de CERs, o incluso invertir directamente en estos mismos proyectos.

1.3.1. Certificados de Reducción de Emisiones (CERs)

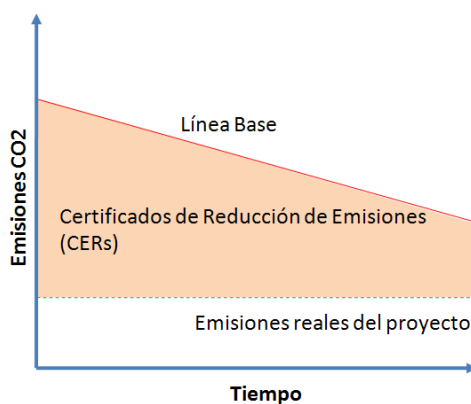
Los proyectos que reduzcan emisiones de GEI, implementados en los países en desarrollo, pueden aplicar al MDL para vender Certificados de Reducción de Emisiones (CERs), también llamados “Bonos de Carbono”, son comprados por los PI para cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones. El MDL resulta en el establecimiento de un mercado, en el que se compra y vende un bien de valor comercial.

Un CER corresponde a la reducción de una tonelada de dióxido de carbono equivalente. La equivalencia corresponde al potencial de efecto invernadero de cada gas, y se expresa en unidades equivalentes de CO₂ (CO₂e). A pesar de que ya existen varios tipos establecidos de proyectos MDL, cualquier proyecto que reduzca emisiones de GEI, puede aspirar a vender CERs. Las emisiones efectivas de los países deben ser supervisadas y comprobadas para poder determinar que corresponden a lo que se ha comunicado, y es preciso llevar a

cabo registros minuciosos de los intercambios realizados, es decir los CERs deben ser verificados y certificados, además los resultantes de la implementación de proyectos registrados deberán ser reales, mensurables y de largo plazo.

La operación de compra y venta de CERs constituye lo que se denomina una transacción de MDL. Las reducciones de emisiones logradas por debajo de la línea base a lo largo de un período, son las susceptibles de comercializarse en mercados internacionales.

La Gráfica 7, esquematiza un caso hipotético de reducción de emisiones gracias a la implementación de un proyecto MDL, en la misma se presenta una comparación del escenario referencial o línea base, sin proyecto, contra el escenario con proyecto, el espacio contenido entre los dos escenarios sería el volumen de reducción de emisiones que estaría sujeto a transacción.



Gráfica 7. Volumen de CERs.

1.4. Riesgos en MDLs

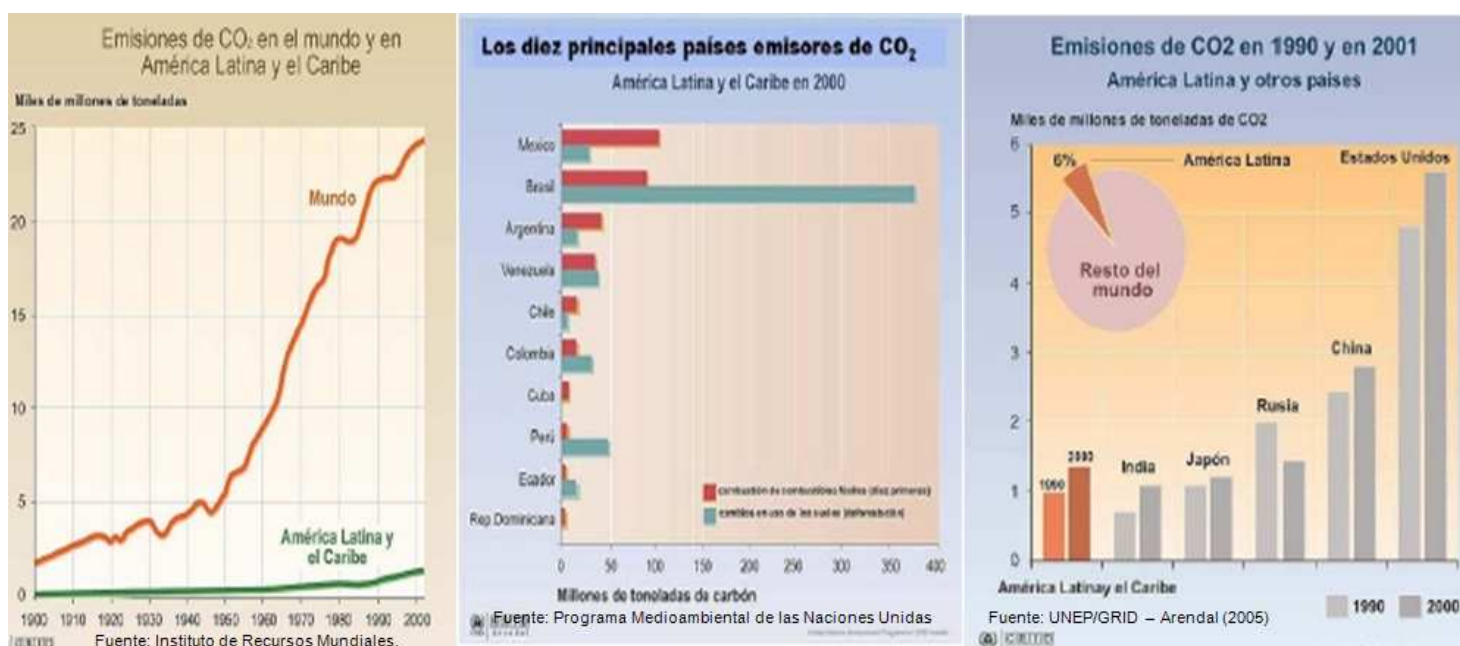
Los riesgos asociados de invertir en proyectos MDLs, son múltiples y muy variados, pero se pueden diferenciar en tres grandes áreas: Riesgos derivados de invertir en un país en vías de desarrollo, riesgos propios de operar y gestionar un proyecto y riesgos específicos del negocio de Kyoto.

- Riesgo país al invertir en países no Anexo I:
 - El riesgo político de los países anfitriones, generalmente en vías de desarrollo puede perjudicar a las proyecciones económicas del proyecto y su rentabilidad.
 - Una reducción del riesgo país podría hacer rentables proyectos para valores de CERs o menores URE (Unidades de Reducción de Emisiones) que corresponde a la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero para un país en el periodo 2008-2012).
- Riesgos operacionales y de gestión del proyecto:
 - Incertidumbre sobre la obtención de permisos, recursos, créditos, que condicionen la ejecución final del proyecto.
 - Retrasos en el periodo tecnológico de construcción.
 - Altos costes fijos burocráticos para la obtención de créditos por la empresa: La incertidumbre sobre el valor de los créditos en el escenario post Kyoto dificulta la obtención de financiación para estos proyectos.
- Riesgos propios del PK y el mercado de GEI:
 - Los créditos obtenidos entre países con compromisos de emisión no son puramente adicionales. Las transferencias de UREs deben deducirse de las cuotas de emisión del país anfitrión del proyecto, lo que condiciona su interés en aceptar proyectos.
 - Alta dificultad en el cumplimiento del requisito de adicionalidad de un proyecto MDL, es necesario demostrar que el proyecto no hubiera tenido lugar sin el programa de créditos MDL
 - Metodología adecuada, verificación y permanencia en el tiempo.

- Proceso administrativo complejo, burocrático y lento en la JE de la ONU. Los costos de transacción son altos, y los periodos de tiempo lentos.
- La ventana de oportunidad se reduce para presentar nuevos proyectos. Una de las mayores incertidumbres y riesgos es la escasa ventana de tiempo que resta para poder presentarlos, si se quiere generar CERs y/o UREs para el periodo de compromiso de Kyoto (antes de 2012), ya se encuentra en cuenta regresiva. Además de la incertidumbre derivada de no saber va a pasar tras 2012, aunque se prevé que continúe con similares políticas.

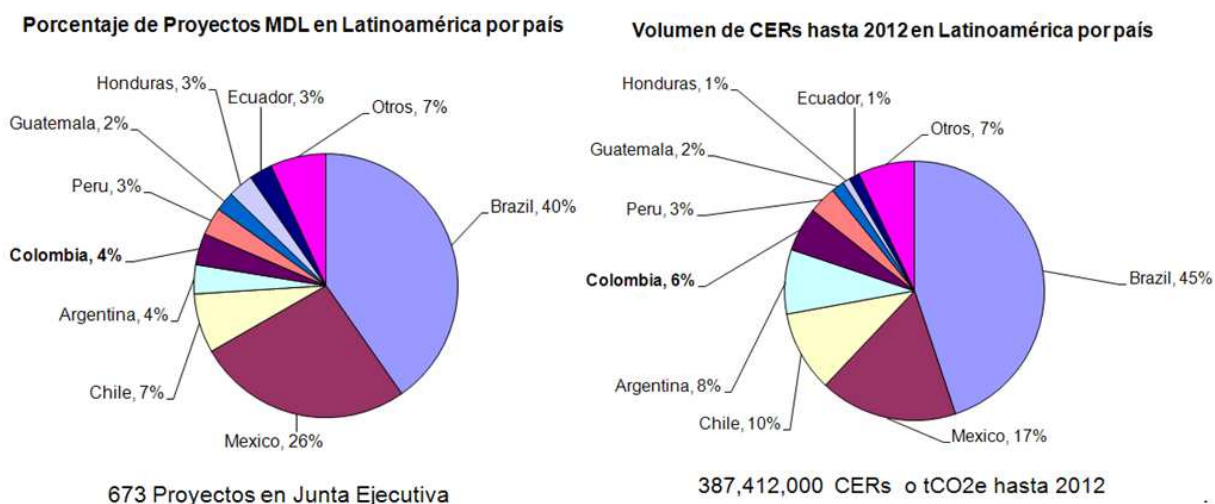
1.5. MDLs en Latinoamérica

La Gráfica 8, muestra estadísticas de CO₂ de Latinoamérica. La primera, compara las emisiones CO₂ de Latinoamérica y el resto del mundo, la segunda, muestra los diez principales países emisores de CO₂ en Latinoamérica y la última, muestra las emisiones de CO₂ en 1990 y en 2000 para Latinoamérica y otros países del mundo.



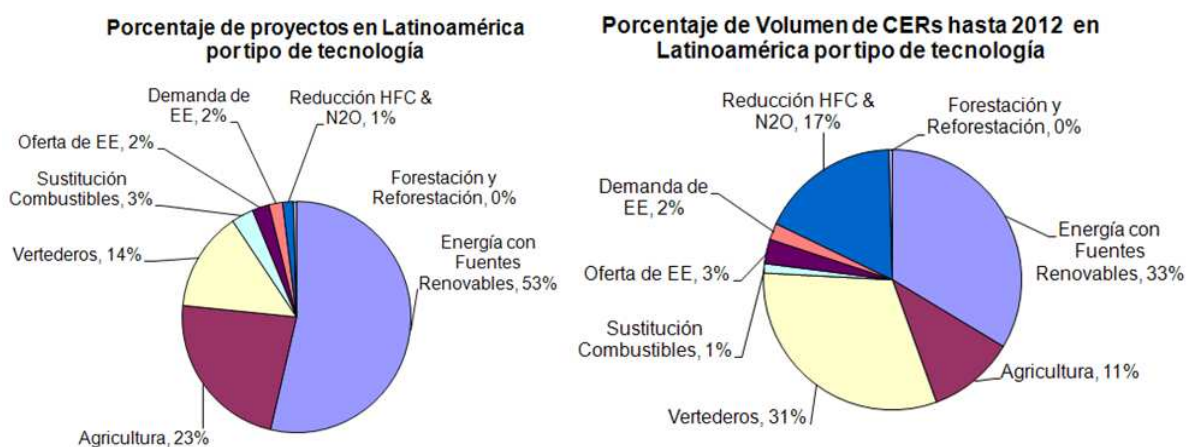
Gráfica 8. Estadísticas de CO₂ de Latinoamérica.

La Gráfica 9 muestra proyectos MDLs y volumen de CERs por países en Latinoamérica a abril de 2008, la Gráfica10 relaciona el tipo de tecnología al igual que el volumen de CERs.



Gráfica 9. Estadísticas MDLs en Latinoamérica por país.
Fuente: UNEP RISO PIPELINE ABR 2008. Elaboración: Autor.

El mayor número de proyectos presentados por países son: Brasil con 271, seguido por México con 178, Chile con 49, Colombia ocupa el cuarto puesto con 26 proyectos, y lo sigue Argentina con 24 proyectos. Por volumen de kCERs, continúan los mismos tres países iniciales: Brasil (173,965), México (66,342) y Chile (39,102), pero ahora Argentina con (31,170) supera a Colombia (21,351).



Gráfica 10. Estadísticas MDLs en Latinoamérica por tecnología.
Datos: UNEP RISO PIPELINE ABR 2008. Elaboración propia.

Por tipo de proyectos son principalmente de energías renovables con 53%, los cuales incluyen hidráulicas (20%), biomasa (19%) y biogás (10%). La segunda posición en cantidad de proyectos la ocupa la agricultura con 23% y vertederos el 14%. La distribución de proyectos registrados por sectores de actividades, cerca del 60% es de carácter energético.

Por volumen de CERs, los proyectos mas importantes son energías renovables con 33%, los cuales incluyen hidráulicas (15%), biomasa (10%) y Biogás (3%). La segunda posición en cantidad de CERs la ocupa los vertederos con 31%, seguido por los HFC&N₂O, cuya captura y eliminación representa un 17% del total y agricultura 11%.

Tecnologías renovables como HFC&N, captura de gases y destrucción son cada vez más comunes, dado que son las que generan una mayor cantidad de reducciones después de la energías renovables. Otras posibles tipologías de proyectos, como el cambio de combustible de pasar de carbón a gas, por el momento no son tan representativos.

La inversión y el desarrollo de proyectos basados en mecanismos flexibles de PK no dejan de ser un negocio y una serie de oportunidades de mercado y de inversión para las compañías energéticas y para los consultores que se dedican a este mercado en Latinoamérica.

En cuanto a la participación individual de los países latinoamericanos en el mercado del MDL, ofrece un dato representativo dado por los analistas que determinan que el tamaño del país no es lo más importante sino la oportunidad de que en su territorio se desarrollen las energías renovables en función a las políticas de estado favorables y al potencial de recursos naturales disponibles y además a la capacidad y dinamismo de sus autoridades para la promoción del MDL como es el caso de Colombia.

En la región Latinoamericana, los principales desafíos son:

- Integrar el cambio climático en la planificación energética.
- Crear un ambiente adecuado para la inversión MDL.
- Eliminar barreras normativas.
- Identificar y poner en marcha proyectos MDL de elevada calidad en términos de beneficios sociales, económicos y ambientales.
- Facilitar la toma de decisiones empresariales.

Como principales barreras a un desarrollo pleno del MDL se puede mencionar: Lento desarrollo de reglas y procesos de aprobación de proyectos (JE y paneles de metodologías con recursos limitados), existen pocas EOD, además falta financiación para proyectos MDLs principalmente por desconocimiento o incertidumbre del sector financiero. También el precio de los certificados dependientes del avance del proyecto en el proceso de aprobación es un riesgo.

2. SECTOR ELÉCTRICO

La electricidad es el más importante elemento del actual sistema energético mundial, es esencial para la iluminación, refrigeración, electrónica, y muchos procesos industriales. Se busca producirla, con fuentes de energía limpias, usando tecnologías como la energía solar, eólica, geotérmica, mareomotriz y biomasa que son capaces de producir electricidad y reemplazar la generación con centrales eléctricas a carbón, y por consiguiente reducen las emisiones de CO₂ globales.

En el sector eléctrico en Latinoamérica, se observa un aumento en el indicador de emisiones de CO₂ por unidad de energía generada (Kg CO₂/ kWh), el cual esta asociado a la creciente participación de las termoeléctricas en relación al avance más lento de la hidroelectricidad y otras fuentes renovables. La Gráfica 11 ilustra esta situación.

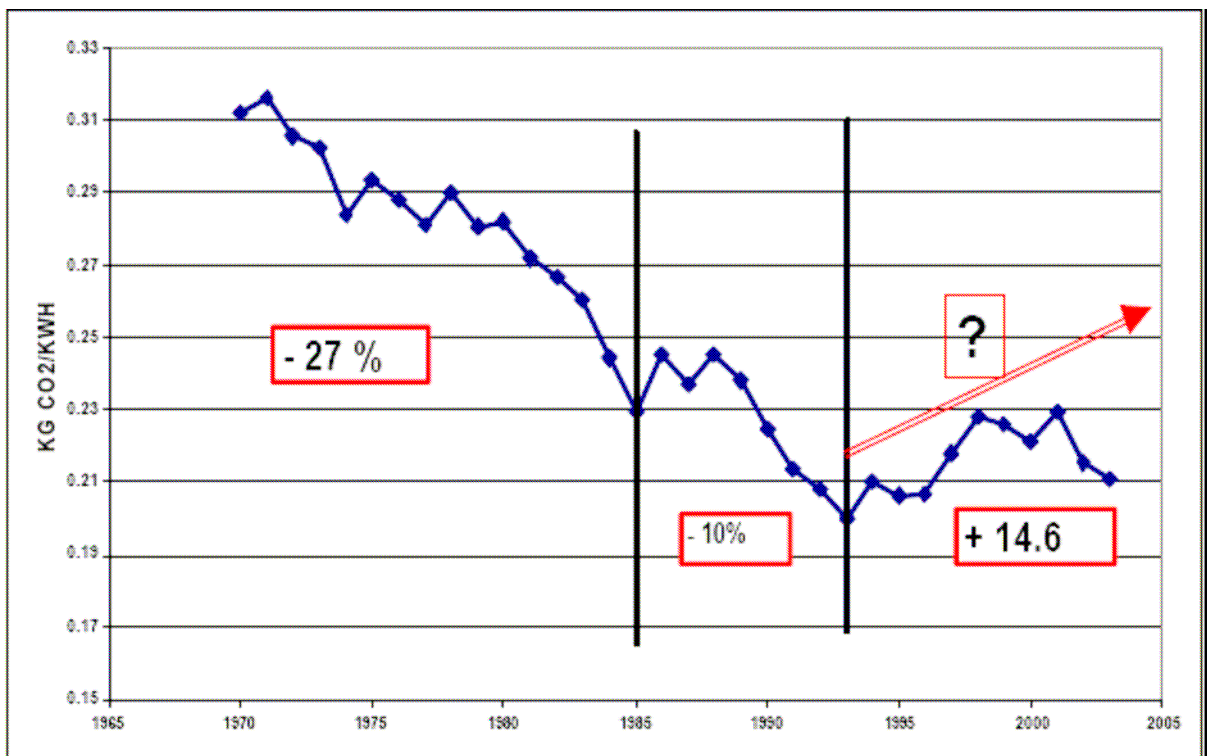


Gráfico 11. GEI provocados por la generación eléctrica en Latinoamérica y el Caribe.

Fuente: CEPAL, 2006b.

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) estimó que las emisiones de CO₂ de la producción eléctrica en 2003 fueron de 6.5 millones de toneladas de CO₂. Actualmente, el 30 % de las emisiones de CO₂ en Colombia provienen del sector energético, pero éstas podrían incrementarse si la generación térmica acapara una mayor parte de la matriz energética, aunque en Colombia, debido a la elevada producción hidroeléctrica, las emisiones de GEI son muy bajas.

La mayor parte de los beneficios eléctricos son determinados por los reguladores sobre la base de la cantidad de energía vendida, esto propone más crecimiento, pues a más electricidad los consumidores compran más, y mayor rentabilidad les dejan a las empresas. Una de las maneras más fáciles de superar esos tipos de obstáculos del mercado es por mandatos gubernamentales.

Desde el década de 1970, muchos gobiernos han exigido que electrodomésticos, motor vehículos, edificios y deben cumplir con mínimos de normas de eficiencia con el fin de ser vendidos, y estas normas se han ido ajustando a lo largo del tiempo.

Otro enfoque a la exigencia de eficiencia puede verse en la ley recientemente aprobada en Australia para eliminar el uso de más bombillas incandescente, que sería sustituida por bombillas fluorescentes compactas que son cuatro veces más eficientes.

También Colombia se suma a estos esfuerzos, mediante el Decreto 2331 de 2001, el Ministerio de Minas y Energía, establece una medida tendiente al uso racional y eficiente de energía eléctrica, ordena la utilización o sustitución en los edificios cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, de todas las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia y cuyo plazo ha vencido el 31 de diciembre de 2007.

Un elemento importante que se debe tener en cuenta con las nuevas tecnologías, es la capacidad de integrar las nuevas fuentes de energía a la infraestructura actual existente y reducir su costo, la energía eólica ya está siendo utilizada en muchas redes eléctricas, mientras que el etanol se está añadiendo a la gasolina. Por ejemplo en Brasil, la mayoría de los nuevos vehículos son diseñados para funcionar con la mezcla de etanol y gasolina. En Alemania, los productores locales han empezado a añadir el biogás (metano) a los gasoductos de gas natural. En Japón, en muchas casas, la generación de electricidad es con paneles de energía solar.

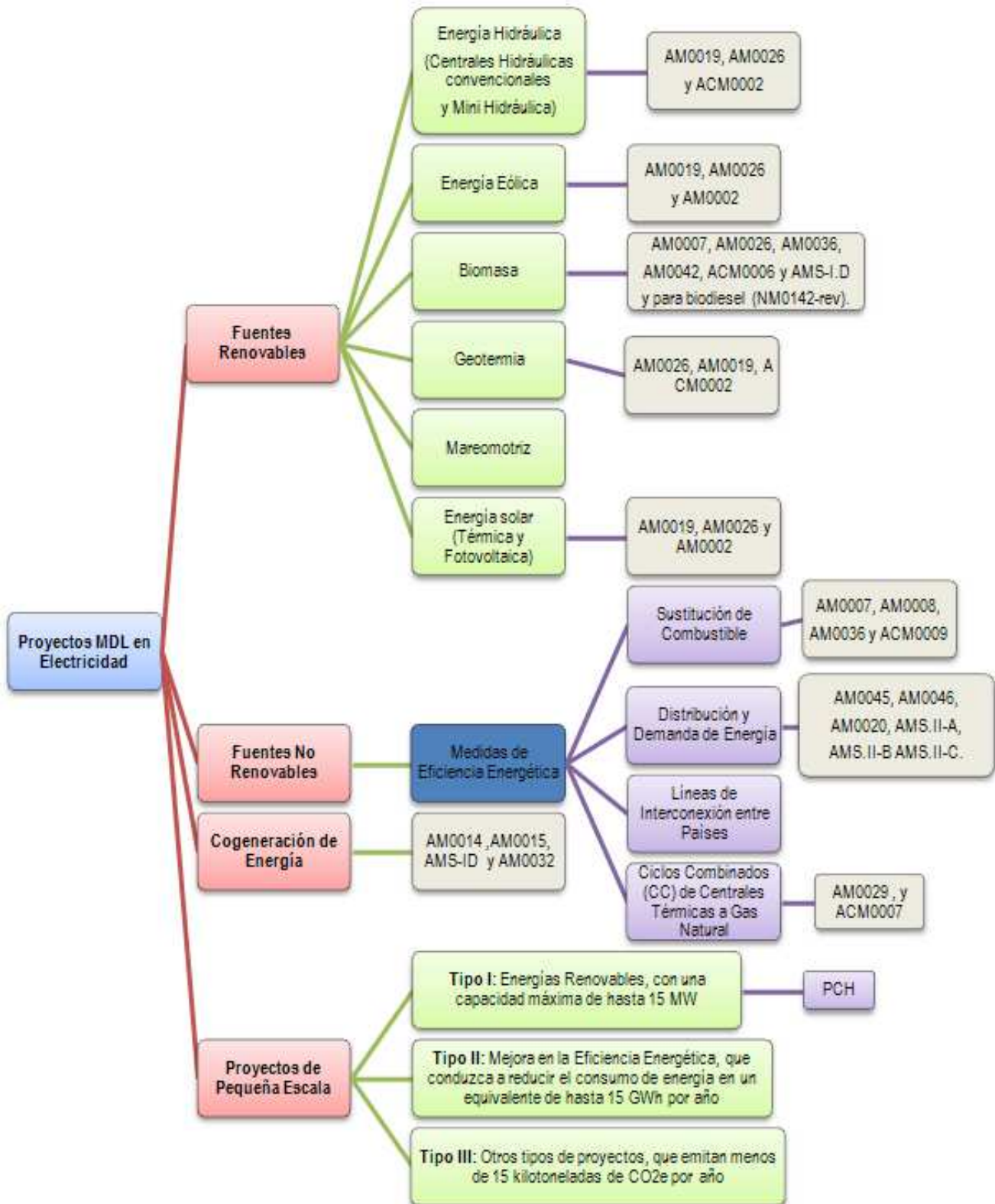
2.1. Metodologías

Para el sector eléctrico se pueden mencionar varias categorías que sirven para identificar y clasificar las acciones de mitigación. La Gráfica 12, ilustra esta situación.

Cada acción consiste básicamente en lo siguiente:

- Generación con Fuentes Renovables: Son centrales de generación eléctrica con tecnología de baja o cero emisión. Es el caso de centrales hidroeléctricas, parques eólicos, biomasa, energía geotérmica, energía solar, mareomotriz, etc.
- Medidas de Eficiencia Energética: El desarrollo de proyectos vinculados a Eficiencia Energética tiene un gran potencial, en especial en el sector industrial, debido al desfase tecnológico que existe en las diversas industrias, oportunidades de cambio de combustibles lo cual puede traer beneficios económicos para las empresas y el ambiente. Esta categoría incluye las siguientes opciones:
 - Cambio de Combustible, es la sustitución a combustibles menos contaminantes por gas natural o biocombustibles.

- Mejoras tecnológicas y modernización industrial con tecnologías limpias, caso de centrales térmicas a Gas Natural (GN) que pasan a CC.
- Proyectos que consuman menor cantidad de energía por unidad de producto, en esta categoría entrarían proyectos de eficiencia en la Transmisión y Distribución de la energía eléctrica y de consumo para los usuarios finales, caso de temporizadores para calentadores de agua, mejora de eficiencia en iluminación, motores, calderas, etc.
- Empresas de Capital Social, esta es una iniciativa que se encuentra en revisión por parte de algunas empresas en el país, se trata de agrupar la demanda por eficiencia energética, en las cuales el cliente o usuario se convertiría en accionista de la empresa de prestación del servicio por el ahorro y uso eficiente de energía debido a la sustitución de artefactos eléctricos, y mediante el pago de la diferencia de valor entre su consumo anterior y el nuevo consumo después de instalar y amortizar los artefactos de ahorro. Mayor detalle de esta propuesta se puede encontrar en Fonseca [41].
- Interconexiones Eléctricas entre países, para optimizar los recursos energéticos regionales y desplazar generación en combustibles fósiles.
- Cogeneración: Es la producción simultánea de energía eléctrica y térmica a partir de un mismo combustible.
- Proyectos de Pequeña Escala: Es una categoría especial para proyectos MDL, son proyectos con generación de hasta 15 MW, ahorro energético de hasta 15 kWh o de efecto neto de reducción de emisiones de 15 kt de CO₂eq anuales.



Gráfica 12. Categorías proyectos MDL en Electricidad.
Elaboración propia.

La Tabla 3, muestra las diferentes metodologías, consolidadas y de pequeña escala aprobadas por sectores a mayo de 2008.

Sector	Metodología	Metodología Aprobada de Pequeña Escala	Metodología Aprobada Consolidada
Producción de energía (Renovables y no Renovables)	<u>AM0007</u> , <u>AM0014</u> <u>AM0019</u> <u>AM0024</u> <u>AM0025</u> <u>AM0026</u> <u>AM0029</u> <u>AM0035</u> <u>AM0036</u> <u>AM0042</u> <u>AM0044</u> <u>AM0045</u> <u>AM0047</u> <u>AM0048</u> <u>AM0049</u> <u>AM0052</u> <u>AM0053</u> <u>AM0054</u> <u>AM0055</u> <u>AM0056</u> <u>AM0058</u> <u>AM0061</u> <u>AM0062</u>	<u>AMS-I.A.</u> <u>AMS-I.B.</u> <u>AMS-I.C.</u> <u>AMS-I.D.</u> <u>AMS-I.E.</u> <u>AMS-II.B.</u> <u>AMS-III.B.</u>	<u>ACM0002</u> <u>ACM0006</u> <u>ACM0007</u> <u>ACM0009</u> <u>ACM0011</u> <u>ACM0012</u> <u>ACM0013</u>
Distribución de Energía	<u>AM0067</u>	<u>AMS-II.A.</u>	
Demanda de Energía	<u>AM0017</u> <u>AM0018</u> <u>AM0020</u> <u>AM0046</u> <u>AM0060</u>	<u>AMS-II.C.</u> <u>AMS-II.E.</u> <u>AMS-II.F.</u> <u>AMS-II.G.</u>	
Industrias Manufactureras	<u>AM0007</u> <u>AM0014</u> <u>AM0024</u> <u>AM0036</u> <u>AM0041</u> <u>AM0049</u> <u>AM0055</u> <u>AM0057</u> <u>AM0065</u>	<u>AMS-II.D.</u> <u>AMS-II.H.</u> <u>AMS-III.K.</u> <u>AMS-III.N.</u> <u>AMS-III.P.</u> <u>AMS-III.Q.</u>	<u>ACM0003</u> <u>ACM0005</u> <u>ACM0009</u> <u>ACM0012</u> <u>ACM0015</u>

Tabla 4. Metodologías consolidadas y de pequeña escala por sectores.
Fuente: <http://cdm.unfccc.int>

2.2. Generación con Fuentes Renovables

Dado que se puede producir electricidad usando diferentes fuentes, existe un gran potencial en proyectos que contemplen la utilización de energías renovables. Su utilización en zonas

rurales aisladas de la red eléctrica nacional, también constituyen oportunidades para desarrollar proyectos MDL. Desde el punto de vista del productor de energía con dichas fuentes, la principal desventaja es su intermitencia, por ejemplo, la energía eólica y solar tienden a estar disponible solamente 25-40 % del tiempo, dependiendo de la tecnología y el sitio, la discontinuidad cambia, sin embargo, no es un problema tan grande, pues las compañías eléctricas ya están acostumbrado a tratar con las fluctuaciones de la demanda, pues incluso las centrales eléctricas convencionales a veces fallan inesperadamente. Las principales formas de generar energía usando fuentes renovables son:

2.2.1. Energía Hidráulica

Es producir energía usando el agua como combustible, de acuerdo a la capacidad de producción se puede clasificar en centrales hidráulicas convencionales y mini hidráulica.

Según el tipo de central:

- Son centrales de generación limpia, pues ahorran CO₂ al no consumir combustibles fósiles y desplazar la energía producida a través de ellos.
- Hay que descontar las emisiones de CH₄ que se producen en los embalses por digestión anaerobia de los lodos.
- Las centrales mini hidráulicas pueden ser de pequeño embalse o de filo de agua (no generan CH₄).

Existen varias metodologías aprobadas para energías renovables que pueden ser utilizadas por proyectos hidráulicos y mini hidráulicas: AM0019, AM0026 y ACM0002.

2.2.2. Energía Eólica

El usar el viento como combustible es una tecnología muy limpia, pero siempre existirá incertidumbre en cuanto a la disponibilidad del combustible, ya que nunca se sabe

plenamente que es lo que va a pasar al día siguiente, si va a haber viento o no. La electricidad generada depende de la velocidad media del viento y del factor de la planta (horas al año que sopla el viento). Otros factores a analizar son la cercanía a líneas de evacuación, disponibilidad de terreno, impactos ambientales (paisajísticos y avifauna) y cercanía a núcleos de población.

Existen varias metodologías aprobadas para energías renovables que pueden ser utilizadas por proyectos eólicos: AM0019, AM0026 y AM0002.

2.2.3. Biomasa

Biomasa es toda materia orgánica de origen animal o vegetal, la posibilidad de utilizarla para generar energía es inmediata, ya que existen tecnologías modernas, disponibles en el mercado internacional, que aseguran alta eficiencia y competitividad frente a opciones basadas en combustibles fósiles. A partir de la biomasa se pueden obtener biocombustibles (bioetanol o biodiesel). Existen varias metodologías aprobadas aplicables a proyectos de biomasa: AM0007, AM0026, AM0036, AM0042, ACM0006 y AMS-I.D y para biodiesel (NM0142-rev).

La sustitución parcial del diesel del petróleo por biodiesel representa una tendencia a nivel mundial, la producción de biodiesel en Colombia es una alternativa económica para sustituir la producción de petrodiesel en las refinerías, el país cuenta con cultivos de palma africana y otros productos agrícolas con excelente opción para la producción del biocombustible.

2.2.4. Geotermia

Es el aprovechamiento del calor interno de la tierra mediante la localización y extracción del fluido geotérmico. Se usa para generación eléctrica, calefacción y procesos de secado

industrial. El fluido geotérmico (combinación de vapor de agua y otros materiales) se conduce hasta la planta geotérmica donde sufre un proceso de purificación previo a ser turbinado el vapor puro. Una vez turbinado se devuelve al yacimiento.

La tecnología es bastante cara, fundamentalmente por el costo elevado de exploración e identificación de yacimientos.

Existen metodologías aprobadas relativas a proyectos de energías renovables aplicables a la generación geotérmica: AM0026, AM0019, ACM0002.

2.2.5. Mareomotriz

Consiste en aprovechar el movimiento del mar, y la diferencia de altura producida con la ola. El movimiento de las aguas del mar (flujo y reflujo) puede generar electricidad en las centrales mareomotrices. El sistema consiste en aprisionar el agua en el momento de la marea alta, y liberarla posteriormente, obligándola a pasar por turbinas.

Los emplazamientos existentes son limitados, ya que hay que buscar zonas donde ya se genere este aprisionamiento de forma natural, bahías naturales. Existen varios prototipos diseñados por empresas que están siendo probados, pero de momento no existe ninguna tecnología comercial.

Por tanto se trata de iniciativas todavía en estado incipiente y en ningún momento a escala comercial. Por ello, a la fecha, no conviene pensar en ella como proyecto MDL desde el punto de vista de inversión rentable.

2.2.6. Energía solar

Existen dos aplicaciones: Energía solar térmica y fotovoltaica.

- La Energía solar térmica se usa para el agua caliente en hogares y procesos industriales.

- La Energía solar fotovoltaica permite la conversión de la energía lumínica en electricidad, mediante placas de silicio monocristalino.

Dentro del MDL, existen dos tipos de aplicaciones fundamentales: Producción de electricidad en zonas aisladas, y sistemas de energía solar fotovoltaica conectada a la red que desplazan a otras fuentes contaminantes logrando reducciones de emisiones de CO₂.

Existen varias metodologías aprobadas para energías renovables que pueden ser utilizadas por proyectos solares: AM0019, AM0026 y AM0002.

2.3. Medidas de Eficiencia Energética

Las medidas de Eficiencia Energética, viene muy relacionadas con el Uso Racional de la Energía, y este no es un concepto nuevo, se viene aplicando hace ya varios años, solo que antes se buscaba ahorros de Kcal y kW ahora bajo el esquema de PK, se busca adicionalmente reducir emisiones de CO₂.

2.3.1. Sustitución de Combustible

Se produce una reducción en las emisiones producidas al pasar a combustibles menos contaminantes con menor contenido en carbono. Entre estos proyectos encontramos:

- Cambio de carbón de baja calidad a carbón importado de mejor calidad.
- Cambio de carbón a GN.
- Cambio de Diesel a GN.
- Cambio de combustibles fósiles a biomasa.

Existen metodologías desarrolladas y aprobadas para esta tecnología:

- AM0007: Cambio de combustible de carbón/lignito a biomasa.
- AM0008: Cambio de combustibles de carbón/fuelóleo a gas natural.

- AM0036: Cambio de combustible fósil a residuos de biomasa en calderas para la generación de calor.
- ACM0009: Cambio de combustible en la industria de carbón/petróleo a GN. AMS-III.B: Cambio de combustibles fósiles.

2.3.2. Ciclos Combinados (CC)

Aplica para centrales térmicas a Gas Natural (GN), esta tecnología permite disminuir las emisiones de CO₂ ya que usa GN y tiene un Factor de Emisión (FE) más bajo en comparación con una central de carbón (cerca del 40% de menos emisiones). Mediante la combustión del GN se puede generar electricidad en una turbina de gas y aprovechar los gases calientes para calentar el vapor de agua que generará electricidad adicional.

Es el caso de la central térmica Termocentro propiedad de ISAGEN, inicialmente era ciclo simple, conformada por dos unidades turbogeneradoras a gas de 100 MW cada una, después tres años más tarde, se reformó a CC, lo que le permitió aprovechar, a través de un ciclo a vapor, los gases de escape calientes emitidos a la atmósfera durante el proceso de combustión de las turbinas. La transformación incrementó la eficiencia de la planta en un 50%, al no requerir combustible extra para generar 100 MW adicionales de energía. El costo específico de inversión es bajo y la tecnología está muy desarrollada, existiendo varios proveedores especializados y comercializando equipos. Existen varias metodologías aprobadas para este tipo de proyectos: AM0029 (Generación de electricidad conectada a la red por plantas de gas natural) y ACM0007 (Conversión de ciclo individual a ciclo combinado de gas natural).

2.3.3. Distribución y Demanda de Energía

Se busca la disminución de pérdidas eléctricas en Distribución y Transmisión. Son proyectos que permiten reducir las pérdidas de electricidad y por lo tanto ahorrar los combustibles necesarios para generar esa electricidad y las emisiones de CO2 correspondientes. Pueden ser proyectos de mejora eficiencia en líneas de manera que se consiga disminuir pérdidas, como subir niveles de tensión en distribución, cambio de transformadores a otros más eficientes, uniones eléctricas, empalmes, etc. También proyectos de eficiencia en iluminación en ciudades, uso de sistemas halógenos, lámparas ahorradoras, mejoras en los consumos eléctricos, aires acondicionados, motores, etc. Existen metodologías desarrolladas y aprobadas: AM0045, AM0046, AM0020, AMS.II-A, AMS.II-B AMS.II-C.

2.3.4. Líneas de Interconexión entre países

El objetivo es aumentar el transporte de electricidad entre países, optimizando y haciendo más efectiva la generación de cada país. Al existir un intercambio de electricidad, las centrales menos eficientes y más contaminantes dejan de generar y son sustituidas por electricidad que procede de otros países y es generada por fuentes más limpias.

Caso con la interconexión Colombia-Ecuador suscrito bajo la Comunidad Andina de Naciones – CAN-, que funciona bajo un esquema de Mercados de Electricidad, con una capacidad para exportar de 285 MW y para importar de 215 MW. Colombia cuenta también con interconexión con Venezuela con una capacidad para exportar de 336 MW e importar 205 MW.

El proyecto SIEPAC es la interconexión que unirá Guatemala con Panamá, a través de El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. La línea tendrá una longitud aproximada de

1.800 km a 230kV, actualmente se está elaborando el PDD y la metodología. También se prevé que se una con Colombia mediante la interconexión Colombia-Panamá, el cual se espera esté lista para el año 2011, la obra se ha diseñado con una capacidad de 300 MW, que puede ser extendida a 600 en el evento en que se lleve energía hacia Centroamérica utilizando el sistema SIEPAC, con las exportaciones de energía a Centroamérica se reducirían los costos de electricidad en la región y Colombia recibiría importantes divisas por las exportaciones.

2.4. La Cogeneración de Energía

La cogeneración de energía en la industria consiste en la conversión de la energía contenida en el combustible en dos tipos de energías utilizables por la industria: Energía mecánica y/o eléctrica y energía térmica, que es vapor útil o gases calientes para proceso. Su propósito principal es lograr un mejor aprovechamiento de los combustibles primarios (Diesel, GN, biomasa), razón por lo cual se considera en los programas de ahorro de energía como alternativa fundamental.

Las aplicaciones en MDL, son la sustitución del combustible dentro de un sistema de cogeneración ya instalado, o instalación de sistemas de cogeneración en procesos industriales donde requieran elevados consumos de calor o frío. Con ventajas de menor empleo de combustible comparando con los sistemas convencionales y por lo tanto una mayor eficiencia y un ahorro de emisiones de CO₂ y un ahorro de las pérdidas, al tener los centros de producción en el mismo lugar de consumo.

Existen dos metodologías aprobadas: AM0014 y AM0015. También se puede emplear la metodología AMS-ID (conexiones a red) y la AM0032 (instalaciones aprovechan gas residual o calor latente del proceso).

2.5. Proyectos de Pequeña Escala

Es una categoría especial en los proyectos MDL, el objetivo principal de esta decisión fue reducir costos de transacción relacionados con la implementación y preparación del proyecto MDL.

Existen tres clases de proyectos MDL de pequeña escala. Los dos primeros tienen un límite al tamaño de la actividad que reduce emisiones, y el tercero se destaca porque tiene un límite en la emisión total que puede generar el proyecto.

Tipo I: Proyectos de energía renovable con una capacidad máxima equivalente de 15 megavatios (MW). Se incluyen en este tipo los proyectos de energías renovables que producen electricidad, energía mecánica y/o térmica al usuario directamente, así como también tecnologías energéticas conectadas a una red de distribución eléctrica.

Se entiende por producción máxima la capacidad instalada o calculada que haya indicado el fabricante del equipo, sin tener en consideración el factor de disponibilidad efectivo de las instalaciones.

La definición de equivalente apropiado de 15 megavatios tiene en cuenta que la potencia de los proyectos pueden referirse a megavatios de pico, eléctricos ó térmicos (MWp, MWe o MWt). Dado que la denominación más común es la de megavatio eléctrico, se decidió medir la potencia de este tipo de proyectos en megavatios eléctricos, MWe, y aplicar el factor de conversión correspondiente para los otros tipos de energía.

Dentro del Tipo I se clasifican las actividades de proyectos en diversas categorías como se presentan en la Tabla 4.

Categorías de las actividades de proyectos	Ejemplos y Tecnologías utilizadas
I.A. Generación eléctrica para el consumidor /hogar (residencial)	Energía solar, hidroeléctrica, eólica y otras energías renovables que producen electricidad para uso residencial. Como ejemplos pueden citarse las placas solares para edificios, bombas de agua solares o cargadores de baterías eólicas
I.B. Energía mecánica para el consumidor/ empresa	Unidades de generación de energía renovable para el suministro de energía mecánica a usuarios o empresas que necesitan una pequeña cantidad de energía: bombas de energía solar o térmica, molinos de agua y viento, etc.
I.C. Energía térmica para el consumidor final	Suministro de energía térmica sustituyendo fuentes de combustibles fósiles o de biomasa no renovable. Pueden utilizarse calentadores de agua solares, cocinas solares y sistemas de cogeneración por biomasa para electricidad y calor. (no debe de exceder los 45 MW _t).
I.D. Generación de electricidad con fuentes renovables para suministro de una red de distribución	Instalaciones de energía renovable que suministran electricidad a una red de distribución abastecida al menos por una central de combustible fósil, o biomasa no renovable. El límite de elegibilidad de 15MW aplica solamente a la componente renovable. Para sistemas de cogeneración basadas en biomasa no debe exceder los 45 MW _t

Tabla 5. Proyectos de energías renovables de Pequeña Escala (< 15 MWe).

Fuente: Guía Latinoamericana del MDL. Programa. OLADE. 2005.

Tipo II: Proyectos de eficiencia energética que reducen el consumo de energía por el lado de la oferta o la demanda, hasta el equivalente de 15 GWh por año.

Se entiende como eficiencia energética la mejora del servicio obtenido por unidad de potencia, es decir, actividades de proyectos que aumentan las unidades de producción (como son la tracción, el trabajo, la electricidad, el calor, la luz, etc.) por MW consumido en relación con la base de referencia.

La reducción de consumo energético debida a una disminución del nivel de actividad no se tiene en cuenta. Tanto por el lado de la demanda como por el de la oferta, se considerarán proyectos de pequeña escala siempre que den como resultado una reducción menor o igual a 15 GWh/año, como puede verse en el Tabla 5.

Categorías de las actividades de proyectos	Ejemplos y Tecnologías utilizadas
II.A. Mejora de eficiencia en la oferta de sistemas de transporte y distribución	Procesos de mejora del rendimiento energético de la red eléctrica, o del transporte/distribución de la calefacción urbana. Tecnologías: Aumento del voltaje en una línea de transporte, ampliación o mejora del aislamiento en las tuberías de un sistema de la calefacción urbana. Las tecnologías o los procedimientos pueden ser aplicados a los sistemas existentes de transporte y/o distribución, o ser parte de una ampliación del sistema.
II.B. Mejora de la eficiencia energética en la oferta de generación electricidad/calor	Procesos de mejora de la eficiencia de las plantas que consumen combustible fósil para producir electricidad o calor, reduciendo el consumo de energía hasta el límite máximo establecido. Como ejemplo puede citarse la mejora de la eficiencia en centrales de generación eléctrica y de cogeneración.
II.C. Programas de eficiencia energética en la demanda	Programas de eficiencia energética en equipamientos como: lámparas, refrigeradores, motores, ventiladores, y otras aplicaciones. Estas tecnologías pueden sustituir el equipo existente, o instalarse en nuevos emplazamientos.
II.D. Medidas de eficiencia energética mediante la sustitución de combustibles en instalaciones industriales	Mejora del rendimiento energético y/o cambio de combustible implantados en una industria. Ejemplos de Tecnologías: medidas del rendimiento energético (motores más eficientes), mejoras de combustible (sustitución de vapor o aire comprimido por electricidad) y medidas específicas de procesos industriales (hornos de acero, secado de papel, cura del tabaco, etc).
II.E. Medidas de eficiencia energética mediante la sustitución de combustibles en edificios comerciales y residenciales	Cualquier mejora del rendimiento energético y cambio de combustible en un edificio comercial o residencial, o grupo de edificios similares. Ejemplos: mejoras técnicas del rendimiento energético (aislamiento de edificios, cambio de fuel a gas natural). Las medidas pueden aplicarse a equipos existentes o a instalaciones nuevas.
II.E. Medidas de eficiencia energética mediante la sustitución de combustibles en instalaciones agrícolas	Cualquier mejora del rendimiento energético y/o cambio de combustible en actividades relacionadas con instalaciones o procesos agrícolas. Ejemplos: Uso de tractores más pequeños, alargamiento de la vida útil de los mismos y menor equipamiento en las granjas; reducir el uso de combustible mediante un menor uso de maquinaria agrícola, reducción del riego, uso de maquinaria más ligera. Ejemplos de cambio de combustible pueden ser pasar del uso del diesel, al etanol o al biocombustible.

Tabla 6. Proyectos de mejora de la eficiencia energética (≤ 15 GWh/año).

Fuente: Guía Latinoamericana del MDL. Programa. OLADE. 2005.

- Tipo III: Otros proyectos que reduzcan emisiones antropogénicas y emitan directamente menos de 15 kilotonnes de CO₂ equivalente. Caso de agricultura, transporte, recuperación de metano, etc.

Las modalidades y procedimientos simplificados para estos proyectos son los siguientes:

- Metodologías simplificadas para la determinación de líneas de base y planes de monitoreo.
- Agrupación de proyectos en varias etapas del ciclo de proyecto.
- Plan de Diseño de Documento simplificado.
- Requerimientos simplificados para el análisis de impacto ambiental.
- Menor costo para registrar el proyecto.
- Periodo más corto para el registro de proyectos MDL de pequeña escala.
- La misma entidad operativa puede validar, así como verificar y certificar, la reducción de emisiones de un mismo proyecto.

Las anteriores metodologías que indican los procedimientos de estimación de factores de emisión. Para las actividades de proyectos de “Generación de electricidad con fuentes renovables para sistemas interconectados”, el cálculo de la línea base es la energía generada (kWh) multiplicada por un coeficiente de emisión. Para actividades de proyecto que incluya unidades de generación que empleen *fuel oil* o diesel la línea base será la energía anual generada (kWh) por el coeficiente de emisión de una unidad de generación diesel moderno, descrito en la tabla I.D.I. del párrafo 28 del Apéndice B. Para las demás actividades de proyecto el párrafo 29 del Apéndice B describe una metodología simplificada para calcular la línea base que son los kWh producidos por la unidad generadora multiplicada por un factor de emisión (medido en kg CO₂ equivalentes/kWh), calculado de manera transparente y conservadora como sigue:

“a) El promedio entre la “operación marginal aproximada” (AOM: Approximate Operating Margin) y la “construcción marginal” (BM: Build Margin) en donde:

(i) La “operación marginal aproximada” es el promedio ponderado de las emisiones (en kg CO₂ equivalente/kWh) de todas las fuentes de generación que sirven al sistema, excluyendo hidro, geotérmicas, eólica, biomasa de bajo costo, nuclear y generación solar;

(ii) La “construcción marginal” es el promedio ponderado de las emisiones (en Kg. de CO₂ equivalente /kWh) de las adiciones recientes de capacidad al sistema, que son definidas como el valor más grande (en MWh) entre el más reciente (*) 20%(**) de las plantas existentes y las 5 plantas mas recientes.

(*) Información de generación disponible del año más reciente.

(**) Si el 20% cae en parte de la capacidad de una planta, esa planta es incluida en los cálculos.

El promedio ponderado de las emisiones (en kg CO₂ equivalente /kWh) del parque de generación actual.”

2.5.1. Cálculo Reducción de Emisiones

La formulación para calcular la reducción de emisiones de gases se muestra en la ecuación (1). Los reducción de emisiones de gases (ER_y) logradas por el proyecto en un año y es la línea base de emisiones de la planta (BE_y) menos las emisiones de gases de invernadero generados por la descomposición proceso (PE_y) menos las fugas debido al proceso de descomposición (L_y).

$$ER_y = BE_y - PE_y - L_y \quad (1)$$

$$BE_y = MWh \times FE$$

Donde:

ER_y = Reducción de Emisiones de Gases

BE_y = Línea Base de Emisiones de la Planta

MWh = Energía Generada

FE= Factor de Emisión

PEy= Emisiones de GEI generados por la descomposición proceso

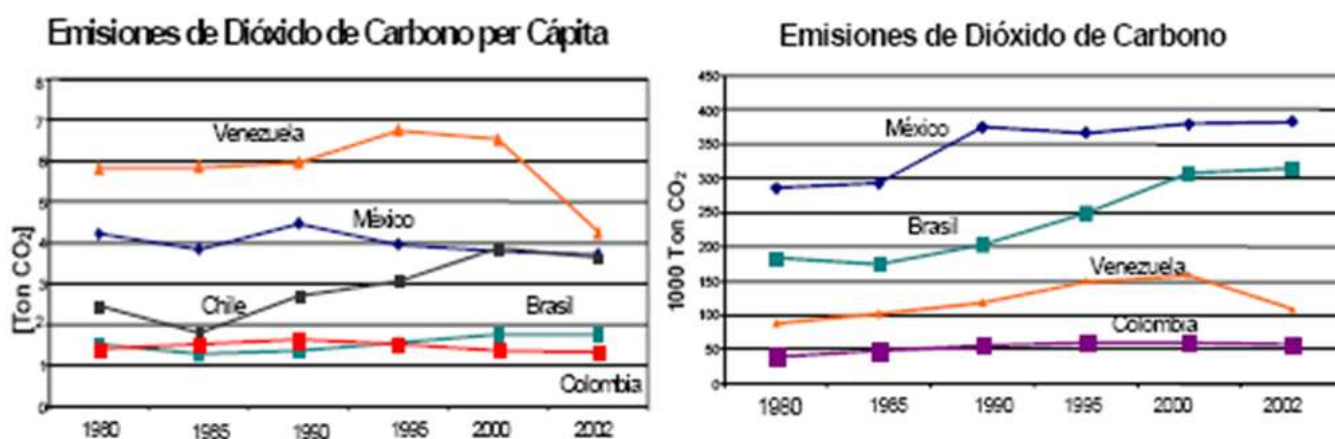
Ly= Fugas debido al proceso de descomposición

Por ejemplo, si una planta que produce 24.000 MWh en un año con un FE de 0.396 tonCO₂/MWh daría 9.504 toneladas de CO₂ en un año. Con PEy = 0 y Ly = 0, la formula de Reducción de Emisiones seria: $ER_y = 9.504 - 0 - 0 = 9.504$ ton CO₂/año, siendo el total de Reducciones en 21 años de: 199.584 ton CO₂.

3. OPORTUNIDADES DE MDL EN EL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO

Colombia pertenece al grupo de Países no Anexo I. El Congreso de la República mediante la Ley 629 de diciembre de 2001, ratificó el PK y aprobó llevar a cabo diversas propuestas de tipo ambiental que reduzcan o capturen las emisiones de GEI de una manera mensurable, real y a largo plazo para que sean certificadas y transadas en el mercado internacional con la entrada en vigor del Protocolo. El Consejo Nacional para el Medio Ambiente, estableció en 2002 el marco general para la política de cambio climático en el país realzando la importancia del mercado global de carbono como catalizador de las iniciativas locales de reducción de emisiones de GEI. En 2003 el Consejo Nacional para la Política Económica y social acordó la estrategia para la promoción del MDL y de otras iniciativas de mitigación del cambio climático enfocadas al mercado global de carbono.

A nivel latinoamericano Colombia tiene las emisiones de dióxido de carbono mas bajas comparado con otros países importantes en la región. Por tipo de combustible la mayor contribución a las emisiones de dióxido de carbono proviene del petróleo, gas natural y el carbón. La Gráfica 13 muestra la comparación



Gráfica 13. Comparación de CO2 Colombia vs otros países Latinoamericanos.
Fuente: International Energy Agency 2005.

3.1. Regulación

Actualmente existe un conjunto de metodologías aprobadas para proyectos de generación con energías renovables aplicables al sector eléctrico colombiano, los dos casos más significativos son la metodología consolidada ACM0002 Regional *Project Electricity System*", opción "c", aplicable a cualquier proyecto conectado al Sistema de Transmisión Nacional y la metodología simplificada para proyectos de pequeña escala. Estas metodologías fueron desarrolladas por paneles creados por la JE con el propósito de ser suficientemente generales para ser aplicadas por proyectos en las más diversas circunstancias.

Las dos metodologías coinciden en buscar el factor de emisión combinando factores de emisión (i) sobre la evolución cercana del sistema de generación – Factor marginal de Construcción- y (ii) sobre la operación del sistema – Factor marginal de Operación.

La conveniencia de emplear la metodología ACM0002, opción c), para el cálculo de línea base de proyectos del portafolio colombianos del sector eléctrico conectados a la red de escala completa (> 15MW); por ser la metodología que mejor refleja el comportamiento del sector eléctrico.

Tanto en la metodología aprobada para proyectos de pequeña escala, como en la metodología ACM0002 para proyectos de escala completa (> 15 MW) el factor marginal de construcción coincide. La diferencia radica en la forma de calcular el factor marginal de operación.

Construcción marginal: El conjunto de plantas utilizado para el cálculo del factor de emisión del margen de construcción se selecciona de la alternativa que represente la mayor cantidad de energía entre las cinco plantas construidas más recientemente, y el conjunto de

plantas construidas más recientemente, que conjuntamente generaron el 20% de la energía del sistema durante el año en cuestión. La energía generada en el 2004 fue 48572 GWh y el 20% son 9714 GWh. Las últimas cinco plantas construidas generaron apenas 154 GWh, de manera que el factor de emisión se calculó teniendo en cuenta la generación de las últimas plantas que generaron 20%. El valor resultante para este factor de emisión es de 0.3056 kg CO₂e/ kWh.

Operación marginal para proyectos de pequeña escala: El factor de emisión sobre la operación para proyectos de pequeña escala se calcula considerando las plantas térmicas que emplean combustibles fósiles del sistema interconectado que operaron durante los años 2001 a 2004 ponderado mediante la generación de cada una de las plantas. El factor de emisión para cada planta en el año respectivo se encuentra mediante el *Heat Rate* de la planta y el factor de emisión propio de cada uno de los combustibles empleados. El factor de emisión ponderado para la operación marginal para el periodo 2001-2004, fue 0.5728 KgCO₂e/ kWh. Actualmente es de 0.4308 KgCO₂e/kWh.

Línea base para proyectos de pequeña escala: Finalmente el factor de emisión para proyectos de pequeña escala conectados a la red se encuentra mediante el promedio entre los factores de Operación Marginal y de Construcción Marginal, que es el factor de emisión para la estimación de la línea base.

Margen de Operación para proyectos de escala completa: La opción “c” de la metodología consolidada ACM0002 es aplicable a sistemas eléctricos en donde las plantas son despachadas por mérito, es decir, teniendo en cuenta los precios relativos de oferta de energía. La metodología asume que una actividad del MDL desplaza la energía eléctrica generada por una combinación de plantas que son despachadas a los niveles de precio de

oferta más altos. Específicamente, se tiene en cuenta las plantas que aportan el diez por ciento de la energía ubicada al final del orden del despacho. Dado que se dispone de la información horaria sobre ofertas y generación mediante la consulta al sistema de información NEON de XM, en Colombia es obligatorio emplear la opción C: “Dispatch Data Analysis OM”.

El factor de emisión se encuentra buscando primero el diez por ciento final del despacho es caracterizado por su factor de emisión, es decir por la cantidad de emisiones de dióxido de carbono emitidas por unidad de energía generada. Este factor de emisión se obtiene para cada una de las horas durante las cuales opera el proyecto. Cada uno de los factores de emisión horarios es multiplicado por la energía generada por el proyecto durante la correspondiente hora. Esta operación produce un valor para las emisiones de dióxido de carbono supuestamente evitadas por el proyecto durante cada hora de operación. Todos los valores de un año son sumados para obtener las emisiones anuales asociadas al margen de operación (EOM) para cada proyecto en cuestión.

El valor anual de emisiones es dividido por la generación anual del proyecto para obtener un factor de emisión promedio, que es precisamente el factor de emisión del margen de operación.

La UPME, mediante el Sistema de Información Ambiental Minero-Energético SIAME, puso a disposición de los agentes los factores de emisión horario con los cuales cada interesado puede encontrar el valor de la línea base de su proyecto.

El Ministerio de Minas y Energías, emitió la Resolución 180740 de 2007 "por medio de la cual se actualiza el factor de emisión de gases de efecto invernadero para los proyectos de

generación de energía con fuentes renovables conectados al Sistema Interconectado Nacional cuya capacidad instalada sea igual o menor a 15 MW", y resuelve lo siguiente:

“Artículo 1º. Actualizar, conforme a la Metodología del Mecanismo de Desarrollo Limpio, en 0.4308 KgCO₂e/kWh, el factor de emisión de gases de efecto invernadero para el cálculo de la línea base de las actividades de los proyectos que generen electricidad a partir de fuentes renovables tales como fotovoltaica, hidroeléctrica, mareomotriz, eólica, geotérmica y biomasa, interconectados a la red, cuya capacidad instalada sea igual o menor a 15 MW.

Parágrafo. Cuando se incluyan actividades de proyecto que tengan unidades de generación que empleen fuel oil o diésel, la línea base será la energía anual generada (kWh) por el coeficiente de emisión de una unidad de generación diésel moderna descrito en el documento de metodología.

Artículo 2º. Los dueños o formuladores de proyectos, que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio, podrán utilizar otro factor de emisión u otra metodología distintos a los adoptados mediante la presente resolución, siguiendo los procedimientos definidos para tal fin por parte la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, la Reunión de las Partes del Protocolo de Kyoto y/o la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Artículo 3º. El Ministerio de Minas y Energía con el apoyo de la UPME deberá atender los requerimientos de la Entidad Nacional Operacional para sustentar el valor del factor de emisión, dado que la metodología de cálculo ya fue aprobada por la Junta Ejecutiva del MDL.

Artículo 4º. La publicación del factor de emisión se realizará con una periodicidad anual la cual se contará a partir de la fecha de la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial y el factor aquí descrito será válido hasta que el Ministerio de Minas y Energía publique el siguiente.

Artículo 5º. La presente resolución rige a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.”...

También, el Ministerio de Minas y Energías, emitió la Resolución 181422 de 2005 “Por medio de la cual se adopta el promedio ponderado horario de emisiones por unidad de electricidad y el factor de emisión del margen de construcción (FEPO) conforme a la metodología ACM002 para los proyectos de generación de energía con fuentes renovables conectados al Sistema Interconectado Nacional con capacidad instalada superior a 15MW.”, y resuelve lo siguiente:

“Artículo 1º. Adoptar el promedio ponderado horario de emisiones por unidad de electricidad, anexo al documento UPME, para el cálculo de línea base de proyectos de generación de escala completa (superior a 15MW), del sector eléctrico colombiano,

interconectados al sistema nacional que generen con fuentes renovables tales como fotovoltaica, hidroeléctrica, mareomotriz, eólica, geotérmica y biomasa, en conformidad con la aplicación de la Metodología Consolidada para Proyectos de Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables Conectados a la Red –Documento ACM0002 versión 3–.

Artículo 2º. Adoptar el factor de emisión del margen de construcción (FEPO) en 0.3056kg. CO₂e/kWh, para el cálculo de línea base de proyectos de generación de escala completa (superior a 15MW), del sector eléctrico colombiano, interconectados al sistema nacional que generen con fuentes renovables tales como fotovoltaica, hidroeléctrica, mareomotriz, eólica, geotérmica y biomasa, en conformidad con la aplicación de la Metodología Consolidada para Proyectos de Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables Conectados a la Red –Documento ACM0002 versión 3– incorporada en el documento UPME “Metodología para el Cálculo de la Línea Base para Proyectos de Generación de Escala Completa, Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Renovables Interconectados a la Red”, que hace parte de esta resolución.

Artículo 3º. Los valores y el factor adoptados mediante los artículos primero y segundo de la presente resolución, son de uso discrecional, y facilitan a los agentes, dueños y/o formuladores de proyectos, el cálculo de la línea base correspondiente al año 2004 para los proyectos de generación con fuentes renovables de escala completa interconectados al sistema nacional.

Artículo 4º. La aplicación de la Metodología Consolidada para Proyectos de Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables Conectados a la Red -Documento ACM0002 versión 3-, igualmente es de uso discrecional, y facilita a los agentes, dueños y/o formuladores de proyectos, el cálculo de la línea base correspondiente al año 2004 para los proyectos de generación con fuentes renovables de escala completa interconectados al sistema nacional.”.

3.2. Incentivos Fiscales

Se han creado incentivos tributarios para desarrollar proyectos MDL en Colombia, la Ley 788 de 2002: introduce modificaciones al Estatuto Tributario, entre ellas dos incentivos para proyectos de reducción de GEI.

- *Artículo 18: establece que esta exenta de renta por 15 años, “la venta de energía con base en los recursos eólicos, biomasa o residuos agrícolas, realizada únicamente por las empresas generadoras”, siempre y cuando el proyecto genere y venda certificados de reducción de GEI y destine a obras de beneficio social el 50% de los recursos obtenidos por este concepto.*
- *Artículo 95: determina que la importación de maquinaria y equipos destinados a proyectos que generen certificados de reducción de GEI estará exenta de IVA. (Reglamentada por la Resolución 1242 de 2006).*

3.3. Procedimiento de Aprobación

La reglamentación del MDL establece que se deberá contar con la aprobación por escrito de la Autoridad Nacional Designada (AND), en donde conste su participación voluntaria, así como la confirmación de la contribución al desarrollo sostenible del país en donde se desarrollarán las actividades. La aprobación deberá ser presentada por los participantes en el proyecto al momento de efectuar la validación con una EOD (párrafo 40.a, del proyecto de decisión contenido en la Decisión 17 de la Séptima CP de 2001).

El Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) tiene las responsabilidades Ambientales en Colombia y ha sido elegida como AND, mediante la Resolución 0453 del 27 de abril de 2004, por la cual se adoptan los principios, requisitos y criterios y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de GEI que optan al MDL a ser desarrollados en el país. Con esta medida, se pretende disminuir los riesgos e incertidumbre percibidos por promotores e inversionistas en proyectos del MDL en el país, al establecer un procedimiento de aprobación claro, transparente y eficiente.

Los requisitos son de obligatorio cumplimiento y están relacionados con el acatamiento de la legislación y normatividad aplicable a la actividad del proyecto. Los criterios hacen referencia a aspectos concretos, que implican una contribución del proyecto al desarrollo sostenible.

En el caso de los proyectos de reducción de emisiones por fuentes, los criterios se agrupan bajo cuatro principios:

1. Cumplimiento de la normatividad sectorial.
2. Contribución, pertinencia y coherencia con la política y planificación estatal.

3. Contribución al mejoramiento del bienestar social y económico a largo plazo de las comunidades locales y de la sociedad en general.
4. Implementación de sistemas de producción más limpia.

No necesariamente la totalidad de los requisitos o criterios es aplicable a todas las actividades de proyecto.

La solicitud de aprobación de un proyecto MDL debe ir acompañada del formato de presentación de proyectos debidamente diligenciado. En él, los participantes en el proyecto deben suministrar la evidencia del cumplimiento de cada uno de los requisitos aplicables al proyecto, establecer cuáles criterios son aplicables a su actividad de proyecto y suministrar la evidencia del cumplimiento de éstos.

El formato de presentación está incluido en los Anexos 2A y 2B de la Resolución 0453 y está disponible en el sitio en Internet del MAVDT, o a través del Grupo de Mitigación del Cambio Climático del Ministerio.

A partir de la información contenida en el formato de presentación de proyectos, el Grupo de Mitigación del Cambio Climático del MAVDT preparará un concepto técnico, en donde recomienda o no la aprobación del proyecto en cuestión. Dicho concepto es remitido al Comité Intersectorial de Mitigación del Cambio Climático, quien podrá hacer comentarios al mismo. Este Comité fue constituido mediante la Resolución 0454 de abril de 2004. Hacen parte de él el MAVDT, el Departamento Nacional de Planeación y Colciencias; además de los miembros temáticos e invitados que sean llamados a participar.

Sobre la base del concepto técnico y los comentarios del comité, el Despacho del Viceministro de Ambiente otorgará o negará la aprobación del proyecto. Está previsto que el procedimiento de aprobación de un proyecto tarde alrededor de dos meses.

Dentro del Ministerio, el Grupo de Mitigación de Cambio Climático trata todos los asuntos relacionados con el cambio climático.

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) es la Entidad Operacional Designada (EOD) para verificación y certificación de proyectos en energía.

La Unidad de Planificación Minero Energética (UPME) ha estimado los parámetros nacionales de aplicación de pequeña escala para proyectos interconectados a la red como una forma de apoyar a la reducción de costos de transacción y mejoramiento de la transparencia con la cual los desarrolladores de proyectos proveerán instrumentos de verificación a los entes validadores.

3.4. Proyectos Registrados

En Colombia a mayo de 2008 se encuentra registrados ante la JE 10 proyectos MDL, con un potencial de reducción anual de 941,302 tCO₂e, de los cuales 6 son proyectos de generación con energías renovables y uno es de cogeneración:

- El proyecto Jepírachi, en la Guajira, constituye el primer parque eólico, con capacidad de 19.5 MW que desplazará 430,000 tCO₂e hasta 2019.
- La Planta Hidroeléctrica Santa Ana, en Usaquén (Bogotá), con una capacidad de aproximadamente 13.4 MW con reducciones de emisiones estimadas de 20,642 tCO₂e por año.
- Proyecto Hidroeléctrico La Vuelta y La Herradura, en Antioquia, con reducciones de emisiones estimadas en 69,795 tCO₂e por año, con una capacidad de aproximadamente 31.5 MW. Se estima un volumen de 1,600,000 ton/CO₂ durante 21 años.

- Central Hidroeléctrica Agua Fresca, está localizada en el corregimiento de Puente Iglesias del municipio de Jericó-Antioquia, es una planta de generación de energía hidroeléctrica a filo de agua con capacidad de de 7.5 MW. Se estima un volumen de 27,510 ton/CO₂ por año.
- Planta Hidroeléctrica La Cascada, se encuentra ubicada en San Roque –Antioquia, tiene una capacidad de 2.3 MW. Se estima reducciones de emisiones por 10 años de 63,025tCO₂e.
- Cogenerador Incauca, cuenta con una capacidad de 1.7 MW para ser entregados a la red. El bagazo y el carbón se utilizan como fuentes de energía primaria en energía para producir vapor en las calderas. Se estima reducciones de emisiones por 14,000 tCO₂e cada año con residuos de la cosecha de caña de azúcar.

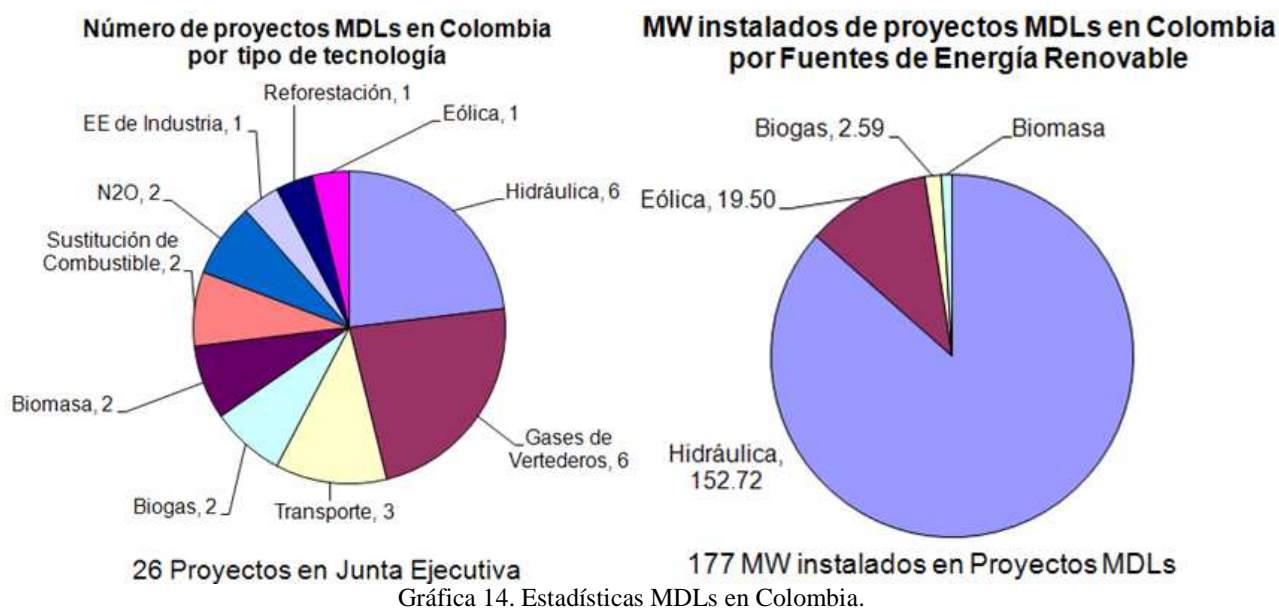
A esta misma fecha, se encuentran en proceso de validación ante la JE los siguientes proyectos:

- Proyecto hidroeléctrico Río Amoyá, planta de filo de agua, ubicada en Chaparral Tolima, con capacidad de 80 MW, Se estima reducciones de emisiones de 167,025 tCO₂e por año.
- Planta Hidroeléctrica Amaime, ubicada en Valle del Cauca, con capacidad de 18 MW. Se estima reducciones de emisiones de 11,194 tCO₂e por año.

La Gráfica 14 muestra los proyectos MDLs de Colombia registrados o en validación ante la JE, hasta el mes de abril de 2008.

Se cuenta con un total de 26 proyectos, siendo la energía hidráulica junto con los vertederos con el mayor numero de proyectos, seguido por proyectos de Transporte. En los proyectos

de generación con fuentes renovables, la energía hidráulica ocupa el primer puesto, con unos 153 MW, seguido por la eólica con los 19.5 MW de Jepírachi.



Gráfica 14. Estadísticas MDLs en Colombia.

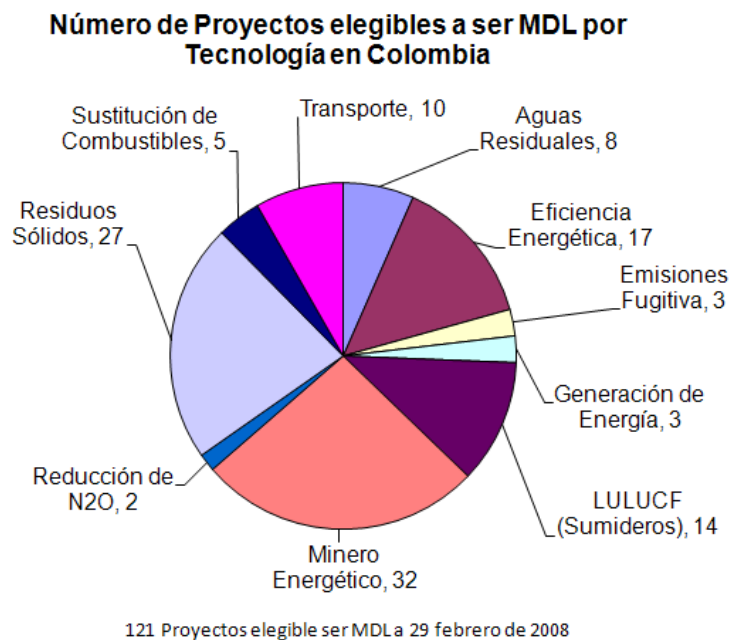
Datos: UNEP RISO PIPELINE ABR 2008. Elaboración propia.

3.5. Proyectos Elegibles

Existen muchos proyectos que pueden ser elegibles a ser proyectos MDL, inicialmente se debe tener en cuenta que de alguna manera contribuya a la mitigación de las emisiones de CO₂ a la atmosfera directa o indirectamente.

Según lo publicado por la AND de Colombia, 20 proyectos ya se encuentran aprobados por MAVDT, 121 proyectos están siendo evaluadas o se encuentran en alguna de los ciclos iniciales.

La Gráfica 15, muestra la clasificación de los proyectos elegibles por tecnologías. El mayor número de proyectos presentados, corresponden al sector Minero Energético. Dentro de esta categoría se encuentran 20 proyectos hidráulicos, 1 transvase de río, 3 de biomasa, 3 de ciclo combinado, 2 eólicos y 2 interconexiones internacionales:



Gráfica 15. Número de Proyectos Elegibles a MDL.

Datos: MAVDT. Estado de los Proyectos de Cambio Climático. Fecha de Seguimiento 29 de Febrero de 2008. Elaboración propia.

- Hidráulicas: Es la de mayor potencial para proyectos MDL. Existen varias empresas que ya le han apostado a esta opción:
 - Empresa de Energía de Cundinamarca, con la planta hidroeléctrica de Río Negro, tiene una capacidad instalada de 9.6 MW. situada en Puerto Salgar. Se estima reducciones de emisiones por 10 años de 152,914 tCO₂e en 7 años.
 - Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, con los proyecto hidroeléctrico Ventana (10 MW), Usaquén (1,5 MW) y Suba (2,4 MW).
 - Generadora Unión: Tiene diferentes proyectos hidroeléctricos en Antioquia, Calda y Tolima. Cañaveral (68MW), Ambeima (45MW), Chili (60MW), Montañitas (19,8 MW) y Encimadas (94 MW).

- IPSE: Es el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas en las Zonas No Interconectadas, por su razón de ser, desarrolla proyectos como la hidroeléctrica Guapí (12 MW) y Mitú (2 MW) en el Cauca y Vaupés respectivamente, podría usarse los beneficios adicionales que con llevan los proyectos MDL para nuevos proyectos de estas características.
- ISAGEN: Hidroeléctrica Río Manso (27 MW) en Caldas.
- EPSA: Central hidroeléctrica Bugalagrande (32 MW), asimismo proyectos como el Trasvase Rio Ovejas para desviar parte del caudal del rio Ovejas al embalse de Salvajina, pueden ser elegibles para proyectos MDL.
- Biomasa: Proyecto Solita de 0,9 MW de generación a partir de de la caña de azúcar, ubicado en el Caquetá y de cáscara de arroz de de 4 MW y 8 MW en Meta y Huila respectivamente.
- Ciclo Combinado (CC): Plan para el aumento de la capacidad y mejoramiento de la eficiencia del bloque de CC de Termobarranquilla, cierre del CC de Termoflores y transformación de la planta de Ciclo Abierto a CC para Termocandelaria.
- Energía Eólica: En la Guajira están en proceso de registro dos nuevos parques eólicos, el Parque Eólico Jouktai de 32 MW y otro de 10 MW.
- Interconexiones con otros países: Se encuentra en proceso de registro dos enlaces con Ecuador, con capacidades de 250 MW y 300 MW cada una.

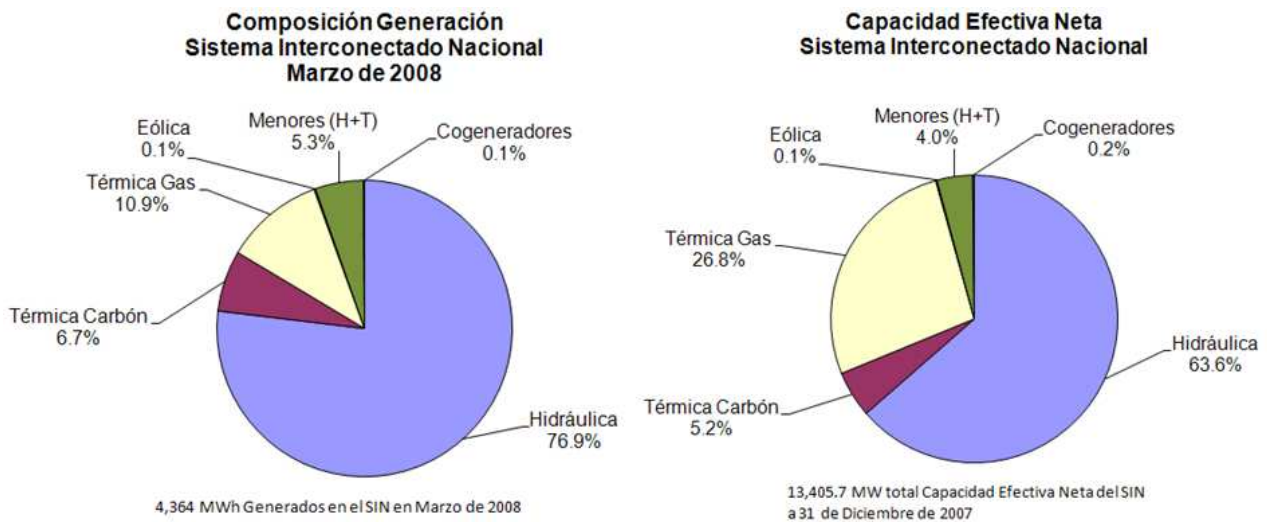
Por actividades de Eficiencia Energética y Sustitución de Combustibles y generación Energía, se encuentra 20 proyectos, algunos ejemplos los siguientes:

- Cogeneración: Implementación de tecnologías de cogeneración con residuos del proceso de extracción del aceite de palma en el Meta y Valle del Cauca, o implementación de tecnologías de cogeneración para el proceso productivo a partir de gas natural en Bolívar.
- Eficiencia Energética: Sustitución de 5 hornos que operan con crudo por 2 hornos de inducción para la fundición de aluminio en Medellín o la sustitución de equipos de aire acondicionado de 8 BTU/W a 14BTU/W en la Guajira.
- Biogás: Caso del aprovechamiento del biogás generado en la PTAR Cañaveralejo para la generación de energía eléctrica para el consumo interno de la planta.

3.6. Reflexiones Finales

En la Gráfica 16, se muestra, la composición de la generación en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia en 2007, se observa que fue 78% con generación hidráulica, con generación térmica a gas 11.4%, a carbón 5.4%, 4.9% con generación con plantas menores (H+T), 0.1% con generación eólica, y 0.1% con generación de cogeneradores. También se muestra, la composición de la Capacidad Efectiva Neta (CEN) del SIN a 31 de diciembre de 2007, se observa que la capacidad hidráulica representó el 63.6%, la térmica el 32.1% (26.8% a gas y 5.2 % a carbón) y la capacidad de generación con plantas menores (H+T) es de 4.0%, cogeneradores el 0.2% y eólica 0.1% de la capacidad efectiva del SIN.

Se destaca la alta componente hidráulica en el sistema, el cual le permite al sistema competir para llevar energía a otros países, además se genera cerca del 17% con centrales térmicas alguno con Ciclo Abierto, 5.4 % son con carbón, las cuales emiten mayor cantidad de CO2 a la atmósfera.



Gráfica 16. Generación SIN Marzo 2008 y CEN a 31/12/2007 en Colombia.
 Datos: XM. Elaboración propia.

Un agente productor de energía eléctrica (Generador) con energías renovables o con proyectos que demuestren que se reducen las emisiones de CO₂ pueden ser elegibles a proyectos MDL y recibir ingreso adicionales por la venta de “Certificados” en los mercados internacionales, además en Colombia existen condiciones tributarias favorables para desarrollar estos proyectos.

Para los pequeños proyectos existen beneficios adicionales, por condiciones del mercado de energía los proyectos registrados que correspondan a menos de 20MW no requiere que oferten para salir despachados, por consiguiente siempre podrán generaran con los beneficios de la venta de energía en el Mercado Mayorista de Electricidad y la venta de los CERs en los “Mercados de Carbono”.

El objetivo de los proyectos MDL de generación, es desplazar plantas con combustibles fósiles usando plantas menos contaminantes o con emisiones cero, las fuentes de energías renovables o la cogeneración son una alternativa excelente, incluso puede ser una solución importante para atender las Zonas No Interconectadas (ZNI) del país. No obstante, las

oportunidades no solo se encuentran en la producción de energía, las medidas de Eficiencia Energética y sustitución de combustibles son proyectos MDL que puede aplicar el resto de la cadena del sector eléctrico, es decir en Transmisión, Distribución y en Consumo de la energía.

También se puede aprovechar la matriz energética para exportar energía a otros países, actualmente se encuentra en operación la interconexión con Ecuador, en un futuro se podrá llevar energía a Centro América (SIEPAC) por medio de una interconexión con Panamá, aprovechando la complementariedad entre los recursos y los sistemas energéticos de los países con el fin de asegurar el suministro de energía en forma eficiente.

Al interior del país se debe tener en cuenta el desarrollo de proyectos con complementariedad energética, dado que por condiciones hidrológicas, en las estaciones secas la generación hidráulica puede resultar insuficiente. La diversificación en las fuentes de generación de energía permite la disminución del riesgo, teniendo en cuenta que ya no se tiene demasiada dependencia de la hidrología para la generación eléctrica. La generación distribuida incide también favorablemente en la expansión del sistema e incrementa la confiabilidad del servicio.

Colombia, por sus características topográficas e hidrológicas cuenta con un enorme potencial energético con los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos o Pequeñas Centrales Hidráulicas (PCH) ofreciendo alternativas de generación de energías sostenibles y económicamente atractivas, incluso existentes varios proyectos hidráulicos abandonados que podrían ser habilitados mediante los incentivos del PK, en el Anexo 1, se encuentra un listado con el inventario nacional de PCH con capacidad menor a 5 MW, que puede servir inicialmente para encontrar potenciales proyectos MDL en Colombia.

CONCLUSIONES

- El Cambio Climático debe abordarse no sólo como una cuestión medio ambiental sino también como una oportunidad económica.
- Las proyecciones recogidas por el IPCC, sitúan las necesidades de compra de los PI en 900 MtCO_{2e}/año entre 2008 y 2012, además se prevé un aumento de la demanda de CERs por los compromisos adquiridos en el PK, convirtiendo el “Mercado del Carbono” en una gran oportunidad de negocios en los países en desarrollo.
- Los negocios de carbono están en crecimiento y son una nueva modalidad del mundo globalizado. El Comercio de emisiones de carbono en los principales mercados alcanzó un valor total estimado de US\$30.1 millones en 2006, casi el triple del importe comercializado en el año 2005. La UE en el esquema de comercio de emisiones (EU-ETS) representó más del 80% del valor total de créditos de carbono comercializados en el año 2006, seguido por proyectos MDL con un valor de US \$4.3 millones. El comercio mundial de los derechos de emisión ha aumentado rápidamente, de 328 millones de toneladas equivalentes de CO₂ en 2005 a 1,131 millones de toneladas en 2006. El valor asociado a estas operaciones aumentó de poco menos de \$ 8 millones en 2005 a \$ 24.6 millones de tan sólo en un año.
- Los flujos de financiamiento internacional de carbono para los países en desarrollo podrían subir a \$100 millones al año en las próximas décadas, según estimaciones ONU. Desde el año 2002, créditos de MDL por valor de 920 millones de toneladas de CO₂ equivalentes se han generado, corresponde a una quinta parte de la emisiones totales en 2004 de la UE. Sólo en 2006, los proyectos del MDL han llevado CERs por 475 millones toneladas de CO_{2e}, con un valor total de más de \$4 mil millones.

- Las energías renovables entrega una serie de oportunidades en el mundo del MDL, son una alternativa al sistema energético actual basado fundamentalmente en combustibles fósiles.
- Llegar a la meta definida por el PK, depende de tres elementos: Captura y almacenamiento de CO₂ contenido en los combustibles fósiles, reducción del consumo de energía, mediante las nuevas tecnologías y estilos de vida, además se debe pasar a tecnologías de energéticas libres de carbono.
- Con los proyectos MDL se contribuye al compromiso internacional de reducción y se costean parte de algunos proyectos.
- Los países y empresas han mostrado su interés y están desarrollando iniciativas para disponer de créditos por proyectos MDL.
- La mayor dificultad es demostrar la adicionalidad para los proyectos MDL.
- El comercio de emisiones se entiende como una forma de internalizar los costos externos, es necesario que los precios reflejen estos nuevos costos. Disminuir los costos de transacción es clave en el desarrollo de los mecanismos flexibles.
- Los Mercados de reducciones voluntarias, ha crecido de 4 M Ton CO₂e comerciadas en 2004 a 20-50 M Ton en 2006. En 2007 se espera un volumen del orden de las 100 M Ton. La demanda crece exponencialmente a partir de la conciencia global acerca del tema, los principales mercados son EEUU y Europa (muchos compradores en sector público) y se espera que llegue a 400 M Ton en 2010.
- Los mercados voluntario y de MDL permanecen separados con expectativas de precios distintas, pero las metodologías del mercado voluntario están acercándose a las del MDL para incrementar la certidumbre, y los precios se están incrementando también.

- Existe un gran número de metodologías aprobadas para proyectos MDLs, lo cual disminuye los costes y aumenta la posibilidad de ser aprobados por la JE.
- Latinoamérica cuenta con una oportunidad de negocio importante en el desarrollo de proyectos de inversión MDLs. El abanico de futuros inversores es muy amplio, no limitándose únicamente a Europa y al sector energético.
- Los mecanismos flexibles de PK son un campo atractivo para realizar inversiones por parte de una empresa eléctrica.
- Mejora de eficiencia energética, diversificación energética, interconexión de sistemas eléctricos son otras opciones para proyectos MDL.
- Existen riesgos específicos de algunos proyectos (grandes hidráulicas) y la falta de desarrollo de otros (geotermia) o los elevados costes (aprovechamiento energía olas y mareas) que se deben evaluar antes de iniciar un proyecto MDL.
- La flexibilidad y seguridad será la mayor ayuda de la nueva generación de micro centrales que se están desarrollando, a diferencia de las grandes plantas que hoy predominan en el sistema, las micro centrales serán capaces de responder rápidamente a los cambios en la demanda.
- El PK ha sido un primera paso, se fijado sus objetivos únicamente para el período 2008-2012. Pero debe decidirse, qué ocurrirá más allá del 2012 y los gobiernos en breve comenzarán las negociaciones formales de lo que debería venir, entre otras razones, se requiere para proporcionar una señal clara al mercado.
- La inversión extranjera y el posicionamiento del aspecto ambiental en Colombia es necesario para el desarrollo de capacidades, financiamiento de proyectos y generación de nuevas oportunidades de proyectos MDL.

- Colombia cuenta con un proceso reglamentado y estandarizado para la aprobación nacional de proyectos aplicables al MDL.
- En la actualidad existen múltiples proyectos en proceso de registro nacional, usando los mecanismos que permite el PK para el registro de proyectos MDL.
- La demanda de CERs aumentar por los compromisos adquiridos en el PK, convirtiendo el “Mercado del Carbono” en oportunidad para Colombia ingresar a los nuevos negocios ambientales en un mundo globalizado.
- Con la ejecución de programas Uso Racional de la Energía, el país esta en el marco de las disposiciones del PK debido a que todo programa de ahorro en consumos de energía estará impactando el tema de las emisiones de CO₂.
- Están dadas las condiciones favorables para que Colombia ingrese a los nuevos negocios ambientales globalizados, en especial por sus características hidrológicas, se pueden proponer proyectos MDLs de PCHs.

ANEXO 1- Inventario Nacional de PCH <5000KW

INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES Y ENERGIAS ALTERNATIVAS														
"GRUPO DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS"														
N	NOMBRE CENTRAL	UBICACIÓN		No.	CARACTERISTICAS GENERALES									
		LOCALIDAD	DEPTO	UNID.	POT. INST (KW)	POT. EFECT. (KW)	Q. DISP. (m3/s)	H. BRUTA (m)	H. NETA (m)	ENTIDAD A CARGO	AREA Km ²	RECURSO HIDRICO	AÑO INSTA	ESTADO PCH
1	SANTA RITA	ANDES	ANTIOQ.	2	1000		1.56	80	58.5	MPIO ANDES		Q.S. AGUSTIN Y STA RITA		FUERA DE SERVICIO (R)
2	CAICEDO	CAICEDO	ANTIOQ.	1			0.4		30			R.ASESI		FUERA DE SERVICIO
3	REMEDIOS	REMEDIOS	ANTIOQ.	2	680	600	2.5	32	32	MPIO DE REMEDIOS		R.ITE	1954	FUER DE SERVICIO
4	ABEJORRAL	ABEJORRAL	ANTIOQ.	2	700	600	0.7	130	130	MPIO DE ABEJORRAL		Q. LAS YEGUAS	1954	EN SERVICIO
5	AMAGA		ANTIOQ.	1										
6	AMALFI	AMALFI	ANTIOQ.	3	700	600	0.5	204	204	MPIO DE AMALFI		Q. CARACOLI	1958/47	FUERA DE SERVICIO
7	ANGOSTURA		ANTIOQ.	1										
8	ANTIOQUIA		ANTIOQ.	1										
9	ARMENIA		ANTIOQ.	1										
10	BARBOSA		ANTIOQ.	1										
11	BOLIVAR		ANTIOQ.	1										
12	CALERA	PTO. BERRIO	ANTIOQ.	2	180	180	1.2	20	20	E.A.D.E		Q.MALENA	1938	EN SERVICIO
13	CARACOLI	CARACOLI	ANTIOQ.	2	3200	3000	2.5	85	85	E.A.D.E		R.NUS	1935/63	EN SERVICIO
14	CAÑAS GORDAS		ANTIOQ.	1										
15	SAN JUAN	ZARAGOZA	ANTIOQ.	3	720		4.5	20		MPIO DE ZARAGOZA				FUERA DE SERVICIO
16	EL LIMON	CISNEROS	ANTIOQ.	2	800	800	0.5	440	440	E.A.D.E		NUCITO STA GERTRUDIS	1926	EN SERVICIO
17	CONCORDIA		ANTIOQ.	1										
18	FREDONIA	FREDONIA	ANTIOQ.	1										
19	GRANADA		ANTIOQ.	1										
20	GUARNE		ANTIOQ.	1										
21	ITUANGO		ANTIOQ.	1										
22	JERICO		ANTIOQ.	1										
23	LA REBUSCA	S. ROQUE	ANTIOQ.	2	70081	650	1	120	120	E.A.D.E		R. SAN ROQUE	1932/34	EN SERVICIO

24	OLAYA		ANTIOQ.	1										
25	PIEDRAS	LA CEJA	ANTIOQ.	2	500	500	1.2	54	54	E.A.D.E	133	R. PIEDRAS	1937/54	EN SERVICIO
26	PUEBLO RICO		ANTIOQ.	1										
27	RIO ABAJO	SAN VICENTE	ANTIOQ.	2	1000	900	2	86	86	E.A.D.E	842	R. NEGRO	1947	EN SERVICIO
28	SALGAR		ANTIOQ.	1										
29	SAN ANDRES		ANTIOQ.	1										
30	SAN JOSE	SAN JOSE	ANTIOQ.	1	400							R. SAN ANDRES	1960	
31	SAN PEDRO		ANTIOQ.	1										
32	EL CAIRO	STA. BARBARA	ANTIOQ.	1	7500					CEMENTERA EL CAIRO				EN SERVICIO
33	SANTUARIO		ANTIOQ.	1										
34	SONSON	SONSON	ANTIOQ.	2	8600	8600	1.9	515	500	E.A.D.E	13	R. SONSON	1965	EN SERVICIO
35	SOPETRAN		ANTIOQ.	1										
36	RIO FRIO	TAMESIS	ANTIOQ.	3	1490	1300	1.5	152	152	E.A.D.E	88	R. FRIO	1940/51/54	EN SERVICIO
37	TITITIBI		ANTIOQ.	1										
38	YOLOMBO		ANTIOQ.	1										
39	URRAO	URRAO	ANTIOQ.	2	840	750	3	67	67	MPIO DE URRAO		R. PENDERISCO	1954	EN SERVICIO
40	EL SALTO	YAMURAL	ANTIOQ.	1	974		0.21	580		MPIO YAMURAL				FUERA DE SERVIO
41	MICOAHUMADO	MORALES	BOLIVAR	1	120		0.2	84		CORELCA		Q. LA GUASIMA		SERVICIO
42	PTE. GUILLERMO	SABOYA	BOYACA	2	1280		2.6	58				R. SUAREZ	1963	FUERA SERVICIO (R)
43	SOATA	SOATA	BOYACA	1	250		0.082	330				Q. LAS JUNTAS	1953	FUERA SERVICIO (R)
44	TEATINOS		BOYACA	5	1000		0.48	155	110			R. TEATINOS	1957	FUERA DE SERVIO
45	CHIQUINQUIRA		BOYACA	2										
46	LABRANZAGRANDE		BOYACA	1	500			170						SERVICIO
47	PAJARITO	PAJARITO	BOYACA	1	500		0.9					Q. CONGUTA/Q. LA LEJIA	1954	
48	PASCA		BOYACA	1										
49	PAYA	PAYA	BOYACA	1	48		0.42	36				Q. AGUA CLARA		SERVICIO
50	PISBA	PISBA	BOYACA	1	36		0.3		27			Q. LA MAJAGUA		
51	ANSERMA	ANSERMA	CALDAS	1	144		2	110	100			Q. CUAYA		FUERA SERVICIO
52	GUACAICA	MANIZALES	CALDAS	1	1500	950	4		67.8	CHEC	150	R. GUACAICA	1929	SERVICIO
53	ARANZAZU		CALDAS	1										
54	BELEN DE HUMBRIA		CALDAS	1										

55	INTERMEDIA	MANIZALES	CALDAS	1	1120	900	5.6	63	56.8	CHEC	87	R. CHINCHINA	1947	SERVICIO
56	MARULANDA		CALDAS	1										
57	MUNICIPAL	MANIZALES	CALDAS	2	2110	1320	7	80.5	79.6	CHEC	90	R. CHINCHINA	1945	SERVICIO
58	PACORA		CALDAS	1										
59	PENSILVANIA		CALDAS	1										
60	PINZON HOYOS	PTE. OLIVARES	CALDAS	1										
61	SAN LORENZO		CALDAS	1	80	60								
62	SALAMINA	SALAMINA	CALDAS	1	350	140		85		MPIO. SALAMINA		Q. FRISOLERA/Q. PALO	1943	FUERA SERVICIO
63	SAN CANCIO	MANIZALES	CALDAS	2	2320	2320	5	59.7	538	CHEC	84	R. CHINCHINA	1929/47	SERVICIO
64	STA R. DE CABAL	STA R. CABAL	CALDAS	2	370	139	1.2	65	55	MPIO. STAR R. CABAL	156	R. SAN EUGENIO	1927	FUERA SERVICIO
65	SUPIA	SUPIA	CALDAS	1						CHEC				DESMANTELADA (R)
66	MANIZALES		CALDAS											DESMANTELADA
67	GUACAMAYAS	SAN VICENTE	CAQUETA	1	75	60	0.864			ELEC/CAQUETA				SERVICIO
68	ISLA GORGONA	ISLA GORGONA	CAUCA	1	12	12.8	0.03	70	61.35			Q. TRINIDAD		EN SERVICIO
69	FLORIDA I	POPAYAN	CAUCA	2	2300		6.5	48			948	R. CAUCA	1956	FUERA SERVICIO
70	INZA	INZA	CAUCA	1	750	600	0.6	72			512	R. ULLOCOS	1971	FUERA SERVICIO
71	OVEJAS	BUENOS AIRES	CAUCA	1	750	700	7	24.5				R. OVEJAS	1939	FUERA SERVICIO
72	SILVIA	SILVIA	CAUCA	2	604	360	1.8	31			392	R. PIENDAMO	1960	SERVICIO
73	ASNAZU	BUENOS AIRES	CAUCA	1	1400	450	1	134				R. ASNAZU	1932	SERVICIO
74	CALOTO	CALOTO	CAUCA	1										
75	COMODA		CAUCA	1										
76	RIO PALO	CALOTO	CAUCA	2	1440	1280	6	24.5		CEDELCA	906	R PALO	1964	SERVICIO, 1 UNIDAD (R)
77	MONDOMO	SDER. QUILICHA	CAUCA	2	600	600	2	31	29	CEDELCA	913	R MONDOMO	1958	SERVICIO
78	SAJANDI	EL BORDO	CAUCA	3	3700	1640	4.3	105	102	CEDELCA	1846	R. SAJANDI	1960	SERVICIO
79	TORIBIO	PATIA	CAUCA	1	70	35	0.8	15	13			R. ISABELILLA	1968	
80	ZIPAQUIRA	ZIPAQUIRA	CUNDINA											
81	GUATICA	GUATICA	CUNDINA	1										
82	APULO	APULO	CUNDINA	5	3000		23	15			5544	R. BOGOTA	1928/47	FUERA SERVICIO
83	CAQUEZA	CAQUEZA	CUNDINA	1								R. CAQUEZA		FUERA SERVICIO
84	LA SALADA	TOCAIMA	CUNDINA	1	280		2.3	15				R. BOGOTA	1935	FUERA SERVICIO
85	ANOLAIMA		CUNDINA	1										
86	CHOACHI	CHOACHI	CUNDINA	1	300	19	1	45				R. PALMAR	1954	

87	FUSAGASUGA	FUSAGASUGA	CUNDINA	1										
88	GACHETA	GACHETA	CUNDINA	1	240		0.45	92				R. MONQUEVITA	1960	
89	MUÑA		CUNDINA	1										
90	NEUSA		CUNDINA	3	700					E.E.B				FUERA DE SERVICIO DESDE/ 70 (R)
91	PACHO		CUNDINA	1										
92	PANT. REDONDO		CUNDINA	1										
93	RIONEGRO	PTO SALGAR	CUNDINA	2	9600	9500	17	78.2		EEC	3045	R. NEGRO Q/LA PLATA	1974	FUERA DE SERVICIO (R)
94	SALTO ANTIGUO		CUNDINA	1										
95	SESQUILE		CUNDINA	1										
96	TOCAIMA		CUNDINA	1										
97	LA VUELTA	LA VUELTA	CHOCO	2	2000	500	5.4				1030	R. ANGUEDA	1922	
98	JURIBIDA	INSP NUQUI	CHOCO	1	12									SERVICIO
99	CARACOLI	S. SAN JUAN CESAR	GUAJIRA	1	70		0.6		15	PESENCA		R. RANCHERIA		SERVICIO
100	FORTALECILLAS	INSP FORTALEC	HUILA	1	400		2	30	28	ELECTROHUILA	220	R. FORATALECILLAS	1968	FUERA DE SERVICIO DIC/86
101	LA VICIOSA	GUADALUPE	HUILA	2	250		0.5	45.5	40	ELECTROHUILA	969	Q. LA VICIOSA	1950	DESMANTELADA
102	GIGANTE	GIGANTE	HUILA	1						ELECTROHUILA				DESMANTELADA
103	GUADALUPE	GUADALUPE	HUILA	1						ELECTROHUILA				DESMANTELADA
104	IQUIRA I	IQUIRA I	HUILA	3	5400	2000	1	180		ELECTROHUILA		R. IQUIRA		SERVICIO, 1 UNIDAD
105	IQUIRA II	IQUIRA	HUILA	1	2400	2400	3	99		ELECTROHUILA		R. IQUIRA		SERVICIO
106	LA PITA	GARZON	HUILA	2	1500	1200	0.75	120.5	118	ELECTROHUILA		Q. LA PITA	1964/73	SERVICIO
107	LAS DELICIAS	NEIVA	HUILA	1	3				95	INDERENA		Q. EL MANGO	1990	SERVICIO
108	BONDA	BONDA	MAGDALE.	1										
109	GAIRA	GAIRA	MAGDALE.	1	1090		0.79		162	PESENCA		R. GAIRA	1929	SERVICIO
110	MACHOSOLO	LA TAGUA	MAGDALE.	1	14		0.048		47	CORELCA		Q. LA DANTA		SERVICIO
111	MIGUEL MEDINA	PALMOR	MAGDALE.	1	3000		0.215	90	82	CORELCA		R.CHERVA		
112	PALESTINA	PALESTINA	MAGDALE.	1	8.4		0.075	25	22.5	PESENCA		Q. PALESTINA		SERVICIO
113	PALMOR	PALMOR	MAGDALE.	1	125		0.125		82	PESENCA		R. CHERUCA	1989	SERVICIO
114	PAUCEDONIA	PAUCEDONIA	MAGDALE.	1	13		0.1		43.3	CORELCA		Q. PAUCEDONIA	1989	SERVICIO
115	RIO PIEDRAS	BONDA	MAGDALE.	2	250		0.6	48		PESENCA		R. PIEDRAS		SERVICIO
116	SACRAMENTO	SACRAMENTO	MAGDALE.	1	23		0.043		115	CORELCA		Q. SACRAMENTO		SERVICIO
117	SIERVO ARIAS	PALMOR	MAGDALE.	1	13		0.2		30	CORELCA		Q. PALMAR		SERVICIO

118	CORRALES		META	1										
119	EL CALVARIO	EL CALVARIO	META	1	20	16	0.04	60			99	Q. LA PANELA	1984	
120	SAN JUANITO	SAN JUANITO	META	1	50	20	0.1	55			731	R. GUAJAROS	1987	
121	COLORADOS		N SANTDER	1										DESMANTELADA
122	CONVENCION	CONVENCION	N SANTDER	1										DESMANTELADA
123	OCAÑA		N SANTDER	1										DESMANTELADA
124	PAMPLONA		N SANTDER	1										DESMANTELADA
125	SALAZAR		N SANTDER	1										DESMANTELADA
126	JULIO BRAVO	PASTO	NARIÑO	3	1350	300	3.55	150	120	CEDENAR	177	R. PASTO	1942	EN SERVICIO
127	RIO BOBO	PASTO	NARIÑO	3	4300	2300	0.8	306		CEDENAR		R. BOBO	1956	EN SERVICIO
128	RIO INGENI	INGENIO	NARIÑO	2	800	200	0.2		128.8	CEDENAR		R. INGENIO	1956	FUERA SERVICIO
129	RIO SAPUYES	OSPINA	NARIÑO	3	2300	1900	2.22	115	107	CEDENAR		R. SAPUYES	1956	EN SERVICIO
130	SAPUYES	SAPUYES	NARIÑO	1	1856					CEDENAR				FUERA SERVICIO
131	ALTAQUER	ALTAQUER	NARIÑO	2	2000		1.4	200				R. NEMBI		FUERA SERVICIO
132	RIO MAYO I	SAN PABLO	NARIÑO	2	750		1.66	52.5		CEDENAR		R. OPONGOY	1950	FUERA SERVICIO
133	MAYO I		NARIÑO	1										
134	POTOSI	POTOSI	NARIÑO	1										
135	SANDONA	SANDONA	NARIÑO	1										
136	MULATO	MOCOA	PUTUMAYO	1	168		0.5	50			226	R. MULATO	1964	FUERA SERVICIO
137	COLON		PUTUMAYO	1										
138	MOCOA		PUTUMAYO	1										
139	SAN FRANCISCO	SAN FRANCISCO	PUTUMAYO	1										
140	MONTENEGRO		QUINDIO	1										
141	PIJAO	PIJAO	QUINDIO	1										
142	EL BOSQUE	ARMENIA	QUINDIO	1	1000	800	4	90		EDEQ	1309	R. QUINDIO	1929	SERVICIO
143	LA UNION	CALARCA	QUINDIO	1	1100	800	2.5	43		EMP MPLES CALARCA	1309	R. QUINDIO	1938	FUERA SERVICIO (R)
144	ARMENIA		QUINDIO	1										
145	BAYONA	CALARCA	QUINDIO	2	1000	800	2.5	30		EDEQ	1309	R. QUINDIO	1952	SERVICIO
146	CALARCA		QUINDIO	1										
147	CAMPESTRE	CALARCA	QUINDIO	1	1200	800	2.5	54		EDEQ	1309	E. QUINDIO	1956	SERVICIO
148	EL CAIMO		QUINDIO	1	2300					EDEQ				

149	SANTUARIO		RISARALDA	1										
150	NUEVO LIBARE	PEREIRA	RISARALDA	2	6000	3000			65	E.P.P		R. OTUN	1926/91	SERVICIO
151	NUEVA	LA CELIA	RISARALDA	1								Q. EL PEDRERO		FUERA SERVICIO
152	BELMONTE	DOS QUEBRADAS	RISARALDA	2	3760	3300	6	115		E.P.P	198	R. OTUN	1941	SERVICIO
153	DOS QUEBRADAS	DOS QUEBRADAS	RISARALDA	2	8500	8500	10	113		E.P.P	198	R. OTUN	1955	SERVICIO
154	SANTA ROSA		RISARALDA	2	400	200				E.P.P				SERVICIO
155	CALICHAL	MALAGA	SANTANDER	2	280	240	2.5	26	25	ESSA	339.6	R. SERVITA	1948	EN SERVICIO
156	ZARAGOZA	BUCARAMANGA	SANTANDER	3	1560	1200	4.5	35	30	ESSA	655	R. SURATA	1926	EN SERVICIO
157	PALMAS	PALMAS	SANTANDER	4	18000	13800	17		150	ESSA	18000	RIO LEBRIJA		EN SERVICIO
158	SERVITA	CERRITO	SANTANDER	2	800	720	0.6		169.75	ESSA	126.7	R. SERVITA	1965	EN SERVICIO
159	CASCADA	SANGIL	SANTANDER	5	3400	2400	12		24.3	ESSA		R. FONCE	1939	FUERA SERVICIO (R)
160	CHITOA		SANTANDER	1										FUERA SERVICIO
161	LA COMODA	BARBOSA	SANTANDER	4	800		1.3	90	89	ESSA		R. LENGUARUCO	1912	FUERA SERVICIO (R)
162	CERRITO		SANTANDER	1										
163	LA CASCADA	SAN GIL	SANTANDER	1	1300	1150	18.8	24.5	24.3		1849	R. FONCT	1931/52	
164	MALAGA	MALAGA	SANTANDER	1										
165	PIEDECUESTA	PIEDECUESTA	SANTANDER	1										
166	SAN GIL	SAN GIL	SANTANDER	1						ESSA				
167	SOCORRO	SOCORRO	SANTANDER	1										
168	ZAPATOCA	ZAPATOCA	SANTANDER	1										
169	RIO RECIO I	LERIDA-SIERRA	TOLIMA	2	400	3200		103	100	ELECTROLIMA		R. RECIO DIST. ASORECIO	1955	EN SERVICIO 1 UNIDAD (R)
170	RIO RECIO II	LERIDA-SIERRA	TOLIMA	1	468	240	8	9	8	ELECTROLIMA	610	R. RECIO DIST. ASORECIO	1956	EN SERVICIO 1 UNIDAD (R)
171	VENTANAS	ESPINAL	TOLIMA	2	6400	2400	20	29.85	28.5	ELECTROLIMA	1580	R. COELLO	1955	EN SERVICIO 1 UNIDAD (R)
172	MIROLINDO	IBAGUE	TOLIMA	3	3600	1000	4.7	100	97	ELECTROLIMA	245	R. COMBEIMA	1952	FUERA SERVICIO
173	GUALI	HONDA	TOLIMA	3	1048		12	13.9			1082	R. GUALI	1926/55	FUERA SERVICIO
174	LAGUNILLA		TOLIMA	3	452		0.5	120			460	R. LAGUNILLA	1940	FUERA SERVICIO
175	PASTALES	IBAGUE	TOLIMA	1	840	400	3.87	30		ELECTROLIMA	12	R COMBEIMA	1947	FUERA SERVICIO (R)
176	CAJAMARCA	CAJAMARCA	TOLIMA	1								R. COELLO		
177	LIBANO	LIBANO	TOLIMA	1										
178	VENADILLO	VENADILLO	TOLIMA	1										
179	RIVERA	TULUA	VALLE	1	265		2		19	EPSA				EN SERVICIO

180	NIMA I	PALMIRA	VALLE	2	2000		3		8	EPSA			1931	EN SERVICIO
181	NIMA II	PALMIRA	VALLE	2	4680		3		200	EPSA			1947	EN SERVICIO
182	RUMOR	TULUA	VALLE	3	1870		4		36	EPSA			1940	EN SERVICIO
183	CONSOTA I	CARTAGO	VALLE	1	168		2		75.5	EPSA				FUERA SERVICIO (R)
184	CONSOTA II	CARTAGO	VALLE	1	636		2		70	EPSA				FUERA SERVICIO (R)
185	GUADALAJARA	BUGA	VALLE	5	1700		3.5		50	EPSA				FUERA SERVICIO (R)
186	CALI I	CALI	VALLE	2	1000		2.8		50	CHIDRAL			1929	
187	CALI II	CALI	VALLE	2	800		1.3		90	CHIDRAL			1925	
188	CARTAGO	CARTAGO	VALLE	1										
189	CUMBRE	LA CUMBRE	VALLE	1										
190	EL HOMIGUERO	CISNEROS	VALLE	1	17.5		0.043		63					
191	LA PUERTA	CISNEROS	VALLE	1	15		0.014		110					
192	PRADERA		VALLE	1										
193	RIO FRIO		VALLE	2	1690		5.6	38						SERVICIO
194	RIO FRIO II	TULUA	VALLE	2	9600								1996	SERVICIO

TOTAL 190347,9 95055,8

(R) POR REHABILITAR

FECHA ACTUALIZACION, diciembre 14 1.996

BIBLIOGRAFÍA

- [1].Flavi, Christopher (2008). “Building a Low-Carbon Economy”. The World Watch Institute. State of the World. Innovations for a Sustainable Economy. p75-90.
- [2].Chafe, Zoë. French, Hilary (2008). “Improving Carbon Markets”. The World Watch Institute. State of the World. Innovations for a Sustainable Economy. p91-106.
- [3].UNEP (2004). Legal Issues Guidebook to the Clean Development Mechanism.
- [4].UNEP (2005). Overview of the general conditions and timeframes in the flexible Kyoto mechanisms: Clean Development Mechanism (CDM), Joint Implementation, and Emission Trading.
- [5].UNFCCC (2004). Los Diez Primeros Años.
- [6].UNFCCC (2004). Unidos por el Clima. Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto.
- [7].OLADE. (2007). El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en América Latina y el Caribe: Lecciones aprendidas a nivel regional.
- [8].OLADE. Capacidades Técnicas Existentes y Actividades Relacionadas con el MDL en los Países de América Latina y el Caribe.
- [9].UPME (2007). Uso Racional de la Energía: Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Marcela Bonilla M. Colombia.
- [10].Ministerio de Minas y Energía (2006). PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2006-2025 Contexto y Estrategias.
- [11].Ministerio de Minas y Energía. Resolución 180256 de 2006. “ Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 181782 del 29 de diciembre de 2005, mediante la cual se adoptó el plan de Expansión de Referencia de Generación - Transmisión 2005 - 2019.”
- [12].Ministerio de minas y energía. Resolución 180740 de 2007. “Por medio de la cual se actualiza el factor de emisión de gases de efecto invernadero para los proyectos de generación de energía con fuentes renovables conectados al Sistema Interconectado Nacional cuya capacidad instalada sea igual o menor a 15 MW”.
- [13].MAVDT (2007). “Oportunidades de Negocio para las Energías Renovables en el Mecanismos de Desarrollo Limpio en Colombia”. España.
- [14].MAVDT (2004). Resolución 0453 de 2004. “Por la cual se adoptan los principios, requisitos y criterios 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”.
- [15].MAVDT (2004). Resolución 0454 de 2004. “Por medio de la cual se regula el funcionamiento del Comité Técnico Intersectorial de Mitigación del Cambio Climático del Consejo Nacional Ambiental”.
- [16].MAVDT (2004). Boletín Emisión del Grupo de Mitigación del Cambio Climático. Año 3, No. 1.
- [17].CEPAL (2006). Insumos para Identificar Políticas Innovadoras, Lecciones Aprendidas y Mejores Practicas en los Temas de Energía. México.
- [18].IBERDROLA. Manual sobre el protocolo de Kyoto. ¿Cómo puede contribuir la sociedad civil a su cumplimiento?.
- [19].BBVA, (2005). Kioto y los Mecanismos de Desarrollo Limpio. Latinwatch. Servicio de Estudios Económicos Primer trimestre. pp13-15.
- [20].ENDESA (2006). Los Mecanismos de Desarrollo Limpio: La Estrategia de Endesa en

Latinoamérica. El Protocolo de Kioto, Oportunidades para el Desarrollo Local en América Latina. Montevideo.

- [21].ENDESA (2007). Estado actual de los Proyectos Eléctricos en el Registro de MDL, Seminario sobre proyectos MDL. Costa Rica.
- [22].BID (2007). Retos y Oportunidades para el Carbón en el Contexto del Cambio Climático.
- [23].FIER (2007). Bonos de Carbono e Integración Energética. Nuevas Oportunidades. Colombia.
- [24].ARIAE (2007). La Regulación Eléctrica y la Viabilidad de los Proyectos Eléctricos como MDL. Seminario sobre proyectos MDL. Costa Rica.
- [25].Guía Latinoamericana del MD (2005). Metodologías para la Implementación de los Mecanismos Flexibles de Kyoto – Mecanismo de Desarrollo Limpio en Latinoamérica.
- [26].Comisión Europea. (2000). Hacia una estrategia Europea de Seguridad del Abastecimiento Energético. Libro Verde.
- [27].Barreira, Ana, Ocampo, Paula. (2007). Medio Ambiente y Derecho Internacional: Una Guía Práctica. Madrid.
- [28].Pedroni, Lucio (2004). Cambio Climático y Mecanismo para un Desarrollo Limpio: Oportunidades para el PSA?. III Foro Regional de Pago por Servicios Ambientales. Honduras.
- [29].Fajardo, F. (2006). MDL - Mecanismos de Desarrollo Limpio. Colombia. Corporación Regional del Alto Magdalena.
- [30].Rocío. Jeannette et Al. (2005). Instrumentos para el Desarrollo de los MDL: Una oportunidad para Latinoamérica. UNISCI / Universidad San Pablo-CEU.
- [31].García, Pedro Lucas. (2006). Análisis del Mercado Europeo de Derechos de Emisión de CO2. Universidad Pontificia de Comillas. Madrid.
- [32].Cecilia, Olga. (2003). Impacto Económico sobre el Sistema Eléctrico Español debido al Futuro Mercado de Emisiones de CO2. Madrid.
- [33].Madrigal, Alejandro. (2005). Seguridad Hemisférica y Fuentes Energéticas Alternativas: Cooperación y Perspectivas para el siglo XXI. Tesis de máster para optar al título de máster en defensa y seguridad hemisférica. Washington DC, Estados Unidos de América.
- [34].Fernández, Carmen. (2006). Contexto actual de los MDL y estrategias empresariales del Sector Energético. El caso español.
- [35].Martínez, Gustavo. (2006). Instrumentos Políticos y Económicos relacionados con el Cambio Climático y la Contaminación Ambiental. Universidad Autónoma Indígena de México. Vol. 2, No 1, p173-185. México.
- [36].Acquatella, Jean. (2000). Racionalidad económica de los mecanismos de flexibilidad en el marco del Protocolo de Kyoto. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile.
- [37].Calderón. Roberto. (2006). MDL en la Latinoamérica: Barreras y Oportunidades en los Sectores de Energías Renovables – reflexiones del caso Ecuatoriano. Encuentro de Unión Europea con Latinoamérica en Energías Renovables Panamá.
- [38].Thorne, Steve. (2006). El Mecanismo de Desarrollo Limpio. Oportunidades y amenazas para los Países del Sur. Cuadernos Internacionales de Tecnología para el Desarrollo Humano. p1-18.
- [39].Smith, Ricardo. Ángel, William. Gil, Martha. (2000) Análisis de Inversión en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Colombia.

- [40].XM (2008). Informe de Operación del Sistema y Administración del Mercado 2007. p31 y p51.
- [41].Fonseca, Carlos. Hacia los Servicios Públicos de “Cuarta Generación”: Las Empresas de Capital Social.

Referencias en Internet

<http://www.eppm.com/>
<http://www.mgminter.com/>
<http://www.cordelim.net/>
<http://www.cam.gov.co/>
<http://carboncredits.nl/>
<http://www.pointcarbon.com/>
<http://www.climatefocus.com/>
<http://www.natsource.com/>
<http://www.mma.es/oecc/>
<http://www.cd4cdm.org/>
<http://unfccc.int/>
<http://www.minambiente.gov.co/>
<https://www.renade.es/>
<http://www.xm.com.co>