



**PROSPERIDAD  
PARA TODOS**

# **PLAN ESTRATÉGICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA 2013-2022**

**DIRECCIÓN DE DESARROLLO  
TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN**

---



**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN  
COLCIENCIAS**

**PLAN ESTRATÉGICO DE CIENCIA,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN  
EN ENERGÍA Y MINERÍA**

**DIRECCIÓN DE DESARROLLO  
TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN**

**2013-2022**

---

---

**Directora general de Colciencias**

Paula Marcela Arias Pulgarín

**Subdirector general**

Héctor Jaime Rendón Osorio

**Directora de Desarrollo Tecnológico e Innovación**

Claudia Jimena Cuervo Cardona

**Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería**

Yesid Ojeda Papagayo

**Coordinación editorial**

Mabel Paola López Jerez (Cuarta de Cubierta)

**Diseño y diagramación**

Libia Rubiano y Marco Robayo (Cuarta de Cubierta)

**Impresión**

Pregraf Impresores

---

**Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias)**

**Consejo del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería**

**Ministerio de Minas y Energía**

Amylkar Acosta Medina

**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Luz Helena Sarmiento Villamizar

**Departamento Nacional de Planeación**

Tatyana Orozco de la Cruz

**Colciencias**

Paula Marcela Arias Pulgarín

**Servicio Nacional de Aprendizaje**

Fernando Rojas

**Unidad de Planeación Minero-Energética**

Ángela Inés Cadena Monroy

**Sector investigativo**

Marco Enrique Sanjuán Mejía

Dionisio Laverde Cataño

Guillermo Aponte Mayor

Fabio Emiro Sierra Vargas

Félix Echeverría Echeverría

**Sector productivo**

Ramón Alberto León Candela

Andrés Reyes Harker

Luis Fernando Vergara Muñoz

Humberto Rangel Lizcano

Mauricio Yepes Bustamante

---



# CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	11
<b>CAPÍTULO 1. CONTEXTO MINERO Y ENERGÉTICO INTERNACIONAL</b>	
1.1 EL SECTOR MINERO	17
1.1.1. El sector minero actual	17
1.1.2. Tendencias en ciencia y tecnología del sector minero	20
1.1.2.1. Manejo de materiales	20
1.1.2.2. Procesamiento y extracción	20
1.1.2.3. Exploración y evaluación de minerales	21
1.1.2.4. Geomecánica	21
1.1.2.5. Salud y seguridad	21
1.1.2.6. Aspectos ambientales y gestión de residuos	21
1.1.2.7. Métodos innovadores de minería	21
1.1.2.8. Nuevos productos y materiales	21
1.1.2.9. Carboquímica	22
1.2 El sector energético	22
1.2.1. El sector energético actual	22
1.2.1.1. Consumo y suministro de energía	23
1.2.1.2. Tendencias	24
1.2.1.3. Distribución de reservas por fuente	24
1.2.1.4. Biocombustibles	27
1.2.2. Tendencias en ciencia y tecnología del sector energético	29
1.2.2.1. Petroquímica	29
1.2.2.2. Tecnologías de exploración	29
1.2.2.3. Tendencias tecnológicas en el sector petróleo	30
1.2.2.4. España	31
1.2.2.5. Estados Unidos	32
1.2.2.6. Inversiones internacionales en CTI	35
<b>CAPÍTULO 2. CONTEXTO MINERO Y ENERGÉTICO NACIONAL</b>	
2.1. Situación minero-energética	39
2.1.1. El sector minero	39
2.1.2. El sector energético	41
2.1.2.1. Consumo de energía	41
2.1.2.2. La demanda de energía	43
2.1.2.3. Reservas y oferta	43
2.1.2.4. Biocombustibles	45
2.2. Políticas nacionales y sectoriales de referencia	46
2.2.1. Visión 2019	46
2.2.2. Plan Energético Nacional (PEN)	47
2.2.3. Plan Nacional de Desarrollo Minero	47
2.2.4. Ley 697 de 2001	48
2.2.5. Conpes 3510 de 2008	49
2.2.6. Conpes 3527 de 2008	50
2.2.7. Conpes 3577 de 2009	50

2.2.8. Conpes 3582 de 2009	51
2.2.9. Conpes 3678 de 2010	52
2.2.10. Conpes 3668 de 2010	53
2.2.11. Ley 1450 de 2011	54
2.2.12. Ley 1530 de 2012	56

### CAPÍTULO 3. CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN EL SECTOR MINERO-ENERGÉTICO

3.1. Antecedentes	61
3.2. Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	62
3.3. Capacidades científicas y tecnológicas en el sector	65
3.3.1. Financiación de proyectos Colciencias	65
3.3.2. Deducciones tributarias	67
3.3.3. Sistema General de Regalías (SGR)	68
3.3.4. Financiación de otras actividades	70
3.3.5. Análisis de grupos de investigación	70
3.3.6. Producción de grupos de investigación	72
3.3.7. Agendas departamentales	73

### CAPÍTULO 4. FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO 2013-2022

4.1. Visión, misión, objetivos y estrategias	79
4.1.1. Visión	79
4.1.2. Misión	79
4.1.3. Objetivos	79
4.1.4. Estrategias	79
4.2. Líneas de acción	80
4.2.1. Desarrollo de nuevos productos y materiales con base en recursos mineros y energéticos	80
4.2.2. Mejoras en los procesos de producción y utilización de la energía	82
4.2.2.1. Investigación e innovación en procesos sostenibles para la generación de energía	82
4.2.2.2. Investigación e innovación en optimización de los usos finales de la energía térmica y eléctrica	83
4.2.3. Bienes, insumos e ingeniería para la mejora en los procesos de generación y transporte de recursos energéticos	84
4.2.3.1. Optimización de sistemas de transporte de recursos energéticos	85
4.2.3.2. Sistemas inteligentes de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	85
4.2.4. Carboquímica y procesos de agregación de valor al carbón	87
4.2.5. Agroenergía: biocombustibles, biomasa y biogás	88
4.2.6. Tecnologías para la exploración y explotación de recursos mineros y energéticos	90
4.2.7. Investigación para generar políticas, mercados y regulación minero-energética con criterios de sostenibilidad	91
4.3. Relaciones con otros programas nacionales y estratégicos	94

### CAPÍTULO 5. ACCIONES GENERALES PARA IMPLEMENTAR EL PLAN ESTRATÉGICO

5.1. Organización institucional y coordinación del plan	97
5.1.1. Organización institucional del sector	97
5.1.2. Coordinación e implementación	98
5.1.3. Mapa de actores de SNCTI	98
5.2. Estrategias del plan	99
5.3. Metas e indicadores	110
5.4. Financiación del plan	110
5.4.1. Fuentes de financiamiento	110
5.4.2. Beneficios tributarios para el desarrollo de actividades de CTI	112
5.4.3. Propuesta de financiamiento del plan	112
5.5. Seguimiento y evaluación del plan	113
5.6. El plan y su implementación mediante el cuadro de mando integral	113

ANEXO 1	115
ANEXO 2	159



# LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Tendencias en ciencia y tecnología para el sector energético	33
Tabla 2	Ruta tecnológica para el desarrollo del Programa de Biomasa DOE / EERE	34
Tabla 3	Oportunidades y áreas para la ciencia y la tecnología	34
Tabla 4	Producción nacional y exportaciones de carbón en miles de toneladas 2007-2011	43
Tabla 5	Los quince planes de acción	50
Tabla 6	Metas para el sector minero-energético en el PND 2010-2014	56
Tabla 7	Distribución temática de los proyectos financiados	65
Tabla 8	Distribución de proyectos financiados por modalidad	67
Tabla 9	Financiación de proyectos del FCTEI del SGR (cifras en millones de pesos corrientes)	68
Tabla 10	Líneas de acción definidas en las agendas departamentales	74
Tabla 11	Tecnologías promisorias de eficiencia energética y FNCE	83
Tabla 12	Paralelo entre las características de la red actual y de la red inteligente	87
Tabla 13	Interacción PIEM con otros programas (nacionales y estratégicos)	94
Tabla 14	Plan de acción del Programa de Investigaciones en Energía y Minería	103
Tabla 15	Fuentes de financiación para proyectos y actividades de CTI	111
Tabla 16	Fuentes de financiación por valor estimado	113

# LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Presupuestos totales de exploración en el ámbito mundial, 1993-2011	17
Gráfico 2	Presupuestos de exploración por región, 2009	18
Gráfico 3	Porcentaje de presupuestos de exploración por región, 2006-2010	18
Gráfico 4	Presupuestos de exploración de los diez principales países, 2010	18
Gráfico 5	Presupuestos de exploración en América Latina por país, 2010	19
Gráfico 6	Presupuestos de exploración en los principales países de América Latina, 2006-2010	19
Gráfico 7	Presupuestos de exploración por blanco, 2010	19
Gráfico 8	Porcentajes de exploración por blanco, 2006-2010	20
Gráfico 9	Consumo de energía por fuente 1990-2035, cuatrillón de BTU	23
Gráfico 10	Consumo de energía mundial 1990-2035, cuatrillón de BTU	23
Gráfico 11	Suministro mundial de energía primaria (MTOE)	24
Gráfico 12	Emisiones mundiales de CO <sub>2</sub> acumuladas asociadas por región	24
Gráfico 13	Distribución de reservas de petróleo en 1991, 2001 y 2011	25

Gráfico 14	Distribución de reservas de gas natural en 1991, 2001 y 2011	26
Gráfico 15	Producción y consumo de carbón en 1999 y 2009 (millones de TOE)	26
Gráfico 17	Producción de etanol de los países más importantes (promedio 2008-2010)	27
Gráfico 16	Consumo de energía hidráulica por región (millones de TOE)	27
Gráfico 18	Producción mundial de etanol por fuente de materia prima utilizada	28
Gráfico 19	Producción de biodiésel en los países más importantes (promedio 2008-2010)	28
Gráfico 20	Producción mundial de biodiésel por fuente de materia prima utilizada	28
Gráfico 21	Evolución de los precios de los biocombustibles	29
Gráfico 22	Tendencias tecnológicas del sector petróleo	30
Gráfico 23	Gasto total en ciencia y tecnología en el 2008, 2010 y 2012 en algunos países OCDE	35
Gráfico 24	Tendencias del gasto en investigación y desarrollo en países ocde por región, 1998-2008	35
Gráfico 25	Presupuesto público de investigación en energía en algunos países del OCDE, 2011	36
Gráfico 26	Presupuesto del Gobierno para I+D en energía en países OECD	36
Gráfico 27	Evolución del PIB minero 2000-2011 en pesos constantes de 2005	39
Gráfico 28	Participación del sector minero e hidrocarburos en el PIB nacional	40
Gráfico 29	Evolución de la producción de carbón 2000-2011	40
Gráfico 30	Evolución de la producción de metales preciosos, 2000-2011	40
Gráfico 31	Participación de las exportaciones nacionales	40
Gráfico 32	Evolución de la inversión extranjera directa (IED) en los sectores de minería e hidrocarburos, 2000-2011	41
Gráfico 33	Evolución de las regalías en el sector minero	41
Gráfico 34	Evolución del número de ocupados por los sectores minería e hidrocarburos	41
Gráfico 35	Evolución de las tasas de crecimiento del PIB y del consumo energético final	42
Gráfico 36	Variación de la demanda de energía y del PIB	42
Gráfico 37	Evolución del consumo final de energía por energético (TCAL)	42
Gráfico 38	Demanda de energía final por fuente. Proyección	43
Gráfico 39	Reservas probadas remanentes de petróleo (Mbls)	44
Gráfico 40	Reservas de gas comercial (Gpc)	44
Gráfico 41	Demanda interna de energéticos, 1990-2010	44
Gráfico 42	Estructura del consumo energético, 2009	45
Gráfico 43	Evolución de la oferta interna de energía	45
Gráfico 44	Capacidad efectiva de generación por tipo de combustible (MW)	45
Gráfico 45	Producción nacional de alcohol carburante de 2007 a 2011	46
Gráfico 46	Producción de biodiésel B100, barriles	46
Gráfico 47	Ejes PND 2010-2014	55
Gráfico 48	Financiación Colciencias 1991-2012	65
Gráfico 49	Distribución de la financiación entre áreas temáticas	65
Gráfico 50	Distribución regional de la financiación, período 1991-2012	66
Gráfico 51	Deducciones tributarias aprobadas	68
Gráfico 52	Relación deducción tributaria / monto de los proyectos financiados por Colciencias	68
Gráfico 53	Participación porcentual de las empresas en deducciones tributarias, período 2001-2010	69
Gráfico 54	Financiación de otras actividades período 2002-2009	70
Gráfico 55	Dinámica de formación de los grupos de investigación	71
Gráfico 56	Distribución de grupos por área temática	71
Gráfico 57	Distribución de investigadores por nivel de formación	71
Gráfico 58	Distribución de investigadores por región	71
Gráfico 60	Productos generados, período 2007-2012	72
Gráfico 59	Distribución de grupos por área de conocimiento	72
Gráfico 61	Discriminación de la producción de artículos	72
Gráfico 62	Discriminación de la producción de patentes	73
Gráfico 63	Esquema institucional del sector minas y energía	97
Gráfico 64	Estrategias para implementar en el plan	99
Gráfico 65	Tipo de incentivos tributarios para los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico	112

# INTRODUCCIÓN

Colciencias, el Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y el Consejo del Programa de Investigaciones en Energía y Minería (PIEM) presentan para discusión una propuesta de plan estratégico del programa para el período 2013-2022, que recoge y profundiza los planteamientos del PIEM anterior. Esta propuesta se enmarca en la Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación, y en los documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes) relacionados.

Para su elaboración se consultaron las tendencias internacionales más relevantes en energía y minería, las políticas y programas nacionales prioritarios, como *Visión 2019*, el Plan Energético Nacional y el Plan Minero Nacional vigentes. Igualmente, se revisaron el avance y los resultados de los planes del Programa de Investigaciones en Energía y Minería anteriormente impulsados por Colciencias. A partir de allí, Colciencias, la UPME y los consejeros del programa, luego de consultar a algunos miembros de la comunidad científica y de la industria, propusieron las líneas de acción que deberían desarrollarse para cerrar los *gaps* existentes y contribuir con los dos grandes desafíos que se señalan en el documento Conpes 3582 y en el Plan Nacional de Desarrollo “Prosperidad para Todos”, Colombia Construye y Siembra Futuro<sup>1</sup>: i) acelerar el crecimiento económico y ii) disminuir la desigualdad social. Adicionalmente, se consideró que el programa debe tener como principio orientador garantizar la

sostenibilidad ambiental y no comprometer la seguridad alimentaria.

Con relación al primer gran desafío, es importante mencionar que el país se ha “embarcado” en una política de mejora de la productividad y de transformación productiva, con énfasis en esta última. En particular, el documento Conpes 3527, en el año 2008 señalaba que<sup>2</sup>: “el objetivo de la política de competitividad es lograr la transformación productiva del país”. En un trabajo contratado a Quantum Advisory, Hausmann y Klinger, y publicado en 2007, se afirma que un país puede aumentar el valor de su producción por tres vías: produciendo más (aumentando la productividad), produciendo mejor (aumentando la calidad) o produciendo nuevos productos (transformación productiva); y recomienda que sin descuidar los dos primeros frentes, se haga más énfasis en la búsqueda de nuevos productos. En 2008 se estructuró el Programa de Transformación Productiva, visto como una alianza de los sectores público y privado, con la cual se pretende impulsar el desarrollo de sectores de clase mundial a partir de mejores y nuevos productos de alto valor agregado que amplíen la oferta exportable; el sector de energía eléctrica y bienes y servicios conexos es uno de estos. Además de trabajar en la conformación de estos sectores estratégicos, se busca dar un salto en la productividad y el empleo, lograr una mayor formalización empresarial y laboral, y fomentar la ciencia, la tecnología y la innovación.

<sup>1</sup> Colciencias, *Colombia construye y siembra futuro, Política Nacional de Fomento a la Innovación y la Investigación*, Bogotá, 2008.

<sup>2</sup> Conpes 3527, *Política Nacional de competitividad y productividad*, junio de 2008.

La reciente revisión del avance de esta política de competitividad ha identificado la necesidad de promover una mayor internacionalización de la economía mediante acuerdos comerciales y de inversión, mejorar la reglamentación de la Ley de Convergencia Contable, incorporar la asociatividad empresarial y el desarrollo de *clúster* a la política de desarrollo productivo regional, e incentivar la inversión del sector productivo en ciencia, tecnología e innovación mediante el fácil acceso a beneficios tributarios.

Como acciones complementarias y específicas, el Gobierno nacional ha venido promoviendo otros sectores y productos. Entre estos, el de los biocombustibles es considerado estratégico y con productos prioritarios para Colombia. En él se ha dado énfasis a los combustibles de primera generación producidos a partir de caña de azúcar y palma africana. Las preocupaciones sobre seguridad alimentaria y ambiental hacen necesario que el país se encamine hacia los biocombustibles de siguientes generaciones, para lo cual se hace necesario establecer alianzas con laboratorios en el ámbito internacional. Otros productos de gran interés para este programa son los fertilizantes. Dado que Colombia es un país con vocación agrícola y que cuenta con materias primas como el petróleo y el gas natural, es prioritario estimular la producción de fertilizantes con miras a reducir los costos de los productos agrícolas, ello sería un gran aporte a la economía, como señala el documento Conpes 3577.

Se anticipa un crecimiento sustancial de la industria minero-energética por nuevos hallazgos derivados de las crecientes inversiones en exploración y por los altos precios del petróleo y de los otros energéticos. El país, en cabeza del Ministerio de Hacienda y el Departamento Nacional de Planeación (DNP), ha decidido estudiar con anticipación estrategias de manejo macroeconómico prudente de los ingresos a través de instrumentos como la regla fiscal, los fondos de estabilización y los esquemas de regalías; así como analizar el desarrollo de *clúster* minero-energéticos basados en servicios especializados y productos de alto valor agregado, en un marco de sostenibilidad ambiental. En esta última dirección se pretende identificar las opciones de creación de conglomerados de negocios como producto del aumento de la base de reservas de petróleo, gas natural, gas propano, carbón y otros minerales de vocación energética en Colombia. Se busca identificar posibilidades de expansión industrial que redunden en generación de nuevos empleos y un mayor valor agregado, mediante inversiones en servicios especializados y otros bienes de valor, así como

en investigación, innovación y formación de recurso humano en el país.

Con relación al segundo desafío, los objetivos del milenio y la política social están orientados a buscar que los logros en materia de productividad se traduzcan en una disminución de la desigualdad y en mejoras en el bienestar. El suministro de energía a las zonas no interconectadas e incluso rurales requiere de nuevos esquemas de prestación del servicio que pueden beneficiarse de tecnologías que utilicen fuentes locales como las renovables. La industria minera igualmente puede servirse de una mayor tecnificación, de la formalización y capacitación de la oferta laboral y de la incorporación de esquemas más amigables con el medio ambiente. Se prevé que el buen uso de las regalías de la actividad minero-energética sea un motor para alcanzar un desarrollo sostenido de las regiones productoras.

Finalmente, las tendencias internacionales orientadas a lograr y mantener una mayor competitividad en un mundo globalizado, así como a disminuir los efectos negativos de la producción y utilización de los recursos naturales han acelerado el desarrollo de nuevas fuentes y tecnologías, así como de nuevos esquemas y arquitecturas de los sistemas de transporte y transformación de la energía y la minería, y han profundizado la conciencia de lograr un mejor uso y menor desperdicio de los recursos disponibles. Hay unanimidad en que el desarrollo no puede hacerse a costa de comprometer la seguridad alimentaria, económica y ambiental.

De esta manera, el panorama para la investigación, el desarrollo y la innovación, en general, y en minería y energía, en particular, no puede ser mejor. Corresponde a la comunidad científica y tecnológica, y a los sectores públicos y privados coordinar y desarrollar acciones para que el conocimiento aporte a la generación de riqueza, ingresos, equidad y bienestar social. Hasta el momento, y a lo largo de cuatro décadas desde la creación de Colciencias, se ha logrado dotar al país de normas, instrumentos y recursos para contribuir con estos desafíos, se cuenta con una comunidad organizada que entiende el beneficio de la cooperación y la coordinación, con un mayor, aunque aún no suficiente, número de profesionales con formación doctoral y con una aceptación del carácter estratégico de la investigación y la innovación para el sector.

Los resultados científicos y tecnológicos del Programa de Investigaciones en Energía y Minería de

Colciencias en el período 1991-2012 evidencian una actividad creciente, con algunos altibajos debidos al comportamiento de los presupuestos de inversión de Colciencias. Esta producción ha sido encabezada por grupos de investigación de las universidades y se presenta una dinámica interesante en actividades de algunos centros de investigación de carácter mixto y del sector privado. Es importante anotar que este programa ha retomado la realización de convenios con entidades del sector, y en los últimos años los resultados son estimulantes.

Los temas de mayor trabajo en su orden son: el eléctrico, hidrocarburos, carbón (el de menor continuidad), corrosión, fuentes alternas y uso racional de la energía. Es de resaltar la poca actividad en minería y el reciente crecimiento en biocombustibles. En el ámbito regional existe una concentración en el desarrollo de las actividades en cinco departamentos, en su orden, Santander, Antioquia, Bogotá, Valle y Atlántico, que se explica principalmente por la existencia de entidades del sector energético en dichas zonas.

Esta propuesta contempla siete líneas de acción para el período 2013-2022: 1) Desarrollo de nuevos productos y materiales con base en recursos mineros y energéticos, 2) Mejoras en los procesos de producción y utilización de la energía, 3) Bienes, insumos e ingeniería para la mejora en los procesos de generación y transporte de recursos energéticos, 4) Carboquímica y procesos de agregación de valor al carbón, 5) Agroenergía: biocombustibles, biomasa y biogás, 6) Tecnologías para la exploración y explotación de recursos mineros y energéticos, y 7) Política, mercados y regulación minero-energética con criterios de sostenibilidad.

Lograr los resultados que se proponen aquí requiere una acción continuada de los grupos de investigación en alianza con otros colectivos académicos y, sobre todo, con el sector industrial; un mayor número de investigadores con formación doctoral e ingenieros y técnicos especializados en las universidades, centros de investigación y empresas; la continuidad y ampliación de los convenios de cooperación y cofinanciación, y el fortalecimiento de centros de investigación específicos, así como de Colciencias.

Las estrategias e instrumentos propuestos recogen tanto aquellos de orden nacional que se han implementado con éxito en años anteriores como los que se han concebido en el marco de la nueva institucionalidad. En un reciente documento Conpes se evalúan

los ejes estratégicos de la Política de Fomento a la Investigación y la Innovación, a saber: 1) Consolidación de la capacidad y de la institucionalidad del Sistema de Ciencia y Tecnología e Innovación (SCTI), 2) Incorporación del conocimiento como condición para la transformación productiva, 3) Fomento a la apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI), 4) Apoyo a la formación en CTI, así como a su regionalización e internacionalización; y se identifica la necesidad de 5) Promover el uso de incentivos tributarios, 6) Financiar proyectos regionales con recursos del Fondo de Regalías, 7) Elaborar planes de negocios para sectores estratégicos y programas integrales de apoyo a la innovación empresarial y 8) Articular a Colciencias con las Comisiones Regionales de Competitividad<sup>3</sup>. En este marco, el programa propone algunas estrategias específicas como la continuidad de las relaciones con las empresas del sector mediante la firma de convenios de colaboración y financiación, el establecimiento de un centro de investigación e innovación en carbón y la contratación de gestores para impulsar las líneas de acción del PIEM.

La finalidad perseguida por los consejeros del programa es que este plan contribuya en forma significativa a los propósitos de las políticas enunciadas. Según se ha establecido en el artículo 21 de la Ley 1286 de 2009, con miras a garantizar la estabilidad de la inversión en ciencia, tecnología e innovación, se debe estructurar un marco de inversión para la programación del gasto, el cual contará con las metas e indicadores de resultados sobre los cuales se hará medición del cumplimiento<sup>4</sup>. Es voluntad del programa contribuir con este seguimiento.

El documento de la propuesta está estructurado de la siguiente manera: para comenzar, se presenta un contexto minero y energético internacional, identificando las tendencias en investigación y desarrollo; posteriormente se presenta el contexto minero y energético nacional y se resumen las políticas vigentes para estos sectores, a continuación se hace un análisis de las actividades científicas y tecnológicas promovidas por el PIEM y Colciencias en el período 1991-2012, y se termina con una propuesta de programa para la discusión, objetivos, líneas de acción y estrategias generales.

<sup>3</sup> Conpes 3668, *Informe de seguimiento a la Política Nacional de Competitividad y Productividad*, junio 2010.

<sup>4</sup> Departamento Nacional de Planeación, *Elementos de discusión para la elaboración del marco de inversión y el presupuesto de inversión anual en programas estratégicos en ciencia, tecnología e innovación*, marzo de 2010.





# CAPÍTULO I

## CONTEXTO MINERO Y ENERGÉTICO INTERNACIONAL

---





# CAPÍTULO I

## CONTEXTO

### MINERO Y ENERGÉTICO

### INTERNACIONAL

## I.1 EL SECTOR MINERO

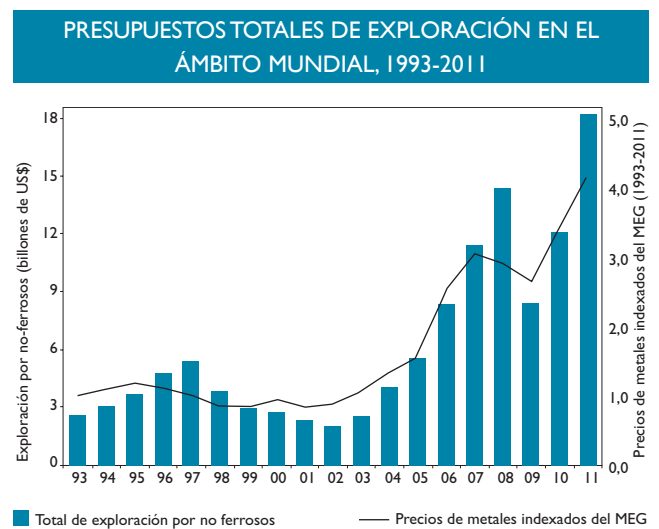
### I.1.1. El sector minero actual

Desde el año 2002 se ha registrado un crecimiento en el ámbito mundial de la demanda de materias primas minerales, lo cual ha ocasionado un aumento significativo de los precios internacionales de varios minerales. Este *boom* ha sido posible gracias a la expansión sostenida de China y a las perspectivas de crecimiento de la India. A raíz de esta situación, las compañías mineras internacionales han multiplicado sus inversiones en exploración y explotación alrededor del mundo. Estos presupuestos se vieron significativamente afectados durante el 2009 y el 2010 por la reciente crisis económica y financiera mundial, sin embargo, para el año 2011 se evidencia una mejora y aumento de las inversiones de forma considerable.

El gráfico I muestra los estimativos realizados por el Metal Economics Group (MEG), presentados en el documento *Tendencias de exploración mundial (2012)* para presupuestos de exploración en minerales no ferrosos, desde 1993 hasta 2011, en relación con un índice ponderado de precios de metales, lo cual refleja claramente la correlación entre las inversiones proyectadas y los precios internacionales de los minerales, generalmente con un año de desfase.

El presupuesto planificado de exploración para el año 2009 fue de US\$ 7.320 millones, después de haber llegado en el 2008 a US\$ 12.600 millones. Esta fuerte caída (cerca de US\$ 5.500 millones), se debió princi-

Gráfico I



Fuente: Cescio, *Tendencias de exploración mundial*, 2012.

palmente a la profunda crisis económica y financiera sufrida en el ámbito internacional. Antes de la crisis, las proyecciones económicas reflejaban un panorama sombrío para la demanda de materias primas a corto plazo, ocasionando una disminución de los precios y, consecuentemente, recortes en las inversiones en exploración por parte de las empresas. Todo esto contribuyó a la caída del 42% en gastos de exploración en minerales no ferrosos, sin embargo, la posición del 2009 continuó por encima de lo observado en el 2006 y, más aún, de lo observado en el pico de la década de los noventa (US\$ 5.200 millones).

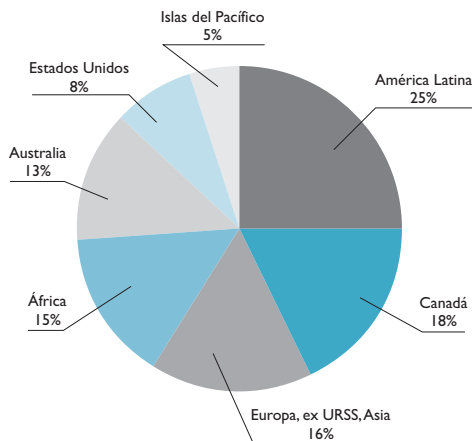
El declive de la bonanza minera afectó en mayor medida a las pequeñas y medianas empresas, que se

vieron obligadas a detener sus exploraciones con el fin de conservar sus recursos financieros en un esfuerzo por sobrevivir en el corto plazo. Las empresas pequeñas dependen en gran medida del financiamiento a través del capital para sus exploraciones, razón por la cual se convierten en el sector de mayor volatilidad de la industria y a su vez en el más vulnerable.

En el ámbito regional, la crisis no afectó gravemente las inversiones en América Latina. Esta región se mantiene como el destino predominante para la inversión minera, posición que sostiene desde 1994, principalmente México, Chile, Perú, Brasil, Colombia y Argentina. El gráfico 2 muestra los presupuestos mundiales de exploración en minerales no ferrosos por región. Se observa que América Latina, con el 25% del total es la región de mayor inversión en exploración de minerales no ferrosos. Le siguen Canadá, África, Australia y Estados Unidos, entre los más importantes.

Gráfico 2

**PRESUPUESTOS DE EXPLORACIÓN POR REGIÓN, 2009**

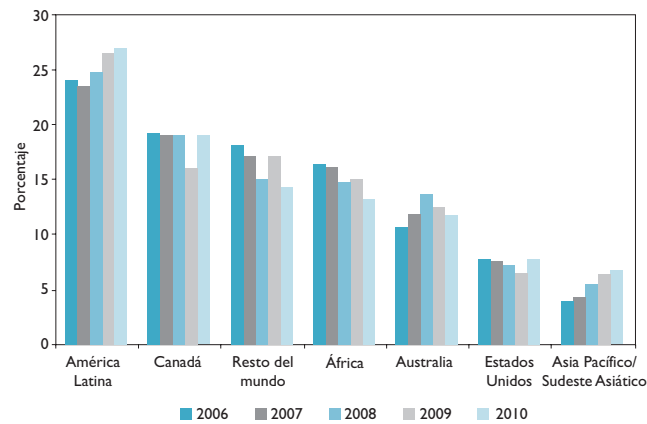


Fuente: Cesco, *Tendencias de exploración mundial*, 2012.

Como se observa en el gráfico 3, América Latina se mantiene como la región con mayor porcentaje de exportaciones, así mismo, se observa que la participación del Pacífico-Sudeste Asiático en el séptimo lugar ha venido en aumento durante los últimos años. En 2010, Canadá recupera la segunda posición que había perdido en 2009 con la región denominada resto del mundo, que para 2010 ocupa el tercer lugar. En esa zona se cuentan como regiones participantes Europa, Asia continental y Medio Oriente. África, en el cuarto lugar de inversiones, ha disminuido de manera sostenida su participación. En cuarta y quinta posición se ubican Australia y Estados Unidos, respectivamente.

Gráfico 3

**PORCENTAJE DE PRESUPUESTOS DE EXPLORACIÓN POR REGIÓN, 2006-2010**

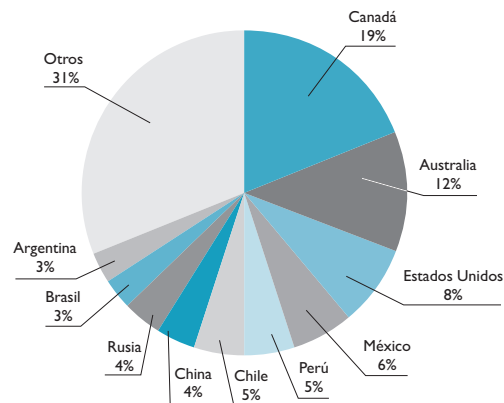


Fuente: Cesco, *Tendencias de exploración mundial*, 2011.

Los diez países más importantes, según los presupuestos de exploración de 2010, son Canadá, Australia, Estados Unidos, México, Perú, Chile, China, Rusia, Brasil y Argentina. En conjunto, representan el 69% de los presupuestos totales en el ámbito mundial (US\$ 7.370 millones). El gráfico 4 muestra el porcentaje de los presupuestos de exploración de estos países.

Gráfico 4

**PRESUPUESTOS DE EXPLORACIÓN DE LOS DIEZ PRINCIPALES PAÍSES, 2010**



Fuente: Cesco, *Tendencias de exploración mundial*, 2011.

Para el año 2010 se muestra un aumento de las inversiones en el ámbito mundial del 45% respecto a las del 2009, sin embargo, los niveles continúan siendo inferiores a los observados para el sector en el 2008, esto debido a la crisis y disminución de riesgo de inversionistas. Canadá y Australia encabezan la lista, en tercer lugar está Estados Unidos. Es de destacar la fuerte participación de cinco países latinoamericanos

dentro del top de los diez con mayores presupuestos de exploración, estos son: Perú, Chile, México, Brasil y Argentina, lo cual evidencia la solidez de América Latina como destino de inversiones para la exploración minera y confirma las expectativas que se tienen sobre la región. Otros países que hacen parte del top son China y Rusia, con una participación del 4% cada uno.

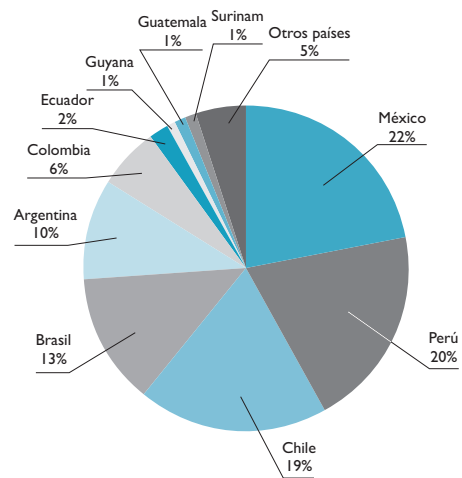
Desde 1994 Latinoamérica se mantiene como la primera región de inversiones en el ámbito internacional. En el 2010 el total de inversiones de la región alcanzó los US\$ 2.900 millones. En el gráfico 5 se muestra la distribución de inversiones en América Latina, y en el gráfico 6, la distribución de los principales destinos de inversión en exploración en la misma región. En el top cinco de la región se encuentran Perú, México, Chile, Brasil y Argentina, los cuales han agrupado entre el 82% y el 85% desde el año 2002. México, por su parte, representó en 2010 un 22% de los gastos regionales, siendo el oro y la plata sus destinaciones preferidas; Perú abarca aproximadamente una quinta parte del total de la región, con inversiones centradas en el cobre y el oro; Brasil, con un 13% de la participación, centra las inversiones en níquel, cobre, oro y una pequeña participación en diamantes, minerales del grupo del platino (PGM) y minerales industriales. Argentina, por su parte, centra sus inversiones en oro, minerales de base, plata, litio y potasa.

Es de destacar que las inversiones en Colombia, sexto lugar dentro de la región, han venido creciendo en los años recientes. Entre 2007 y 2008 los gastos de exploración se triplicaron, luego en el 2009 cayeron tan sólo un 25%, porcentaje inferior al comportamiento mundial. Sin embargo, la mayor parte de las exploraciones se llevaron a cabo por un número reducido de empresas, en comparación con los cinco países más importantes de la región.

El gráfico 7 muestra los presupuestos de exploración por blanco en el 2010. Se observa que el oro se ubica en el primer lugar, con el 51% del total, y es la primera vez desde 1999 que las inversiones en este metal ocupan más de la mitad del presupuesto mundial. Este considerable aumento se atribuye a los precios históricamente altos que el metal mantuvo durante los últimos años y al interés de inversiones en este producto tras la crisis económica. Al oro le siguen los metales base, principalmente cobre, níquel y cinc, con 33%; diamantes, con 3%, y PMG, con un 2%, respectivamente. Por otra parte, la destinación a la exploración de otros productos mineros tuvo una participación del 11%.

Gráfico 5

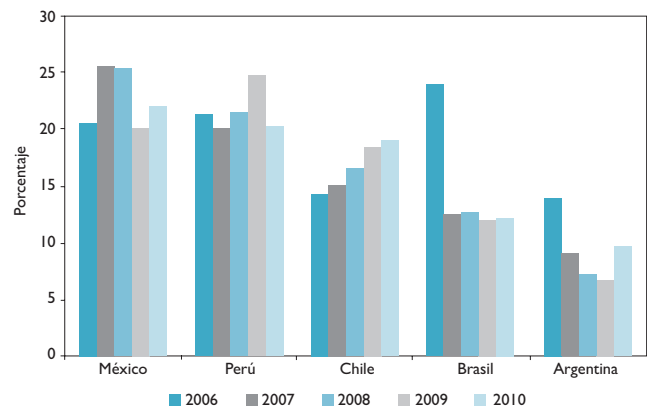
**PRESUPUESTOS DE EXPLORACIÓN EN AMÉRICA LATINA POR PAÍS, 2010**



Fuente: Cesco, *Tendencias de exploración mundial*, 2011.

Gráfico 6

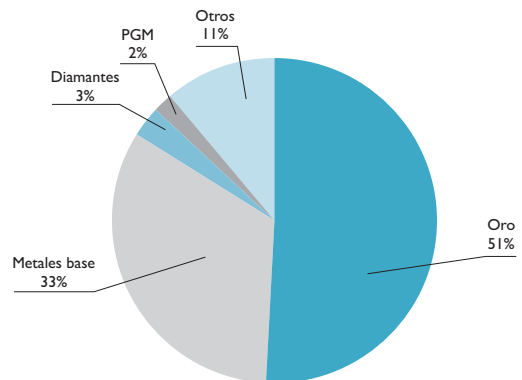
**PRESUPUESTOS DE EXPLORACIÓN EN LOS PRINCIPALES PAÍSES DE AMÉRICA LATINA, 2006-2010**



Fuente: Cesco, *Tendencias de exploración mundial*, 2011.

Gráfico 7

**PRESUPUESTOS DE EXPLORACIÓN POR BLANCO, 2010**

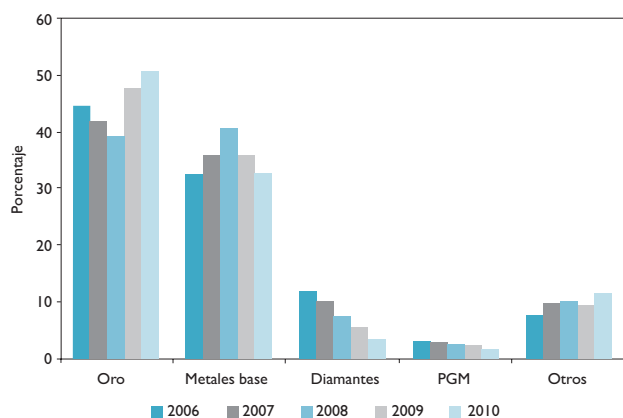


Fuente: Cesco, *Tendencias de exploración mundial*, 2011.

Como se observa en el gráfico 8, durante los últimos dos años las inversiones en oro han aumentado notablemente su porcentaje de participación respecto a otros productos mineros, lo cual se ve reflejado en inversiones equivalentes cercanas al 50% para los últimos años. Caso contrario es el de los diamantes y el grupo PGM, cuya participación se ha visto reducida de manera sostenida en los últimos cuatro años. Los presupuestos destinados a los metales base presentan una caída para los años 2009 y 2010, situación principalmente atribuida a la crisis económica.

Gráfico 8

**PORCENTAJES DE EXPLORACIÓN POR BLANCO, 2006-2010**



Fuente: Cescio, *Tendencias de exploración mundial*, 2011.

La crisis económica y financiera de 2009 afectó seriamente la industria minera, provocando la disminución de la capitalización del mercado de las empresas y de los precios internacionales de todos los metales, excepto el oro. Sin embargo, se observan signos de recuperación notables, pues los precios de los minerales, principal motor de exploración, se han sostenido firmemente después de tocar fondo en el 2009, y se prevé que aumenten progresivamente en los próximos años, recuperando las tendencias que tenían antes de la crisis. De esta forma las compañías de exploración, principalmente las pequeñas y medianas, aumentarán sus gastos, dándole mayor fuerza y dinamismo a la industria.

**1.1.2. Tendencias en ciencia y tecnología del sector minero**

La industria minera es un negocio que se basa en agregarle valor económico a los recursos del subsuelo mediante una serie de actividades que se inician con el proceso de extracción del material mineralizado, continúan con el beneficio o transformación en un producto derivado y finalizan con su comercialización.

La tendencia moderna del negocio es conformar conglomerados productivos que integren estas actividades con las de soporte, entre las que se destacan las de suministro de equipos, provisión de insumos, servicios de ingeniería, centros de capacitación y servicios de transporte y mercadeo, entre otras.

En el mundo, el sector minero ha experimentado un crecimiento espectacular durante los últimos años, jalonado por un incremento de la demanda que a su vez ha llevado a un gran aumento de los precios de los metales principales. Los analistas creen que esta demanda continuará subiendo mientras China, India y otras economías emergentes sigan creciendo.

En los últimos años la actividad minera como negocio se ha visto favorecida en buena parte por el aumento registrado en los precios de la mayoría los *commodities* mineros en el mercado internacional. En general, los mercados de los productos mineros son globalizados. En consecuencia, y puesto que la estructura de formación de precios se basa en balances de oferta y demanda globales, los precios de la mayoría de ellos se fijan en bolsa y se constituyen en referentes globales.

El escenario minero actual se caracteriza por un énfasis en desarrollos de proyectos que explotan recursos de baja ley, por tanto, el aporte de la ciencia y la tecnología debe acelerar el crecimiento de la actividad mediante la inversión en I+D+i, con el fin de mejorar la productividad de las operaciones mineras y generar valor agregado para los recursos mineros. Los estudios muestran que las principales tendencias son:

**1.1.2.1. Manejo de materiales**

- Automatización / robótica
- Sistemas de despacho dinámicos
- Confiabilidad del equipo de seguridad
- Mantenimiento preventivo
- Fragmentación

**1.1.2.2. Procesamiento y extracción**

- Conminución de minerales. Los procesos de trituración y molienda son intensivos en energía, por lo tanto son costosos.
- Lixiviación y el proceso de flotación de minerales complejos o difíciles de tratar, v.gr. sulfuros auríferos refractarios presentes en Perú y en otros países de Latinoamérica.

- Yacimientos de baja ley, especialmente para los metales estratégicos (Ti, Cr, Ta-Nb, y todos los minerales de tierras raras).

### **1.1.2.3. Exploración y evaluación de minerales**

- Los yacimientos minerales cercanos a la superficie y fáciles de encontrar ya han sido descubiertos y explotados. Se requiere de tecnología avanzada, métodos y nuevos conocimientos para encontrar depósitos de minerales localizados a mayores profundidades.
- Trabajo en ambientes poco explorados en las fronteras de Asia Central, África, partes de América del Sur, fondo marino y la Antártida.

### **1.1.2.4. Geomecánica**

- A medida que los depósitos localizados en la cercanía de la superficie se agotan y se debe explorar a mayor profundidad, se requiere de una mejor comprensión de los aspectos geomecánicos.
- Aumentar la seguridad y la estabilidad.
- Mejorar las capacidades de modelado por computador.
- Mejores herramientas para definir las características del macizo rocoso.
- Sistemas de monitoreo para entender el comportamiento de las condiciones geológicas complejas.

### **1.1.2.5. Salud y seguridad**

- Desarrollo de herramientas para predecir fallas en los sistemas de vigilancia y alarmas.
- Sistemas de comunicación particularmente en las operaciones subterráneas.
- Técnicas y herramientas de rescate (robots).
- Desarrollo de sistemas más eficientes de ventilación.
- La comprensión de los efectos en la salud de diferentes contaminantes.
- Mejorar el medio ambiente de trabajo y la protección de los trabajadores.

### **1.1.2.6. Aspectos ambientales y gestión de residuos**

- Diseño y operación de eliminación de residuos en instalaciones de relaves, roca estéril y pilas de lixiviados. En este aspecto se incluyen el control a la estabilidad física y química (drenajes ácidos y liberación de metales pesados) y la protección de aguas subterráneas y superficiales.
- Cierre de minas.

### **1.1.2.7. Métodos innovadores de minería**

- Desarrollo de nuevos métodos que se adapten al cuerpo del mineral específico y a las condiciones geológicas del yacimiento. Entre ellos: minería de tajo largo, minería por hundimiento de bloques, explotación por cráteres invertidos, entre otras alternativas.

### **1.1.2.8. Nuevos productos y materiales<sup>5</sup>**

En las últimas dos décadas se han desarrollado materiales sustitutos, como aleaciones de aluminio, policloruro de vinilo (PVC), fibra óptica, entre otros, todos con amplias aplicaciones en usos tradicionales de materias primas como el acero, el cobre y la madera. Las tendencias presentes y futuras se encaminan a una fuerte innovación tecnológica para ampliar las aplicaciones de los nuevos materiales. Esto ha obligado a la industria minera, y en especial la del cobre, según la International Copper Association (ICA), a buscar la inversión en innovación tecnológica para nuevos usos de los minerales.

Los métodos productivos tradicionales han sido: fundición, electrorrefinado y lixiviación de óxidos. El próximo desarrollo de nuevas tecnologías de bioidrometalurgia y biominería permitirán, por ejemplo, explotar minerales de óxidos de cobre, reduciendo costos y aumentando las reservas económicamente viables. Estos adelantos representarán a futuro un incremento de la oferta de los minerales, obligando a las empresas mineras a hacer mayores esfuerzos para estimular la demanda de los metales.

Hace tan sólo unos treinta años todo el mundo daba por sentado que los plásticos no podían ser otra cosa que aislantes. Después de ciertas modificaciones,

<sup>5</sup> "Análisis de tendencias para la minería", *Revista Cobre Chileno*, agosto de 2008.

un polímero puede convertirse en conductor de electricidad. Los materiales conocidos como polímeros conductores combinan las propiedades eléctricas de los conductores metálicos con las múltiples ventajas de los plásticos y son materiales con enormes posibilidades de aplicación: sustituir el cobre y otros metales, generar pantallas de teléfonos celulares y de computadoras portátiles, o ser utilizados como nervios artificiales, que serían prácticamente inertes dentro del cuerpo humano. Por ello las mineras están aún avocadas a intensificar la innovación en nuevos usos de los minerales.

### 1.1.2.9. Carboquímica

La industria carboquímica se encarga de la transformación del carbón (hulla, antracita, lignito, grafito y carbón vegetal) en productos útiles para otras industrias y materias primas.

En la Unión Europea el sector carboquímico cuenta con un volumen conjunto de negocio que ha llegado a rondar los 2.000 millones de euros (en 2008), con actividad en ocho países como España, Alemania, Dinamarca, Holanda, Polonia, República Checa, Bélgica e Inglaterra.

La producción de varios derivados de la carboquímica, de alto interés económico para una nación y para la exportación, es una tendencia marcada que implica inversiones en investigación y desarrollo. La tendencia actual en carboquímica es implementar técnicas de análisis de imagen para la determinación y caracterización de propiedades tanto del carbón como del carbonizado, siendo estas técnicas preferiblemente automáticas, con el fin de reducir el tiempo de análisis, eliminar la subjetividad que es inherente al análisis manual y aumentar la repetibilidad de los resultados<sup>6</sup>.

Otros temas para explorar son:

- Producción de carbón activo para aplicaciones tecnológicas.
- Utilización de materiales carbonosos en el sector eléctrico.
- Producción de gas de síntesis a partir de gasificación de carbón y mezclas con coque de petróleo.

<sup>6</sup> Andrés Rojas y Juan Barraza, "Caracterización morfológica del carbonizado de carbones pulverizados: estado del arte". *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, septiembre, 2007.

- Desarrollo de nuevos materiales carbonosos (nanotubos, nanofibras).
- Desarrollo de tecnologías avanzadas de celdas de combustible.

## 1.2 EL SECTOR ENERGÉTICO

### 1.2.1. El sector energético actual

La energía seguirá siendo parte fundamental para el desarrollo de las sociedades mundiales, por lo que sus cambios constantes influirán en la evolución de cada una de las economías.

En épocas en las que se habla de recesión económica, salen a la luz numerosos retos que buscan mitigar los impactos que pudiese tener sobre cada uno de los sectores de producción. El sector energético no ha sido ajeno a estos bruscos cambios y, como prueba de ello, el consumo de energía presentó contracciones en el período de 2007 a 2009 de un valor promedio del 2%, esto debido en su mayoría a la baja en la demanda de bienes y servicios<sup>7</sup>.

Los retos que se planteen se deben convertir en potencializadores de innovaciones que conlleven a una evolución de los sistemas energéticos y que se traduzcan en mejoras tecnológicas, mayor capacidad de suministro y mejores índices de uso eficiente de la energía.

A su vez, la dinámica mundial de aceleración refleja tasas de consumo de energía cada vez mayores y que parecieran no tener límite. Los pronósticos apuntan a que el consumo de energía global aumente un 49% de 2007 a 2035. El grupo de países en vía de desarrollo —al que pertenece Colombia— aumentaría su demanda un 84%, mientras que los países desarrollados, un 14%. Esto implica mayores compromisos por parte del primer bloque de naciones.

El medio ambiente cobra cada vez más importancia, imponiendo restricciones al manejo y uso de las fuentes de energía. Diferentes medidas de control y regulación han llevado a una penetración de nuevas fuentes y tecnologías que antes no hacían parte de la canasta tradicional de energéticos. Particularmente, las fuentes de energía no fósiles y la implementación de sistemas más flexibles están pasando de ser emergentes a competitivos gracias a esfuerzos en investigación

<sup>7</sup> IEA, *International Energy Outlook*, 2011.

que han logrado con éxito avanzar en las curvas de aprendizaje de cada una de ellas.

Así, una revolución de la economía mundial se vislumbra en el horizonte y dependerá en gran parte de los cambios en la industria tecnológica. En la labor de “reinventar” la energía y en las maneras en que hacemos uso de ella están las claves para afrontar los retos que se avecinan, e implementando estas medidas se construirán las nuevas industrias, economías y fortunas de este siglo.

### 1.2.1.1. Consumo y suministro de energía

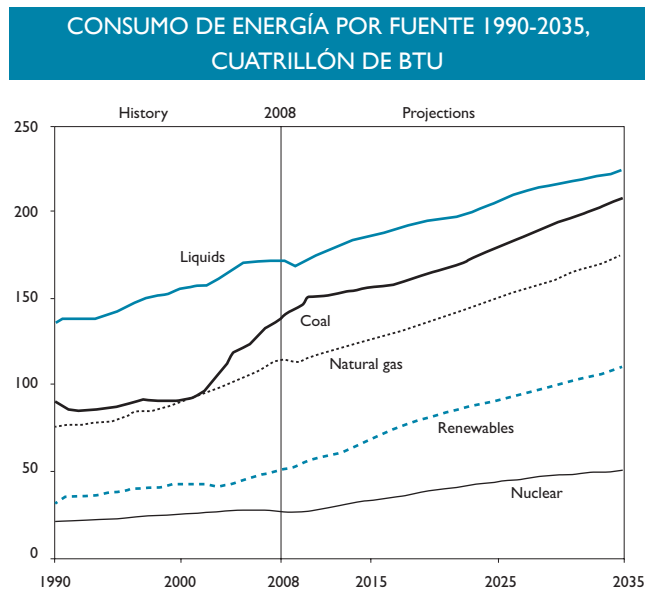
El gráfico 9 muestra el consumo de energía por fuente en el período de 1990 a 2035, que revela un pronóstico elaborado por la Administración de Información de Energía (EIA) del Departamento de Energía (DOE) de los Estados Unidos. En la proyección se evidencia el aumento del consumo mundial de energía para todas las fuentes. Los combustibles fósiles (líquidos, petróleo, gas natural y carbón) continuarán sufriendo la mayor parte de la energía demandada en el mundo.

Para el pronóstico se utiliza un caso de referencia (ver gráfico 10), en el que se asume un escenario en el cual las políticas y legislaciones permanecen sin mayores cambios a través del período 1990-2035. Es posible observar que para el año 2008 el consumo de países que no están vinculados a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OECD respecto a los que sí lo están es un 7% mayor, y se conserva esta tendencia de aumento hacia el futuro con consumos mayores respecto a países OECD en un 38% para el 2020 y en un 67% para el 2035.

Aunque los combustibles líquidos se mantengan como la mayor fuente de energía en el mundo, su participación en el consumo total cae de 35% a 30% en el período de 2007 a 2035 y proyecta precios altos del petróleo que llevarán a que los usuarios cambien los combustibles líquidos en aquellas situaciones en las que les sea posible. Puede que esto no se presente en el sector transporte, dada la ausencia de avances tecnológicos significativos.

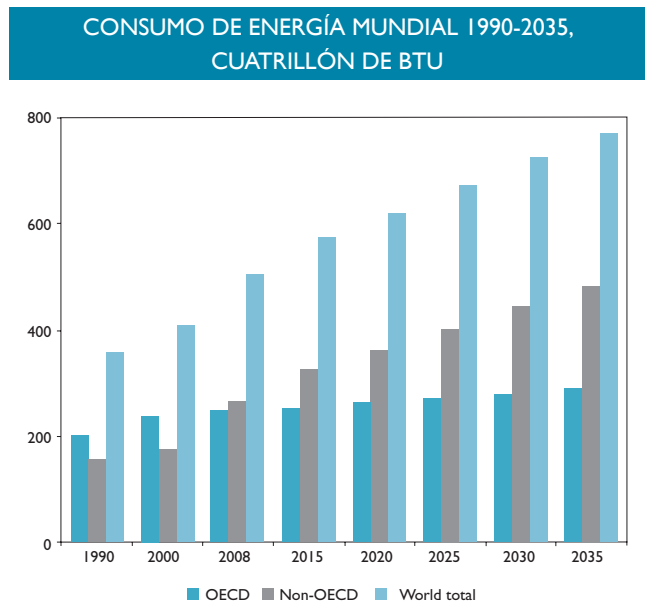
Es interesante ver cómo las fuentes de energía renovable ganan participación a partir de 2015, con un crecimiento constante en el consumo. La sustitución de una fuente dominante de energía primaria por una nueva no parece haber sido dictada por la escasez del recurso, sino por las ventajas y oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías.

Gráfico 9



Fuente: EIA, *International Energy Outlook*, 2011.

Gráfico 10

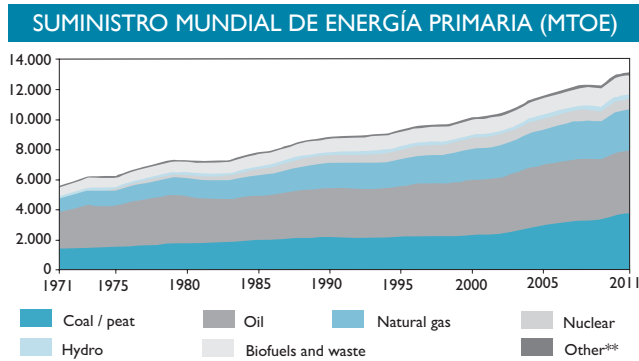


Fuente: EIA, *International Energy Outlook*, 2011.

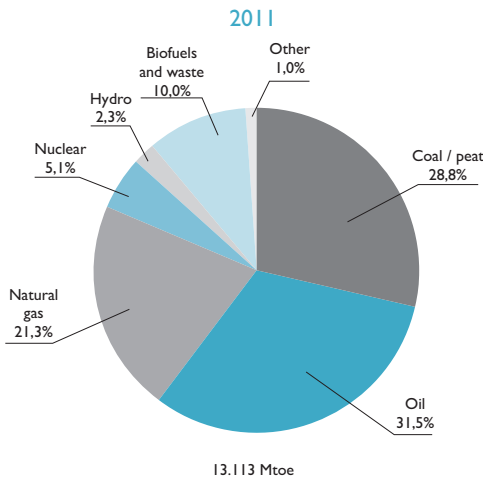
El gráfico 11 muestra el suministro de energía primaria mundial por fuente, sin incluir los intercambios de energía eléctrica. Para el 2011, el petróleo representó cerca del 32% del total del suministro primario y aunque las otras fuentes hayan aumentado su contribución, no se aprecian reducciones significativas en el horizonte. Por su parte, el gas natural ha venido en aumento, alcanzando niveles del 21%. La participación del carbón seguirá siendo importante, con casi un 30%, pese a las restricciones ambientales, lo que se

explica en parte por la abundancia y distribución del recurso. Así, los combustibles fósiles aportan un poco más del 80% del suministro primario de energía en el mundo. El 20% restante lo aportan la biomasa, otros renovables y desechos, energía nuclear y potenciales hídricos. Si bien la participación de las energías renovables se incrementa, aún es pequeña en comparación con la de los combustibles fósiles.

Gráfico 11



\* World includes international aviation and international marine bunkers.  
 \*\* Other includes geothermal, solar, wind, heat, etc.



Fuente: International Energy Agency. *Key World Energy Statics*, 2013.

### 1.2.1.2. Tendencias

En la proyección elaborada por la EIA para el período 2007-2035 se identifican algunas tendencias:

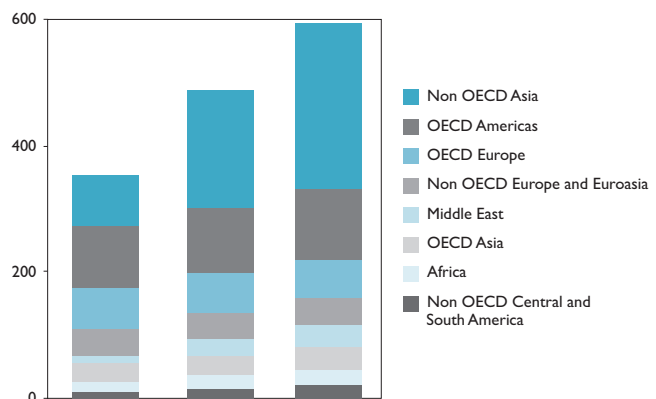
- En el caso de referencia, el consumo global de energía aumenta un 49%. La mayoría de este crecimiento ocurre en países de Asia no pertenecientes a la OECD y al Medio Oriente.
- Sin cambios de política que limiten su uso, los combustibles fósiles proveerán cerca del 80% del consumo de energía mundial al 2035. El petróleo permanece como la mayor fuente de energía, aún

si su participación total baja. Las fuentes renovables ganan participación en el total.

- Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al uso de la energía aumentarán de 30 billones de toneladas en 2007 a 42 billones de toneladas en 2035 bajo las políticas y legislaciones actuales (gráfico 12).
- Para satisfacer el crecimiento proyectado en combustibles líquidos derivados del petróleo, requerirá aumentos en el suministro convencional y no convencional de 25,8 millones de barriles por día. El precio del petróleo alcanzará los US\$ 133 en 2035 (dólares de 2008 por barril).
- El consumo de gas natural aumenta a 44%. Los países en vía de desarrollo de Asia aportan un 35% del incremento en el consumo mundial. El Medio Oriente, el 32% del incremento de la producción.
- El uso del carbón crece 56%. China e India son los países que aportan el 85% del incremento.
- La generación de energía nuclear sube un 74%.
- El uso de energías renovables, incluyendo biocombustibles, crece 11%.

Gráfico 12

### EMISIONES MUNDIALES DE CO<sub>2</sub> ACUMULADAS ASOCIADAS POR REGIÓN



Fuente: EIA, *International Energy Outlook*, 2011.

### 1.2.1.3. Distribución de reservas por fuente

Es interesante conocer la distribución de los principales recursos que componen el portafolio de los energéticos en el ámbito mundial. El petróleo, gas



natural, carbón y recursos hídricos, con cerca del 85% de la participación, se llevan la mayor parte del suministro de energía global.

### Reservas de petróleo

El gráfico 13 muestra la distribución global (en porcentaje) de las reservas de petróleo en tres periodos de tiempo: 1991, 2001 y 2011.

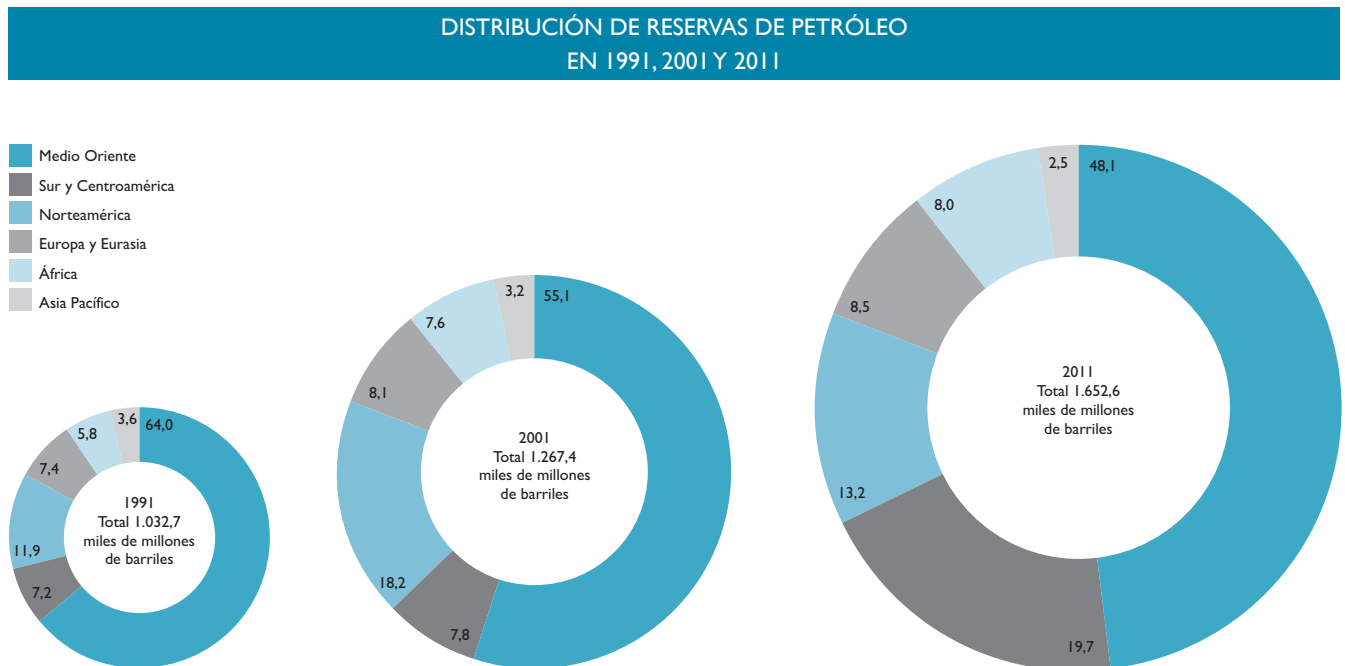
Los países del Medio Oriente, que siempre se han llevado la mayor participación de las reservas de petróleo del mundo a lo largo de los años, alcanzan a un 55,1% del total en 2011, después de haberse incrementado en un 23% las reservas mundiales del crudo en la última década. De estos, Arabia Saudita (16,1%) e Irán (9,1%) son los que más aportan. La región de América del Sur y Central ha aumentado su porcentaje de participación década tras década. Esto en mayor parte debido a los nuevos descubrimientos de yacimientos petroleros, antes desconocidos por falta de transferencia tecnológica. Venezuela tiene la mayor parte de este porcentaje, con un 17,9% del 19,7% de la región en 2011. Por el contrario, la región de América del Norte ha venido disminuyendo su participación en el total global. Aunque Canadá aumenta la producción en barriles de petróleo por año cada década, México presenta una

caída acelerada en su producción (pasó de 50,9 miles de millones de barriles en 1991 a 11,4 en el 2011).

### Reservas de gas natural

El gráfico 14 muestra la distribución global (en porcentaje) de las reservas de gas natural en tres periodos de tiempo: 1991, 2001 y 2011. Estas han aumentado de manera constante en las últimas tres décadas. La región del Medio Oriente, al igual que sucede con las reservas de petróleo, es la de mayor participación actual, con un 38,4% del total en 2011. Irán con 15,9% y Qatar con 12,0% son los que poseen las mayores reservas de esta región. Europa y Eurasia han venido disminuyendo su porcentaje de participación en el total global, sin embargo, esto no significa que sus reservas hayan disminuido, pues en 1991 eran de 54,3 trillones de metros cúbicos y en 2011, de 68,0. Lo que sucede es que otras regiones han desplazado una porción del total de las reservas que antes no se habían explorado (por ejemplo Asia-Pacífico y América Central y del Sur). De los 38,4% actualmente aportados por Europa y Eurasia, Rusia se convierte en el país con mayores reservas de gas natural en el mundo, con 21,4%. Esto le da un gran poder de mercado, que ha sabido aprovechar, dadas las condiciones de su posición estratégica.

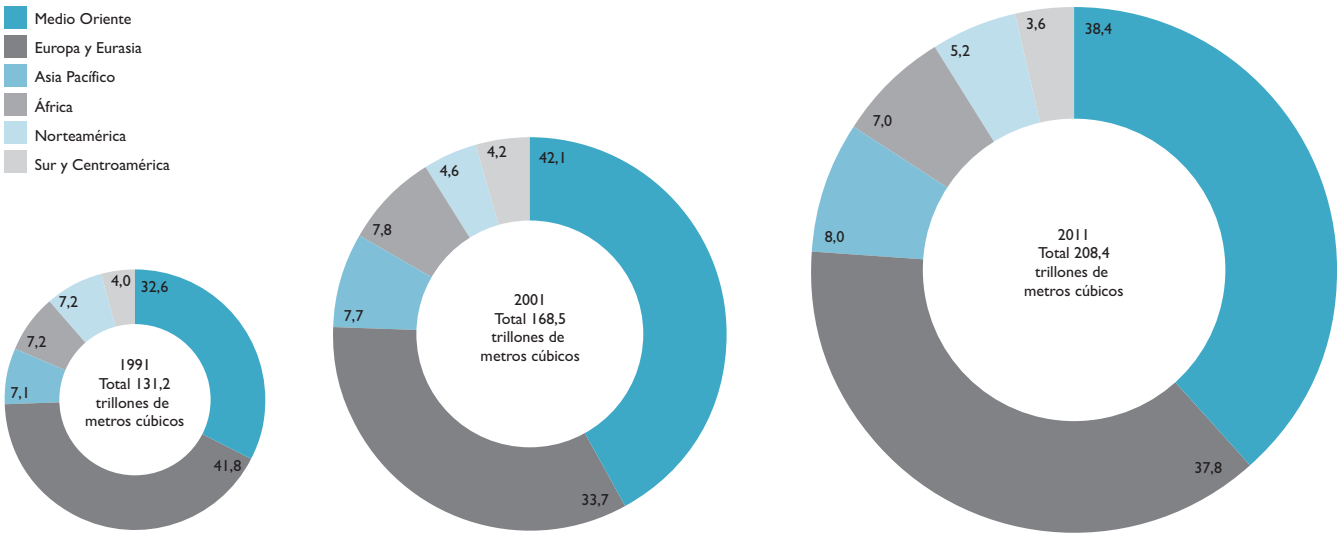
Gráfico 13



Fuente: British Petroleum, *Statistical Review of World Energy*, junio de 2012.

Gráfico 14

DISTRIBUCIÓN DE RESERVAS DE GAS NATURAL EN 1991, 2001 Y 2011



Fuente: British Petroleum, *Statistical Review of World Energy*, junio de 2012.

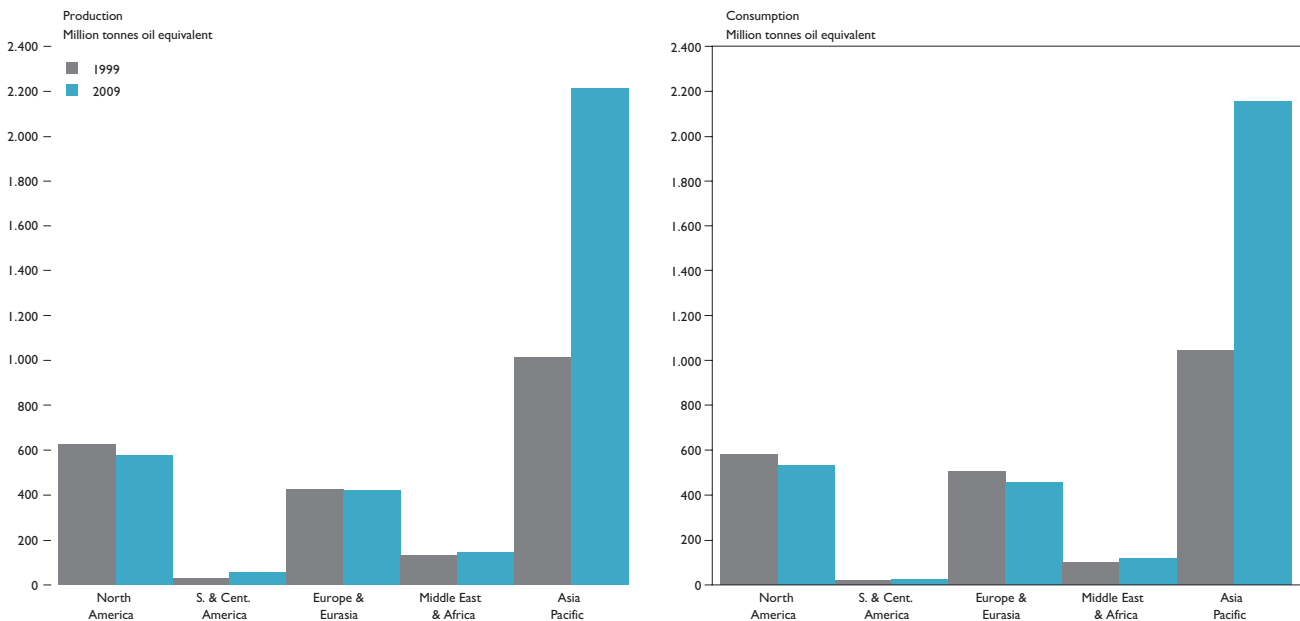
**Carbón**

El gráfico 15 muestra la distribución global (en millones de toneladas de petróleo equivalente) de la producción y el consumo de carbón en dos períodos de tiempo: 1999 y 2009. El consumo mundial de carbón fue esencialmente plano en 2009, el año más débil desde 1999. Por primera vez desde el 2002, el carbón

no fue el combustible de crecimiento más rápido en el mundo. Los países de la OECD y de la antigua Unión Soviética experimentaron el descenso más pronunciado registrado, mientras que el crecimiento en otras partes fue casi cercano al promedio, debido en su mayoría al aumento por encima del promedio en China, que participa con cerca del 47% de la producción y el consumo de carbón del mundo.

Gráfico 15

PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARBÓN EN 1999 Y 2009 (MILLONES DE TOE)



Fuente: British Petroleum, *Statistical Review of World Energy*, junio de 2010.

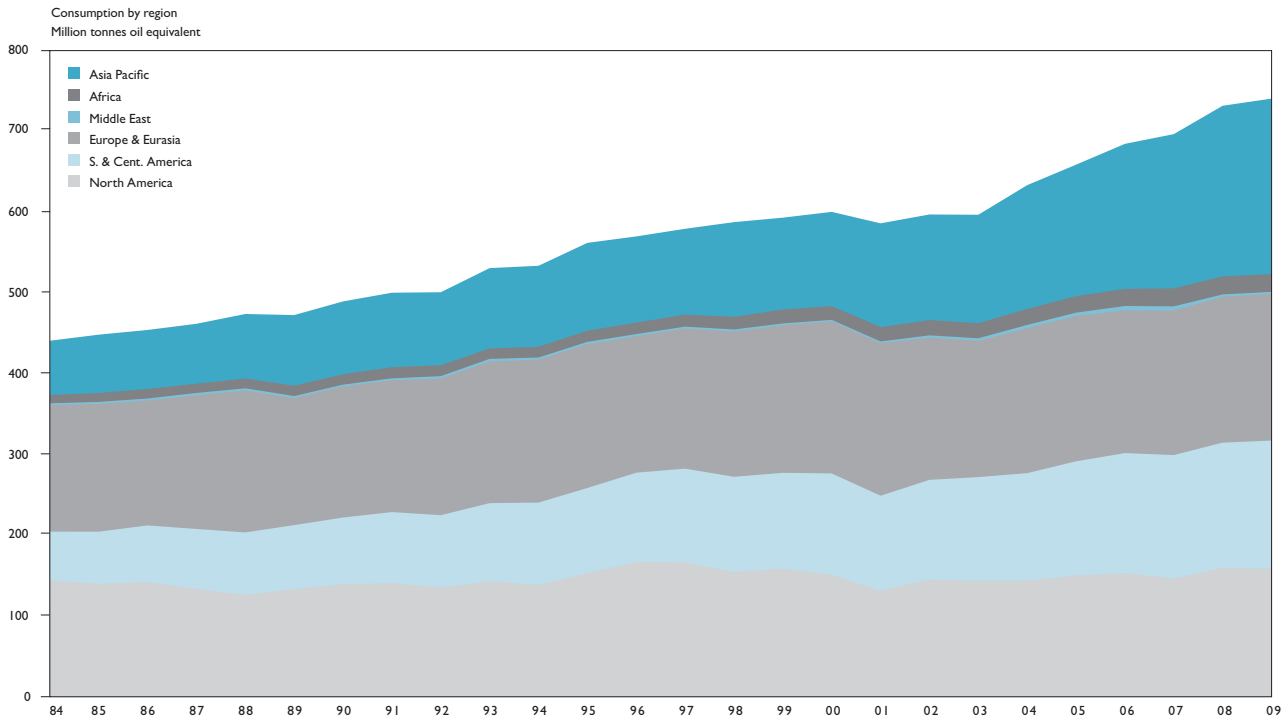
## Recursos hídricos

El gráfico 16 muestra la distribución global (en millones de toneladas de petróleo equivalente) del consumo de energía hidráulica en dos períodos de tiempo: 1999 y 2009. La producción de energía hidroeléctrica aumentó por debajo del promedio (1,5%) y, sin embargo, fue

suficiente para convertirse en la fuente de mayor crecimiento del mundo en 2009. Este proceso fue liderado por China, Brasil y Estados Unidos. En cuanto al consumo, Asia-Pacífico, con el 29%, se convierte en la región de mayor participación, seguida por Europa y Eurasia, con un 24,6%; las Américas, cada una con 21,4%; África, con el 3%, y el Medio Oriente, con un 0,3%.

Gráfico 16

### CONSUMO DE ENERGÍA HIDRÁULICA POR REGIÓN (MILLONES DE TOE)



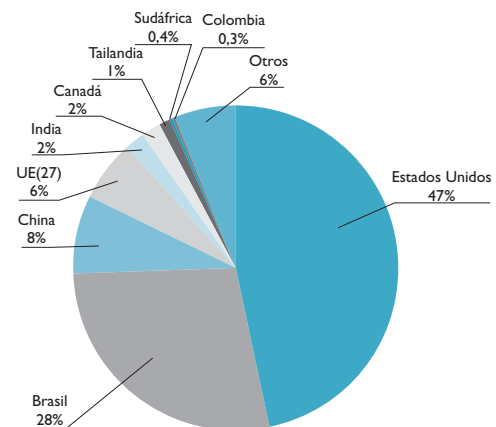
Fuente: British Petroleum, *Statistical Review of World Energy*, junio de 2010.

### 1.2.1.4. Biocombustibles

La producción mundial promedio de etanol anual para el período comprendido entre 2008 y 2011 fue de 92.000 millones de litros, de acuerdo con el *Agriculture Outlook 2011-2020* de la OECD-FAO. Estados Unidos y Brasil son los mayores productores mundiales, con una producción promedio anual de 43.000 y 26.000 millones de litros, respectivamente, seguidos de China y la Unión Europea, con 7.600 millones y 5.700 millones de litros, como se observa en el gráfico 17. Así mismo, es posible observar que Colombia alcanza una producción equivalente al 0,3% mundial, con una producción de 300 millones de litros.

Gráfico 17

### PRODUCCIÓN DE ETANOL DE LOS PAÍSES MÁS IMPORTANTES (PROMEDIO 2008-2010)



Fuente: Colciencias, BID, Informe final *Plan de negocios para el mejoramiento de la competitividad de los biocombustibles en Colombia*.

La producción de etanol en la actualidad tiene como materias primas maíz, caña de azúcar, melazas, trigo y remolacha, principalmente. Así mismo, según proyecciones, se estima que por lo menos hasta el 2020 la caña de azúcar y los cereales continuarán siendo la principal fuente en la producción de etanol. Para este tiempo se espera que el 44% de la producción mundial se realice a partir de cereales y el 36% a partir de caña de azúcar, así mismo, se espera que la producción de alcohol a partir de celulosa alcance ente el 5% y el 8% de la producción mundial, de acuerdo con el *Agriculture Outlook 2011-2020* de la OECD-FAO, como se observa en el gráfico 18.

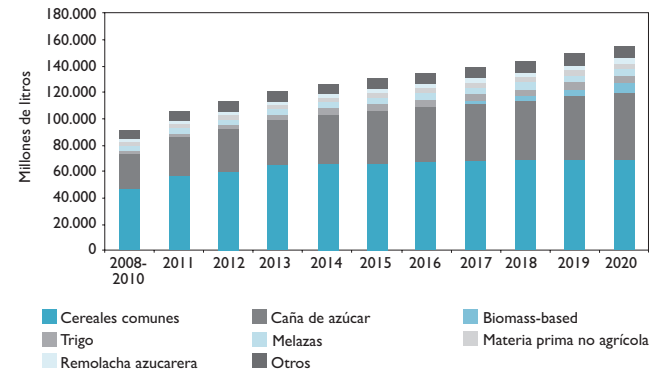
La mayor productora mundial de biodiésel para el período 2008-2010 es la Unión Europea, con una participación del 52%, equivalente a una producción anual promedio de 9.000 millones de litros, seguida de Estados Unidos, Argentina y Brasil, con una participación del 9%, equivalente a 1.700 millones de litros cada uno, como se muestra en el gráfico 19. La producción promedio colombiana de biodiésel alcanzó los 300 millones de litros, equivalentes al 2% mundial.

La mayor parte de los biocombustibles son producidos a partir de aceites vegetales provenientes principalmente de palma, colza y soya. Se espera que la producción mundial de los biocombustibles continúe en aumento hasta alcanzar en el 2020 más de 35.000 millones de litros anuales. Así mismo, se estima que más del 75% de la producción de biocombustibles provenga de fuentes vegetales, el 15% de fuentes no vegetales (grasas o cebos) y aceites usados, y el 10% de biodiésel de segunda generación, de acuerdo con el *Agriculture Outlook 2011-2020* (OECD-FAO), como se observa en el gráfico 20.

Como se observa en el gráfico 21, el precio de los biocombustibles del 2000 al 2011 ha estado altamente influenciado por los precios del petróleo y los costos de las materias primas empleadas para su producción. Si bien su precio crece a una tasa menor que la del petróleo, el precio promedio estimado del etanol para el 2020 será un 80% mayor al presentado para la década anterior, mientras que en el caso del biodiésel se espera un aumento del precio del 45% para el mismo período, de acuerdo con el *Agriculture Outlook 2011-2020* (OECD-FAO).

Gráfico 18

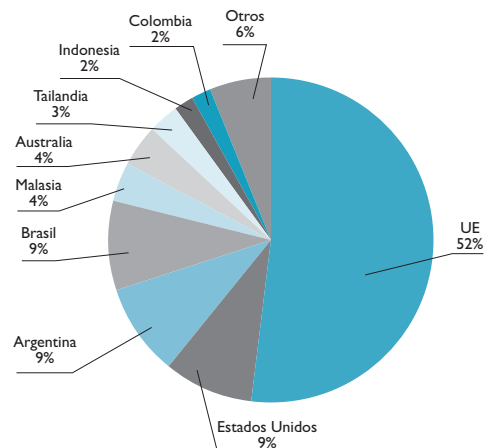
**PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ETANOL POR FUENTE DE MATERIA PRIMA UTILIZADA**



Fuente: Colciencias, BID, Informe final *Plan de negocios para el mejoramiento de la competitividad de los biocombustibles en Colombia*.

Gráfico 19

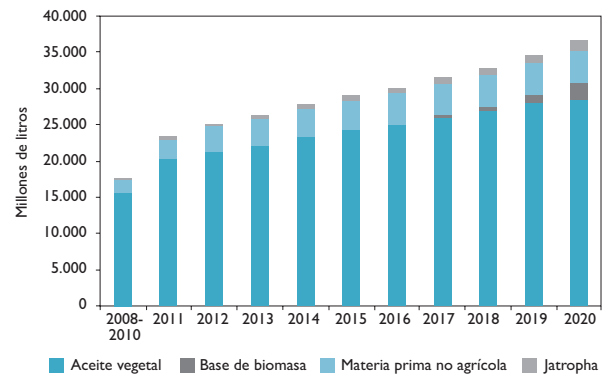
**PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL EN LOS PAÍSES MÁS IMPORTANTES (PROMEDIO 2008-2010)**



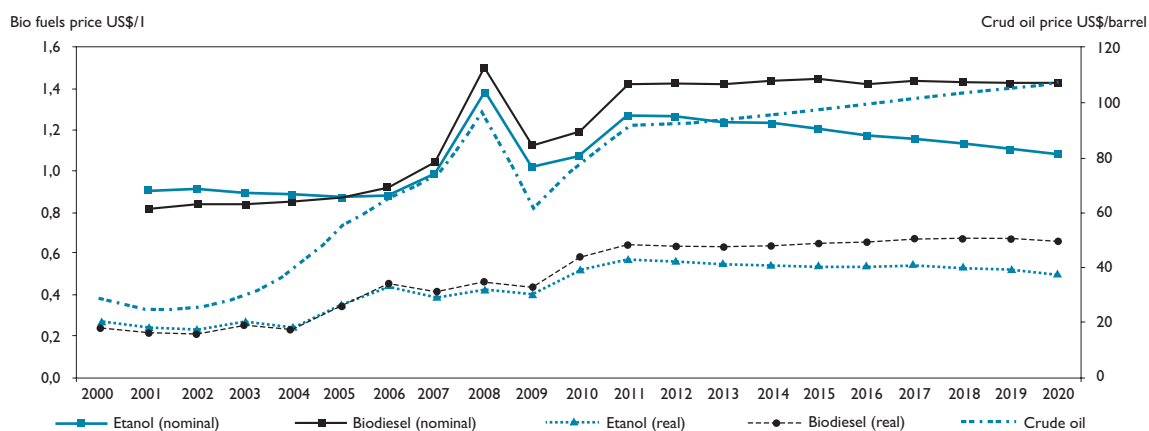
Fuente: Colciencias, BID, Informe final *Plan de negocios para el mejoramiento de la competitividad de los biocombustibles en Colombia*.

Gráfico 20

**PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIODIÉSEL POR FUENTE DE MATERIA PRIMA UTILIZADA**



Fuente: Colciencias, BID, Informe final *Plan de negocios para el mejoramiento de la competitividad de los biocombustibles en Colombia*.



Fuente: OECD-FAO, *Agriculture Outlook 2011-2020*.

## 1.2.2. Tendencias en ciencia y tecnología del sector energético

En esta sección se presenta un panorama de las tendencias en investigación y desarrollo en el sector energético. Se elabora a partir de opiniones de los expertos que desarrollan actividades en el campo. La literatura revisada comprende documentos del Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), adscrito al Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI), del Ministerio de Ciencia y Tecnología de España, así como las perspectivas tecnológicas en energía de la Agencia Internacional de Energía (IEA) y el documento de la National Academies Press (NAP) sobre el futuro de la energía en Estados Unidos. Estos documentos permiten entrever que para promover el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector energético y asegurar que ideas novedosas continúen explorándose es fundamental la unión de esfuerzos y capacidades entre los sectores público y privado.

### 1.2.2.1. Petroquímica<sup>8</sup>

La industria petroquímica juega un rol muy importante en los sectores de producción y consumo. Desarrolla químicos con el uso del petróleo y el gas natural como materias primas y cuenta con dos divisiones mayores. La principal se encarga de la elaboración de químicos básicos como etileno, usualmente a partir de gas. La secundaria se encarga de transformar

petroquímicos básicos en ciertos materiales para que puedan ser usados directamente por otras industrias. Las materias primas (gas natural y petróleo) contienen principalmente hidrocarburos, y los petroquímicos contienen carbono o hidrógeno, o ambos. La tendencia en investigación es modificar los petroquímicos en diferentes productos industriales y de consumo, que incluyen pinturas, plásticos, cauchos, detergentes, fertilizantes, textiles y solventes.

La mayor parte de las plantas de la industria petroquímica hoy en día están localizadas cerca de las áreas de producción y refinación de petróleo alrededor del mundo, lo cual depende de los costos de transporte. Tales plantas requieren altas inversiones, algunas de hasta US\$ 500 millones para ser construidas.

### 1.2.2.2. Tecnologías de exploración

Existe una alta correlación entre la geología y la ubicación de los depósitos, tanto minerales como de recursos energéticos, y por ello el conocimiento geológico es esencial en cada etapa de la exploración. Técnicas que usan fotografías aéreas o satelitales, así como mapas, determinan el progreso de los programas de exploración. Las imágenes satelitales en principio pueden delinear patrones de alteración comúnmente asociados con depósitos minerales. En los mapas a gran escala es posible ubicar estructuras geológicas, como fallas y contactos geológicos, que pueden estar asociadas y de alguna manera interferir con la economía de la actividad minera energética. Mapas más detallados permiten establecer el contorno tridimensional de la secuencia de rocas y estructuras en una escala local, y

<sup>8</sup> Bharat Book Bureau, *Global Petrochemical Industry Trends and Market Potential*, diciembre de 2009.

tomar muestras para un examen detallado. En el laboratorio, estas muestras pueden proveer importantes pistas sobre la creación del mineral y determinar el modelo de exploración más apropiado.

A medida que pasa el tiempo, las tareas de exploración minera y de hidrocarburos se vuelven cada vez más difíciles y más costosas. Así, el objetivo de encontrar nuevos depósitos resulta cada vez más complejo. El panorama de la exploración contempla retos, como mayores profundidades, economías de escala y mayores costos. Muchos de los descubrimientos en el futuro serán cada vez más profundos y / o bajo cubierta posmineral (*undercover*); desarrollar habilidades para encontrar esos depósitos en condiciones cada vez más adversas, con mejor geología, mejor geofísica, geoquímica y mejores modelos, determinará el índice de éxito de la exploración.

### 1.2.2.3. Tendencias tecnológicas en el sector petróleo

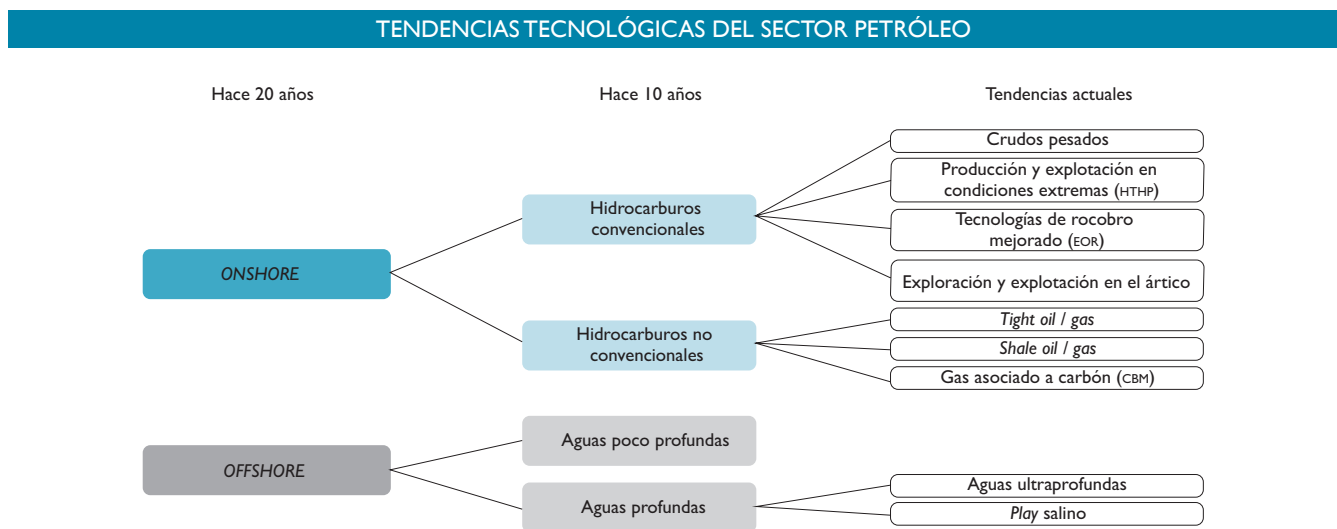
Es posible agrupar las tendencias tecnológicas del sector petróleo en dos grandes áreas: el *onshore* y el *offshore*. En el caso del *onshore*, las tendencias apuntan hacia investigación y desarrollo de tecnologías que permitan el aumento de la producción mediante técnicas de recobro mejorado, técnicas para la producción de crudos pesados y extra pesados y producción en ambientes extremos (alta presión y alta temperatura), para el caso de hidrocarburos convencionales. Las tecnologías para la producción de hidrocarburos no convencionales despiertan cada vez más interés, esto debido a los altos precios del gas

natural en el mercado internacional del petróleo, así como a la necesidad de garantizar el abastecimiento energético en el mediano plazo. Dichas tecnologías son i) *Tight oil / gas*: crudo ligero contenido en formaciones de petróleo de baja permeabilidad, ii) *shale oil / gas*: petróleo no convencional producido a partir de esquistos bituminosos mediante pirólisis, hidrogenación o disolución térmica, que convierten a la materia orgánica contenida dentro de la roca (querógeno) en petróleo sintético y gas, y iii) el gas asociado al carbón (CBM). Las anteriores tendencias se muestran en el gráfico 22.

Se estima que las reservas de petróleo no convencional son enormes, varias veces las del convencional. El ritmo al que serán explotadas estará determinado por consideraciones económicas y ambientales, incluidos los costos de mitigar su impacto en los ecosistemas, por lo tanto, juegan un papel clave para la determinación de los precios futuros del petróleo. En este campo las tendencias tecnológicas apuntan a medidas de mitigación para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, y a una mejor gestión del agua, del suelo y del subsuelo. Aunque el desarrollo de estas tendencias no aplica exclusivamente a estas fuentes no convencionales, sí será necesario con el fin de volver más aceptable la explotación de estos recursos.

En el *offshore* las tendencias se enfocan hacia el desarrollo de técnicas y mecanismos para la exploración y producción en aguas profundas y *plays* salinos, técnicas que requieren de esfuerzos multidisciplinarios y grandes inversiones, debido a la complejidad que estos ambientes involucran.

Gráfico 22



Fuente: *Energy Intelligence North Sea Market Review*, 2012.

#### 1.2.2.4. España

---

El Ciemat de España ha realizado tres estudios para establecer un panorama del sector energético, que marcan las tendencias en esta área. Los estudios identificaron tres áreas prioritarias y sus lineamientos:

- **Las energías renovables.** Es el subsector con mayores retos en materia de innovación tecnológica y desarrollo de mercados, comprende los temas relacionados con las tecnologías de aprovechamiento de recursos renovables más significativas: biomasa, solar térmica, solar fotovoltaica, eólica y pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH). Se debe detectar la situación actual del país respecto a las tecnologías emergentes en los subsectores para identificar las oportunidades futuras de la industria y las medidas que se pudiesen tomar para facilitar el desarrollo de los temas propuestos.
- **La conversión de combustibles fósiles.** Comprende la identificación de tecnologías emergentes para aumentar la eficiencia energética disminuyendo la cantidad de energía que se necesita consumir por unidad económica producida (intensidad energética) y que permitan capturar y almacenar para su eliminación el CO<sub>2</sub> de las emisiones.
- **Transporte, distribución, almacenamiento y uso final de la energía.** Se hace necesaria una evaluación de la capacidad de las tecnologías existentes para mejorar la flexibilidad del uso energético, así como la identificación de tecnologías emergentes que permitan la optimización del transporte y operación de los sistemas eléctricos. Se deben buscar tecnologías para favorecer el uso eficiente de la energía en los sectores residencial y terciario, de transporte e industrial.

Como resultado de los estudios anteriores se identificaron las siguientes tendencias y tecnologías:

#### ***Diversificación energética mediante el uso de las energías renovables***

---

La liberalización del mercado eléctrico, sumada a las restricciones ambientales, crea un escenario futuro que se orienta hacia la diversificación energética basada en el uso de fuentes renovables, configurando un sistema eléctrico en el cual los centros de generación se sitúan en puntos cercanos a los lugares de consumo.

#### ***Descentralización: sistemas distribuidos de energía eléctrica***

---

La tendencia marcada hacia la implantación de sistemas descentralizados de energía eléctrica modificará el modelo de generación de la red de distribución actual. Se disminuirán las inversiones requeridas para nuevos tendidos eléctricos permitiendo el aprovechamiento de sistemas autoproductores. Los sistemas de cogeneración permitirán aumentar significativamente la eficiencia en los procesos de los sectores industrial o terciario.

Las pilas de combustible son un campo promisorio en cuanto a alternativa futura, por su alta eficiencia y mínimo impacto ambiental, para la generación distribuida de electricidad a escala industrial y para producir electricidad y calor en los hogares.

La capacidad de las redes de transmisión para responder a la demanda exigirá el desarrollo de dispositivos basados en electrónica de potencia para controlar el flujo de corriente en las redes, facilitando así la operación.

#### ***Tecnologías de almacenamiento y transporte de energía***

---

El desarrollo de tecnologías de almacenamiento de energía con mayores capacidades, menores tiempos de respuesta, más eficaces que las actuales y económicamente más competitivas juega un papel muy importante.

La posibilidad de utilizar hidrógeno como un medio para almacenar y transportar energía requiere de sistemas que permitan su almacenamiento, basados en depósitos criogénicos con mejores propiedades de aislamiento o en el desarrollo de tecnologías basadas en hidruros, nanotubos y compuestos de carbono.

Así mismo, tecnologías más eficientes para reducir los costos de transporte en las redes eléctricas, gracias a la utilización de nuevos materiales para cables y aislantes, junto con la aplicación de los avances en materiales superconductores de alta temperatura en el diseño de nuevas aplicaciones e instalaciones, configuran el cambio de diseño de la red eléctrica actual.

## **Tecnologías de uso limpio de combustibles fósiles para generar electricidad**

---

La necesidad de satisfacer la creciente demanda energética implicará seguir recurriendo a los combustibles fósiles, por su disponibilidad y abundancia frente a otras fuentes, pero añadiendo el requisito de mitigar los impactos ambientales ligados a su uso.

Los requerimientos legales medioambientales implicarán el desarrollo de plantas de uso limpio, que utilizarán calderas de carbón pulverizado con cámaras de combustión presurizada, así como desarrollos de tecnologías de licuefacción y gasificación a costos competitivos frente a los actuales. El desarrollo de técnicas eficaces para capturar y almacenar el dióxido de carbono para minimizar el impacto ambiental se vuelve clave en la incorporación a nuevos sistemas.

Otro aspecto esencial es la repotenciación de plantas energéticas, ya sea modificando su sistema de combustión existente o introduciendo sistemas que mejoren su rendimiento.

### **Eficiencia energética**

---

La eficiencia energética es un factor clave para reducir el consumo mediante la implantación de hábitos más racionales de consumo, la introducción de mejores sistemas de gestión y la optimización del rendimiento de los equipos.

El consumo de energía en el sector residencial y terciario podría reducirse significativamente mediante el uso de sistemas de iluminación con lámparas de bajo consumo y la incorporación de sensores, sistemas de climatización más eficientes y autorregulables.

La introducción de buenas prácticas de uso, actuando sobre los hábitos de los usuarios para mejorar las prestaciones de los servicios, cobra peso sobre el consumo final de la energía.

Respecto al sector industrial, las acciones encaminadas a reducir la intensidad energética se plantean apoyadas en los sistemas de cogeneración y en la consideración de criterios ambientales para la toma de decisiones sobre la incorporación de nuevos productos en el interior de la industria, estableciendo un sistema de gestión energética.

## **1.2.2.5. Estados Unidos**

---

Las tendencias en investigación y desarrollo promueven las necesidades de tecnologías clave para su ejecución. De nuevo, la IEA elabora una lista para cada escenario propuesto, tal como lo hace para desarrollar hojas de ruta de tecnologías (*technology roadmaps*). Estos escenarios se plantean sobre la base de logros en materia de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. El primero es un escenario actual (ACT), bajo las condiciones presentes de operación del mercado, y el segundo es uno “azul” (*blue*), que considera importantes reducciones en materia de emisiones de gases de efecto invernadero para el 2050.

Lograr estas reducciones en ambos escenarios requiere una *descarbonización* progresiva en la generación de energía y compromisos substanciales para reducir las emisiones en otros sectores (industriales y transporte). Este gran reto implica altos niveles de innovación e inversión que se traducen en avances hacia la creación de un portafolio de prioridades clave de tecnología.

La tabla I muestra una lista de estas tecnologías que serán necesarias para cumplir con los objetivos de los dos escenarios. Sobre estas se perfilan las tendencias en materia de investigación y desarrollo en ciencia y tecnología para el sector energético en el ámbito internacional.

El Departamento de Energía de Estados Unidos, Oficina de Eficiencia Energética y Energías Renovables (DOE-EERE) identifica áreas estratégicas de investigación, desarrollo, demostración e innovación para el Plan de Desarrollo de Biomasa. Las grandes áreas identificadas son:

- I+D en sistemas de abastecimiento de materia prima de forma sostenible y de alta calidad.
- I+D en tecnologías de conversión de biomasa.
- Demostración a escala industrial y validación de biorrefinerías integradas y generación de bioelectricidad.
- Sostenibilidad transversal, análisis y actividades de expansión del mercado.

A continuación, en la tabla 2 se muestra el mapa de ruta identificado para la implementación del Plan de Desarrollo de Biocombustibles.

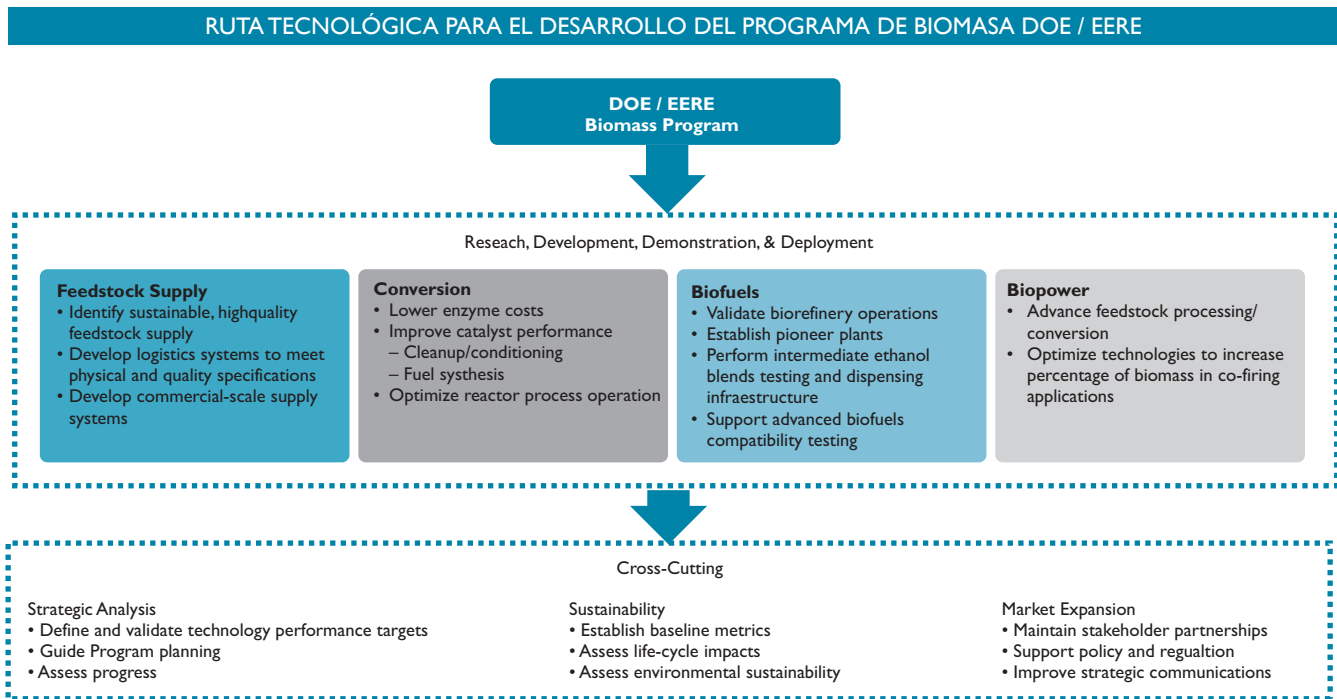


Tabla I

TENDENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL SECTOR ENERGÉTICO	
Tecnologías clave	
Escenarios ACT y blue	Esfuerzo adicional para el escenario blue
<b>Generación de energía</b>	
Generación por biomasa	Energía eólica en aguas profundas
Captura y secuestro de carbón (CCS)	Alta eficiencia en transmisión y distribución (T&D)
CCS para carbón: oxicombustión, poscombustión, precombustión	Producción de hidrógeno e infraestructura
CCS para gas: oxicombustión, poscombustión, combustión con transportadores de oxígeno.	Almacenamiento de electricidad a alta escala (500 GW)
CCS: biomasa	
Gasificación integrada en ciclo combinado (IGCC)	
Centrales termosolares (CSP)	
Sistemas geotérmicos mejorados (EGS)	
Energía eólica <i>offshore</i>	
Fotovoltaicas	
Redes inteligentes ( <i>Smart Grids</i> )	
<b>Industrial</b>	
Biorrefinerías	
CCS: industria (hierro, acero, amoníaco, cemento)	
Sustitución de materias primas (biopolímeros, éter de petróleo, monómeros a partir de biomasa)	
Sustitución de combustible (bombas de calor industriales, tecnologías de calefacción eléctricas)	
Reciclaje de plástico / recuperación de energía	
Innovación de procesos	
<b>Construcción / aparatos</b>	
Tecnologías de bombas de calor (aire; geotérmica; agua)	
Sistemas de iluminación LED	
Biocombustibles líquidos para cocina / calefacción	
Casa pasiva	
Calefacción solar	
<b>Transporte</b>	
Vehículos híbridos (baterías a bajo costo)	Vehículos eléctricos (baterías a bajo costo)
Biocombustibles de segunda generación (biodiésel avanzado, etanol celulósico)	Vehículos de hidrógeno

Fuente: IEA, *Energy Technology Perspectives, 2008*.

Tabla 2



Fuente: DOE, *Biomass Multi-Year Program Plan*, última revisión, abril de 2012.

La National Academies Press (NAP) en su última edición del documento de perspectivas para el futuro energético de Estados Unidos, *America's Energy Future: Technology and Transformation*, plantea una serie de

oportunidades de desarrollo de tecnologías y las áreas necesarias en investigación y desarrollo. Estas se resumen en la tabla 3.

Tabla 3

OPORTUNIDADES Y ÁREAS PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA
<b>Oportunidades de desarrollo de tecnologías</b>
Tecnologías de eficiencia energética en los sectores de construcción, transporte e industrial.
Carbón y gas natural con captura y secuestro de carbón (CCS).
Energía nuclear evolutiva.
IGCC, carbón pulverizado ultrasupercrítico y plantas de oxidación para mejorar la eficiencia y desempeño de electricidad generada por carbón.
Conversión termoquímica de carbón y mezclas de carbón y biomasa para combustibles líquidos. Investigación y desarrollo en métodos de conversión celulósica; producción de etanol celulósico a escala comercial.
Vehículos de carga liviana (LDV) avanzados, híbridos.
<b>Áreas necesarias para I+D</b>
Biociencias avanzadas (genómica, biología molecular y genética) para desarrollar biotecnologías para convertir biomasa en combustibles que se integren directamente a la infraestructura de transporte.
Tecnologías avanzadas para la producción de combustibles líquidos alternativos a partir de recursos renovables.
Tecnologías avanzadas para la producción de biomasa que proporcione rendimientos sostenibles, minimice la competencia con alimentos y cultivos y ofrezca beneficios sustanciales en reducción de gases de efecto invernadero.
Materiales fotovoltaicos avanzados y métodos de fabricación que mejoren la eficiencia a bajo costo.
Baterías avanzadas y celdas de combustible para vehículos de carga liviana.
Almacenamiento avanzado a larga escala para energía eólica y gestión de carga eléctrica.
Energía geotérmica avanzada.

Fuente: NAP, *America's Energy Future*, 2009.

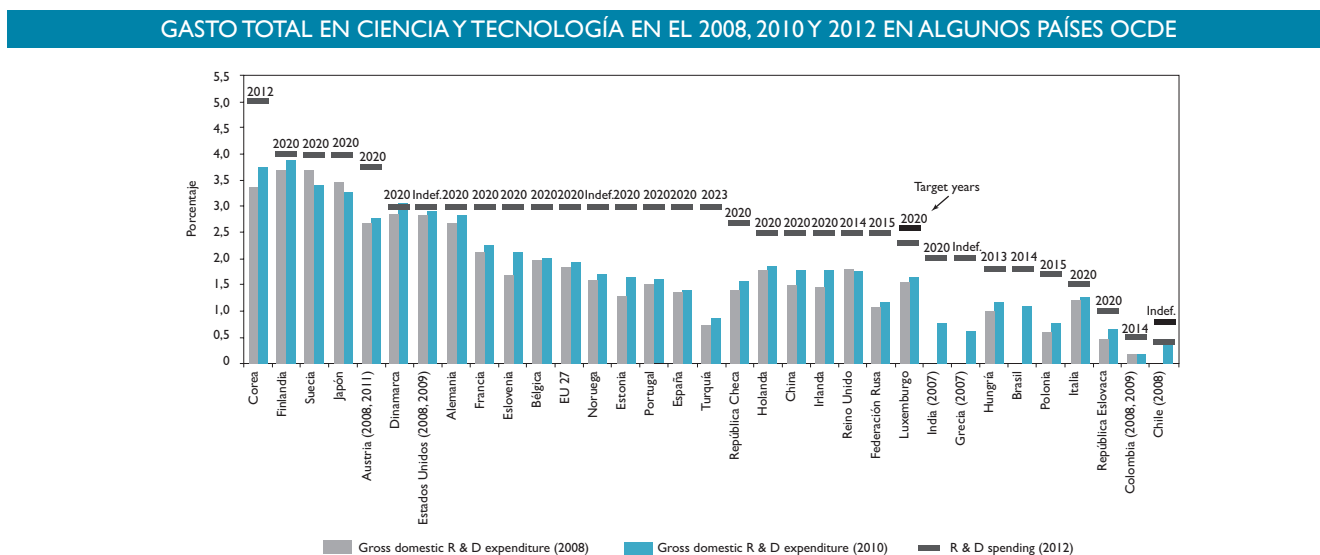
### 1.2.2.6. Inversiones internacionales en CTI

El gráfico 23 muestra el gasto en investigación y desarrollo de ciencia y tecnología para algunos países seleccionados pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el desarrollo Económico (OCDE) como porcentaje del PIB de cada nación. Dentro de los países con mayores inversiones se destacan Corea, Finlandia, Suecia, Japón y Dinamarca, con más del 3,5% del PIB para el 2008, así mismo, la inversión consolidada de la Unión Europea como EU 27 presenta inversiones cercanas al 2% durante el mismo período, Estados Unidos, por su parte, muestra inversiones cercanas al 3,0%. Para el caso de Latinoamérica, Brasil es el país que mayores inversiones ha hecho en la región en CTI, más del 1%, seguido de Chile, con inversiones cercanas

al 0,5%, por su parte, Colombia muestra un porcentaje cercano al 0,2%, que es muy inferior a la media de la OCDE.

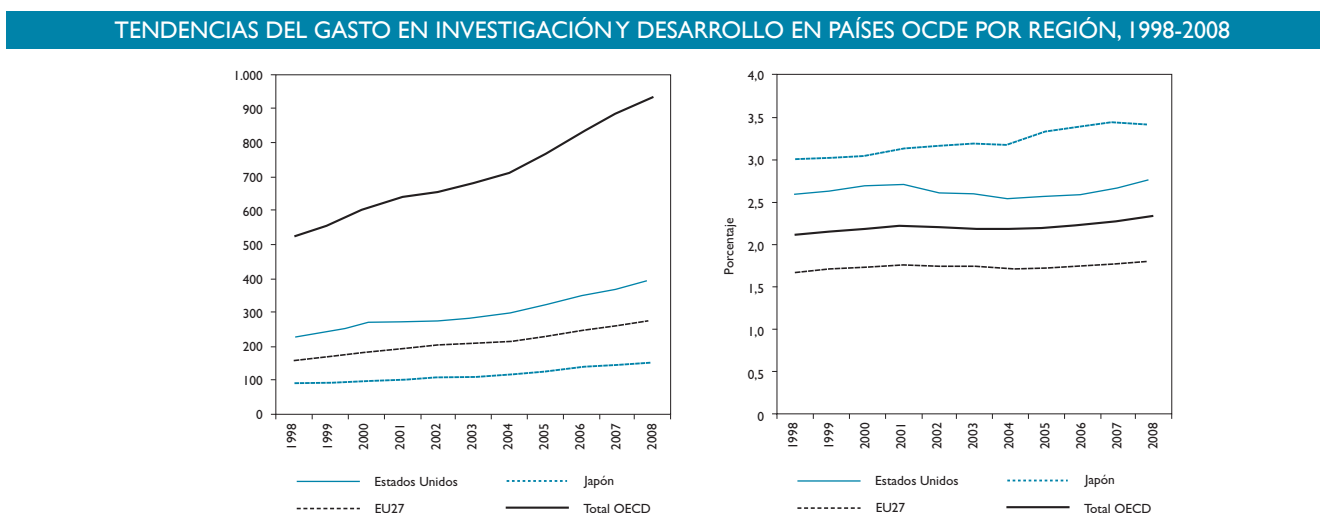
El gasto público en investigación y desarrollo en energía ha disminuido significativamente si se compara con las cifras de las décadas del setenta y el ochenta, pero ha permanecido generalmente estable desde el noventa hasta la fecha. El gráfico 24 ilustra la tendencia de gasto en investigación y desarrollo para Estados Unidos, Europa como Euro 27 y Japón, y la media de países pertenecientes a la OECD, discriminando el porcentaje del PIB y las inversiones en billones de dólares. Así mismo, el gráfico 25 muestra los gastos en euros para investigación y desarrollo en energía para algunos países europeos pertenecientes a la OCDE.

Gráfico 23



Fuente: OCDE, *Energy Technology Perspectives, 2008*.

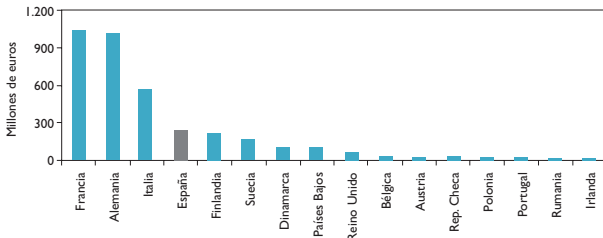
Gráfico 24



Fuente: OCDE, *Energy Technology Perspectives, 2008*.

Gráfico 25

**PRESUPUESTO PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA EN ALGUNOS PAÍSES DEL OCDE, 2011**

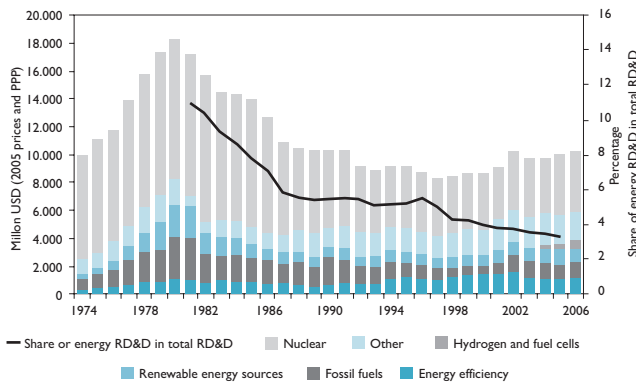


Fuente: OCDE, 2011.

Por su parte, la IEA realiza un marco de tendencias en ciencia y tecnología para el sector público y privado. En general, la inversión en investigación y desarrollo en el campo energético por parte del sector privado es mayor a la del Gobierno. La inversión del sector privado se estima de US\$40 a 60 billones por año, cifra cuatro a seis veces mayor a la del Gobierno.

Gráfico 26

**PRESUPUESTO DEL GOBIERNO PARA I+D EN ENERGÍA EN PAÍSES OECD**



Fuente: IEA, 2007.

Son tres los principales factores que han contribuido a esta disminución en la inversión pública y privada en la investigación y el desarrollo del sector energético (ver gráfico 26):

1. Los presupuestos en investigación y desarrollo para el sector se expandieron en los setenta como respuesta a la crisis petrolera de principios de esa década. Con el colapso de los precios del petróleo en la década del ochenta y los precios bajos de la energía en los noventa, las preocupaciones en materia de seguridad energética disminuyeron, esto se reflejó en una reducción de esfuerzos en materia de ciencia y tecnología.
2. Siguiendo la liberalización de los mercados en los noventa, fuerzas competitivas cambiaron el enfoque de las inversiones a largo plazo (caso de la investigación y el desarrollo) hacia un mejor uso de las plantas existentes y un despliegue de tecnologías y recursos ya desarrollados, como las tecnologías para el gas natural.
3. Una gran reducción en el gasto de investigación y desarrollo en energía nuclear, debido a que muchos países han experimentado sobrecostos y demoras en construcción. A ello se suma el aumento de preocupaciones públicas sobre la seguridad en los reactores, la proliferación nuclear y la eliminación de desechos nucleares.



# CAPÍTULO 2

## CONTEXTO MINERO Y ENERGÉTICO NACIONAL

---



# CAPÍTULO 2

## CONTEXTO

# MINERO Y ENERGÉTICO

# NACIONAL

## 2.1. SITUACIÓN MINERO-ENERGÉTICA

### 2.1.1. El sector minero

En los últimos años, la minería ha tenido un notable auge en el mundo, con una fuerte presencia en la región latinoamericana debido a la demanda internacional de materias primas y metales preciosos, en especial después de la recesión económica de 2008, en la cual la plata y el oro se convirtieron en formas seguras de inversión ante la inestabilidad de los mercados internacionales. Países en vía de desarrollo, como Argentina, México, Chile y Perú, han aprovechado el impulso del sector minero para su crecimiento económico, contradiciendo el antiguo paradigma existente en torno al sector minero. En este sentido, en los últimos años Colombia ha empezado a mostrarle al mundo su potencial minero, a pesar del evidente rezago frente a otras naciones de la región.

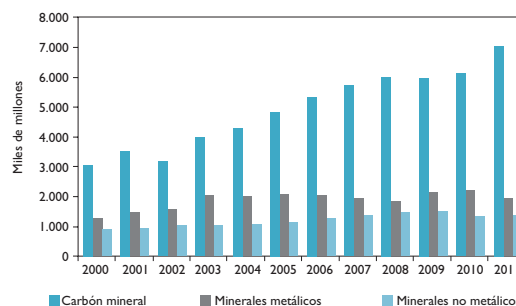
Desde el año 2000 la minería en Colombia ha presentado un dinamismo importante, con tasas de crecimiento superiores a las de otros sectores de gran importancia en la economía nacional, entre ellos manufactura, energía, servicios, agropecuario, silvicultura y pesca. Sumada a esto se observa la contribución creciente de este sector a la generación de empleo, exportaciones, inversión extranjera directa, entre otros.

Como se observa en el gráfico 27, el sector minero ha mantenido un comportamiento creciente de participación en la economía nacional. El carbón

es el producto minero de mayor aporte en el sector, con una contribución para el año 2000 del 51%. Alcanzó en 2011 el 68%, seguido de materiales metálicos y no metálicos. El PIB del sector ha pasado de 5,2 a 10,3 billones de pesos<sup>9</sup> entre el año 2000 y el año 2011.

Gráfico 27

EVOLUCIÓN DEL PIB MINERO 2000-2011 EN PESOS CONSTANTES DE 2005

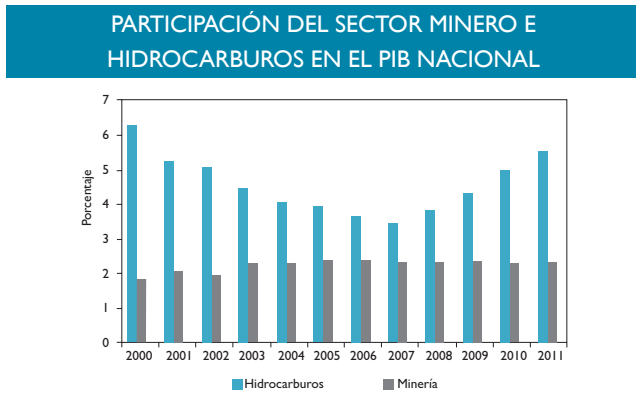


Fuente: Fedesarrollo, *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia*, 2012.

Así mismo, la participación del sector minero respecto al PIB nacional ha mantenido un crecimiento sostenido, como se indica en el gráfico 28. En el año 2000 era del 1,8% y en el 2011, de 2,3%. Para el mismo período, la participación del sector hidrocarburos mostró un descenso en el PIB nacional, pasando del 6,3% en el 2000 al 5,5% en el 2011.

<sup>9</sup> Pesos constantes del año 2005.

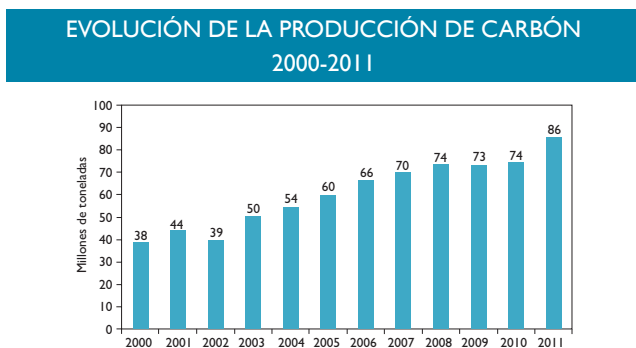
Gráfico 28



Fuente: Fedesarrollo, *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia*, 2012.

En la última década, la producción nacional de carbón mostró un crecimiento del 124%, pasando de 38,2 millones de toneladas en el 2000 a 85,8 millones en el 2011 (ver gráfico 29).

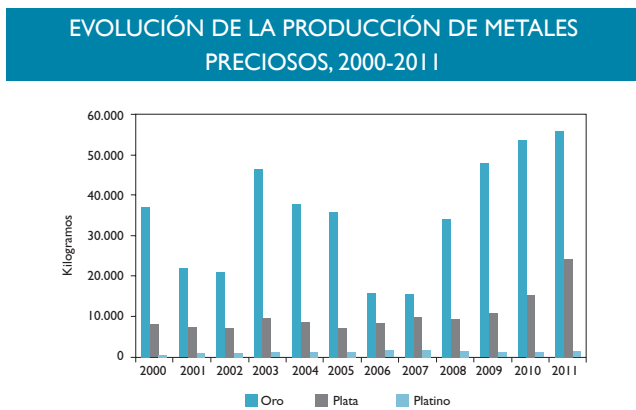
Gráfico 29



Fuente: Fedesarrollo, *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia*, 2012.

De igual forma, la producción nacional de otros minerales como oro, plata y platino mostró un crecimiento de 51%, 201% y 263%, respectivamente, para el período comprendido entre 2000 y 2011 (ver gráfico 30).

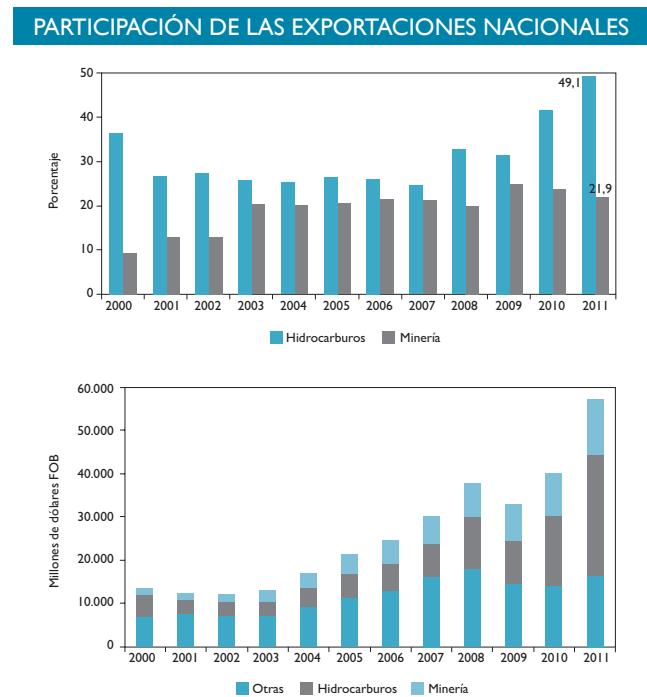
Gráfico 30



Fuente: Fedesarrollo, *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia*, 2012.

Como se observa en el gráfico 31, las exportaciones generadas por la minería y los hidrocarburos son de gran importancia para el país. Para el período comprendido entre los años 2000 a 2011 la participación del sector minero del total de las exportaciones nacionales se ha más que duplicado, pasando del 9,4% en el 2000 al 21,9% en el 2011. De igual manera se observa un aumento de la participación en las exportaciones del sector hidrocarburos, que pasó del 36,3% al 49,1% para el mismo período.

Gráfico 31



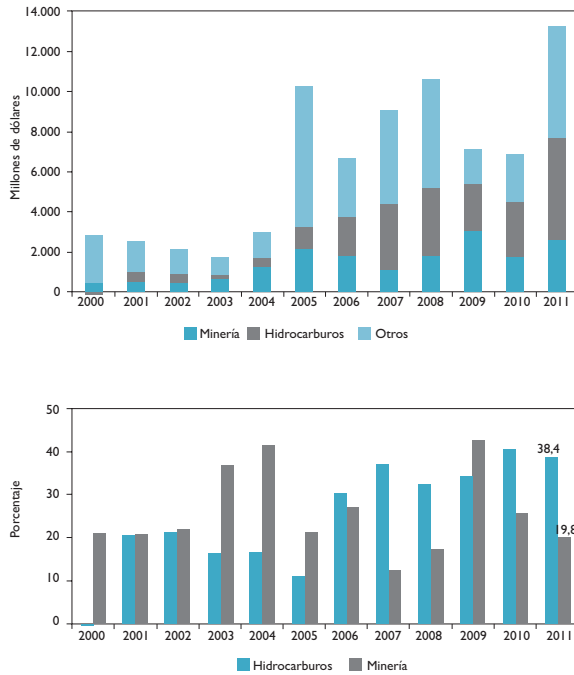
Fuente: Fedesarrollo, *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia*, 2012.

Como se observa en el gráfico 32, la inversión extranjera directa en el sector minero en la última década se ha acentuado de forma considerable, pasando de US\$507 millones en el año 2000 a 2.066 millones en septiembre del año 2011. En 2004 la inversión en el sector minero llegó a representar el 41% (US\$ 2.157 millones) del total de la inversión extranjera directa en el país. Sin embargo, a partir de 2006 se observa un estancamiento en los flujos de capital extranjeros, que ese año tiene una participación del 28%; para el año 2011 la participación de la misma en el sector minero llegó a representar cerca del 20% sobre el total. Es importante resaltar que el dinero de dichas inversiones es destinado principalmente a proyectos de exploración ya existentes, y no necesariamente a la llegada de empresas con nuevos proyectos.



Gráfico 32

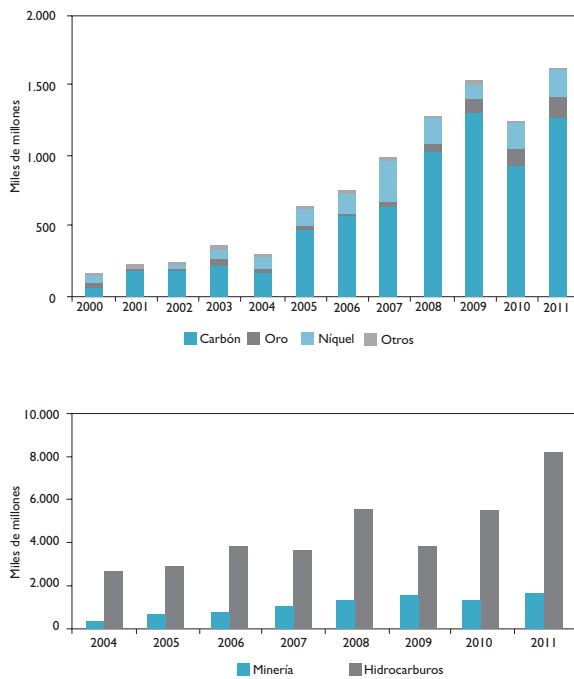
**EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA (IED) EN LOS SECTORES DE MINERÍA E HIDROCARBUROS, 2000-2011**



Fuente: Fedesarrollo, *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia*, 2012.

Gráfico 33

**EVOLUCIÓN DE LAS REGALÍAS EN EL SECTOR MINERO**

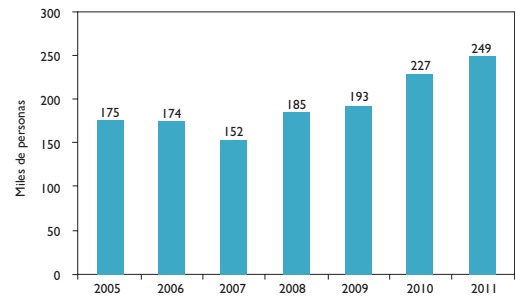


Fuente: Fedesarrollo, *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia*, 2012.

Las regalías son una de las contribuciones más importantes del sector minero, más aún cuando están destinadas a departamentos específicos y son de vital importancia para el desarrollo regional. En el año 2011 se distribuyeron alrededor de COL\$ 1,6 billones, lo cual indica un gran avance en este sentido si se compara con los COL\$ 350 mil millones de 2004. Como se observa en el gráfico 33, el carbón es el producto que mayor aporte sobre las regalías tiene, con un 78%, seguido del níquel, con el 1,8%, y el oro, con el 1,6%. En general, se observa un crecimiento constante y sostenido, lo cual es de gran relevancia si se pretende seguir el paradigma de desarrollo económico de otros países en vía de desarrollo de la región, como Chile o Perú.

Gráfico 34

**EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPADOS POR LOS SECTORES MINERÍA E HIDROCARBUROS**



Fuente: Fedesarrollo, *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia*, 2012.

El crecimiento de los sectores minero e hidrocarburos se ve reflejado en el aumento de la generación de empleo, que pasó de 175.000 a 249.000 puestos de trabajo durante el período 2005-2011, aunque durante el año 2007 se observó que el número de empleos tendió a disminuir (ver gráfico 34). A pesar del crecimiento evidenciado desde el 2005, el número de empleos ofrecidos por el sector continúa siendo demasiado bajo, alrededor del 1% del total.

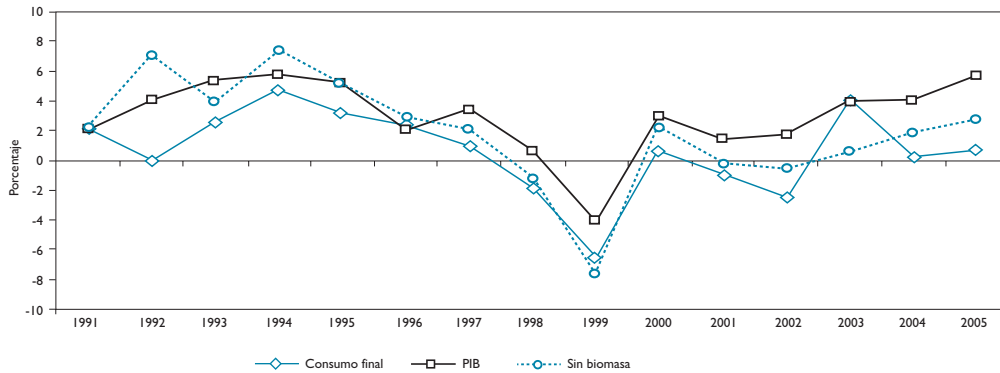
**2.1.2. El sector energético**

**2.1.2.1. Consumo de energía**

El consumo energético final se ha incrementado 11,5% entre 1990 y 2005, frente a un crecimiento acumulado del PIB del 54%. Cuando se excluye la biomasa, el crecimiento del consumo energético final es del 33%. Las tasas interanuales medias resultantes son de 2,94% en el PIB, del 1,9% para el consumo energético final sin biomasa y del 0,6% para el consumo energético final, incluyendo la totalidad de los energéticos. La evolución de cada variable se aprecia en el gráfico 35.

Gráfico 35

EVOLUCIÓN DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO DEL PIB  
Y DEL CONSUMO ENERGÉTICO FINAL

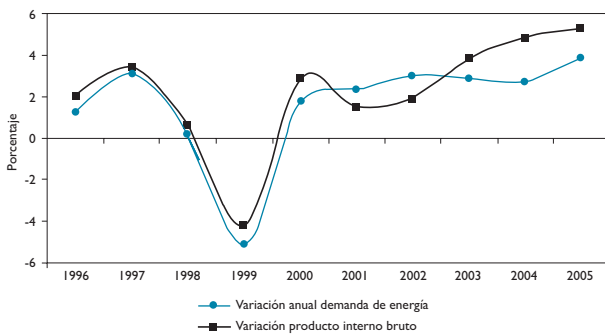


Fuente: UPME, Plan Energético Nacional. Contexto y Estrategias 2006-2025, abril de 2007.

El comportamiento de la demanda de energía está estrechamente relacionado con la tendencia del PIB, como se muestra en el gráfico 36. La trayectoria de este último se encuentra en la mayor parte por encima de la variación de la demanda de energía.

Gráfico 36

VARIACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA Y DEL PIB



Fuente: UPME.

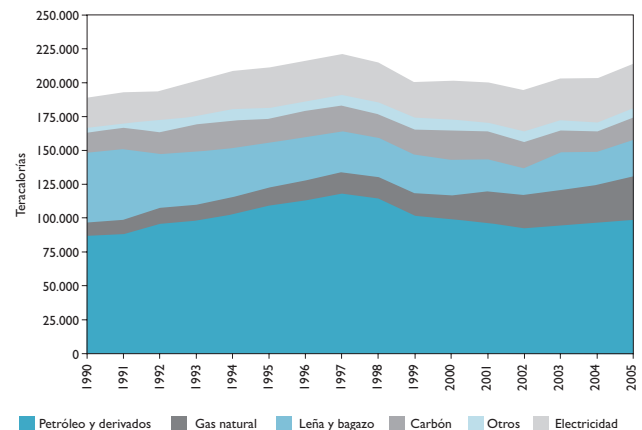
En el período de 1990 a 2005 el consumo interno de energía primaria pasó de 230.660 a 285.950 tercalorías, con una tasa de crecimiento media anual de 1,4%, generando cambios importantes en la composición de la nueva matriz. El petróleo como combustible (crudo castilla), la leña y el bagazo, disminuyeron su cuota de participación, la razón principal se vincula con el fuerte incremento del consumo de gas combustible (natural y gas licuado de petróleo [GLP]), cuya tasa de crecimiento media anual alcanzó el 7,6%.

Respecto al comportamiento de las distintas fuentes, se mantiene un aumento continuo del gas natural y de la electricidad; un crecimiento menor, pero sostenido, de los productos petrolíferos, particularmente en los últimos tres años; y un descenso lento y continuo del carbón, pese a ser el energético más abundante en el suelo colombiano.

En definitiva, la biomasa, y particularmente la leña, viene perdiendo participación en la estructura de consumo energético como consecuencia del desplazamiento del GLP hacia las zonas rurales y periferias de las ciudades, lo que cambia el patrón de consumo en el sector residencial rural. El gráfico 37 presenta la evolución del consumo final de energía primaria en Colombia durante los años 1990 y 2005.

Gráfico 37

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA  
POR ENERGÉTICO (T<sub>cal</sub>)



Fuente: UPME.

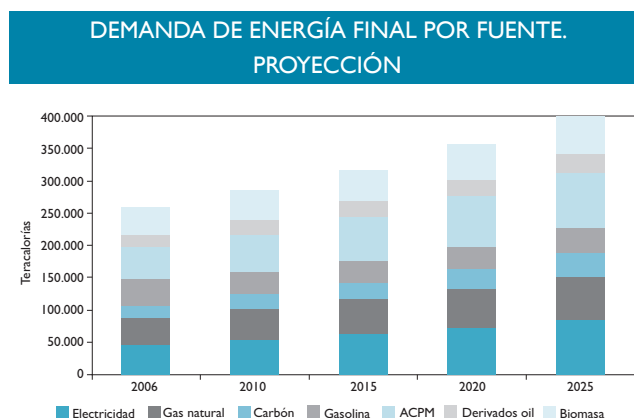
### 2.1.2.2. La demanda de energía

Los análisis de la UPME muestran que la demanda de energía final crecerá a una tasa del 2,3% promedio anual en el período 2006-2025, lo cual equivale a un aumento de aproximadamente 143.000 tercalorías. Se destaca el crecimiento del aceite combustible para motores (ACPM) y del carbón, este último como consecuencia de los precios del gas y la electricidad.

La principal fuente sustituida es la gasolina, la cual se reemplaza por gas natural vehicular (GNV), particularmente en el transporte urbano, y por ACPM en el urbano e interurbano. La gasolina disminuye su participación relativa, pasando del 16,8% en 2006 al 9% en 2025. El ACPM, con una tasa de crecimiento interanual de 3,7% en el horizonte de análisis, aumenta su participación en la canasta, pasando del 18,9% al inicio del período y concluyendo en 2025 con una participación del 21,8% en el total.

Por su aumento en el consumo industrial, el carbón crecerá al 3,7% promedio anual, incrementando su participación en 2,1 puntos porcentuales en el consumo final del país entre 2006 y 2025. El gráfico 38 presenta la composición de la canasta de energía final a lo largo del intervalo de estudio.

Gráfico 38



Fuente: UPME.

### 2.1.2.3. Reservas y oferta

Colombia dispone de un portafolio de recursos energéticos que le ha permitido atender sus propios requerimientos internos y contribuir de manera importante a la generación de recursos para la economía nacional.

El carbón, fuente de energía principal del territorio nacional por su abundancia, presentó reservas probadas de carbón cercanas a 6.500 millones de toneladas al finalizar el año 2011, mientras que la producción en

Tabla 4

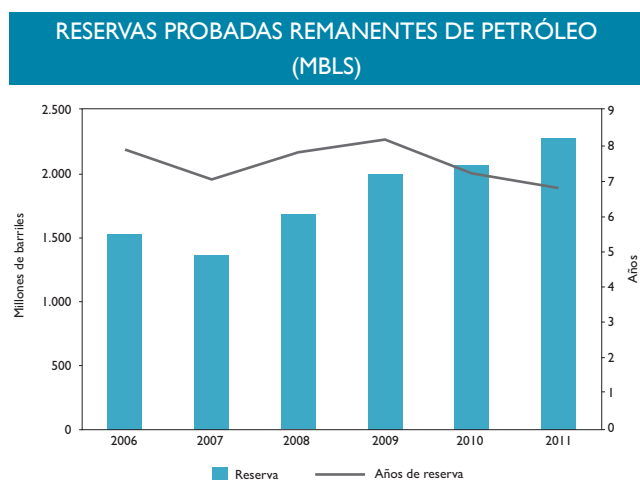
PRODUCCIÓN NACIONAL Y EXPORTACIONES DE CARBÓN EN MILES DE TONELADAS 2007-2011					
Zona carbonífera	2007	2008	2009	2010	2011
Guajira	30.069	31.431	31.431	31.098	33.356
Cesar	33.187	33.676	34.050	36.016	43.688
Córdoba	481	493	392	100	312
<b>Subtotal Costa Atlántica</b>	<b>63.737</b>	<b>66.109</b>	<b>65.873</b>	<b>67.214</b>	<b>77.355</b>
Antioquia	230	404	656	149	334
Boyacá	2.275	2.231	2.276	2.676	2.754
Cundinamarca	1.785	2.406	1.942	2.056	3.063
Valle del Cauca	50	79	0	0	109
Norte de Santander	1.691	2.085	1.938	2.117	1.902
Casanare	0,1	0,1	0,6	0,5	0,5
Cauca	18	10	5	1	84
Santander	116	178	117	136	202
<b>Subtotal interior</b>	<b>6.165</b>	<b>7.393</b>	<b>6.934</b>	<b>7.136</b>	<b>8.448</b>
<b>Total producción nacional</b>	<b>69.902</b>	<b>73.502</b>	<b>72.807</b>	<b>74.350</b>	<b>85.803</b>
<b>Total exportaciones</b>	<b>64.575</b>	<b>67.761</b>	<b>66.756</b>	<b>68.148</b>	<b>79.273</b>

Fuente: UPME, Boletín estadístico de minas y energía 2007-2011.

ese mismo año ascendió a 85 millones de toneladas, lo que da una relación reservas / producción superior a los setenta años. Por lo anterior, el carbón representa para el país un bien altamente estratégico. La tabla 4 (página 43) muestra los datos de producción y exportaciones de carbón que reflejan la importancia de esta fuente energética para el país.

La situación nacional respecto al petróleo no es la mejor, si bien durante los últimos años el esfuerzo nacional se ha encaminado a la búsqueda de nuevas reservas y a aumentar la producción de petróleo con la meta de llegar a la producción sostenida de un millón de barriles / día, las reservas probadas hasta el 2011 solo aseguran abastecimiento para cerca de siete años. De acuerdo con el gráfico 39, en el 2011 las reservas probadas alcanzaron los 2.259 millones de barriles, lo que representó un aumento del 9,8% con relación al 2010. Para el período comprendido entre 2007 y 2011, las reservas aumentaron en 901 millones de barriles, equivalentes al 66%, para el mismo período la producción mostró un aumento de 140 millones, que significaron un crecimiento del 72%.

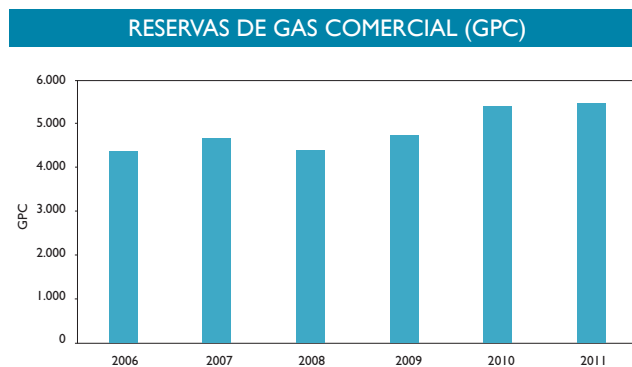
Gráfico 39



Fuente: UPME, Boletín estadístico de minas y energía 2007-2011.

Las actividades de exploración y explotación de gas son simultáneas a las del petróleo y, en consecuencia, solo la perforación de los pozos confirma qué tipo de hidrocarburo se encuentra. Sin embargo, en cierto modo, la probabilidad de hallazgo de uno u otro hidrocarburo también depende de las características de las cuencas sedimentarias y, por consiguiente, del esfuerzo exploratorio en cada una de ellas. De acuerdo con la información suministrada por la UPME, las reservas probadas de gas comercial a diciembre de 2011 ascendían a 5.463 Gpc. El gráfico 40 muestra las reservas probadas de gas natural.

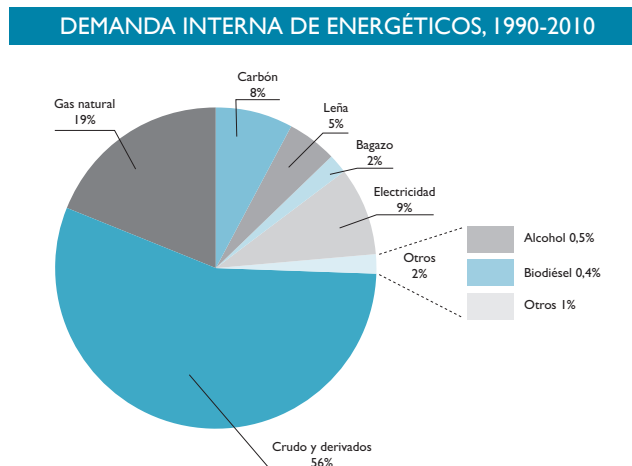
Gráfico 40



Fuente: UPME, Boletín estadístico de minas y energía 2007-2011.

De acuerdo con las estadísticas nacionales reflejadas en el Balance Energético Nacional 1990-2010, y como se muestra en el gráfico 41, los energéticos de mayor participación de acuerdo a la demanda interna nacional son el crudo y los derivados del petróleo, con una participación del 56%, seguidos del gas natural, con un 19%; la energía del carbón y eléctrica, con un 9% y 8%, respectivamente. Así mismo, se evidencia una pequeña participación de los energéticos no convencionales, dentro de la cual se ubican el biodiésel, el alcohol carburante y otras fuentes energéticas, que sumadas representan un 2% de la canasta.

Gráfico 41

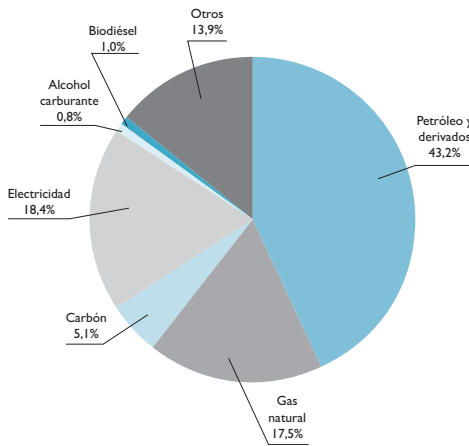


Fuente: UPME, Boletín estadístico de minas y energía 2007-2011.

Se presenta un comportamiento similar al reflejado en la demanda interna de energéticos en la estructura de consumo, tal como se muestra en el gráfico 42. El petróleo y sus derivados en energético tienen mayor participación, seguidos de la electricidad y el gas natural. Así mismo, en el gráfico 43 se muestra la evolución histórica de la oferta interna de fuentes energéticas para el período comprendido entre el 1990 y 2005.

Gráfico 42

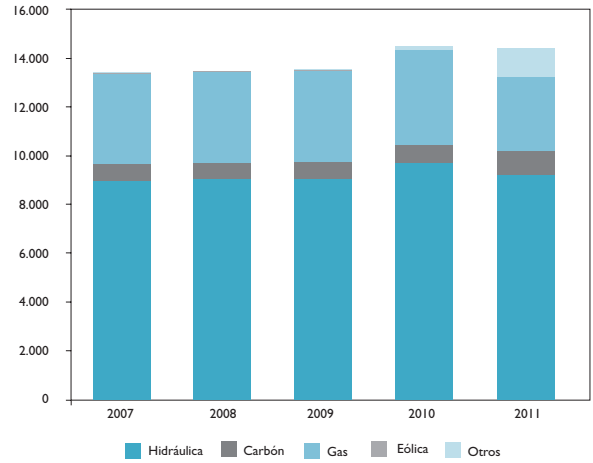
ESTRUCTURA DEL CONSUMO ENERGÉTICO, 2009



Fuente: UPME, Boletín estadístico de minas y energía 2007-2011.

Gráfico 44

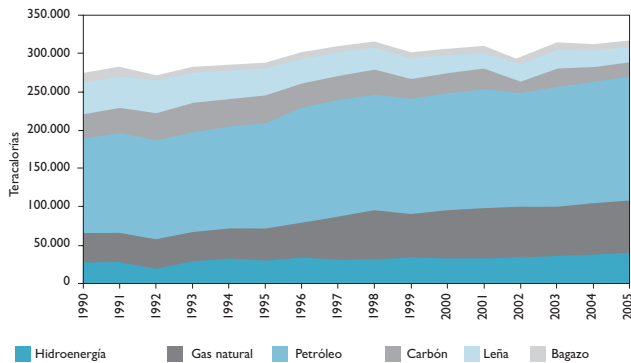
CAPACIDAD EFECTIVA DE GENERACIÓN POR TIPO DE COMBUSTIBLE (MW)



Fuente: UPME, Boletín estadístico de minas y energía 2007-2011.

Gráfico 43

EVOLUCIÓN DE LA OFERTA INTERNA DE ENERGÍA



Fuente: UPME.

Por su parte, la capacidad de generación efectiva neta a diciembre de 2011 fue de 14.424 MW, con un aumento neto de 1.014 MW respecto al año 2007, lo que representa un aumento del 8% en los últimos cinco años, en particular por la entrada en funcionamiento de algunos proyectos hidroeléctricos y el aumento de la generación con otras fuentes de energía, las cuales subieron considerablemente, en especial entre 2010 y 2011, año en el cual alcanzaron 1.180 MW. Así mismo, es posible observar que la mayor parte de la capacidad de generación está representada en recursos hídricos, seguida de la generación a partir de gas y carbón. El gráfico 44 presenta el comportamiento desde 2007 hasta 2011.

2.1.2.4. Biocombustibles

La producción de biocombustibles, especialmente de B100, a partir del año 2007 ha mostrado un crecimiento sostenido como resultado de iniciativas nacionales como el Conpes 3510 de 2008, "Producción sostenible de biocombustibles en Colombia", así mismo, se prevé que la producción de biocombustibles continúe en aumento, más aun después de la expedición del Decreto 4892, de 23 de diciembre de 2011, por el cual se dictan disposiciones aplicables al uso de alcoholes carburantes y biocombustibles para vehículos automotores, en el cual se establece:

- Para la gasolina motor, porcentajes de mezcla obligatoria con alcohol carburante que variarán entre el 8% y el 10%. A partir del 1.º de enero de 2013 se podrán fijar porcentajes obligatorios de alcohol carburante superiores al 10% de mezcla obligatoria para el alcohol carburante.
- Para el diésel, a partir del 1.º de enero de 2013 los ministerios de Minas y Energía y de Ambiente y Desarrollo Sostenible, previa consulta de la Comisión Intersectorial de Biocombustibles, podrán fijar porcentajes obligatorios de biocombustibles superiores al 10% de mezcla obligatoria de biocombustibles.

En 2007 la producción nacional de alcohol carburante alcanzó 272 millones de litros, mientras que a finales de 2011 se produjeron más de 337 millones de

litros, lo que representa un aumento en la capacidad de producción nacional en cinco años del 24%. Este crecimiento se ha dado principalmente por la ampliación de la distribución de gasolina oxigenada a más regiones del país (ver gráfico 45).

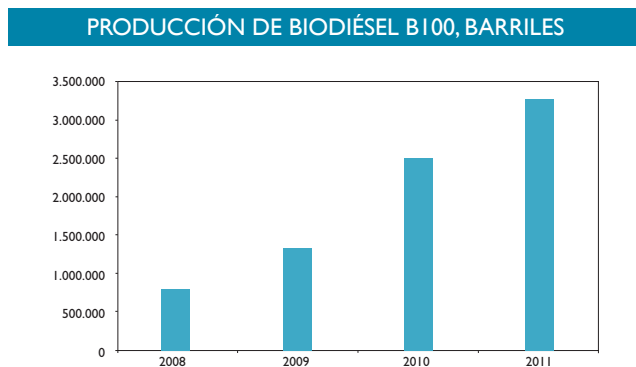
Gráfico 45



Fuente: UPME, Boletín estadístico de minas y energía 2007-2011.

Para el caso de B100, en el período de 2007 a 2011, la producción nacional ha multiplicado cerca de cuatro veces su capacidad, pasando de 33 millones de galones en 2008 a 137 millones en 2011. Este crecimiento es debido al aumento de empresas productoras de diésel en el ámbito nacional (ver gráfico 46).

Gráfico 46



Fuente: UPME, Boletín estadístico de minas y energía 2007-2011.

## 2.2. POLÍTICAS NACIONALES Y SECTORIALES DE REFERENCIA

### 2.2.1. Visión 2019

La propuesta se sustenta en dos principios que deben orientar el ejercicio hacia el tipo de sociedad que se plantea para 2019: i) consolidar un modelo político

profundamente democrático, sustentado en los principios de libertad, tolerancia y fraternidad, y ii) afianzar un modelo socioeconómico sin exclusiones, basado en la igualdad de oportunidades y con un Estado garante de la equidad social.

Estos dos principios, a su vez, se desarrollan en cuatro grandes objetivos:

- Una economía que garantice mayor nivel de bienestar.
- Una sociedad más igualitaria y solidaria.
- Una sociedad de ciudadanos libres y responsables.
- Un Estado eficiente al servicio de los ciudadanos.

En particular para los sectores energético y minero, se establece que con el propósito de satisfacer las necesidades internas y atender los mercados internacionales, el país debe desarrollar, a mediano y largo plazo, una serie de políticas específicas que permitan posicionar a Colombia como un *clúster* energético en la región, dadas las ventajas competitivas que el país tiene en infraestructura hidroeléctrica, potencial de los biocombustibles y la solidez de las grandes empresas del sector. Para lograr este objetivo se definen cuatro principios básicos:

- **Integración regional:** aprovechamiento de la canasta regional de energéticos, que garantice un abastecimiento en el largo plazo con precios eficientes, calidad y confiabilidad adecuadas.
- **Convergencia:** formación de precios de los diferentes productos energéticos a través de mecanismos de mercado, sin distorsiones de los sistemas impositivos, arancelarios, ambientales y de regulación.
- **Utilización de biocombustibles** sin transferencia de rentas entre sectores productivos para evitar las posiciones dominantes y sustitución de productos refinados a precios ineficientes.
- **Regulación:** supervisión y regulación estatal de los mercados y, en el caso de la energía eléctrica, armonización de los diseños de mercado, aprovechando la experiencia y los resultados del modelo colombiano.
- **Desarrollo de infraestructura:** construcción de la infraestructura necesaria para realizar inter-

cambios comerciales, con la promoción del Estado y la ejecución del sector privado, aprovechando la estrategia de integración regional.

- **Desarrollo de proyectos de infraestructura** que ubiquen a Colombia en un renglón relevante dentro del mercado mundial de bienes primarios, como el carbón y el gas natural.

A continuación se describen las principales metas para los sectores de energía eléctrica, hidrocarburos y gas y minería:

- Elevar la participación de las energías alternativas en zonas no interconectadas (329 MW en el 2019).
- Aumentar la cobertura de energía eléctrica. En el 2019 se debe alcanzar un 99% de cobertura en zonas interconectadas y un 75% en zonas no interconectadas (ZNI).
- Consolidar un mercado eléctrico andino y centroamericano con intercambios continuos de energía entre sus países. La capacidad de generación debe llegar a 20.227 MW en el 2019.
- Establecer mecanismos de mercado en generación. A 2019 se deberá profundizar el modelo de mercado de forma que permita la ubicación regional óptima de la oferta de generación y el pago eficiente de la confiabilidad requerida por el sistema regional.
- Mantener la autosuficiencia petrolera. Adicionar 1.500 millones de barriles de reservas antes de 2010 y, durante el período 2010-2019, adicionar otros 2.000 millones.
- Adicionar nuevas reservas de gas natural y desarrollarlas (17 TPC).
- Aumentar las exportaciones de carbón. Llegar a 100 millones de toneladas en 2019.
- Aumentar el nivel del conocimiento del subsuelo del país. Se propone un cubrimiento de 75% del territorio con exploración geológica básica a una escala de 1:100.000
- Incrementar la producción nacional de oro. Llegar a 255,8 millones de gramos en el 2019.

## 2.2.2. Plan Energético Nacional (PEN)

Desde principios de la década del noventa, la planeación de la política energética y los objetivos a ser alcanzados se consignan en el Plan Energético Nacional (PEN), del cual hasta el momento se han realizado cuatro versiones. En general, se ha caracterizado por la consistencia y continuidad en los objetivos. El plan vigente establece como directrices:

- Asegurar la disponibilidad y el pleno abastecimiento de los recursos energéticos para atender la demanda nacional y garantizar la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo.
- Consolidar la integración energética regional.
- Consolidar esquemas de competencia en los mercados.
- Formación de precios de mercado de los energéticos, que aseguren competitividad y uso racional de la energía.
- Maximizar la cobertura con desarrollo local.

Actualmente se está llevando a cabo la actualización del PEN. De manera preliminar establece como objetivos de política los siguientes:

- Aumentar la confiabilidad y reducir la vulnerabilidad del sector energético colombiano.
- Maximizar la contribución del sector energético colombiano, la sustentabilidad macroeconómica, a la competitividad y el desarrollo del país.
- Contribuir al desarrollo sostenible en sintonía con las tendencias mundiales.
- Adecuar el marco institucional a la política energética nacional.

## 2.2.3. Plan Nacional de Desarrollo Minero

El Plan Nacional de Desarrollo Minero 2007-2010, “Gestión pública para propiciar la actividad minera”, busca orientar la gestión pública hacia la generación de un entorno institucional y social donde la minería pueda crecer y contribuir al desarrollo integral de las regiones mineras.

El plan establece dos grandes estrategias, la primera de ellas destinada a buscar una mayor participación en el negocio minero de los segmentos que tienen mayores potencialidades para dinamizar el crecimiento del sector. Dicho crecimiento puede tener lugar a partir de una significativa expansión de las empresas mineras ya establecidas, de la identificación y el desarrollo de nuevos proyectos mineros y de la transformación tecnológica y empresarial de algunas unidades productivas de pequeña escala que se hallan dispersas por todo el país. Este crecimiento es responsabilidad directa del sector privado, pero al Estado le corresponde proveer el ambiente adecuado para que pueda llevarse a cabo.

La segunda estrategia busca articular el crecimiento del sector con las dinámicas del desarrollo económico y social del entorno territorial de los centros de actividad minera. En tal sentido, es necesaria la gestión gubernamental tendiente a abrir espacios de diálogo y concertación con las comunidades del área de influencia de sus proyectos, ya que un entorno de percepción social favorable a la actividad minera beneficia su productividad y la generación de productos más competitivos.

En tal sentido, se considera necesario priorizar las siguientes líneas de acción en la gestión de las entidades estatales del sector:

- Generar y actualizar un conocimiento del contexto nacional e internacional del negocio minero, que sirva de base para la toma de decisiones en las diferentes instancias gubernamentales relacionadas con la minería.
- Introducir ajustes a la normatividad minera y a la estructura de las instituciones del sector, con el fin de adecuarlas a las nuevas realidades del negocio minero.
- Implementar estructuras y procedimientos de atención especializada para los diferentes segmentos de clientes, particularmente empresas exploradoras y mineros locales de pequeña escala.
- Afianzar la motivación del cliente y facilitarle los procesos de información previos a la contratación con unas agendas de servicios basadas en propuestas de valor acordes a las necesidades de cada uno de los segmentos.
- Adoptar procesos eficientes y visiblemente transparentes en la contratación minera y en la operación del catastro (registro minero) nacional.

- Adoptar agendas de productividad y competitividad para promover entre la minería local de pequeña escala proyectos de desarrollo empresarial, modernización tecnológica, producción más limpia y agregación de valor, entre otros.
- Promover acuerdos de cooperación entre empresas mineras, Colciencias, el SENA, universidades e institutos tecnológicos, entre otros actores relevantes para el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica y de formación del recurso humano.
- Propiciar espacios de diálogo y entendimiento entre entidades gubernamentales, empresas, gremios mineros y administraciones locales, que conduzcan a la adopción de herramientas para posibilitar la transparencia de la industria minera, la responsabilidad social empresarial y los acuerdos Gobierno-industria.
- Realizar acuerdos de colaboración con las entidades gubernamentales relacionadas con diferentes temas del proceso minero, como licenciamiento y seguimiento ambiental, auditorías minero-ambientales, fiscalización, regalías y producción más limpias.
- Fiscalizar el cumplimiento de las obligaciones contractuales de los titulares mineros.
- Incrementar, mediante un censo, el conocimiento de las dimensiones, distribución espacial e impactos de cada uno de los segmentos mineros.
- Avanzar en el programa de exploración regional geológica, geoquímica y geofísica del territorio nacional.

#### 2.2.4. Ley 697 de 2001

En dicha ley se declara al uso racional y eficiente de la energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y con los recursos naturales. En tal sentido, el Estado creará la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de proyectos concretos URE a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables, asegurando el desarrollo sostenible, al tiem-



po que se generan la conciencia URE y el conocimiento y utilización de formas alternativas de energía.

Otros aspectos destacables de la ley y del Decreto reglamentario 3683 de 2003 son los siguientes:

- La creación del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no Convencionales (Proure), a cargo del Ministerio de Minas y Energía, cuyo objeto es aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética cumpla permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética de manera sostenible.
- Se conformó la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes no Convencionales de Energía (Ciure), con el fin de asesorar y apoyar al Ministerio de Minas y Energía en la coordinación de políticas sobre el uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales en el sistema interconectado nacional y en las zonas no interconectadas. De dicha comisión forman parte además del Ministro de Minas y Energía, los ministros de Industria, Comercio y Turismo; de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; y los directores de la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), Colciencias y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE).
- El compromiso de Colciencias para desarrollar estrategias y acciones en conjunto con otras entidades, para crear líneas de investigación y desarrollo tecnológico en el uso racional y eficiente de la energía y / o fuentes no convencionales de energía. A este respecto, Colciencias ha suscrito convenios con empresas del sector como Codensa, Isagen, Empresas Públicas de Medellín (EPM), y realiza actividades mediante convenios de cooperación con la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), bajo los cuales se han lanzado convocatorias en las que se apoyaron proyectos de I+D en eficiencia energética.
- La responsabilidad del Ministerio de Minas y Energía en el diseño de un programa acompañado de proyectos piloto para la promoción de fuentes renovables en las zonas no interconectadas (ZNI) para ser presentado ante el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas (Fazni), el cual formará parte del Proure.

- La posibilidad de presentación al Fazni, por parte de Colciencias, de planes, programas y proyectos para la investigación y desarrollo tecnológico de fuentes renovables en ZNI.

### 2.2.5. Conpes 3510 de 2008

Da los lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia. El propósito general es aprovechar, de manera competitiva y sostenible, las oportunidades de desarrollo económico y social que ofrecen los mercados emergentes de biocombustibles. Como objetivos específicos se establecen:

- Incrementar competitivamente la producción sostenible de biocombustibles, contribuyendo a la generación de empleo, al desarrollo rural y al bienestar de la población.
- Promover una alternativa de desarrollo productivo para la ocupación formal del suelo rural.
- Contribuir a la generación de empleo formal en el sector rural.
- Posicionar al país como exportador de biocombustibles a partir de la consolidación de esta agroindustria como un sector de talla mundial.
- Diversificar la canasta energética del país mediante la producción eficiente de biocombustibles, haciendo uso de las tecnologías actuales y futuras.
- Garantizar un desempeño ambientalmente sostenible a través de la incorporación de variables ambientales en la toma de decisiones de la cadena productiva de biocombustibles.

Inicialmente se recomienda que las acciones gubernamentales se orienten a promover la consolidación del mercado doméstico y a generar los incentivos apropiados para que la industria local se prepare para competir en el mercado internacional. Posteriormente, para asegurar la entrada de los biocombustibles en los mercados internacionales, se sugiere diferenciar el producto colombiano por los beneficios ambientales y sociales generados, teniendo en cuenta que los biocombustibles que se consuman en el mercado local cumplan con los mismos estándares de los productos para mercados internacionales. Para el logro de lo anterior se indican las siguientes estrategias:

- Creación de la Comisión Intersectorial para el Manejo de Biocombustibles.
- Definición de un programa orientado a reducir los costos de producción de los biocombustibles en las etapas de producción y transformación, con criterios de sostenibilidad ambiental y social.
- Evaluación y definición de un plan de desarrollo de infraestructura de transporte.
- Continuar incentivando la producción eficiente de biocombustibles.
- Definición de un Plan Nacional de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles.
- Armonización de la Política Nacional de Biocombustibles con la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional.
- Definición de un nuevo esquema de regulación de precios de los biocombustibles.
- Continuación de la política de mezclas de biocombustibles y combustibles fósiles.
- Desarrollo de acciones específicas para abrir nuevos mercados y diferenciar el producto colombiano en los mercados internacionales.
- Desarrollo de acciones para garantizar un desempeño ambientalmente sostenible a través de la incorporación de variables ambientales en la toma de decisiones de la cadena productiva de biocombustibles.

### 2.2.6. Conpes 3527 de 2008

El documento desarrolla los lineamientos de la Política Nacional de Competitividad (PNC) aprobados por la Comisión Nacional de Competitividad (CNC) el 13 de julio de 2007.

De manera conceptual se establece que el objetivo de la política de competitividad es lograr la transformación productiva del país. Este puede aumentar el valor de su producción por tres vías: produciendo más (aumentando la productividad), produciendo mejor (aumentando la calidad) o produciendo nuevos productos (transformación productiva). Aunque, en general, ninguno de esos tres frentes puede ser despreciado, Colombia debe hacer un esfuerzo relativamente ma-

yor en el tercero, ya que prácticamente ha agotado las fuentes de crecimiento en los dos primeros.

Los pilares generales de la política son: i) desarrollo de sectores o *clúster* de clase mundial, ii) promoción de la productividad y el empleo, iii) formalización laboral y empresarial, iv) promoción de la ciencia, la tecnología y la innovación, y v) estrategias transversales.

Como objetivos específicos se propone avanzar en quince temas que han sido identificados como cruciales para la competitividad y que se muestran en la tabla 5. Para cada uno de ellos, bajo el liderazgo del ministerio o entidad responsable, se ha construido un plan de acción específico. Los quince planes de acción resultantes se pueden entender como desarrollo de los cinco pilares generales previamente definidos para la política de competitividad.

Tabla 5

LOS QUINCE PLANES DE ACCIÓN	
I. Sectores de clase mundial	IX. Infraestructura de logística y transporte
II. Salto en la productividad y empleo	X. Profundización financiera
III. Competitividad en el sector agropecuario	XI. Simplificación tributaria
IV. Formalización empresarial	XII. TIC
V. Formalización laboral	XIII. Cumplimiento de contratos
VI. Ciencia, tecnología e innovación	XIV. Sostenibilidad ambiental como factor de competitividad.
VII. Educación y competencias laborales	XV. Fortalecimiento institucional de la competitividad
VIII. Infraestructura de minas y energía	

Fuente: Conpes 3527 de 2008.

### 2.2.7. Conpes 3577 de 2009

En el documento se presentan los elementos para establecer la Política Nacional para la Racionalización del Componente de Costos de Producción Asociado a los Fertilizantes en el Sector Agropecuario.

El diagnóstico muestra que las problemáticas que justifican el desarrollo de una política en esta temática son: i) baja producción nacional de fertilizantes para la agricultura a partir de fósforo, potasio, calcio,

magnesio y azufre; ii) ineficiencia en los procesos de producción y comercialización de abonos orgánicos y limitada investigación en el manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos; iii) falta de desarrollo de la capacidad nacional para la investigación, producción y comercialización de biofertilizantes; iv) utilización ineficiente e insostenible de fertilizantes por parte de los productores agropecuarios; y v) limitaciones en la capacidad de supervisión, vigilancia y control legal y técnico de las autoridades competentes en la producción, comercialización y utilización de fertilizantes inorgánicos, abonos orgánicos y biofertilizantes.

En tal sentido, el objetivo general de la política es desarrollar estrategias e instrumentos para racionalizar el componente de costos de producción asociado a los fertilizantes en el sector agropecuario, con el fin de mejorar la competitividad de la producción y proteger los ingresos de los productores del sector agro. Los objetivos específicos serían:

- Promover la producción competitiva de fertilizantes para la agricultura aprovechando la disponibilidad de yacimientos naturales de fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, con el fin de ampliar las fuentes para el suministro interno y reducir la vulnerabilidad derivada de la volatilidad de los mercados externos.
- Promover la investigación y estandarizar los procesos de producción y utilización eficiente y ambientalmente sostenible de abonos orgánicos y biofertilizantes, para promover su uso en el país y generar alternativas de sustitución de los fertilizantes inorgánicos.
- Incentivar la utilización eficiente, racional y ambientalmente sostenible de fertilizantes por parte de los productores agropecuarios, con el fin de incrementar la productividad y reducir los costos de producción de la actividad agropecuaria.
- Fortalecer la función de supervisión, vigilancia y control legal y técnico de las autoridades competentes en la producción, comercialización y utilización de fertilizantes inorgánicos, abonos orgánicos y biofertilizantes, para garantizar la calidad de los insumos y la inocuidad en los productos agropecuarios.

Específicamente, la política establece la necesidad de que Colciencias, a través de los programas nacionales de investigaciones en energía y minería y en ciencias

agropecuarias, defina la aplicación de los instrumentos de que dispone, con el fin de apoyar la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico de la minería, la petroquímica, los fertilizantes, los abonos orgánicos y los biofertilizantes para el desarrollo agrícola con conocimiento y valor agregado. Por tal razón, se requiere de un trabajo intra e interinstitucional para realizar un cruce y coordinación de políticas e instrumentos, detectar si hubieren necesidades de completar vacíos en este nivel y articular la formulación de agendas conjuntas que promuevan, desde el frente de la ciencia, tecnología e investigación en fertilizantes aplicados al sector agropecuario.

### 2.2.8. Conpes 3582 de 2009

El objetivo general de las políticas contenidas en el documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación es incrementar la capacidad del país en identificar, producir, difundir, usar e integrar el conocimiento científico y tecnológico, con el propósito de mejorar la competitividad y contribuir a la transformación productiva del país. En ese sentido, la política busca estimular tres elementos del conocimiento: la oferta (generación de conocimiento), la demanda (uso) y la interacción entre oferta y demanda, esta última a través del fortalecimiento institucional del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SNCTI). Los objetivos específicos de la política son los siguientes:

- Fomentar la innovación en los sistemas productivos.
- Consolidar la institucionalidad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Fortalecer la formación del recurso humano para la investigación y la innovación.
- Promover la apropiación social del conocimiento.
- Focalizar la acción pública en áreas estratégicas.
- Desarrollar y fortalecer capacidades.

El objetivo de la estrategia de focalización de la acción pública en áreas estratégicas tiene en este Conpes alcances particulares que merecen una presentación detallada. Dicho objetivo complementa las iniciativas de focalización desarrolladas por el Gobierno nacional a través de la Política Nacional de Competitividad, de tal manera que las decisiones de priorización de

actividades económicas tengan correspondencia con las decisiones de priorización de desarrollo de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación. Esto permitirá que se defina una visión de desarrollo científico y tecnológico de largo plazo para el país, que consulte las necesidades de transformación productiva y de competitividad.

Como punto de partida se identifican las siguientes áreas estratégicas: energía y recursos naturales, biotecnología, salud, materiales y electrónica, tecnologías de la información y comunicaciones; logística y diseño, y, por último, construcción de ciudadanía e inclusión social. En segundo lugar, las entidades públicas del SNCTI acompañarán la promoción de sectores estratégicos de la Política Nacional de Competitividad, en particular del Programa de Transformación Productiva, del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el cual a la fecha ha identificado los sectores de: 1) servicios tercerizados a distancia (BPO&O); 2) *software* y servicios de tecnologías de la información; 3) Cosméticos y artículos de aseo; 4) turismo de salud; 5) autopartes; 6) energía eléctrica, bienes y servicios conexos; 7) industria de la comunicación gráfica y 8) textiles, confecciones, diseño y moda.

Una de las estrategias será la financiación de proyectos de investigación y programas de formación de alto nivel, específicos para los sectores o actividades identificadas y priorizadas, de tal forma que se garantice el fortalecimiento de las capacidades de generación y adaptación de conocimiento en dichas actividades.

### 2.2.9. Conpes 3678 de 2010

#### Política de Transformación Productiva: un Modelo de Desarrollo Sectorial para Colombia

Esta iniciativa tiene como objetivo propiciar el crecimiento sostenible de la economía colombiana mediante el desarrollo de sectores productivos identificados como altamente competitivos, a través de la promoción de alianzas público privadas y la ejecución de planes sectoriales de negocios (PSN), liderados desde el Ministerio de Comercio Industria y Turismo.

En primer lugar, se hace referencia a la estrategia “más y mejor de lo bueno”, relativa a sectores establecidos que son grandes generadores de empleo y crecimiento y que para afrontar la competencia global requieren trabajar en agregación de valor, desarrollo

e innovación. En segundo lugar se enfoca en la estrategia “nuevos y emergentes”, que agrupa a sectores que, aunque se encuentran en una etapa incipiente de desarrollo en el país, cuentan con alto potencial de convertirse en los nuevos motores de desarrollo y crecimiento económico para el país, como jugadores de clase mundial.

Uno de los sectores seleccionados por la política de transformación productiva es el de energía eléctrica, bienes y servicios conexos, que, por ser un sector establecido, se enmarca en la estrategia “más y mejor de lo bueno”. En el diagnóstico realizado se encontraron en dicho sector las siguientes problemáticas: i) no existe una estrategia que articule a los actores públicos y privados para internacionalizar el sector y aprovechar su potencial en los mercados externos; ii) existen dificultades en el proceso de internacionalización de los proveedores de bienes y servicios conexos por su débil articulación con la cadena eléctrica; iii) la oferta de formación del recurso humano no es pertinente para las necesidades de internacionalización del sector, y la demanda de cupos educativos en carreras afines ha disminuido notoriamente; y iv) los esfuerzos de I+D+i son desarticulados e insuficientes para afrontar un proceso de internacionalización de manera competitiva y sostenible.

En este sector se identifican como propósitos generales desarrollar una estrategia público-empresarial para mantener la eficiencia y la eficacia en el ámbito nacional, e internacionalizar el sector buscando llevarlo a la vanguardia de la dinámica mundial, con especial énfasis en tendencias verdes y en el desarrollo de capacidades relacionadas con ellas; y el liderazgo en exportaciones de energía en América Latina, que jalone las de bienes y servicios asociados, aprovechando las fortalezas alcanzadas en el mercado interno y las oportunidades que ofrece la creciente demanda de energía en los ámbitos regional y mundial.

Los objetivos específicos que se identifican son los siguientes:

- Diseñar y ejecutar una estrategia de internacionalización del sector que articule a los actores públicos y privados con el propósito de aprovechar el potencial del sector frente a las oportunidades de los mercados externos.
- Definir e implementar una estrategia de articulación entre los diferentes eslabones del sector para

acceder a mercados externos de manera más competitiva.

- Fortalecer la pertinencia de la oferta de formación del recurso humano de acuerdo con las “necesidades” de internacionalización y las tendencias del sector; así como la demanda de cupos educativos en carreras afines.
- Crear e implementar una estrategia sectorial de I+D+i que fortalezca la articulación de las empresas del sector, las instituciones del Estado, los centros y los grupos de investigación.

### 2.2.10. Conpes 3668 de 2010

En el documento<sup>10</sup> se hace una evaluación de los avances en la política de fomento a la competitividad y se proponen nuevos retos para los diferentes sectores involucrados. Con relación al sector minas y energía se señala que en los últimos años se presentó un incremento considerable de ingresos, “resultado de la evolución de las exportaciones de hidrocarburos, los efectos del nuevo mercado de transacciones de electricidad y los avances en aspectos mineros que suman importantes aportes a los recursos de la nación. En 2008 y 2009 se invirtieron 28 billones de pesos en el sector de minas y energía (COL\$ 24,3 a hidrocarburos, COL\$ 1,9 a minería y COL \$1,7 a energía)”<sup>11</sup>.

Se hace una evaluación de los tres ejes estratégicos que se establecieron en la Política de Competitividad para este sector; que son: 1) mantener el abastecimiento energético a precios eficientes consolidando el sector como foco de inversión nacional y extranjera; 2) aumentar la cobertura del servicio de energía eléctrica a precios eficientes y con operaciones ambientalmente sostenibles; y 3) ubicar en los mercados internacionales mayores cantidades de minerales y productos con valor agregado provenientes de la actividad minera colombiana.

Finalmente, se identifican algunos retos en siete áreas prioritarias: reforma institucional, beneficios arancelarios, regulación tarifaria, asignación eficiente de áreas, agenda ambiental, formación del capital humano y agenda regional, para los años siguientes,<sup>12</sup> los

cuales se transcriben a continuación por ser la propuesta de lineamientos más reciente:

En primer lugar, es necesario implementar la reforma institucional del sector y gestionar la continuidad de los incentivos arancelarios otorgados por el Plan Vallejo para la importación de bienes de capital. En cuanto a regulación, se definirán las metodologías tarifarias en el transporte y distribución de gas natural, los parámetros tarifarios para la cadena de transporte asociada al petróleo y combustibles líquidos, y el análisis de los mecanismos que permitan mitigar los efectos sobre la competitividad de las empresas, teniendo en cuenta los impactos fiscales que estos mecanismos puedan generar. Así mismo, en el sector de gas natural, se deberá viabilizar la infraestructura necesaria para dar confiabilidad del servicio y el aseguramiento del abastecimiento con nuevas opciones de oferta.

En cuanto al gas licuado de petrolero (GLP), el reto será contar con mecanismos que permitan dar continuidad al programa de marcas y de reorganización empresarial y, de esta manera, poder consolidar el sector como uno de los más promisorios para la inversión de capital privado.

En el subsector de hidrocarburos se debe continuar la promoción en la asignación de contratos de exploración y producción o evaluación técnica por el mecanismo de rondas competitivas, y poner en marcha una agenda ambiental con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dentro de la agenda ambiental se espera, además, discutir el tema de los riesgos por explosión y derrumbe de las minas y poder establecer la manera de prevenirlos.

Así mismo, para fortalecer la formación de recurso humano y la investigación se deberán promover las alianzas con universidades y empresas, así como establecer nuevos programas de formación técnica que respondan a los requerimientos del sector. Adicionalmente, se promoverá la realización de cursos y programas de capacitaciones para que los empresarios conozcan las normas tarifarias existentes, específicamente en el sector energético.

Finalmente, y con el fin de aprovechar las nuevas oportunidades asociadas al sector minero energético colombiano, se requiere analizar el impacto fiscal que esta tendencia puede generar, e identificar los parámetros que permitan hacer un uso eficiente de recursos. Con este fin se desarrollará una estrategia

<sup>10</sup> Conpes 3668, *Informe de seguimiento a la Política Nacional de Competitividad y Productividad*, junio de 2010.

<sup>11</sup> *Ibid*, pág. 72.

<sup>12</sup> *Ibid*, págs. 78-79.

integral de promoción de los *clúster* minero-energéticos en los departamentos que han priorizado al sector como eje de desarrollo en sus planes regionales de competitividad y que tenga como punto de partida los resultados del estudio contratado por el DNP.

## 2.2.11. Ley 1450 de 2011

El Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, reglamentado por la Ley 1450 de 2011, presenta el mapa de ruta y el programa de gobierno para el período 2000-2014, el cual tiene como objetivos: consolidar la seguridad nacional, velar por el desarrollo sostenible y el crecimiento sostenido, aumentar del empleo y disminuir la pobreza para lograr una mayor prosperidad de toda la población colombiana. Para alcanzar los objetivos propuestos se identifican ocho ejes transversales:

1. **Innovación.** Herramienta para garantizar la sostenibilidad y el crecimiento económico tanto en las actividades productivas nuevas como en las existentes. Se identifica la necesidad de incluir una cultura de innovación en procesos sociales de colaboración entre el sector público y el sector privado, en el diseño y el desarrollo institucional, en la adaptación al cambio climático y en la gestión del desarrollo sostenible. Se identifican como mecanismos para facilitar y promover la innovación<sup>13</sup>: “1) el fortalecimiento de los esquemas de protección a la propiedad intelectual, 2) la disponibilidad y diversidad de instrumentos financieros, 3) el mayor y mejor uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones, 4) el establecimiento de un sistema de educación superior de calidad y con pertinencia, 5) la promoción de esquemas de asociatividad empresarial en torno al desarrollo de *clúster* basados en la innovación, y 6) la consolidación de alianzas productivas regionales y locales entre empresas, universidades y entidades del Estado”<sup>14</sup>.
2. **Convergencia y desarrollo regional.** Parte del reconocimiento de la diversidad de desarrollo regional, social y cultural de las diferentes regiones nacionales. Se tiene como objeto la formulación de programas y políticas públicas de acuerdo con las características y capacidades de cada región con el propósito de mejorar la calidad de vida de la población colombiana, disminuyendo los desequilibrios sociales.

<sup>13</sup> Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, p. 64.

<sup>14</sup> Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, p. 69.

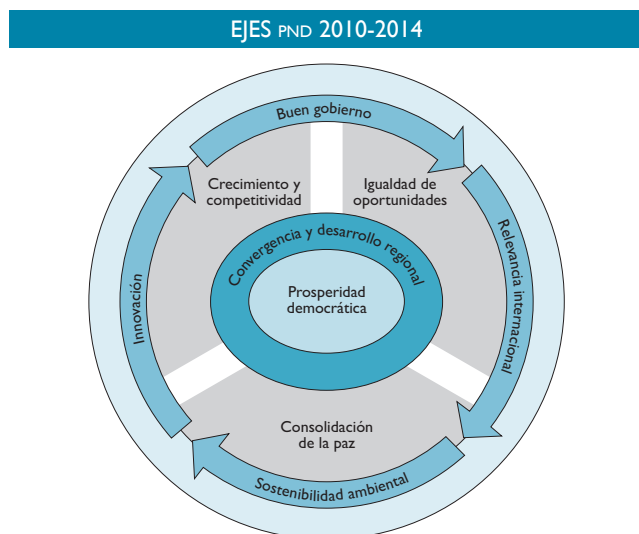
3. **Consolidación de la paz.** Para la consolidación de la paz en todo el territorio colombiano se identifica la necesidad de desarrollar una estrategia de seguridad rural para la consolidación territorial, una estrategia para la seguridad de las fronteras, una estrategia para el fortalecimiento de la inteligencia, una estrategia para el desarrollo de capacidades estratégicas mínimas, y una estrategia integral para la seguridad y la convivencia ciudadana.
4. **Igualdad de oportunidades.** Buscar una sociedad con más empleo, menos pobreza y más seguridad mediante el crecimiento económico sostenible y el desarrollo social integral.
5. **Sostenibilidad ambiental.** Asegurar el crecimiento económico incorporando parámetros de seguridad ambiental y sostenibilidad, el desarrollo de estrategias de ocupación y uso del territorio, y la adaptación a la variabilidad climática. “También representa desarrollar estrategias de conservación, con la finalidad de proteger la diversidad biológica y la provisión de los servicios ecosistémicos que sustentan y contribuyen al bienestar de la sociedad”<sup>15</sup>.
6. **Buen gobierno.** Uno de los objetivos centrales del buen gobierno es implantar prácticas de transparencia en todas las esferas del Estado a través de principios orientadores, con el fin de alcanzar eficiencia y eficacia administrativa, estos son: 1) transparencia enfocada hacia el fomento de mecanismos de rendición de cuentas, 2) gestión pública efectiva, que comprende programas para la innovación y eficiencia, y los programas estratégicos para el buen gobierno, gestión jurídica pública, gestión de los activos del Estado, contratación pública, entre otros, 3) vocación por el servicio público, apoyando acciones para modernizar las políticas de empleo público y el fortalecimiento del sector administrativo de la Función Pública, 4) participación y servicio al ciudadano y 5) lucha contra la corrupción.
7. **Relevancia internacional.** Ante la globalización y la participación cada día más relevante de Colombia en el entorno internacional se hace necesario crear estrategias de internacionalización que integren aspectos económicos, políticos, migratorios, ambientales, energéticos, laborales y de seguridad.

<sup>15</sup> Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, tomo II, pp. 562 y 563.

“El desarrollo de una política exterior integral para Colombia implica la necesidad de 1) consolidar la inserción y relevancia internacional del país, para lo cual es clave implementar los TLC con Canadá, EFTA, Estados Unidos y la Unión Europea, 2) afianzar los vínculos con América Latina y el Caribe, 3) desarrollar estrategias de inserción activa en el Asia-Pacífico, 4) diversificar el relacionamiento en los escenarios multilaterales, destacando el ingreso a la OCDE y la APEC, 5) fortalecer y diversificar la cooperación internacional, como país oferente y como país receptor, y 6) impulsar la política migratoria y fortalecer el servicio consular”<sup>16</sup>.

**8. Crecimiento sostenido y competitividad.** Se reconoce la importancia de generar condiciones económicas y sociales favorables para el crecimiento sistemático y sostenido de la productividad de los sectores económicos. Se identifican como focos temáticos: a) *El desarrollo de competencias y formación para la prosperidad*, basado en la mejora de la calidad de la educación, la pertinencia de los programas de formación y una mayor articulación de la oferta de formación y del sector productivo, así como programas y estrategias de estímulo a la formalización empresarial. b.) *Infraestructura para la competitividad*. Mejora y ampliación de la infraestructura existente de transporte terrestre y multimodal, así como servicios de logística y servicios especializados con el propósito de facilitar las actividades comerciales nacionales e internacionales.

Gráfico 47



Fuente: Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014.

Así mismo, se identifican cinco sectores estratégicos impulsores del crecimiento económico y de la competitividad nacional, basados en las capacidades, riquezas naturales y aptitudes productivas; con potencial de mejora continua y que cuentan con la capacidad de jalonar el aparato productivo nacional, denominados *locomotoras para el crecimiento y la generación de empleo*, a saber:

- Nuevos sectores basados en la innovación. En este segmento cabe resaltar la importancia de sectores estratégicos para el país, como los servicios tercerizados a distancia con alto valor agregado, las tecnologías de la información y las comunicaciones, la biotecnología, las industrias creativas y culturales, y la salud. También se incluyen sectores identificados en el Programa de Transformación Productiva (PTP).
- Agricultura y desarrollo rural.
- Vivienda y ciudades amables.
- Desarrollo minero y expansión energética.
- Infraestructura de transporte.

### Desarrollo minero y expansión energética

El sector tiene un alto impacto en la economía nacional debido a que genera cerca de la mitad de las exportaciones y dos terceras partes de la inversión extranjera directa para el 2010, así mismo, para el año 2009 transfirió al Gobierno nacional cerca de COL\$ 20 billones entre regalías, impuestos locales y nacionales, y utilidades de las empresas en las cuales la nación tiene participación accionaria.

Con el propósito de consolidar el sector como una locomotora se deben orientar los esfuerzos para: asegurar el abastecimiento energético interno en el mediano y largo plazo, garantizar el acceso a todos los colombianos a los recursos energéticos para la satisfacción de necesidades y el aumento de la calidad de vida de la población, ampliar el conocimiento del potencial y las reservas de recursos minero-energéticos y fortalecer el marco institucional con el fin de impulsar, controlar y regular la actividad sectorial, y de esta manera garantizar los recursos económicos necesarios para halar otros vagones que dependen del aporte del sector minero-energético.

“La estrategia para potenciar el desarrollo del sector minero-energético colombiano en los próximos

<sup>16</sup> Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, tomo II, p. 672.

años se fundamenta en tres necesidades básicas. En primer lugar, promover la inversión nacional y extranjera en el sector, con reglas de juego claras y un mejoramiento en el entorno de negocios. En segundo lugar, consolidar el desarrollo de *clúster* basados en bienes y servicios de alto valor agregado en torno a los recursos minero-energéticos. Y en tercer lugar, diseñar e implementar políticas para enfrentar los retos que se derivan de una situación de auge de recursos naturales. Estos retos son: el manejo ambiental, la gestión y el buen uso de los recursos, y las políticas para enfrentar la volatilidad y tendencia revaluacionista de la tasa de cambio. En relación con la gestión de recursos, sobresale la importancia de aprovechar los ingresos de regalías para fomentar el desarrollo y la convergencia regional en el país”<sup>17</sup>.

Para la consolidación del sector se identifican tres áreas:

- Fortalecimiento, consolidación y expansión del sector eléctrico.

- Actividad exploratoria de hidrocarburos y confiabilidad en los sistemas con aprovechamiento sostenible de los recursos.
- Fortalecimiento institucional minero para su desarrollo sostenible.

Así mismo, el PND 2010-2014 contempla una serie de metas para el sector, las cuales se muestran en la tabla 6.

### 2.2.12. Ley 1530 de 2012

Esta ley tiene por objeto determinar los lineamientos para la constitución y el funcionamiento del Sistema General de Regalías (SGR). Define los objetivos, fines, administración, ejecución, control, el uso eficiente y la destinación de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables y precisa las condiciones de participación de sus beneficiarios, así como los órganos, procedimientos y regulaciones aplicables para el Sistema General de Regalías.

Tabla 6

METAS PARA EL SECTOR MINERO-ENERGÉTICO EN EL PND 2010-2014				
Subsector	Indicador	Unidades	Base	2014
Hidrocarburos	Producción de petróleo y gas	Barriles de petróleo equivalentes diarios (BPED)	990.600 (1)	1.420.000
	Nuevos contratos suscritos por la ANH	Número de contratos	197	205
	Nuevos pozos exploratorios (A3)	Número de pozos	340	570
	Capacidad de transporte de oleoductos	Miles de barriles por día (Kbpd)	700 (2)	1.450
	Capacidad de transporte de gas natural	Miles de pies cúbicos por día (Mpcd)	1.100 (2)	1.375
Minería	Producción anual de carbón	Millones de toneladas al año	73 (3)	124
	Producción anual de oro	Toneladas al año	48 (3)	72
	Conocimiento geológico del país (escala 1:100.000)	Porcentaje de cobertura	51% (2)	80%
	Tiempo de respuesta en procesos de otorgamiento de títulos mineros	Días	514	90
	Títulos mineros fiscalizados	Porcentaje de cobertura	55% (4)	100%
Energía	Índice de fatalidad minera	Número de fallecidos por millón de horas hombre trabajadas por año	3,36 (4)	1,68
	Capacidad de generación eléctrica	Megavatios (MW)	13.542 (2)	16.234
	Tiempo promedio diario de prestación del servicio de energía en las cabeceras municipales de las zonas no interconectadas (ZNI)	Horas por día	16	24

Base: son los resultados obtenidos durante el cuatrienio 2006-2010 a agosto, excepto (1) Son los resultados correspondientes al mes de diciembre de 2010. (2) Es el resultado acumulado a diciembre de 2010. (3) Es la producción anual de 2009. (4) Es el resultado del año 2010.

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014.

<sup>17</sup> Plan Nacional de Desarrollo, tomo I, p. 208.



Además, se dictan las disposiciones para la supresión y liquidación del Fondo Nacional de Regalías a partir del 1.º de enero de 2012.

El Sistema General de Regalías cuenta con un sistema presupuestal propio, independiente tanto del presupuesto general de la nación como del Sistema General de Participación. El mecanismo establecido para la toma de decisiones respecto a proyectos que buscan acceder a financiamiento por parte del SGR son los órganos colegiados de administración y decisión (OCAD). Estas instancias son las encargadas de evaluar, viabilizar, aprobar y priorizar la conveniencia y oportunidad de financiar los proyectos, así como de designar su ejecutor.

Con la expedición de la ley se crea el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación, en el cual se destina el 10% de los recursos que el Estado colombiano recibe por concepto de regalías para el financiamiento de proyectos o programas regionales de ciencia, tecnología e innovación. Este fondo fue creado con el propósito de incrementar las capacidades regionales científicas, tecnológicas, de innovación y de competitividad mediante el desarrollo de proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento, aportando así al modelo de desarrollo basado en el conocimiento y en la innovación, que garantice una mayor prosperidad para la población colombiana. Bajo este marco se espera financiar programas y proyectos de ciencia, tecnología e innovación (CTI) que incluyan las siguientes actividades, de acuerdo a los lineamientos establecidos en el acuerdo 009 de la Comisión Rectora del Sistema General de Regalías:

- Investigación y desarrollo.
- Innovación.
- Formación y capacitación científica y tecnológica.
- Servicios científicos y tecnológicos.

Colciencias trabaja como secretaría técnica del Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación y tiene asignadas como funciones:

- Proponer a la comisión rectora un acuerdo para la formulación, presentación, verificación, priorización y aprobación de proyectos de CTI.
- Proponer a la comisión rectora la metodología de evaluación y seguimiento de proyectos de CTI.
- Solicitar conceptos de los comités consultivos y el dictamen de expertos (paneles o pares).
- Convocar al OCAD y proporcionar infraestructura logística, técnica y humana para el funcionamiento del mismo.
- Recibir y registrar en el banco de programas y proyectos de inversión del SGR los proyectos de regalías que sean viabilizados por el OCAD.
- Apoyar técnicamente las decisiones del OCAD.





# CAPÍTULO 3

## CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN EL SECTOR MINERO-ENERGÉTICO

---



# CAPÍTULO 3

# CIENCIA Y TECNOLOGÍA

# EN EL SECTOR

# MINERO-ENERGÉTICO

## 3.1. ANTECEDENTES

**E**n 1968, con la conformación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología como organismo rector de la política científica y tecnológica, y la fundación del Fondo de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales “Francisco José de Caldas” (Colciencias), como organismo ejecutor de la misma, adscrito al Ministerio de Educación Nacional, el Estado colombiano instauró los mecanismos institucionales para trabajar consistentemente por el desarrollo científico y tecnológico del país<sup>18</sup>.

Una primera etapa en el desarrollo del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología abarca el período 1968-1991, en el cual se establecieron las bases de la política y se promovió la investigación a través del apoyo financiero, especialmente en las universidades. En la década del setenta se hizo énfasis en el desarrollo de capacidades para la negociación, adquisición y asimilación de tecnologías, así como en la articulación de la política con el Plan Nacional de Desarrollo. En los años ochenta se impulsó la formación de programas doctorales y el diseño y realización de programas de investigación, como mecanismo de consolidación de los grupos de investigación.

En la segunda mitad de la década del ochenta se gestaron varias iniciativas con el objetivo de posicionar la ciencia y la tecnología en el país. La realización del Foro Nacional sobre Política de Ciencia y Tecno-

logía y la Misión de Ciencia y Tecnología en los años 1987 y 1988, respectivamente, sentaron las bases para la promulgación de la Ley 29 de 1990. A partir de su expedición, se articula el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, se transforma Colciencias en el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, adscrito al Departamento Nacional de Planeación, y se fortalece el apoyo presupuestal a la actividad científica y tecnológica. La institucionalidad establecida a partir de la reconstitución del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología como organismo rector de la política y la entrada en operación de los consejos de los programas nacionales y las comisiones regionales y departamentales favorecieron la articulación de programas, estrategias y actividades científicas y tecnológicas del país bajo un modelo que toma en cuenta tanto la oferta como demanda de conocimiento.

La realización de las Misiones de Ciencia y Tecnología en los años 1990 y 1993, en las cuales se revisaron tanto los instrumentos elaborados por Colciencias como los planes de los programas nacionales de ciencia y tecnología desarrollados, permitieron la formulación del primer Conpes de ciencia y tecnología (2739 de 1994, Política Nacional de Ciencia y Tecnología 1994-1996) y la primera Política de Innovación y Desarrollo Tecnológico en 1995.

Posteriormente, se desarrollaron otros lineamientos que han contribuido a la construcción del marco de política de ciencia y tecnología, y a la planeación y visión de mediano y largo plazo, entre los

<sup>18</sup> Colciencias, *Colciencias 30 años: memorias de un compromiso*, 1998.

que se destacan: i) los planes de desarrollo; ii) la visión 2019 de CTI; iii) la Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2000-2002 (Conpes 3080 de 2000); iv) la Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación y v) el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, en el cual se identifican la ciencia, la tecnología y la innovación como una dimensión especial del desarrollo.

Los insumos provistos por los anteriores desarrollos, aunados a la evidencia de que si bien la Ley 29 contemplaba los mecanismos de coordinación de la actividad científica y tecnológica, la aplicación de los mismos no dio los resultados esperados, condujeron a la expedición de la Ley 1286 de 2009. A través de esta se transformó a Colciencias en Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, lo cual la convierte en cabeza de sector, y su presencia en el consejo de ministros y en el Conpes contribuyen al fortalecimiento del SNCTI y de Colciencias, con el fin de lograr un modelo productivo sustentado en la ciencia, la tecnología y la innovación, para darle valor agregado a los productos y servicios de nuestra economía, propiciar el desarrollo productivo y una nueva industria nacional.

### 3.2. POLÍTICA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Las grandes estrategias que permiten estructurar de manera sistemática los diferentes planes, proyectos y acciones que harán realidad el logro de los objetivos propuestos son:

#### Apoyo a la formación para la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI)

El objetivo último de la estrategia es la generación de conocimiento, y las líneas centrales de apoyo son:

- Formación de jóvenes investigadores: 800 por año.
- Formación de doctores: 500 nuevos candidatos (cohorte 2012 de 2.500 candidatos a PhD), 60% en Colombia, 40% en el exterior.

- Apoyo a tesis doctorales.
- Apoyo a pasantías posdoctorales.

#### Consolidación de capacidades para CTI

Es fundamental apoyar, a largo plazo, el Sistema Nacional de Investigación e Innovación para que pueda impactar el conocimiento global y los mercados internacionales en la solución de problemas sociales, nacionales y del mundo, y en el aprovechamiento de las oportunidades surgidas en la profundización de la integración comercial y económica. Se establecen como líneas de acción las siguientes:

- Apoyar la investigación (generación de conocimiento) en universidades y centros de investigación y desarrollo tecnológico.
- Reorientar el apoyo a los llamados centros de excelencia hacia la conformación de redes y programas de investigación.
- Apoyar las alianzas de grupos de investigación consolidados con grupos incipientes, con miras a cerrar las brechas de capacidades de CTI entre las regiones del país.
- Fortalecer institucionalmente los centros de investigación y desarrollo tecnológico, sean estos públicos, privados, universitarios o autónomos.
- Establecer una política para el reconocimiento del *overhead* en los proyectos financiados.
- Apoyar la adquisición de equipos “robustos” de investigación, y facilitar que estos sean compartidos entre los diferentes actores del SNCTI.
- Apoyar a los investigadores y sus instituciones en la protección y explotación de los resultados de investigación.
- Apoyar la adquisición y acceso de bibliografía especializada.
- Apoyar la movilidad de investigadores.
- Establecer un proceso de mejora continua en el proceso de registro y clasificación de grupos e instituciones de investigación.

## Transformación productiva mediante el fomento de la innovación y el desarrollo productivo

Los objetivos de la estrategia son: a) apoyar a las empresas en sus actividades de búsqueda, evaluación, negociación y apropiación de tecnología; b) incrementar los esfuerzos en educación y capacitación, que apoyen los procesos de aprendizaje, traducción y apropiación de conocimiento en las empresas; c) fortalecer a las organizaciones de apoyo a la innovación y el desarrollo empresarial; d) apoyar al desarrollo de *clúster* y otras formas de aglomeraciones empresariales, como mecanismo fundamental para competir en mercados globalizados; e) apoyar y consolidar las alianzas de entidades del conocimiento-empresas y las redes de innovación y sistemas regionales de innovación; f) mejorar el manejo de la propiedad intelectual en grupos, centros de investigación y desarrollo tecnológico, y empresas; g) desarrollar el Sistema Nacional de Calidad y h) apoyar las estrategias definidas en la política de productividad y competitividad: apoyo a sectores de talla mundial, salto de la productividad y el empleo, y formalización laboral y empresarial.

Se entiende por *sectores de talla mundial* aquellos basados en el conocimiento, exportadores, generadores de alto valor agregado y de empleo, y complejo grado de eslabonamiento productivo y tecnológico. Estarían sustentados en empresas nacionales exitosas, aprovechando el mercado doméstico como fortaleza de la economía colombiana. A este respecto la estrategia se enfoca en el financiamiento de estudios para la identificación de dichos sectores y en el apoyo al desarrollo de los mismos, respondiendo las demandas por investigación e innovación y por formación de alto nivel de las empresas, las cuales pueden ser atendidas con el apoyo de grupos y centros de investigación de excelencia.

En relación con el *salto en la productividad y el empleo*, se identifican las siguientes líneas de acción:

- Mejorar los procesos de negociación, adopción, adaptación y uso de tecnología mediante la creación de un programa de consultoría tecnológica.
- Fortalecer las organizaciones de apoyo a la innovación y el desarrollo tecnológico.
- Fomentar *clúster* regionales e innovadores y otro tipo de aglomeraciones empresariales.
- Fomentar el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en las PYMES.
- Formar empresarios en gestión de la innovación.

Finalmente, respecto a la *formalización laboral y empresarial*, se propone fomentar investigación en ciencias sociales que apoye la formulación de políticas públicas en temáticas como: relaciones de causalidad entre empleo de calidad y productividad para entender el problema de informalidad, y alternativas de organización empresarial que contribuyan a la formalización laboral, entre otras.

## Consolidación de la institucionalidad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)

La Ley 1286, de enero de 2009, que modificó la Ley 29 de 1990, transformó a Colciencias en Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el objetivo general de: fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y a Colciencias, para lograr un modelo productivo sustentado en la ciencia, la tecnología y la innovación. Ello con el fin de darle valor agregado a los productos y servicios de nuestra economía y propiciar el desarrollo productivo y una nueva industria nacional. Igualmente, con la constitución del Fondo “Francisco José de Caldas”, se logró desarrollar un esquema financiero que facilita la financiación de investigación e innovación mediante la articulación de recursos internacionales, públicos y privados. De otra parte, Colciencias, al formar parte del Conpes, permite discutir, en el interior de dicha instancia, la política y el presupuesto de CTI.

Otros aspectos fundamentales de la estrategia comprenden:

- Modificar la ley que permita el acceso a recursos genéticos y biológicos para el desarrollo de proyectos de investigación.
- Flexibilizar el régimen de contratación de investigadores en entidades públicas.
- Aval institucional a jóvenes en universidades públicas para acceder a programas de formación de recursos humanos.
- Formulación de un plan estratégico para Colciencias.

- Elaboración de planes de los programas nacionales de ciencia y tecnología.
- Fortalecimiento del sistema de información de ciencia, tecnología e innovación.
- Integración de los sistemas de información misionales: Scienti, SIGP, Pubindex y de recursos humanos.
- Intercambio de información con otros actores.
- Fortalecimiento del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

### **Fomento a la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana**

Tiene como objetivo estimular la creación y consolidación de espacios para la comprensión, la reflexión y el debate de soluciones a problemas sociales, políticos, culturales y económicos en los cuales la generación y el uso de conocimiento científico y tecnológico juegan un papel preponderante. Dentro de las líneas de acción se contemplan:

- Fomento a proyectos para la circulación de información sobre la construcción de conocimientos científicos y tecnológicos, como prácticas sociales.
- Diseño y puesta en marcha de la política editorial de Colciencias.
- Apoyo a la realización de debates y foros públicos sobre temas de interés nacional y regional.
- Promoción de cursos y programas de posgrado sobre la relación entre ciencia, tecnología, naturaleza y sociedad.
- Ampliación del apoyo a la creación de vocaciones científicas en los niños y niñas a través de programas como Ondas.

### **Desarrollo de las dimensiones regional e internacional de la CTI**

La política de regionalización está orientada a la reducción de los desequilibrios regionales, la consolidación de un SNCTI descentralizado, el avance en la autonomía territorial y el fortalecimiento de las

capacidades regionales para la generación, gestión y uso del conocimiento. Las líneas de acción para esta estrategia son:

- Fortalecimiento de los sistemas regionales de CTI.
- Gestión para la integración de la estrategia de regionalización del SNCTI con el Sistema Nacional de Competitividad y el de apoyo a las Mipymes.
- Generación de capacidades territoriales en gestión de la CTI mediante la capacitación de actores regionales.
- Fomento al diseño e implementación de políticas públicas territoriales de CTI.
- Apoyo para el diseño y desarrollo de instrumentos regionales de financiación de las actividades de CTI.
- Fomento de programas de investigación e innovación supradepartamentales o con vocación regional que conlleven al desarrollo regional.
- De otra parte, la política de internacionalización tiene como propósito consolidar la proyección internacional de la CTI colombiana, facilitando el acceso de los grupos y centros de investigación y desarrollo tecnológico del país a recursos tanto intelectuales como financieros de orden regional e internacional, con el fin de favorecer la inserción de la CTI colombiana en redes internacionales. Dentro de la estrategia se contemplan las siguientes líneas de acción:
  - Búsqueda y aprovechamiento de fuentes de cooperación tanto bilaterales como multilaterales, priorizando las áreas del conocimiento que serán abordadas.
  - Apoyo a la movilidad internacional de investigadores e innovadores.
  - Aprovechamiento de la diáspora científica, articulando las capacidades nacionales en CTI con investigadores colombianos en el exterior.
  - Cooperación técnica con países de la región: transferencia de tecnologías en el marco del Plan Puebla-Panamá, entre otros.



### 3.3. CAPACIDADES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR

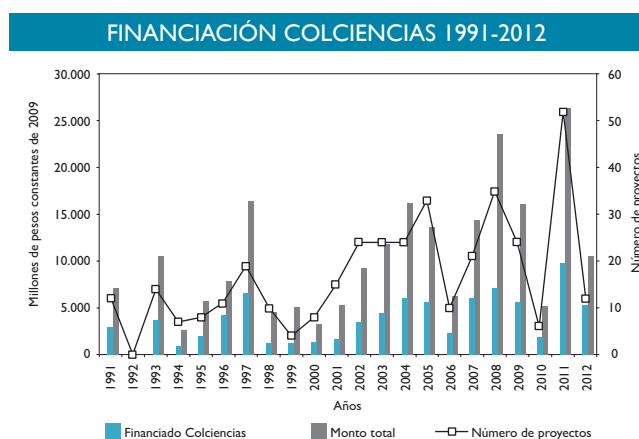
#### 3.3.1. Financiación de proyectos Colciencias

El gráfico 48 muestra la estadística de los proyectos financiados por Colciencias en el Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería durante el período 1991-2012, en el cual se apoyaron 361 proyectos con una financiación de COL\$ 83.129 millones por parte de Colciencias y un total de COL\$ 210.582 millones a pesos constantes de 2009, lo que significa que se logró movilizar COL\$ 1,66 de recursos de contrapartida por COL\$ 1 asignado por Colciencias.

En términos generales, se puede hablar de una tendencia creciente, en la que destaca el pico del año 1997, explicado por los efectos del préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) fase III, gracias al cual se inició en el año 1995 la modalidad de cofinanciación, por medio de la cual se apoyan los proyectos conjuntos desarrollados por empresas e instituciones del sector académico (universidades y CDT).

Debido a la crisis financiera de 1998, se presentó un descenso en la financiación a partir de dicho año, la recuperación fue lenta, pero se afianzó a partir del año 2004, gracias a la entrada en funcionamiento de los convenios interinstitucionales de cooperación firmados por Colciencias con empresas y entidades representativas del sector, como ISA, Isagen, XM, Codensa, Ecopetrol, Cerrejón y la UPME, estrategia que fortaleció los vínculos de cooperación entre los sectores productivo y académico, permitiendo la estructuración de propuestas de investigación alineadas con las necesidades de las empresas, y de ahí el aumento en la financiación de proyectos.

Gráfico 48



Fuente: Estadísticas Colciencias.

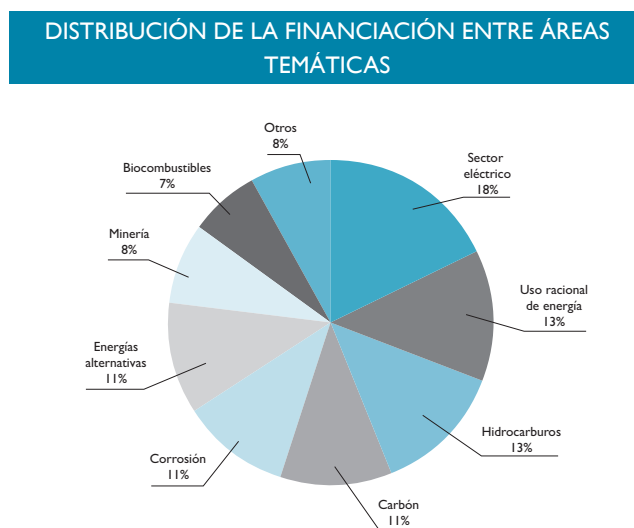
En la tabla 7 y en el gráfico 49 se muestra la distribución de los proyectos entre las diferentes temáticas.

Tabla 7

DISTRIBUCIÓN TEMÁTICA DE LOS PROYECTOS FINANCIADOS		
Financiación por área temática 1991-2012		
Área	Pesos constantes de 2009	Número de proyectos
Sector eléctrico	\$ 15.000.589.648	109
Uso racional de energía	\$ 11.094.070.242	28
Hidrocarburos	\$ 10.975.987.922	35
Carbón	\$ 9.192.824.435	47
Corrosión	\$ 8.984.975.252	27
Energías alternativas	\$ 8.950.867.858	35
Minería	\$ 6.586.171.924	38
Biocombustibles	\$ 5.566.061.700	26
Otros	\$ 6.777.317.913	28
<b>Totales</b>	<b>\$ 83.128.866.895</b>	<b>373</b>

Fuente: Estadísticas Colciencias.

Gráfico 49



Fuente: Estadísticas Colciencias.

El sector eléctrico es el que ha mostrado mayor dinamismo en la presentación y financiación de proyectos, comportamiento que se explica por el apoyo de las grandes empresas del sector y su interés inicial de cofinanciar proyectos, en particular después del año 2000, y como resultado del trabajo desarrollado en el marco de los convenios de cooperación que se

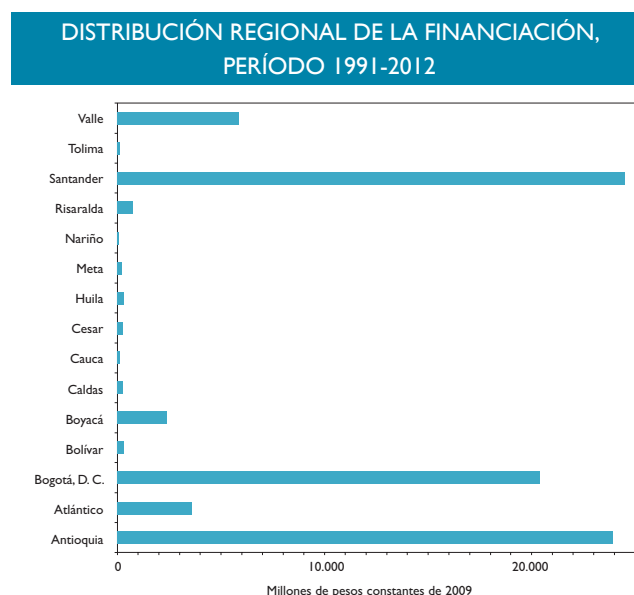
establecieron inicialmente en el año 2004 con ISA y que se replicaron en los años siguientes con XM, Isagen y Codensa. Este mecanismo permitió la movilización de proyectos de I+D+i en las universidades. El uso racional de energía se ha caracterizado por una presencia constante de proyectos, en particular, ha ganado importancia a partir del año 2003, en gran parte como resultado del trabajo conjunto con la UPME.

La temática de hidrocarburos ha venido ganando espacio por la vinculación más estrecha de Ecopetrol con el sistema, en particular a partir del año 2008, sin embargo, la empresa en años anteriores cofinanció propuestas, aunque no con la misma frecuencia de las convocatorias especializadas. El tema del carbón ha mantenido una trayectoria que se explica por los grupos de investigación que se conformaron con el establecimiento del Fondo Nacional de Investigaciones en Carbón (FONIC) en el año 1985, instrumento que a través del compromiso de Colciencias y de Carboacol, inicialmente, y luego Ecocarbón y Minercol, producto de las modificaciones de la institucionalidad del sector de minas en el país, permitió el apoyo a grupos de investigación en el tema carbonífero. Si bien el FONIC desapareció en el año 2001, la infraestructura de investigación de los grupos perduró, y en el año 2008, gracias a la vinculación de Cerrejón, se abrieron las posibilidades de mantener un apoyo constante para esta temática.

Una línea de investigación que ha sido permanente es los efectos del fenómeno corrosivo sobre la infraestructura del sector, en la que se destaca la dinámica de la Corporación para la Investigación de la Corrosión (CIC), que ha logrado establecer trabajos continuos, básicamente con las empresas del sector hidrocarburos. La temática de energías alternativas, si bien no es la más prioritaria, tiene una participación equiparable a los otros temas, en consideración del poco número de grupos de investigación y la ausencia de socios que cofinancien los proyectos. Preocupa la poca participación de la investigación en minería. A diferencia del sector energético, no ha sido factible contar con una alianza con entidades del sector productivo que fortalezca la relación con una comunidad académica no muy extensa. Finalmente, en concordancia con las políticas del país, a partir del año 2003 surge la investigación en biocombustibles como una línea de trabajo que gracias a la cantidad de iniciativas que se están estructurando ha permitido el crecimiento y consolidación de una infraestructura de investigación en esta dirección.

En el gráfico 50 se presenta la distribución regional de la financiación otorgada por Colciencias. Santander ocupa el primer lugar gracias a la dinámica de la Universidad Industrial de Santander, en particular en la década del noventa (en la que representaba más del 50% de la financiación), y a la presencia de los CDT del departamento; el ICP, la CIC, Corasfaltos y el CDT del gas han mantenido una presencia constante en el desarrollo de proyectos. A partir del año 2002, Antioquia y Bogotá empezaron a cambiar la tendencia y a ganar representatividad en el desarrollo de proyectos, en particular porque las convocatorias derivadas de convenios de cooperación permitieron cada vez más la participación de grupos de investigación de estos lugares. A continuación figuran los departamentos del Valle y Atlántico, en el primero de ellos muy fuerte la participación de la Universidad del Valle en temas del sector eléctrico, y en el segundo caso, la presencia de la Universidad del Norte, que de forma particular ha preferido la colaboración con empresas a través de la línea de crédito, modalidad que no ha sido la preferida por los sectores minero y energético.

Gráfico 50



Fuente: Estadísticas Colciencias.

En la tabla 8 se presenta la distribución de los proyectos financiados por modalidad, como se observa, la línea de cofinanciación es la que moviliza la mayoría de los recursos (55,5%), lo que representa una importancia significativa de la relación entre los sectores académico y productivo, fortalecida en gran parte por los convenios de cooperación establecidos por Colciencias con las principales empresas e instituciones del sector minero-energético. En segundo lugar aparece

Tabla 8

DISTRIBUCIÓN DE PROYECTOS FINANCIADOS POR MODALIDAD (CIFRAS EN MILES DE PESOS CONSTANTES DE 2009)											
Año	Proyectos financiados recuperación contingente		Proyectos financiados cofinanciación		Proyectos financiados mixtos			Proyectos financiados crédito		Total proyectos financiados	
	Monto	#	Monto	#	Monto cofinanciación	Monto crédito	#	Monto	#	Monto	#
1991	2.992.780.732	12	0	0	0	0	0	0	0	2.992.780.732	12
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	3.714.169.807	14	0	0	0	0	0	0	0	3.714.169.807	14
1994	931.420.303	7	0	0	0	0	0	0	0	931.420.303	7
1995	939.473.114	6	781.389.810	1	0	0	0	261.170.607	1	1.982.033.531	8
1996	1.237.559.595	4	717.252.100	4	139.276.318	362.861.913	1	1.734.955.076	2	4.191.905.001	11
1997	45.616.393	1	6.468.425.698	18	0	0	0	0	0	6.514.042.091	19
1998	58.632.896	1	1.116.589.232	8	0	0	0	78.177.194	1	1.253.399.322	10
1999	0	0	1.272.986.389	4	0	0	0	0	0	1.272.986.389	4
2000	0	0	1.318.189.673	8	0	0	0	0	0	1.318.189.673	8
2001	0	0	1.683.570.332	15	0	0	0	0	0	1.683.570.332	15
2002	1.167.208.054	9	2.108.407.985	13	108.568.856	18.428.135	1	67.405.545	1	3.470.018.574	24
2003	1.135.525.577	10	2.664.483.494	12	0	0	0	619.049.024	2	4.419.058.095	24
2004	1.236.126.078	4	3.154.290.662	18	355.883.992	89.290.791	1	1.130.717.869	1	5.966.309.390	24
2005	2.915.201.685	17	2.677.737.976	16	0	0	0	0	0	5.592.939.661	33
2006	1.249.134.560	7	1.016.059.061	3	0	0	0	0	0	2.265.193.620	10
2007	1.120.952.926	6	4.835.898.770	15	0	0	0	0	0	5.956.851.696	21
2008	1.554.668.700	9	5.126.507.468	25	0	0	0	458.689.920	1	7.139.866.088	35
2009	1.231.209.200	5	4.064.270.965	18	265.260.000	76.200.000	1	0	0	5.636.940.165	24
2010	59.685.955	1	1.750.515.693	5	0	0	0	0	0	1.810.201.648	6
2011	4.853.940.626	35	3.784.465.165	12	0	0	0	1.142.118.730	5	9.780.524.521	52
2012	3.668.891.941	6	1.567.574.314	6	0	0	0	0	0	5.236.466.255	12
<b>Total</b>	<b>30.112.198.140</b>	<b>154</b>	<b>46.108.614.785</b>	<b>201</b>	<b>868.989.165</b>	<b>546.780.838</b>	<b>4</b>	<b>5.492.283.966</b>	<b>14</b>	<b>83.128.866.895</b>	<b>373</b>

Fuente: Estadísticas Colciencias.

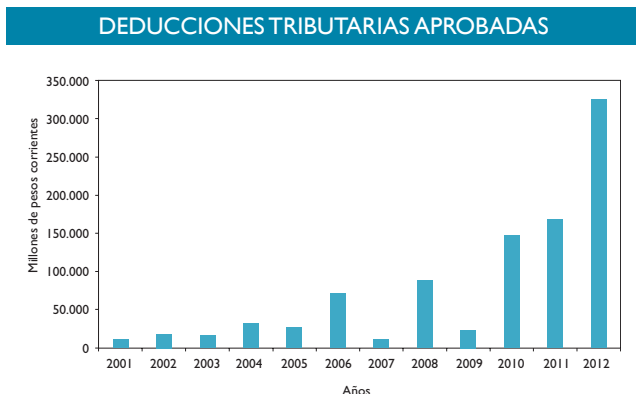
el mecanismo de recuperación contingente (36,5%), destinado al apoyo de proyectos presentados por las universidades y CDT, que por las características de los resultados no están cerca de su aplicación industrial. No es significativa la participación de la modalidad de crédito, pues hay muy pocos proyectos desarrollados, lo cual llama la atención, dadas las características del sector productivo involucrado.

### 3.3.2. Deducciones tributarias

Sin embargo, para el análisis de las cifras de inversión en ciencia y tecnología en los sectores energético y minero, el principal mecanismo de financiamiento utilizado por las empresas es la deducción tributaria obtenida por inversiones en proyectos de carácter científico y tecnológico o de innovación. En el gráfico

51 se muestra el comportamiento de aprobación de dichas deducciones en el período 2001-2012.

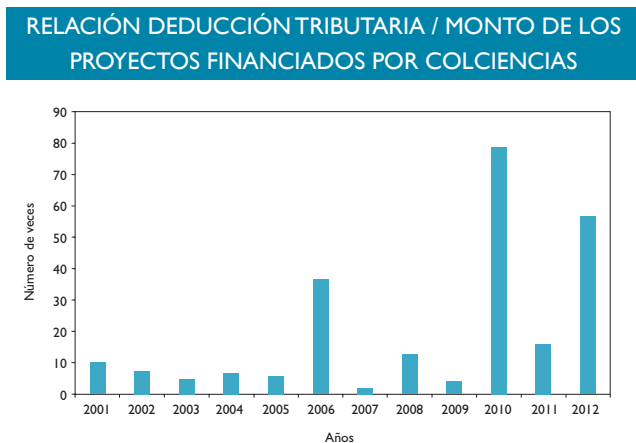
Gráfico 51



Fuente: Estadísticas Colciencias.

Como se puede observar en el gráfico 52, al establecer la relación entre los recursos movilizados por deducción con respecto al total de los proyectos financiados por Colciencias en el período 2001-2012, es sensiblemente superior el monto movilizado por beneficios tributarios en un multiplicador cercano a 20.

Gráfico 52



Fuente: Estadísticas Colciencias.

En el gráfico 53 se muestran las empresas que han aplicado este beneficio en el período. En la información presentada es evidente que Ecopetrol es la que más lo ha hecho y que, excepto en tres años, en el período analizado su porcentaje de participación sobre el total aprobado fue superior al 90%. Pacific Rubiales, EPM y Cerromatoso fueron las empresas que de alguna manera rompieron este comportamiento en los años 2001, 2007, 2008, 2010 y 2012. Además de Ecopetrol, es constante la utilización de este mecanismo por parte de las grandes empresas del sector eléctrico, como EPM, Codensa, ISA, e Isagen; las otras empresas que han

aplicado a este beneficio lo han hecho de manera esporádica.

### 3.3.3. Sistema General de Regalías (sgr)

En la tabla 9 se presenta la financiación de proyectos con cargo al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTI) del SGR, con corte al 18 de octubre de 2013. La inversión realizada es ligeramente superior a los COL\$ 1,5 billones, preocupa la baja participación de proyectos energéticos y mineros, que representan apenas un 3% de la financiación aprobada, teniendo en cuenta que el sector minero-energético es el responsable de generar la totalidad de las regalías disponibles para apoyar actividades, proyectos y programas de CTI.

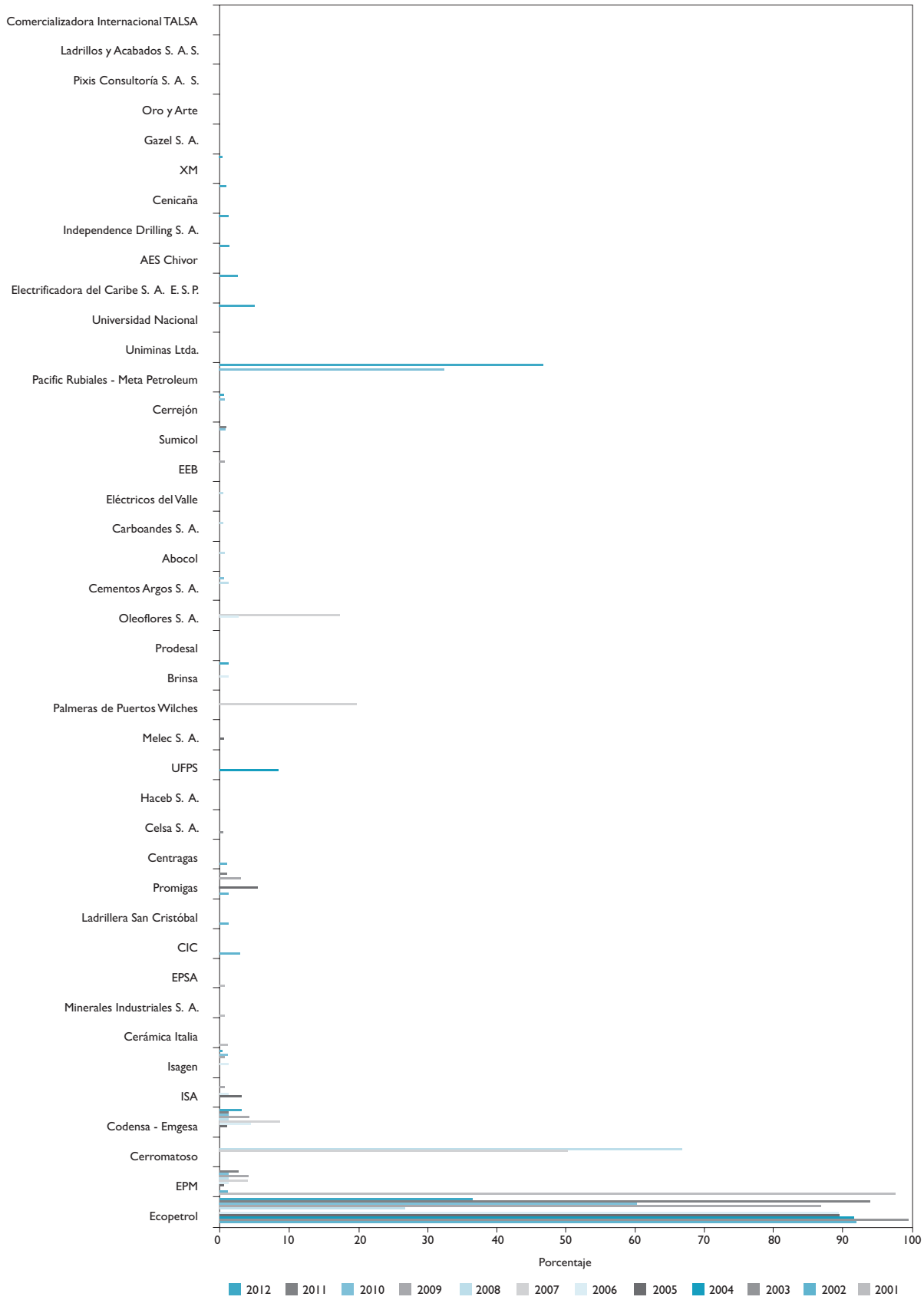
Tabla 9

FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DEL FCTI DEL SGR (CIFRAS EN MILLONES DE PESOS CORRIENTES)			
Programa Nacional CTI	Número de proyectos	Monto SGR	%
CTI agropecuarias	57	319.601	21
Formación de alto nivel	21	300.744	20
Ondas	26	285.498	19
CTI en Salud	15	158.621	10
Electrónica, telecomunicaciones e informática	9	79.923	5
CTI del mar y de los recursos hidrobiológicos	11	78.197	5
Centros y parques	12	78.135	5
CTI en ambiente, biodiversidad y hábitat	18	63.331	4
Desarrollo tecnológico e innovación industrial	5	53.154	3
<b>Investigaciones en energía y minería</b>	<b>9</b>	<b>44.705</b>	<b>3</b>
Apropiación social del conocimiento	4	39.515	3
CTI de las áreas sociales y humanas	5	18.171	1
Biotechnología	4	11.669	1
CTI en educación	2	3.961	0
<b>Totales</b>	<b>198</b>	<b>1.535.225</b>	<b>100</b>

Fuente: Estadísticas Colciencias.

Gráfico 53

PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LAS EMPRESAS EN DEDUCCIONES TRIBUTARIAS, PERÍODO 2001-2010



Fuente: Estadísticas Colciencias.

Los proyectos financiados en las temáticas energéticas y mineras son:

1. “Determinación del grado de explosividad del polvo de carbón y contenido de gas metano asociados a los mantos de carbón de las minas subterráneas de la cuenca carbonífera de Sinifaná. Departamento de Antioquia”.
2. “Investigación de celdas solares nanoestructuradas: desarrollo y aplicación de las tecnologías en zonas no interconectadas o de intermitencia energética del departamento de Antioquia”.
3. “Aprovechamiento de recursos mineros energéticos y generación de un modelo de planeación para la prospección y explotación de minerales del departamento de Boyacá”.
4. “Aplicación de técnicas y prácticas de producción más limpia en la minería auroplatínifera del departamento del Chocó”.
5. “Desarrollo programa de I+D+i en energías renovables para el departamento de la Guajira”.
6. “Análisis de oportunidades energéticas con fuentes alternativas en el departamento de Nariño”.
7. “Diseño de laboratorio de investigación y desarrollo del sector transformadores, cables y aisladores Lattca de todo el departamento, Valle del Cauca, occidente”.
8. “Investigación de minerales estratégicos, industriales y materiales de construcción, región Llanos. Gobernaciones de Vaupés, Guainía, Guaviare y Vichada”.
9. “Centro de Formación e Investigación en Energías Renovables (CINER). Gobernaciones de Arauca, Meta, Vaupés, Guainía, Guaviare y Vichada”.

Los recursos del SGR se están orientando a proyectos en fuentes no convencionales de energía (FNCE) y minería, temáticas de bajo dinamismo en la financiación por parte de Colciencias, en gran parte debido a la falta de empresas interesadas en llevar a cabo proyectos y programas de I+D+i.

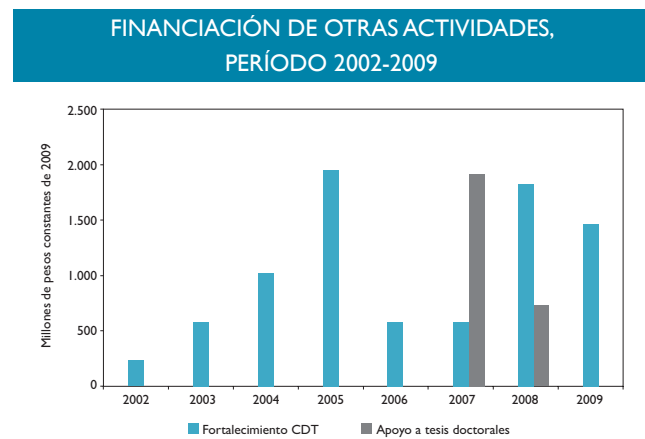
### 3.3.4. Financiación de otras actividades

En el gráfico 54 se muestran los datos de otras actividades de financiación del programa no relaciona-

das con el apoyo a proyectos, se trata de los recursos otorgados a los CDT para su fortalecimiento, y la ayuda para el desarrollo de tesis doctorales en ingeniería en los años 2007 y 2008.

En relación con el apoyo a los CDT, estos han estado dirigidos a centros relacionados con el programa, como la Corporación para la Investigación de la Corrosión (CIC), Corasfaltos, el CDT del gas, la Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET) y, en menor medida, el CDP de joyería y Corpodib. Este tipo de instrumento se orienta a desarrollar capacidades en estas entidades que permitan un mejor relacionamiento con el sector productivo.

Gráfico 54



Fuente: Estadísticas Colciencias.

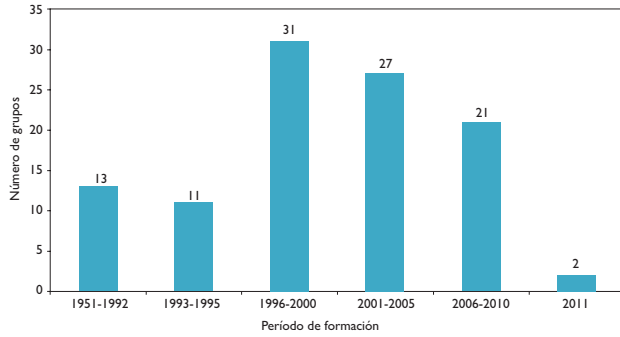
### 3.3.5. Análisis de grupos de investigación

De acuerdo con la información disponible de la convocatoria 2012 de reconocimiento de grupos de investigación, 105 señalan al Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería (PIEM) como su afiliación principal (1,9 % del total de los 5.510 grupos reconocidos).

En el gráfico 55 se muestra la forma en que se fueron conformando dichos grupos. En general, se puede observar que se trata de una comunidad joven y que es partir del año de 1996 que se da un impulso a la conformación de grupos de investigación, lo que se explica en parte por la implantación del proceso de reconocimiento de grupos de investigación por parte de Colciencias, pero también por el surgimiento de nuevas modalidades de financiación de proyectos, en particular la cofinanciación, que ha motivado la consolidación de relaciones con el sector productivo.

Gráfico 55

**DINÁMICA DE FORMACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN**



Fuente: Estadísticas Colciencias.

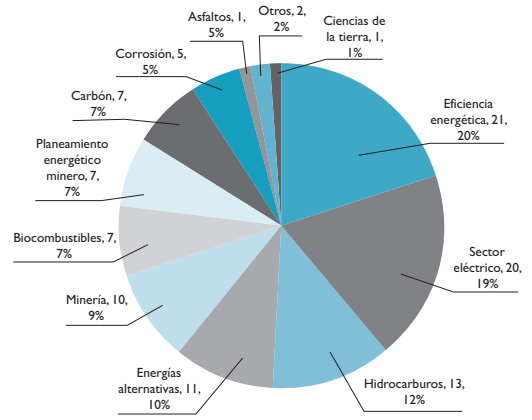
Del análisis de las líneas de trabajo reportadas por cada uno de los grupos, en el gráfico 56 se muestra que la temática eléctrica agrupa la mayor cantidad de grupos de investigación, seguida muy de cerca por los que se dedican al uso racional de energía. Los dos temas representan el 35% del total. Hidrocarburos empieza a mostrar una tendencia importante en cuanto a grupos, máxime si se considera que en la clasificación no participa la gran mayoría de la infraestructura de investigación del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP). Las otras temáticas referenciadas: energías alternativas, minería, biocombustibles, planeamiento energético-minero, y carbón, mantienen una participación equilibrada. Aunque no es representativa en cuanto al número de grupos, se esperaría contar con una infraestructura más numerosa.

De otra parte, es interesante examinar el tamaño de la comunidad de investigadores asociados a estos grupos y su nivel de formación, en el gráfico 57 se muestran dichos datos. En total son 1.538 los investigadores adscritos a dichos grupos, del total con nivel de formación a nivel doctoral y de maestría representan el 18,8% y 29,2%, respectivamente.

Es interesante mirar la distribución regional de estos investigadores y las áreas de trabajo de los grupos, como se muestra en los gráficos 58 y 59. No sorprende la distribución de investigadores por regiones, que guarda una correlación alta con el comportamiento de la financiación de proyectos. En general, la dinámica del programa está marcada por los grupos de Santander, Antioquia y Bogotá (regiones de centro oriente, noroccidente y Distrito Capital, respectivamente), departamentos que cuentan con un número similar de investigadores, no obstante, la proporción es bien diferente, ya que el número de doctores es mayor en su

Gráfico 56

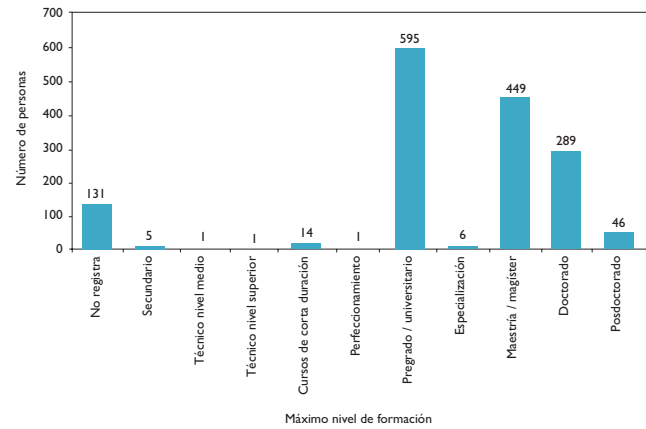
**DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS POR ÁREA TEMÁTICA**



Fuente: Estadísticas Colciencias.

Gráfico 57

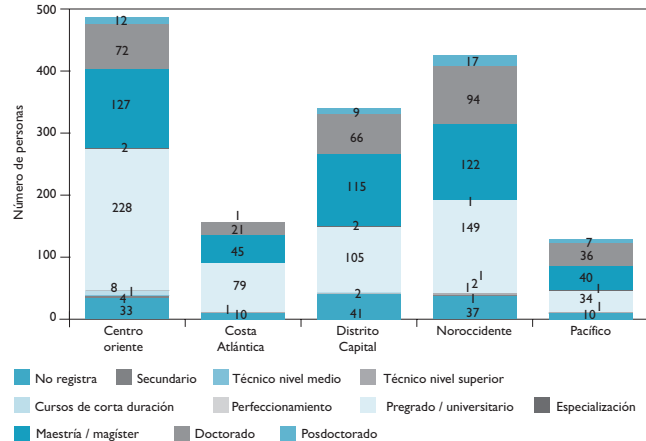
**DISTRIBUCIÓN DE INVESTIGADORES POR NIVEL DE FORMACIÓN**



Fuente: Estadísticas Colciencias.

Gráfico 58

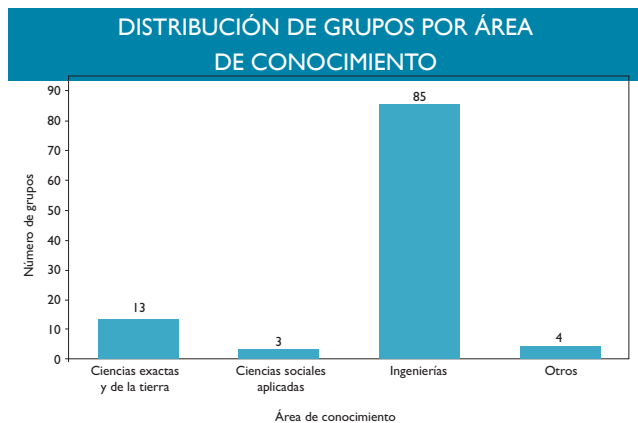
**DISTRIBUCIÓN DE INVESTIGADORES POR REGIÓN**



Fuente: Estadísticas Colciencias, ventana de observación, julio 1.º de 2007-junio 30 de 2012.

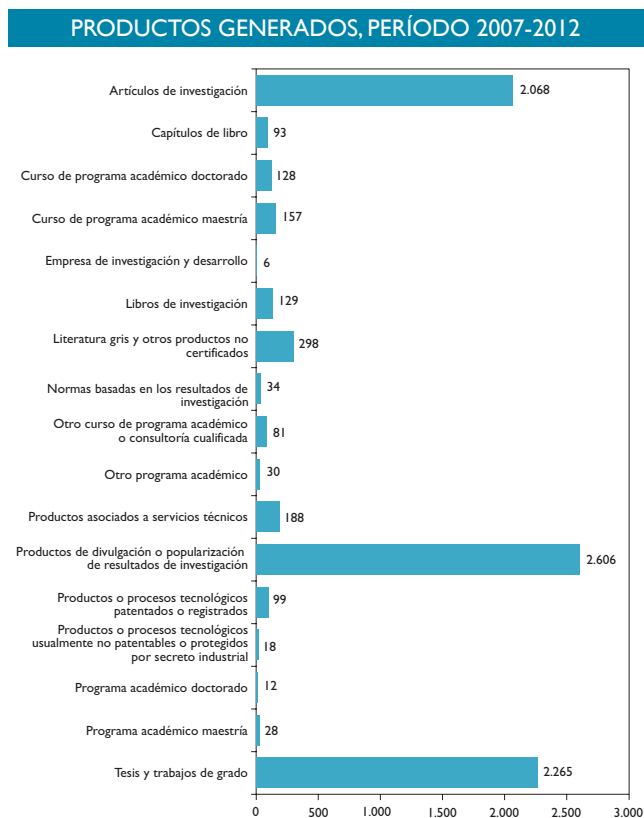
orden en Antioquia, Bogotá y Santander, aunque este último cuenta con la mayor proporción de investigadores con formación a nivel de pregrado. De otra parte, en relación con las áreas de conocimiento, las ingenierías concentran la mayor parte de los grupos de investigación (85), lo que representa el 81% del total, a continuación aparece el área de ciencias de la tierra, con la cual se identifican 13 grupos, que representan el 12,4%.

Gráfico 59



Fuente: Estadísticas Colciencias.

Gráfico 60



Fuente: Colciencias. Ventana de observación, 15 de septiembre de 2006-15 de septiembre de 2011.

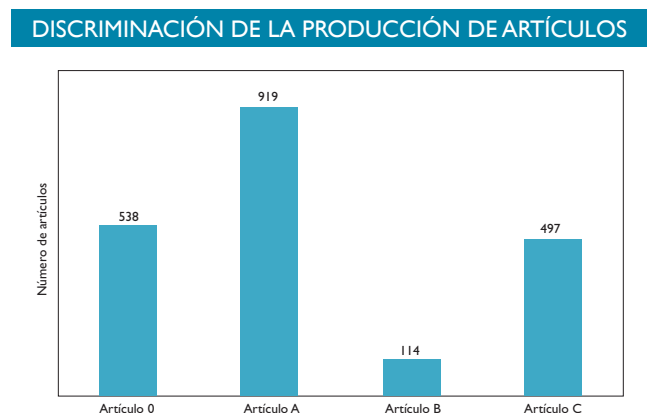
### 3.3.6. Producción de grupos de investigación

En el gráfico 60 se muestra la producción de los grupos en el período 2006-2011, discriminada por las categorías establecidas para el escalafón de los mismos. A pesar de que los mecanismos de financiación privilegian la relación con el sector productivo, los productos presentados aún privilegian la producción intelectual orientada a la divulgación de los resultados hacia la comunidad académica.

En el gráfico 61 se detalla la producción de artículos por la categoría de los grupos y el escalafón de la calidad de las revistas que publican; el máximo nivel es el A. Se destaca la calidad de los productos obtenidos, ya que es precisamente en dicho nivel donde se reporta la mayor cantidad de producción de los grupos.

Es conveniente ilustrar la producción lograda por algunos grupos de investigación en términos de patentes.

Gráfico 61



Fuente: Estadísticas Colciencias.

### Grupo de Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía

Pertenece a la Universidad de Antioquia y en cuanto al trámite de patentes ante la SIC tiene los siguientes productos:

- *Quemador atmosférico con factor de aireación mayor de 0.8 de reducido volumen por unidad.* Resultado de un proyecto cofinanciado entre Colciencias y HACEB. La empresa ha incorporado el quemador como sistema de combustión en un calentador de agua que ya se comercializa.



- *Horno autorregenerativo para fusión de metales no ferrosos y tratamientos térmicos.* Resultado de un proyecto financiado por la Universidad de Antioquia, EPM y el SENA. El prototipo ha estado en pruebas industriales en Fundiciones Uribe y se está estudiando un acuerdo para su fabricación y comercialización con tres empresas fabricantes de equipos térmicos, de las cuales se seleccionará una.
- *Horno de combustión sin llama con quemador autorregenerativo para recuperación de calor.* Resultado de un proyecto financiado por Colciencias a la Universidad de Antioquia. El 1.º de abril de 2013 la SIC aprobó la solicitud de patente.

### Grupo de Investigación en Biocombustibles, Energía y Protección del Medio Ambiente

Pertenece a la Universidad Nacional, Sede Bogotá, y presentó a la SIC la siguiente solicitud de patente.

- *Procedimiento para la producción de combustibles para motores diésel a partir de aceite de palma refinado u oleína de palma, o aceites de semillas oleaginosas simplemente mezclados físicamente con gasolina y etanol anhidro.*

### Grupo de Energía y Termodinámica

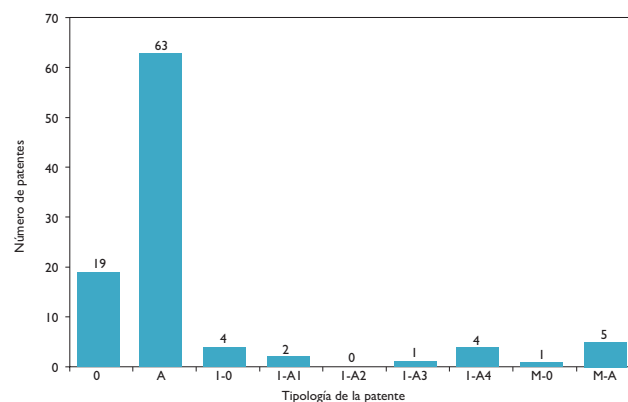
Pertenece a la Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Medellín, y la SIC aprobó la siguiente solicitud de patente:

- *Aerogeneradores de baja velocidad.* Este equipo fue resultado de un proyecto cofinanciado entre Colciencias y Ecopetrol.

En el gráfico 62 se muestra la discriminación de las patentes producidas por grupo, teniendo en cuenta, además, las diferentes fases en que se encuentra el proceso de patente. Las de tipo A son las obtenidas y con producto comercializado, las tipo I-O son las patentes solicitadas, las A2 son las obtenidas, pero con menos de dos años sin producto comercializado, las tipo M-A son un modelo de utilidad obtenido, y las tipo O son las patentes solicitadas.

Gráfico 62

#### DISCRIMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PATENTES



Fuente: Estadísticas Colciencias.

### 3.3.7. Agendas departamentales

En la tabla 10 se muestra el resultado de los ejercicios adelantados por los departamentos del país en el desarrollo, tanto de sus agendas prospectivas de ciencia, tecnología e innovación, como de las apuestas productivas relacionadas con los sectores minero y energético.

Tabla 10

LÍNEAS DE ACCIÓN DEFINIDAS EN LAS AGENDAS DEPARTAMENTALES	
Departamento	Línea de acción
Amazonas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incorporar tecnologías limpias para el desarrollo del Amazonas, especialmente en el manejo y uso adecuado de energías alternativas y para el manejo integrado de residuos.</li> </ul>
Antioquia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incrementar la producción de oro, carbón y calcáreos.</li> <li>Priorizar esfuerzos en la búsqueda de tecnologías aplicadas a los procesos mineros de prospección, exploración, explotación, beneficio y cierre, pero buscando además que se agregue valor a los materiales extraídos, mediante su transformación para diferentes usos, se reciclen los recursos y se dé un manejo apropiado a los productos y subproductos en todas las etapas.</li> <li>Antioquia debe ajustar sus procesos mineros hacia la sostenibilidad, eficiencia y eficacia a través de nuevas tecnologías o apropiación tecnológica, para mantener y aprovechar dicho flujo de manera acertada en la consolidación de capacidades territoriales basadas en CTI.</li> <li>Energía: transformadores de tensión y corriente diferente principio al magnético, desarrollos generación de energía (eólica, solar hidráulica), aprovechamiento energético integrado a nivel domiciliario, diseño de plantas y sistemas de suministro de energía con baterías de combustible.</li> <li>Investigación en: nuevos materiales (metálicos, plásticos y cerámicos, tratamientos térmicos, recubrimientos), electrónica de potencia, microelectrónica, programación, modelación, automatización, CAD-CAM-CIM, gestión tecnológica, tecnologías de informática y telecomunicaciones (TIC), energías alternativas, combustión, dinámica, tribología, biomecánica, ergonomía, química.</li> <li>Los temas más promisorios, y por ende priorizados, son: redes inteligentes (<i>smart grid</i>), servicios de ingeniería, ecoeficiencia energética y combustibles alternativos.</li> </ul>
Arauca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crear centros de investigación y desarrollo tecnológico que permitan generar conocimientos en el uso eficiente de los recursos naturales estratégicos, entre ellos, las energías renovables.</li> <li>Acompañamiento a los sectores productivos para la implementación y reconversión productiva con tecnologías limpias.</li> </ul>
Bolívar	<p>Energía</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Creación de centros de desarrollo tecnológico con altas capacidades en el área de gestión eficiente de la energía y fuentes alternativas.</li> </ul> <p>Minería</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Legalizar y fortalecer el sector minero a través de análisis del mercado, estudios técnicos, el diseño y la implementación de un modelo de minería social y la articulación del sector con los <i>clúster</i> turístico y de joyería para crear y consolidar una marca territorial.</li> <li>Articular la cadena aurífera y de materiales de construcción.</li> <li>Consolidar centros de desarrollo productivo y empresarial por vocación según la zona territorial.</li> <li>Generar proyectos de recuperación y conservación de sistemas estratégicos ambientales, así como de implementación de tecnologías limpias y un sistema de monitoreo del impacto ambiental de la minería.</li> <li>Generar proyectos de desarrollo económico alternativos y / o paralelos a la minería.</li> <li>Promocionar alianzas estratégicas interinstitucionales.</li> </ul> <p>Sector petroquímico-plástico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar y consolidar el <i>clúster</i> petroquímico-plástico.</li> <li>Crear un sistema de vigilancia tecnológica.</li> <li>Desarrollar un programa de cooperación para la innovación y desarrollo tecnológico entre las empresas del sector y las universidades.</li> <li>Fortalecer la masa crítica en aspectos relacionados con la ingeniería, aplicados a las industrias de la cadena petroquímica-plástico.</li> <li>Desarrollar un sistema de proveedores locales para las empresas de la cadena petroquímica-plástico.</li> </ul>
Boyacá	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para el 2015 posicionar al departamento como el primer productor mundial de esmeraldas certificadas y en el ámbito nacional como el primero en producción y aprovechamiento de: carbones metalúrgicos, mineral de hierro, calizas, arcillas, yeso, puzolana y roca fosfórica.</li> <li>Realizar acuerdos de reconversión tecnológica en el sector minero energético y generar centros de desarrollo tecnológico.</li> <li>Incrementar la productividad y eficiencia en la producción y utilización de los recursos energéticos y mineros, y maximizar la generación de valor.</li> <li>Implementar programas para la tecnificación minera.</li> <li>Fomentar la creación de proyectos de generación de energías alternativas.</li> <li>Desarrollo de mejores prácticas de utilización de la energía, nuevas fuentes y tecnologías más limpias y eficientes que reduzcan los impactos negativos contra el medio ambiente en el sector minero-energético.</li> <li>Incrementar las capacidades para la caracterización básica y avanzada de minerales y carbón.</li> <li>Crear un centro de desarrollo tecnológico y de innovación para la capacitación al minero y el mejoramiento de la productividad y la competitividad.</li> <li>Incrementar las capacidades en procesos de transformación del gas natural y nuevos combustibles.</li> <li>Mejorar los sistemas de control de robo y contrabando de petróleo.</li> </ul>

Continúa

LÍNEAS DE ACCIÓN DEFINIDAS EN LAS AGENDAS DEPARTAMENTALES

Departamento	Línea de acción
Caldas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un <i>clúster</i> del manganeso, un <i>clúster</i> del carbón y aprovechar la riqueza aurífera y de calizas que posee el departamento.</li> <li>• Enfocar las capacidades productivas y de CTI en las siguientes tres macro tendencias: suministro de energía (se refiere a las diferentes fuentes para la generación de energía, tanto convencional como no convencional, cuya dinámica es marcada por la mitigación del impacto ambiental y la generación de soluciones pertinentes), sostenibilidad de mercados energéticos (integra las perspectivas ambiental, política, tecnológica y económica con el objetivo de aportar a una mejor gestión del recurso energético), demanda de energía (en relación con los diferentes sectores y grupos de interés sobre los cuales es fundamental el aporte de la energía como un recurso de gran incidencia en su desarrollo social, económico y ambiental).</li> </ul>
Caquetá	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuencas hidrográficas-biodiversidad-ambiente-desarrollo agropecuario.</li> <li>• Manejar, proteger y aprovechar de manera sostenible los ecosistemas ambientales.</li> </ul>
Casanare	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de programas de fomento para el uso de la biomasa residual del sector productivo, para la producción de nuevos productos y / o producción de energía alternativa.</li> <li>• Mejoramiento de temas transversales como los relacionados con la cobertura de energía eléctrica en el departamento</li> </ul>
Cesar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ponderará el uso de la biomasa residual para disminuir la dependencia de los fertilizantes y se mantendrá un equilibrio entre la producción de biocombustibles y la producción de alimentos.</li> <li>• Se crearán nuevos paradigmas tecnológicos que impactarán positivamente el cambio climático, la seguridad alimentaria y la seguridad energética del país.</li> </ul>
Chocó	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el 2020 se habrá desarrollado el puerto de Tribugá, luego de la Central Hidroeléctrica del Alto Baudó, Malaguita en el San Juan, y luego de haber repotenciado las centrales de la Vuelta, convirtiendo al Chocó en un polo de desarrollo logístico para encarar los tratados de libre comercio (TLC) firmados con países del Atlántico y el Pacífico.</li> <li>• <i>Smart Robots</i> (robots inteligentes), <i>software</i> y <i>hardware</i> especializado que reemplace la actividad humana en los procesos de extracción y exploración del mineral.</li> <li>• Gestión de fuentes de agua en minas.</li> <li>• Ecología industrial (desarrollo de tecnologías que incrementan la eficiencia en el uso de energía y emisión de gases, reduciendo el efecto de estos flujos en el medio ambiente).</li> <li>• Eficiencia energética (reducción del consumo de portadores energéticos en los procesos transformativos, de transporte, almacenamiento y distribución de las fuentes fósiles y renovables de energía, así como también en todo lo relacionado con el potencial de captura de CO<sub>2</sub> en los bosques tropicales (mercados REDD) y la prestación de los servicios energéticos requeridos por la sociedad).</li> </ul>
Córdoba	<p>Minería</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar y promover por parte de las universidades y el Estado, programas de estudios con investigación aplicada que fortalezcan el sector.</li> <li>• Buscar, a través de la cooperación internacional, el financiamiento de proyectos de investigación y cambio de conocimiento (transferencia ciencia, tecnología).</li> <li>• Desarrollar procesos de apropiación social del conocimiento a través de programas académicos en escuelas y universidades con énfasis en minas y energía.</li> <li>• Fortalecer la capacidad de gestión, aplicación y seguimiento de las normas ambientales locales, nacionales e internacionales.</li> <li>• Generar energía térmica a partir del carbón, según la capacidad de reserva del departamento.</li> <li>• Apoyar a las comunidades en la elaboración de proyectos artesanales con alto valor agregado.</li> <li>• Fortalecer la eficacia y eficiencia de los recursos de regalías de los entes territoriales en beneficio del desarrollo de iniciativas en ciencia, tecnología e innovación en minas y energía.</li> <li>• Creación y fortalecimiento de centros e institutos de investigación y desarrollo de CTI y parques tecnológicos.</li> <li>• Estudios de brechas tecnológicas en los sectores agroindustria, minería, energía, artesanía y turismo sostenible; y, oportunidades generadas por el TLC con Estados Unidos, Europa y China.</li> <li>• Desarrollo tecnológico, mejoramiento de procesos de exploración, explotación, producción y transformación, ambientalmente sostenible, de las actividades mineras.</li> </ul> <p>Sector construcción</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo tecnológico para construcción con materiales autóctonos que tengan valor agregado.</li> <li>• Generación de nuevos materiales para agregados y otros para pavimentación y construcción.</li> <li>• Creación de un centro de desarrollo tecnológico para materiales de construcción.</li> </ul>
Cundinamarca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar y mejorar la fabricación de coques y semicoques de hulla.</li> <li>• Producción limpia: promover la adopción de tecnologías de ahorro de energía y el uso de fuentes no contaminantes; ampliación de la estrategia de parques industriales ecoeficientes a toda la región.</li> <li>• Áreas de conocimiento y líneas de investigación abordadas:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Biomasa y energía.</li> <li>– Transformación de energías-fuentes alternativas de energía.</li> <li>– Análisis comparativo de energías tradicionales y alternativas en centros urbanos empleadas en medios de transporte.</li> <li>– Investigación en el sector minero desde la perspectiva ambiental.</li> </ul> </li> <li>• Articulación con las Secretarías de: i) Competitividad y Desarrollo Económico, ii) Agricultura y Desarrollo Rural, iii) Minas y Energía y iv) Región Capital e Integración Regional para promover acciones conjuntas en cuanto a:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Innovación en los sectores estratégicos: agroindustria, turismo y minería.</li> <li>– Eficiencia energética.</li> </ul> </li> </ul>

Continúa

LÍNEAS DE ACCIÓN DEFINIDAS EN LAS AGENDAS DEPARTAMENTALES

Departamento	Línea de acción
Guajira	<p>Minería</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisar el potencial y condiciones de explotación e industrialización en el sector minero y formar profesionales que generen empresas para su aprovechamiento.</li> <li>• Generar estudios geológicos para localizar y explotar técnicamente nuevos recursos naturales no renovables y su industrialización.</li> <li>• Generar programas de uso industrial de los recursos mineros competitivos mediante la aplicación de nuevas tecnologías.</li> <li>• Desarrollar un sistema de información de recursos mineros del departamento de la Guajira y mecanismos de medición, control y mitigación de impactos.</li> <li>• Proponer la agregación de valor al recurso carbonífero del departamento.</li> </ul> <p>Energía</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisar potencial de energías solar, mareomotriz y eólica e investigar nuevas tecnologías de obtención de energía solar, mareomotriz y eólica.</li> <li>• Formar investigadores para contribuir al desarrollo de energías alternativas.</li> <li>• Propender por una cultura para el uso y desarrollo de energías no contaminantes.</li> <li>• Evaluación de alternativas tecnológicas con energías no convencionales para satisfacer demandas sociales.</li> </ul>
Huila	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrializar los procesos de extracción de fosfatos, arcillas y mármoles de forma sostenible, utilizando alta tecnología para alcanzar niveles de calidad internacional.</li> <li>• Desarrollo de nuevos centros de I+D y estructuras institucionales orientadas al desarrollo del conocimiento científico e innovación social en agroindustria, energía, minería y sostenibilidad ambiental.</li> </ul>
Magdalena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechamiento de la energía solar para secado, en el sector cafetero.</li> <li>• Desarrollo de alternativas de energía renovable y sostenible para uso en sistemas acuícolas.</li> </ul>
Meta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fomentar la autosuficiencia energética y el desarrollo de la capacidad productiva y de comercialización de energía del departamento mediante la utilización de alternativas renovables (solar, eólica, hidroeléctrica de baja caída de agua, a partir de biomasa), producción de biocombustibles a partir del potencial productivo de cultivos intensivos con adaptación a las condiciones del agroecosistema departamental (p.e. palmas nativas, palma de aceite, caña) y uso del gas.</li> <li>• Impulsar iniciativas de base tecnológica (corto y mediano plazo) relativas a las siguientes áreas clave: medio ambiente (biocomercio y productos verdes), turismo (turismo sostenible y modelos de desarrollo para parques, restaurantes y hoteles temáticos), agricultura y acuicultura (agricultura orgánica —enfoque Albert Howard, Inglaterra— y gestión de recursos pecuarios dirigidos a sistemas silvopastoriles), salud (áreas vocaciones para salud sexual y reproductiva) y biotecnología (aplicaciones en energía y combustibles, y aplicaciones multidisciplinares basadas en biotecnología para agricultura, en particular biocomercio).</li> </ul>
Nariño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suplir necesidades específicas en CTI, entre otras áreas, en la producción y utilización racional de la energía.</li> <li>• Investigar las posibilidades de energías alternativas para ampliar la oferta energética en Nariño: hidráulica, eólica y geotérmica.</li> <li>• Modelos alternos de producción minera que garanticen la conservación de la biodiversidad en el departamento de Nariño.</li> <li>• Plantas piloto sobre mecanismos de desarrollo limpio para la captura de carbono en el departamento de Nariño.</li> </ul>
Quindío	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar iniciativas de proyectos en energías renovables.</li> </ul>
Risaralda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía hidroeléctrica, del hidrógeno y solar</li> </ul>
San Andrés y Providencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar tecnologías limpias y servicios públicos adecuados mediante la identificación y aplicación de tecnologías alternativas limpias en la generación y prestación de los servicios de agua, alcantarillado, energía y basuras (energías alternativas, desalinización y / o lluvias) y tratamiento de aguas residuales y residuos sólidos.</li> <li>• Implantación de nuevos sistemas de producción energética, aprovechando los recursos endógenos del archipiélago.</li> <li>• Desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en la aplicación de energía renovable y eficiencia energética.</li> </ul>
Tolima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de energías por métodos alternativos.</li> <li>• Alternativa al gas natural.</li> <li>• Eficiencia en energía fotovoltaica.</li> <li>• Maleabilidad en energía fotovoltaica.</li> <li>• Energía eólica (integración).</li> </ul>
Valle del Cauca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear un espacio abierto y continuo para el intercambio de ideas entre academia-empresas-Gobierno-entidades de planeación, sobre necesidades y desarrollo prospectivo de la región y su zona de influencia, en los campos de la energía, la minería y su aprovechamiento, fortaleciendo la capacidad regional en ciencia, tecnología e innovación en favor del desarrollo social y económico.</li> <li>• Investigación y desarrollo de energía y tecnología limpias.</li> </ul>
Vichada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de fuentes no convencionales de energía y energías renovables.</li> <li>• Identificación de alternativas energéticas para zonas remotas.</li> <li>• Orientar esfuerzos para asegurar que los desarrollos mineros cumplen con todas las buenas prácticas de la cadena de valor minera para el desarrollo ambientalmente sostenible.</li> </ul>

Fuente: Colciencias.



# CAPÍTULO 4

## FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO 2013-2022

---



# CAPÍTULO 4

# FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO 2013-2022

## 4.1. VISIÓN, MISIÓN, OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS

### 4.1.1. Visión

Apoyar la innovación, el desarrollo tecnológico y la generación de conocimiento para el incremento de la productividad y la competitividad en el sector minero y energético, garantizando la sostenibilidad ambiental y en busca de la agregación de valor y del incremento del bienestar social en el sector.

### 4.1.2. Misión

Articular los actores y grupos del sector energía y minería para identificar los incentivos, estímulos y gestionar los recursos y medios necesarios para la generación de conocimiento basado en investigación, desarrollo tecnológico e innovación, y alcanzar los objetivos trazados en este plan.

### 4.1.3. Objetivos

Los objetivos del programa son básicamente dos: i) contribuir a los propósitos de las políticas nacionales económicas, sociales y ambientales, y a las políticas sectoriales en materia de minería y energía en el marco de la política de ciencia y tecnología; y ii) desde la ciencia y la tecnología, apoyar la evaluación y el direccionamiento de estas políticas, al identificar nuevas oportunidades y tecnologías.

### 4.1.4. Estrategias

Las líneas estratégicas generales del programa son las siguientes:

- Orientar los recursos en áreas prioritarias que constituyen las líneas de acción de este programa con miras a lograr la transformación productiva que se propone el país. Las acciones financiadas deben producir resultados medibles.
- Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la realización de proyectos y actividades de difusión.
- Formar recursos humanos del más alto nivel para las universidades y las empresas del sector en el grado de doctorado, y fomentar la incorporación de investigadores en las empresas del sector.
- Buscar la consolidación de las redes de colaboración de la academia y el sector productivo entre entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales.
- Fortalecer Colciencias para realizar el seguimiento de las actividades apoyadas, la búsqueda de nuevos recursos y la participación en instancias de coordinación.
- Armonizar la coordinación con las entidades que elaboran la política.

Los instrumentos generales propuestos para el desarrollo de las líneas estratégicas son:

- Contratación de gestores de línea. Se propone comenzar con las dos primeras líneas.
- Establecimientos de alianzas público privadas para la identificación de proyectos y su financiamiento.
- Establecimiento de fondos que permitan apoyar acciones de largo plazo en forma continuada.
- Implementación de instrumentos de financiación que han sido probados como cofinanciación, y diseñar nuevos instrumentos.
- Fortalecimiento de las redes de investigación, así como de las comisiones regionales de competitividad y los consejos departamentales de ciencia, tecnología e innovación.
- Seguimiento por parte de Colciencias, del Ministerio de Minas y Energía y del consejo del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, siguiendo los lineamientos para garantizar la estabilidad de la inversión en ciencia, tecnología e innovación, que exigen estructurar un marco de inversión para la programación del gasto. Este contará con las metas e indicadores de resultado, sobre los cuales se hará medición del cumplimiento<sup>19</sup>.

En el capítulo 5 se ampliará la información de las estrategias específicas formuladas para desarrollar el presente plan y los correspondientes instrumentos y metas para su implementación.

## 4.2. LÍNEAS DE ACCIÓN

**A** continuación se presentan las líneas de investigación definidas en diálogo con los actores y con el consejo del programa, con participación del Ministerio de Minas y Energía y la UPME, luego de completar el proceso de consulta con los principales agentes del sector.

1. Generar nuevos productos y materiales, así como los procesos requeridos para agregar valor a los recursos energéticos y mineros con los que cuenta el país

y así contribuir a los esfuerzos para mejorar la competitividad y promover la transformación productiva.

2. Desarrollar investigación e innovación tecnológica en optimización de los procesos de producción y uso final de la energía, buscando mejores prácticas de utilización, nuevas fuentes y tecnologías más limpias y eficientes que reduzcan los impactos negativos contra el medio ambiente y que permitan, a todos los sectores de la sociedad, el acceso a la energía.
3. Desarrollar investigaciones que contribuyan a alcanzar un suministro confiable en las regiones y segmentos de la población colombiana, así como en los mercados internacionales, mediante la participación de fuentes y tecnologías más eficientes y limpias, la modernización de la red de transmisión y distribución, la ampliación de las interconexiones y la aplicación de esquemas de uso de la energía que hagan parte de cadenas productivas.
4. Orientar esfuerzos al desarrollo de la investigación, desarrollo tecnológico, innovación y formación de recursos en el área de la carboquímica, que busquen darle valor agregado al carbón.
5. Apoyar la investigación e innovación en la cadena de producción de biocombustibles, abordando la producción agroindustrial, la transformación de materias primas a biocombustibles y la optimización del uso final de los productos y subproductos.
6. Intensificar la investigación y el trabajo en tecnologías para la exploración y explotación de recursos mineros y energéticos orientados a identificar metodologías económicamente factibles para continuar aumentando el factor de recobro de los yacimientos ya descubiertos en el país.
7. Avanzar en esquemas de política, mercados y regulación minero-energética con criterios de sostenibilidad que promuevan una mayor eficiencia en el suministro y utilización de los recursos mineros y energéticos, y que contribuyan a la armonización de marcos regulatorios.

### 4.2.1. Desarrollo de nuevos productos y materiales con base en recursos mineros y energéticos

Colombia posee recursos mineros y energéticos tales como minerales industriales, concentrados de

<sup>19</sup> Departamento Nacional de Planeación, *Elementos de discusión para la elaboración del marco de inversión y el presupuesto de inversión anual en programas estratégicos en ciencia, tecnología e innovación*, marzo de 2010.



minerales metálicos, metales preciosos, carbones, ferroníquel y petróleo, entre otros. Sin embargo, la mayor parte de estos recursos son explotados y llevados al mercado nacional e internacional sin brindarle procesos de transformación y valor agregado que permitan consolidar al sector como un jalónador de desarrollo nacional, competitivo y sostenible.

Bajo las anteriores consideraciones es necesario consolidar el sector para dar el salto de un sector extractor y exportador de recursos primarios e importador de productos elaborados con alto valor a un sector eje de desarrollo regional y nacional, más aun cuando para el 2011 el sector minero-energético representa cerca de las dos terceras partes de las exportaciones nacionales y más de la mitad de la inversión extranjera internacional.

El desarrollo de nuevos materiales y productos a partir de recursos mineros e hidrocarburos no es un caso cerrado, pues prácticamente esta línea de investigación está asociada a la creatividad y el desarrollo de productos para satisfacer las necesidades y nuevos requerimientos en diferentes industrias y aplicaciones. Se ha encontrado que el valor prácticamente crece exponencialmente a medida que se transforman las materias primas minerales y energéticas en la producción de nuevos materiales.

El desarrollo de nuevos y mejores productos a partir de recursos mineros y de la petroquímica requiere de grandes esfuerzos de investigación interdisciplinarios, fundamentados en el conocimiento de ciencias básicas, ingenierías y otras áreas del conocimiento, así como de las capacidades y recursos del sector productivo. En este sentido, se identifican dos grandes áreas de interés: 1) beneficio de minerales con énfasis en sistemas de separación y procesos de refinación para impactar positivamente sobre la productividad y eficiencia minera en las diferentes escalas de producción, de manera sostenible, afín a la escala de minería que se espera en el país, y 2) petroquímica con énfasis en desarrollo de tecnologías que permitan el mayor aprovechamiento en refinación de crudos, siendo de especial interés las tecnologías para la transformación de crudos pesados y extrapesados, y el desarrollo de nuevos productos petroquímicos de mayor valor agregado.

Es necesario trabajar para utilizar / expandir el uso de minerales o agroquímicos producidos en el país

para la fertilización de los cultivos, con el fin de mejorar la productividad y eficiencia económica de la actividad agropecuaria de Colombia. Por tanto, potenciar la utilización de productos minerales, como los fosfatos, el cloruro de potasio, el azufre, el bórax, los sulfatos de magnesio, las calizas dolomíticas y otros derivados de los hidrocarburos, como la urea y los amonios, puede mejorar la productividad de un cultivo de 10 a 30% con respecto a su no utilización. Teniendo en cuenta los anteriores aspectos, se recomienda investigar la posibilidad de producir económicamente algunos de estos fertilizantes con insumos colombianos. Es necesario investigar si las minas de minerales fosfóricos y otros minerales de interés identificados en el país pueden suministrar parte de los requerimientos de estos elementos para los diferentes cultivos.

Así mismo, es necesaria la consolidación de redes de conocimiento y encadenamientos productivos con el fin de dar respuesta a las necesidades del sector y ajustar esta línea de investigación a las iniciativas de desarrollo del aparato productivo nacional, para lo cual se proponen como áreas de trabajo:

- Estructurar redes de I+D según recursos y vocación industrial.
- Promover programas de encadenamientos productivos entre proveedores y *clúster*.
- Investigación de nuevos procesos de concentración de metales preciosos, recuperación de oro fino (“invisible”) de menas auroargentíferas.
- Desarrollo de nuevos productos y materiales a partir de la transformación de minerales (cementos, cerámicos, vidrios, materiales avanzados) por medio del uso de la CIT (nanotecnología, biotecnología, etc.).
- Incorporación de valor agregado a minerales industriales y carbones; identificación de procesos de beneficio de las materias primas que contribuyan a mejorar la calidad de los productos finales.
- Valoración de minerales colombianos ingresando a las cadenas productivas de alto valor agregado (incluye escorias y relaves).
- Nuevos compuestos minerales (mezclas) para usos específicos con alto valor agregado.

- Crear concentrados para la agricultura (sales, arcillas, fertilizantes, entre otros).
- Levantamiento preliminar de los yacimientos de minerales de interés (fosforitas, sales dolomíticas para enmiendas de suelos, borax, sulfato de magnesio, cloruro de potasio, azufre).
- Concertar con la industria la posibilidad de construir / expandir las plantas que utilicen minerales colombianos para generar fertilizantes que disminuyan la dependencia del país de los productos importados, siempre y cuando sean competitivos desde el punto de vista ambiental y de costos.
- Investigaciones de procesos para dar valor agregado a minerales subproducto de explotación minera.
- Reducción del uso de energía en procesamiento de minerales e hidrocarburos, estimulando la simulación, el control y la comprensión básica de operaciones de fragmentación y separación de minerales.
- Nuevos esquemas de refinación para crudos pesados y extrapesados.
- Desarrollo de nuevos productos petroquímicos con alto valor agregado.
- Desarrollo de nuevos catalizadores para petroquímica.
- Simulación de procesos petroquímicos.

#### 4.2.2. Mejoras en los procesos de producción y utilización de la energía

En esta línea se plantean dos temáticas que abarcan los procesos de producción de energía, por un lado, y la mejora en los procesos de uso final de energía, por el otro, tanto desde el componente térmico como desde el eléctrico.

Un insumo fundamental para esta línea es el Plan de Ciencia Tecnología e Innovación para el Desarrollo de la Energía Sustentable en Colombia<sup>20</sup>, en el

<sup>20</sup> Plan de Ciencia Tecnología e Innovación para el Desarrollo de la Energía Sustentable en Colombia, disponible en la página web <http://www.si3ea.gov.co/>

cual se plantean estrategias, acciones y una revisión de tecnologías promisorias en los temas de fuentes no convencionales de energía y eficiencia energética, incluyendo componentes fundamentales como la generación de energía eléctrica y térmica a partir de fuentes renovables y la eficiencia energética entendida como base para la mejora de los procesos de uso final de energía.

##### 4.2.2.1. Investigación e innovación en procesos sostenibles para la generación de energía

En este punto se incluye tanto la mejora de los procesos convencionales de producción de energía y tecnologías más eficientes para este propósito (por ejemplo la gasificación de carbón para la producción de energía eléctrica), como el uso de fuentes no convencionales para la producción de energía.

La generación mundial de electricidad a partir de fuentes renovables ha tenido un significativo aumento en los últimos años. El primer lugar en este tipo de generación lo ocupa la hidroelectricidad, seguida por la biomasa y por la energía eólica. En la última década, la mayor tasa de crecimiento se ha presentado en la generación eólica y la fotovoltaica. En el largo plazo, la generación de electricidad con combustibles fósiles disminuirá su participación en la matriz energética, pero incrementará su eficiencia, mientras la participación de renovables, energía nuclear y ciclo combinado se verá incrementada. En el ámbito nacional se ha venido investigando en el campo de las energías renovables, en particular en las áreas de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), fotovoltaica, eólica y celdas de combustible. Sin embargo, el nivel de desarrollo en algunas de estas tecnologías es incipiente y ha sido realizado de manera dispersa. La introducción de estos sistemas debe estar acompañada de una regulación concordante que refleje los beneficios que serían obtenidos y tome en consideración las exigencias técnicas para garantizar la confiabilidad del servicio.

En el Plan de Ciencia Tecnología e Innovación para el Desarrollo de la Energía Sustentable en Colombia se identifica un plan de acción a corto, mediano y largo plazo para el fomento de la eficiencia energética y las fuentes no convencionales de energía. Las tecnologías más promisorias de trabajo en el corto plazo para energías renovables en el ámbito nacional se encuentran en la tabla II.

Tabla 11

TECNOLOGÍAS PROMISORIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y FNCE		
	Tecnologías	Actores
1	Sistemas híbridos con FNCE	IPSE, Colciencias, gobernaciones, ZNI, UPME IDEAM
2	Residuos sólidos urbanos (RSU)	Fedemunicipios, Colciencias, GDI, empresas de aseo
3	Energía solar térmica concentrada (500 kw) (factibilidad)	Colciencias-IPSE-empresas eléctricas
4	Gasificación de biomasa	Sector agroindustrial-Colciencias-GDI
5	Energía solar térmica y diseño bioclimático	Ministerio de Vivienda-Colciencias-GDI-PYMES
6	Almacenamiento de energía eléctrica (vigilancia tecnológica)	Colciencias-UPME-Ministerio de Minas-DNP
7	Iniciativas criollas en mini hidráulica de cabeza 0	Colciencias-sector industrial
8	Geotermia de baja entalpía	Ecopetrol-GDI-Colciencias-ANH
9	Biocombustibles sólidos densificados con torrefacción	Sector agroindustrial-Colciencias-GDI
10	Energía eólica a pequeña escala	GDI-empresas manufactureras de materiales compuestos

Fuente: Plan de Ciencia Tecnología e Innovación para el Desarrollo de la Energía Sustentable en Colombia.

#### 4.2.2.2. Investigación e innovación en optimización de los usos finales de la energía térmica y eléctrica

Un componente importante en la matriz energética del país es el uso final de la energía térmica, que incluye una mejor utilización de las tecnologías actuales, así como la introducción de nuevas tecnologías de combustión y el uso de combustibles más eficientes y con menor impacto en el medio ambiente. Los combustibles fósiles representan el 86,7% de las fuentes de energía primaria en la canasta energética mundial. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), en el 2050 seguirán representando la mayor parte de la energía mundial. En Colombia, para 2009 representaban el 65,8%<sup>21</sup> del consumo final de energía, soportado con el uso de derivados del petróleo, gas natural y carbón.

<sup>21</sup> Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Boletín Estadístico de Minas y Energía, 1990-2010.

El dominio de la combustión es imprescindible para la optimización del uso de los combustibles (convencionales y de origen renovable) y para el control de sus emisiones contaminantes cuando estos se utilizan en los sectores industrial, transporte, residencial y de generación de electricidad. En Colombia no se han consolidado capacidades científicas y tecnológicas para el manejo de la combustión, lo cual se constata cuando se examinan las siguientes tendencias:

En relación con el uso final de energía eléctrica, los principales sectores consumidores en Colombia son el residencial, el industrial, el comercial y el público, con una participación porcentual respectiva de la demanda de 41%, 31% y 24%(consolidación de los sectores comercial y público), para una demanda total de 46.358 GWh en el 2009.<sup>22</sup>

En el sector industrial los principales procesos consumidores de energía eléctrica son el accionamiento de motores eléctricos para múltiples aplicaciones y la iluminación; según el Departamento de Energía de los Estados Unidos, el 70% de la energía eléctrica demandada la consumen los motores eléctricos. En general, la industria colombiana no es electrointensiva, pues en el consumo final de energía, la electricidad solo representa el 18,4% del consumo energético en el 2009, lo cual se explica porque en Colombia no se ha desarrollado un número importante de industrias que utilicen la electricidad como fuente de calor o como insumo, tal como sucede en las industrias electroquímica y electrometalúrgica. Por lo anterior, las acciones para la optimización del uso de la energía eléctrica en este sector se centran en mejorar la eficiencia de los motores eléctricos y de los sistemas de iluminación.

Igualmente, de manera transversal se incluyen los sistemas de gestión integral de energía, enfocados a incorporar mejores prácticas y un uso adecuado de las tecnologías de uso final de energía bajo un enfoque de sistemas integrales de gestión, y que han cobrado relevancia con el lanzamiento de la norma Internacional ISO 50001.

Dentro de los temas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para la energía térmica se encuentran:

- Desarrollo, evaluación y demostración y / o transferencia tecnológica en procesos para la producción de nuevos combustibles y / o de origen renovable.

<sup>22</sup> Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Boletín Estadístico de Minas y Energía, 1990-2010.



- Desarrollo, evaluación y demostración de equipos de combustión y calentamiento que operen con nuevos tipos de combustión para la utilización de combustibles gaseosos convencionales, particularmente gas natural, y de origen renovable.
- Desarrollo, evaluación y demostración de tecnologías limpias para el uso del carbón en el sector industrial para la generación de vapor, en particular la utilización de sistemas de combustión de lecho fluidizado y carbón pulverizado.
- Evaluación y adaptación al piso térmico colombiano de nuevas tecnologías de motores de combustión interna para aplicar en los sectores transporte, generación distribuida y energización rural.
- Desarrollo, evaluación y demostración y / o transferencia tecnológica de sistemas de producción de vapor con recuperación de calor por condensación, y aplicación de sistemas de calentamiento directo.
- Diagnósticos tecnológicos integrales de los sistemas de combustión y calentamiento en grandes empresas y PYMES con procesos intensivos en consumo de energía térmica.
- Desarrollo, evaluación y demostración de sistemas de combustión y de calentamiento con una eficiencia energética mayor a 40% y bajo costo, para el uso de biogás en procesos de cocción en zonas rurales, que garantice la sustitución de la leña.

En relación con los usos finales de la energía eléctrica se establece como objetivo desarrollar investigación e innovación tecnológica en optimización de dicho uso en los sectores residencial, comercial e industrial, con el propósito de mejorar la competitividad en los sectores productivos de la economía nacional y para contribuir a mejores estándares de calidad de vida en los centros urbanos y en los sectores rurales, con lo cual se pretende dar soporte y contribuir al desarrollo exitoso del Plan de Uso Racional de Energía y de Fuentes no Convencionales de Energía 2007-2025, el cual impulsa el Gobierno nacional con la iniciativa de la UPME, el CIURE y el Proure. Las líneas de investigación propuestas son:

- Estudio del uso de motores en la industria nacional para identificar su aplicación por sector y procesos, el grado de obsolescencia tecnológica y la viabilidad técnica, para aplicar las principales acciones

de eficiencia energética: introducir motores de alta eficiencia, aplicar sistemas de velocidad variable y banco de condensadores.

- Desarrollo de metodologías para la adaptación al contexto colombiano de procedimientos, estándares y normas requeridos en los programas de etiquetado de equipos para el uso final de energía eléctrica.
- Incidencia de las condiciones atmosféricas típicas de los pisos térmicos colombianos sobre la eficiencia energética de electrodomésticos y sistemas de acondicionamiento de aire.
- Evaluación de nuevos refrigerantes que contribuyan a disminuir el impacto ambiental y mejoren la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración.
- Mejora de la cadena de frío. Desarrollo de políticas que garanticen una adecuada cadena de frío e introducción de nuevas tecnologías eficientes que permitan el suministro de frío en zonas apartadas.
- Reducción del impacto ambiental y el consumo de energía por climatización en edificios: desarrollo de normativa para evaluar el consumo de energía por edificio, reducir el consumo energético por edificaciones, desarrollo de nuevas tecnologías para climatización (bioclimática, energía solar, energía eólica, etc.).
- Efecto del cambio de bombillas incandescentes a bombillas de mayor eficiencia, sobre los factores característicos de la calidad de la energía eléctrica.
- Desarrollo de metodologías para garantizar la introducción de motores eléctricos de alta eficiencia en PYMES, de acuerdo a la escala económica y a los requerimientos técnicos específicos de sus respectivos procesos.

#### **4.2.3. Bienes, insumos e ingeniería para la mejora en los procesos de generación y transporte de recursos energéticos**

En esta línea se consideran los procesos conducentes a un transporte eficiente de los recursos minero-energéticos, que abarcan desde la logística e integridad para el transporte de recursos minerales e hidrocarburos hasta la infraestructura y los sistemas para la optimización de los sistemas de transmisión y

distribución de energía eléctrica, que incluyen las tecnologías de la información y las comunicaciones aplicadas en tecnologías de generación distribuida y redes inteligentes.

#### **4.2.3.1 Optimización de sistemas de transporte de recursos energéticos**

---

La integridad de infraestructuras y los sistemas de transporte de minerales e hidrocarburos representan un reto importante para el sector minero energético, ya que en ocasiones las capacidades de transporte no son acordes con los niveles de producción de estos recursos, lo que representa problemas de desabastecimiento y racionamiento de estos recursos.

De acuerdo con lo planteado en el Plan Nacional de Desarrollo Minero (PNDM) 2007-2010, en el país se registran avances significativos en la ampliación de la infraestructura de transporte, con incidencia sobre el comercio de carbón y de otros productos de origen minero que se manejan en grandes volúmenes. En este tema ha sido importante la labor que ha desarrollado el Gobierno en forma articulada con el sector privado y que tuvo como punto de partida el Plan de Expansión de la Infraestructura de Transporte y Portuaria para el Desarrollo Minero, elaborado por la UPME en cumplimiento de un mandato del PNDM 2002-2006. Sin embargo, aún se presentan retos importantes para garantizar el transporte de crudo, gas natural, así como para el control de integridad de activos tanto del sector de hidrocarburos como de los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en el ámbito nacional.

En esta categoría se deben contemplar el desarrollo de investigaciones conducentes a optimizar los sistemas de transporte de minerales e hidrocarburos, y los activos de generación y transporte de energía eléctrica. Se encuentran temas como:

- Desarrollo de tecnologías para el mantenimiento y alargamiento de la vida de la infraestructura de campos viejos, oleoductos y plantas de procesamiento a través del control de su integridad.
- Metodologías para la gestión de activos de sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
- Sistemas logísticos y sistemas alternativos de transporte de recursos mineros y energéticos.
- Desarrollo de proyectos piloto e implementación de nuevas tecnologías para transporte de hidrocarburos.
- Metodologías para el mejoramiento y reconversión de crudos pesados que faciliten su transporte y mejoren la calidad.
- Promoción de iniciativas para la eficiencia energética en sistemas de transporte de recursos energéticos.

#### **4.2.3.2 Sistemas inteligentes de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica**

---

Los procesos de reforma de los servicios públicos, emprendidos en casi todos los países, tienen como finalidad ofrecer mejores opciones a los usuarios, esto es, precios que reflejen costos eficientes con el cumplimiento de estándares de calidad y niveles adecuados de cobertura.

Los análisis de las reformas del sector eléctrico muestran que estas se encuentran aún a mitad de camino. Entre muchos temas que hay que abordar se pueden señalar:

- Esquemas de incorporación de nuevos agentes y tecnologías de generación, como pueden ser los sistemas embebidos en las redes de distribución o generación distribuida.
- Sistemas de transmisión que fomenten la competencia y los intercambios internacionales.
- Ampliación de la cobertura del servicio en los niveles interconectado y no interconectado.
- Reducción de pérdidas y su mejor asignación, y definición de normas de calidad de energía adecuadas.

En el caso de la transmisión de electricidad, se requerirán inversiones importantes en redes que soporten diferentes tipos de tecnologías (entre ellas las intermitentes) y que fomenten la competencia. La reestructuración de la industria eléctrica con la finalidad de introducir competencia en la generación y comercialización, así como la complejidad de las líneas de transmisión, que se prevé conectarán territorios extensos y compartirán corredores con otro tipo de infraestructura, incluso a escala continental, para aprovechar el alto potencial de los recursos renovables en

zonas lejanas a los centros de consumo, implican una serie de importantes retos tecnológicos y la armonización regulatoria.

Una tecnología que podría jugar un papel importante en este ambiente son los sistemas de transmisión AC flexibles (FACTS, por sus siglas en inglés). Estos utilizan convertidores electrónicos de potencia para regular y distribuir los flujos de potencia en el sistema, permitiendo el control y modificación de los parámetros y variables de las líneas de transmisión de acuerdo con las necesidades. Esto contribuye a incrementar la capacidad de transporte de potencia activa y a una mejor regulación de la potencia reactiva. Así mismo, será importante el rol de los sistemas de transmisión HVDC, de los cables aislados para extra alta tensión, de las líneas de potencia natural elevada, y el desarrollo de nuevos materiales, entre otros.

El sistema eléctrico está en constante transformación, y el futuro de la transmisión de los sistemas de potencia es prometedor. El progreso que se ha logrado en tecnología digital y materiales se está aprovechando para crear sinergias que revolucionen el sector de la transmisión. Como eje central para el desarrollo de las innovaciones futuras, el Laboratorio de Tecnología de Energía Nacional (NETL) del Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) ha identificado cinco áreas clave de tecnología para abordar:

- Las *comunicaciones integradas* son el núcleo de estas cinco áreas clave. Cubren los requerimientos claros en comunicación para mejorar la transmisión: canales de banda ancha, seguros y de baja latencia para la conexión de estaciones de transmisión entre ellas y los centros de control. Estos habilitarán los avances en cada una de las otras claves.
- *Detección y medición*, que incluye el flujo de datos de medición de fasores en canales de alta velocidad.
- *Componentes avanzados*, como los dispositivos FACTS, HVDC, y nuevas tecnologías de almacenamiento que responderán a señales de control enviadas a direcciones de perturbación en milisegundos.
- *Métodos de control avanzado* (y de protección), que incluyen transmisión de línea diferencial, ajustes de adaptación y esquemas de protección que subyacen en comunicaciones de baja latencia.
- Las interfaces mejoradas y el *apoyo de decisiones* utilizarán mediciones instantáneas a partir de PMU

(*Phasor Measurement Units*) y otras fuentes que conduzcan a simulaciones rápidas y herramientas de visualización avanzada que ayuden al operador del sistema a evaluar, desde retos dinámicos, la estabilidad del sistema.

Así, estos elementos se aplicarían en la modernización de la red, tanto a nivel de transmisión como de distribución. Sin embargo, aunque los cambios en distribución van a ser revolucionarios, la transmisión va a cambiar de una manera evolutiva. Las grandes plantas centrales seguirán siendo la fuente principal de generación, a la que se unirán algunas alimentadas por recursos renovables que hoy en día estarían fuera del alcance de la red de transmisión. Se construirán nuevas líneas para conectar estas nuevas plantas, por lo que se emplearán métodos recientes para ajustarse a sus características de funcionamiento particulares. En este sentido, tener en cuenta las cinco áreas clave de tecnología descritas resulta útil a la hora de abordar la gran variabilidad de la oferta.

Las tecnologías de comunicación tradicionales que son capaces de atender los requerimientos del sistema de transmisión son la fibra óptica y las microondas. Sin embargo, la viabilidad de utilizar banda ancha sobre líneas eléctricas (BPL) la perfila como una tercera candidata<sup>23</sup>. La investigación estaría centrada en mejorar la latencia para aplicaciones en líneas de AT.

Por su parte, el suministro de energía en zonas aisladas y rurales no puede concebirse bajo la óptica del mercado tradicional. Es indispensable diseñar esquemas adaptados a las condiciones de esas regiones o segmentos de población que garanticen la sostenibilidad de las soluciones propuestas. Para superar esta deficiencia crónica hay que desarrollar herramientas que apoyen la identificación de opciones de suministro con generación de valor agregado y la toma de decisiones a nivel descentralizado y de política pública; estudiar la aplicabilidad, viabilidad y localización de tecnologías que aprovechen fuentes locales, los regímenes de los recursos renovables y posibles encadenamientos productivos, y proponer esquemas de organización comunitaria para la prestación integral de los servicios públicos.

Respecto a los sistemas de distribución de energía eléctrica y del sistema eléctrico en general, falta avanzar, en términos de su potencial de aplicabilidad

---

<sup>23</sup> A partir de investigaciones financiadas por el DOE y la American Electric Power.

en el país, en aspectos de reducción de pérdidas y de mejoras en la calidad, confiabilidad y seguridad (o vulnerabilidad) del suministro.

Los retos que se avecinan en materia de diversificación energética, conservación de energía y reducción de impactos ambientales en la industria, entre otros, no pueden ser enfrentados con la red eléctrica actual. La red de hoy en día es unidireccional. Casi un 8% de su producción se pierde en las líneas de transmisión y un 20% de su capacidad de generación existe para satisfacer la demanda pico<sup>24</sup>.

Se espera que la siguiente generación de la red eléctrica, conocida como “red inteligente” pueda atender los mayores defectos de la actual. *Así, la red inteligente debe proveer a las empresas de servicios públicos con visibilidad completa y control sobre sus bienes y servicios. Además, debe ser autorreparable e inmune a las anomalías del sistema.*

Para lograr sus objetivos, la red inteligente se debe convertir en la convergencia de tecnologías de información y comunicación con avances en ingeniería de sistemas de potencia. La tabla 12 compara algunas de las características sobresalientes de la red actual y de la red inteligente<sup>25</sup>.

Tabla 12

PARALELO ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA RED ACTUAL Y DE LA RED INTELIGENTE	
Red existente	Red inteligente
Electromecánica	Digital
Unidireccional	Bidireccional
Generación centralizada	Generación distribuida
Pocos sensores en la red	Sensores en toda la red
Restauración manual	Autorreparable
Fallas y apagones	Adaptiva, formación de islas
Chequeo / test manual	Chequeo / test remoto
Control limitado	Control extensivo
Pocas opciones para el usuario	Muchas opciones para el usuario

Fuente: Hassan Farhangi, “The Path of the Smart Grid”, *IEEE Power & Energy Magazine*, enero de 2010.

<sup>24</sup> Hassan Farhangi, “The Path of the Smart Grid”, *IEEE Power & Energy Magazine*, enero de 2010.

<sup>25</sup> *Ibid.*, p. 20.

Como la raíz de los problemas de los sistemas de potencia se encuentra en los sistemas de distribución, allí está el punto de partida para la revisión de la red eléctrica. Las empresas confían entonces en que hacer inversión en la automatización de la distribución dará lugar a capacidades crecientes en el tiempo. Por ello, las redes inteligentes de distribución son algo que el país y los operadores de red deben comenzar a considerar seriamente. La instalación de generación distribuida puede contribuir a la reducción de pérdidas de distribución y a mejorar los niveles de voltaje de sistemas. La implementación de estos sistemas permite combinar desarrollos de control distribuido y automatización, que requieren sistemas de comunicación para la prevención y manejo de fallas y en general para la correcta operación de estos sistemas.

#### 4.2.4. Carboquímica y procesos de agregación de valor al carbón

En el 2011, en Colombia se alcanzó una producción de 85,80 Mt. De ellos, 81,38 Mt corresponden a carbón térmico, es decir, el 94,85%, y el resto a carbón metalúrgico y antracitas<sup>26</sup>. El país exportó en dicho año el 92,39% de la producción, 6,53 millones de toneladas se dedicaron al uso interno y el principal uso fue la producción de coque. La IEA reporta que para el año 2030 la generación proyectada total de electricidad del mundo representará el 38% a base de carbón. Lo anterior implica que nuestro país debe hacer esfuerzos para usar en el futuro carbón intensamente como combustible, materia prima para la elaboración de productos de mayor valor agregado o como estrategia de seguridad energética nacional. Esto se puede lograr a través de desarrollos en gasificación, licuefacción y coquización del carbón, que permiten generar diferentes productos químicos de uso energético y no energético.

Es importante que los desarrollos de investigación, tecnológicos, de innovación y formación de recursos prioritarios se enmarquen en proyectos que tengan una sólida fundamentación básica que permita hacer muy buenas proyecciones en el área de la ingeniería, particularmente en la simulación de los procesos que se desarrollen. Sólo de esta manera se podrá ser competitivo en el ámbito internacional. Los temas de investigación estarían enmarcados en:

<sup>26</sup> UPME. *Cadena del carbón*, 2012.

- Producción de carbón activo con características especiales de área superficial, porosidad y dureza o blandura.
- Utilización de materiales carbonosos en almacenamiento de energía: energía eléctrica o almacenamiento de hidrógeno, metano, entre otras.
- Desarrollo de adsorbentes para control de contaminantes: NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, VOCs, Hg, As, etc.
- Gasificación de carbón y de mezclas con coque de petróleo, biomasa, entre otros, para la producción de gas de síntesis.
- Estudios de reactividad de los carbones y de las diferentes mezclas en procesos no catalíticos y catalíticos.
- Desarrollo de materiales de alta resistencia para reacciones a alta temperatura y alta presión. Desarrollo de *software* para simulación de estos procesos.
- Procesos de limpieza del gas de síntesis: adaptación de tecnologías tradicionales de alta eficiencia y desarrollo de nuevas tecnologías que involucren el uso de membranas. Desarrollo de *software* para la simulación de estos procesos.
- Materiales compuestos con base en componentes carbonosos (cerámicos y polímeros).
- Nuevos materiales carbonosos: nanotubos de carbono, nanofibras, espumas, etc.
- Licuefacción y coliquefacción directa con diferentes solventes donadores de hidrógeno.
- Procesos avanzados para la producción de hidrógeno.
- Catalizadores para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono en procesos de enriquecimiento de hidrógeno.
- Membranas para separación de hidrógeno.
- Materiales para almacenamiento de hidrógeno y desarrollo de tecnologías avanzadas de celdas de combustión.
- Procesos que utilizan materiales carbonosos e inorgánicos para captura y disposición de CO<sub>2</sub>.

- Sistemas para monitoreo y evaluación de CO<sub>2</sub> almacenado en depósitos.
- Procesos para el control de emisión de material particulado.
- Producción de coque a partir de mezclas de carbones.

#### 4.2.5. Agroenergía: biocombustibles, biomasa y biogás

De acuerdo con el *OECD-FAO Agriculture Outlook 2011-2020*, la producción mundial de etanol fue en promedio de 92 mil millones de litros anuales para el período 2008-2010. Estados Unidos y Brasil produjeron 43.000 y 26.000 millones de litros anuales respectivamente, lo que representa un 47% y un 28% de la producción global. La producción de la Unión Europea fue del 6% del total global (5.700 millones de litros) y la de Colombia, el 0,3 % (300 millones de litros). Se espera que la producción mundial de etanol continúe su expansión hasta alcanzar los 155 mil millones de litros para el año 2020, Brasil producirá unos 50.000 millones de litros anuales. Estados Unidos estará produciendo alrededor de 64.000 millones de litros, de los cuales 4.000 millones serán de etanol de segunda generación; la Unión Europea llegará a los 16.000 millones de litros anuales (10% de etanol celulósico).

Estadísticas de la *OECD-FAO* señalan que la producción global promedio de biodiésel fue de aproximadamente 17.600 millones de litros al año en el período 2008-2010. La Unión Europea fue el máximo productor mundial, con un promedio de 9.000 millones de litros (52% de producción global). Estados Unidos, Argentina y Brasil produjeron cada uno 1.700 millones de litros al año, mientras que Malasia y Australia, alrededor de 800 millones de litros anualmente. La producción promedio anual de Colombia en este período fue de 300 millones de litros (2%). Se espera que la mundial de biodiésel continúe creciendo hasta alcanzar los 42.000 millones de litros para el 2020. Se prevé que más del 75% de dicha producción provenga de aceites vegetales (soya, colza y palma), un 15% utilizaría como materia prima fuentes no vegetales (grasas o sebos) y aceites usados, con lo cual la participación del biodiésel de segunda generación estaría alrededor del 10%.

Colombia es uno de los mayores productores de biocombustibles en América Central y Suramérica, con una capacidad de producción instalada actual de 1,27 millones litros al día (103,6 MGal / año) de etanol



y 506.000 tons / año (153,7 MGal / año) de biodiésel. Sin incluir el café, cada una de estas industrias aporta aproximadamente el 4% del PIB en el sector agrícola. El costo promedio de producción de etanol en Brasil es de alrededor de US\$ 0,4 por litro, muy inferior al de Colombia, donde está alrededor de US\$ 0,6 por litro. El costo de producción del biodiésel en Argentina es de aproximadamente US\$ 0,37 el litro, mientras que en Colombia el costo, sin aranceles, es 38% más alto y, finalmente, al realizar la comparación con Malasia el costo de producción nacional es 46% superior<sup>27</sup>.

En consideración a la amplia utilización de biocombustibles en el país, aunadas a la disponibilidad de tierra y materias primas se abren oportunidades para la expansión y para participar en el mercado mundial. Para esto será necesaria una política que promueva la producción de biocombustibles y que esté enfocada a mejorar la eficiencia productiva y el desarrollo de nuevas alternativas, de tal forma que esta pueda entrar a competir con el mercado externo.

En tal sentido, con el apoyo de la banca multilateral se adelantó el estudio Plan de Negocios para el Mejoramiento de la Competitividad del Sector de Biocombustibles en Colombia Colciencias-BID, el cual identifica las áreas en las que debe centrarse el trabajo en biocombustibles avanzados en Colombia. Se identificaron tres elementos: productos más atractivos para el país, materias primas disponibles, y opciones tecnológicas. Las prioridades definidas por el estudio fueron:

#### Prioridades 2012-2018

- Producción de etanol celulósico vía bioquímica.
- Producción de diésel renovable por hidrotratamiento.

#### 2019-2024

- Producción de biobutanol vía bioquímica.
- Producción de diésel renovable y biojet vía bioquímica.
- Producción de biocombustibles vía síntesis Fischer-Tropsch.

#### 2025-2030

- Producción de etanol y biodiésel a partir de algas.

- Producción de biocrudos por pirólisis y *upgrading* para producción de biocombustibles avanzados.
- Integración de procesos de producción de biocombustibles y bioquímicos en biorrefinerías.

Igualmente, se proponen las siguientes temáticas de investigación:

#### Materias primas

- Identificación / selección de fuentes de biomasa: residuos de cosechas, cultivos energéticos y residuos municipales, cuantificación y análisis geoespacial de los volúmenes disponibles, el potencial energético y los costos asociados. Caracterizar químicamente para aplicar rutas de transformación bioquímica o termoquímica.
- Logística para el mejor manejo de la materia prima en las etapas de recolección, almacenamiento y distribución hacia los centros de transformación.
- Identificación / selección de fuentes de biomasa no tradicionales, centradas en las opciones de residuos municipales y pecuarios. Definir mecanismos de recolección y adecuación de estas fuentes de biomasa no tradicionales a los procesos de transformación ya establecidos.
- Identificación / selección de algas, microalgas y cianobacterias como posibles fuentes de biocombustibles.

#### Procesos de transformación

- Pretratamiento de biomasa: Estudios de pretratamientos físico-mecánicos, químicos y biológicos.
- Hidrólisis enzimática para la obtención de azúcares a partir de celulosa y hemicelulosa. Adaptación tecnológica y obtención de enzimas a partir de organismos nativos.
- Gasificación: realizar estudios a nivel de laboratorio y planta piloto de gasificación de biomasa para la obtención de gases combustibles. A partir de los gases, evaluar la producción de combustibles líquidos por vía bioquímica o Fischer-Tropsch.
- Pirólisis y licuefacción de biomasa: realizar estudios a nivel de laboratorio y planta piloto para la obtención de biocrudos y bioaceites, posible materia

<sup>27</sup> Ministerio de Minas y Energía (IDB), *Estrategias de energía sostenible y biocombustibles para Colombia*, 2012.

prima de productos más refinados. Mediante los procesos termoquímicos se espera obtener, entre otros, los siguientes productos: etanol, butanol, diésel BTL, gasolina BTL, bioaceites y biocrudos.

- **Transesterificación:** aplicar este método tradicional de obtención de biodiésel a nuevas fuentes de aceites vegetales no comestibles, con posibilidades de ser más económicas y disponibles que las actuales.
- **Hidrotratamiento:** evaluar la obtención de diésel renovable a partir de nuevas fuentes de aceites.
- **Hydrogenación en coprocesamiento con combustibles fósiles** para aumentar la eficiencia en los procesos de refinación de petróleo.
- **Evaluar los procesos de licuefacción, pirolisis y gasificación** aplicados a biomásas provenientes de algas, considerando los costos energéticos.
- **Analizar los métodos de extracción líquido-líquido y de fluidos supercríticos** de aceites de algas.
- **Estandarizar procesos de transesterificación** para la obtención de biodiésel, considerando aspectos relacionados con los catalizadores, la neutralización de los productos de reacción, la separación de la glicerina y la recuperación del metanol que no reaccionó.

#### **4.2.6. Tecnologías para la exploración y explotación de recursos mineros y energéticos**

Colombia posee diferentes escalas de producción minera, desde la gran minería, en la que se destacan las explotaciones de carbón, de oro y algunos minerales industriales, hasta la escala de pequeña minería. En cada una de estas hay necesidades de investigación orientadas a la modelación de depósitos minerales y a la geología de minas; a la dinámica de macizos rocosos por la presencia de excavaciones múltiples subterráneas o bien por excavaciones a cielo abierto; problemas de simulación y modelación de explotaciones mineras asociadas al planeamiento minero y, finalmente, el cierre de minas.

Respecto a la exploración, se tiene evidencia de que la falta de modelos geológicos apropiados no permite estimar de manera global el nivel de reservas mineras del país, los potenciales minerales a explotar y la planeación estratégica minera por parte de los or-

ganismos de Gobierno en el país, para el desarrollo de una política de explotación confiada en minerales de alto valor agregado y capaces de intervenir en cadenas productivas de alto valor agregado.

De otra parte, el Gobierno colombiano ha sido exitoso en extender la fecha de autosuficiencia de hidrocarburos del país como resultado de una política coherente y sostenida para estimular la exploración de nuevos yacimientos, promover procesos para mejorar el recobro en yacimientos maduros y la diversificación de fuentes de suministros con la política de biocombustibles. La combinación de una política adecuada y unos precios extraordinariamente atractivos ha dado como resultado que las reservas probadas de hidrocarburos líquidos de Colombia hayan oscilado en los últimos cinco años entre 1.500 y 2.000 millones de barriles.

Estas cifras se han mantenido más o menos constantes durante este período debido al mejoramiento del factor de recobro de los yacimientos existentes (maduros), más que como producto de reservas añadidas por el descubrimiento de nuevos yacimientos. Este resultado un poco desalentador tiene lugar a pesar de los esfuerzos titánicos del Estado colombiano y las entidades correspondientes (Agencia Nacional de Hidrocarburos [ANH], Ministerio de Minas y Energía, Ecopetrol, etc.) para incentivar y promover la exploración de petróleo en el territorio nacional, que ha llevado a cuadruplicar el número de pozos exploratorios perforados anualmente en un lapso de cinco años.

Con base en lo anterior, se recomienda intensificar la investigación y el trabajo con el fin de identificar metodologías económicamente factibles para continuar aumentando el factor de recobro de los yacimientos ya descubiertos en el país. Haciendo una simplificación, se puede decir que con un mejoramiento en el factor de recobro del 10% en los yacimientos maduros existentes, las reservas del país se podrían duplicar a casi 3.000-4.000 millones de barriles. Por tanto, se debe proveer el componente científico para apoyar las políticas gubernamentales que garanticen la autosuficiencia energética de hidrocarburos del país, a través tanto del desarrollo de capacidades técnicas para generar geólogos e ingenieros de petróleo versados en las últimas técnicas de la exploración de hidrocarburos, como de proyectos de investigación que promuevan la exploración de hidrocarburos en coordinación con los entes estatales responsables del tema, como la ANH, el ICP, Ecopetrol y otros. Por tanto, en esta línea de investigación se esperará enfocar esfuerzos en:

## Temáticas transversales

---

Levantamiento de modelos del subsuelo con fines de explotación petrolera, minera y acuífera.

Promover programas de encadenamientos productivos entre empresas ancla y proveedores, así como la creación de *clúster* y redes de conocimiento para el desarrollo de capacidades nacionales.

## Sector minero

---

- Modelación de depósitos minerales (oro, carbón, minerales industriales, cal, fosforitas, otros minerales de interés).
- Tecnologías y mejores prácticas para índices de seguridad y optimización de los sistemas de explotación mineros mediante I+D+i.
- Evaluación integral de reservas identificando el potencial minero.
- Modelación y simulación de procesos de explotación minera.
- Generación de índices de productividad-eficiencia minera sostenibles.
- Investigación para el desarrollo de tecnologías para la exploración y explotación de minerales promisorios (coltan, otros).
- Sustitución de tecnologías mineras inapropiadas tanto económica como ambientalmente.
- Control, manejo y remediación de drenajes mineros.
- Modelación y simulación de tecnologías del cierre de minas.
- Sistemas de explotación y beneficio de metales preciosos bajo criterios de sostenibilidad.

## Sector hidrocarburos

---

- Metodologías para la optimización de procesos de recuperación secundaria y terciaria de petróleo.
- Metodologías para la inyección de CO<sub>2</sub> para la recuperación de hidrocarburos con la posible ganancia adicional del secuestro de gas invernadero.

- Desarrollar tecnologías para explorar y operar en el *offshore*.
- Metodologías para el mejoramiento y reconversión de crudos pesados que faciliten su transporte y mejoren la calidad.
- Metodologías para la cuantificación y evaluación de posible explotación de hidrocarburos gaseosos asociados con yacimientos de carbón mineral.
- Investigación para el desarrollo de tecnologías para la exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.

### 4.2.7. Investigación para generar políticas, mercados y regulación minero-energética con criterios de sostenibilidad

Los sectores energético y minero, como todos los sectores de la economía, enfrentan exigencias de mayor productividad y eficiencia económica para poder competir en un mundo globalizado con esquemas de libre comercio, al tiempo que deben cumplir acuerdos y compromisos para reducir los problemas ambientales del cambio climático, la lluvia ácida, la contaminación y la disposición y manejo de residuos, así como asuntos sociales y, en general, atender una serie de preocupaciones destinadas a lograr una mayor sostenibilidad del desarrollo de generaciones presentes y futuras.

La definición de políticas acordes con las necesidades, intereses estratégicos, recursos disponibles y tendencias mundiales es indispensable para ofrecer los elementos conceptuales y analíticos para aproximarse al estudio de los problemas y las instituciones sectoriales, al diseño de incentivos, evaluaciones costo-beneficio y al ordenamiento para la exploración del subsuelo, explotación, beneficio y producción de activos minero-energéticos para hacer efectiva la capacidad del Estado de distribuir y ejecutar programas y proyectos necesarios para promover el bien común.

Los procesos de globalización y de liberalización de mercados deben conducir a una mayor eficiencia en el suministro y utilización de los recursos naturales, entre ellos los energéticos y mineros, considerando un enfoque y modelo de desarrollo de negocios con todos los agentes interesados en la toma de decisiones, y una visión sistémica de la complementariedad y competencia por recursos energéticos a nivel sectorial

y geográfico. Las diferentes medidas de regulación y control ambiental, tanto en el ámbito local como global (por ejemplo el Protocolo de Kyoto), llevarán a una mayor penetración de nuevas fuentes, materiales y de tecnologías más limpias de producción, transformación y uso final. La sostenibilidad del desarrollo exige, además, facilitar el acceso de los sectores de escasos recursos a formas comerciales de energía, fomentar la transformación productiva de las regiones con recursos minero-energéticos abundantes y contribuir a la disminución de la pobreza.

De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 y con documentos Conpes sectoriales, los recursos minerales y energéticos con que cuenta el país una vez mediados procesos de generación de valor y producción y transformación del conocimiento en la industria, deben garantizar el autoabastecimiento de las necesidades nacionales presentes y futuras a corto y mediano plazo. Específicamente, el esquema de desarrollo regional y la infraestructura del país debe desarrollar mecanismos que propendan por garantizar el acceso al recurso energético por parte de los ciudadanos, haciendo énfasis en las zonas no interconectadas (ZNI), así mismo, el desarrollo regional debe enfocarse de acuerdo a la vocación productiva y a la disponibilidad en recursos minero-energéticos, con el fin de dar un cierre a las brechas económicas, tecnológicas y sociales entre las distintas regiones del país.

El Sistema Nacional de Regalías es una oportunidad para que se adelanten iniciativas que solucionen, desde la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación, el acceso, los procesos de transformación, la eficiencia y la calidad del producto o servicio, sin embargo, es necesario establecer metodologías de priorización de estrategias nacionales, regionales y locales, así como de proyectos.

Un elemento preponderante desde el diseño de la política sectorial y el planeamiento minero-energético es la complementariedad entre las dimensiones ambiental (criterios de protección y mitigación), social (inclusión para generar empleo y progreso) y económica (equidad y crecimiento). En adición, el fortalecimiento de la institucionalidad se constituye en la mejor apuesta para ordenar las directrices estratégicas, las normativas, las tendencias globales, los medios y mecanismos de implementación y administración. Para ello se requiere la participación de agencias sectoriales como la minera, de hidrocarburos, entidades gremiales, así como unidades de planeación, de impulso al emprendimiento y gestión de la innovación,

promotores de CTI, agencias ambientales y de salud, entre otros; con el fin de aportar una visión conjunta del sector, teniendo en cuenta elementos de juicio temáticamente especializados.

Uno de los temas prioritarios en el sector minero nacional es contar con el análisis de los elementos jurídicos y normativos referentes a los aspectos ambientales, sociales, regulatorios, científicos, tecnológicos, territoriales, entre otros, que inciden en el ordenamiento minero que requiere el país y sobre los cuales es necesario brindar lineamientos para que esta industria pueda desarrollarse.

Con relación al sector energético, se prevé que en el corto plazo los combustibles fósiles continúen sufriendo una fracción apreciable del consumo energético, con una creciente importancia del gas natural. En el mediano y largo plazo, la oferta energética tenderá a ser más diversificada, nuevas opciones como la solar, eólica, geotérmica, nuclear, celdas de combustible y biomasa renovable van a jugar un importante papel en el largo plazo y producirán cambios substanciales en el perfil tecnológico, ambiental y organizacional del sistema energético global. Algunas de estas opciones son tecnologías emergentes, aún con un largo camino por recorrer para ser competitivas.

La transición hacia esquemas más eficientes, limpios y flexibles va a depender de los esfuerzos en investigación, desarrollo, demostración y difusión que se emprendan para lograr que dichas fuentes, tecnologías y esquemas de uso puedan desplazarse a lo largo de sus curvas de aprendizaje y se obtengan reducciones importantes de precios. Los altos precios del petróleo y la futura incorporación de externalidades a los precios de los combustibles fósiles, harán que estos esfuerzos se vean acentuados. Igualmente, hacen prever que la eficiencia energética y el ahorro de energía puedan llegar a tener una prioridad importante y lograrán contribuir con reducciones de expansiones e impactos en la transición de los combustibles fósiles a las tecnologías más limpias. Para alcanzar dichos esquemas más limpios y eficientes se deben diseñar incentivos para la participación de nuevas fuentes o no convencionales energético-mineras y sus tecnologías.

En la temática de eficiencia energética se deben emprender esfuerzos que complementen los estudios ya realizados. En tal sentido, estándares obligatorios para los equipos de uso en los sectores residencial y comercial (usuario final), auditorías energéticas en los

sectores industriales y comerciales (cadenas de abastecimiento), con la participación de Escos, incentivos a la eficiencia energética en la construcción (infraestructura), así como la disminución de distorsiones y subsidios en los precios de los energéticos, figuran como prioridades en materia de regulación. El sector transporte presenta un reto importante para reducir la utilización de derivados del petróleo, mejorar la calidad del aire, reducir las congestiones y, en general, contribuir a un mejor bienestar de los ciudadanos; este es un campo para la intervención pública.

Para la línea se requiere el diseño de metodologías para: i) la evaluación de objetivos, estrategias, líneas de acción e instrumentos para la definición de una política energética y minera, y ii) evaluación del impacto de la política. Con relación a los mercados, es una prioridad adelantar investigaciones en la organización de la industria, la gestión de riesgos, el diseño de mecanismos y de contratos, el desarrollo de modelos para la estimación de la demanda, la oferta o la oferta / demanda integradas con consideraciones económicas, ambientales y sociales. Así mismo, realizar estudios de demanda y competitividad para el sector minero energético, evaluación del impacto de subsidios, contribuciones y alternativas de precios eficientes; diseño de esquemas sostenibles para la expansión en zonas no interconectadas, caracterización de la demanda, parámetros y variables de consumo; diseño de sistemas de medición neta y esquemas de compra venta de energía; evaluación y diseño de mercados integrados o regionales de energía (electricidad, gas, carbono); optimización de mecanismos de subasta de energía y esquemas de remuneración en generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad y *benchmarking* para el referenciamiento internacional.

En el campo de la regulación de los mercados energéticos, aunque los resultados muestran avances en cuanto a los niveles de calidad y cobertura y la prestación a precios eficientes, las reformas y los resultados no son percibidos por altos segmentos de la población, especialmente la de escasos recursos. También subsisten opositores al cambio institucional (organizacional y regulatorio) llevado a cabo, debido a la pérdida de control. El nuevo esquema y la regulación implican una redistribución de rentas, que integra criterios de política, principalmente.

Un programa de apoyo a la regulación debe ubicarse en el contexto de dificultades institucionales, políticas, económicas y de crecimiento de la economía, que

lleve a corregir fallas del mercado y a instaurar las medidas de control para el uso de los recursos minero-energéticos, sin embargo, hay una colección de medidas regulatorias que no son robustas ante choques económicos externos o ante la aparición de coaliciones de opositores a las reformas. El enfoque de las tareas de apoyo debe ser entonces el diseño de políticas de alto nivel que garanticen la supervivencia de medidas positivas y la profundización del apoyo estatal y social, y que reflejen una transición clara hacia la internalización de costos ambientales y sociales en la planificación y las señales de mercado. En particular, será importante evaluar las implicaciones y cambios regulatorios derivados de los esquemas internacionales para el control de emisiones, así como precisar esquemas regionales / locales de intercambio de cuotas de emisión, a fin de que las empresas colombianas puedan capturar parte del valor en juego en el ámbito mundial.

Los análisis prospectivos, la construcción de mapas de ruta tecnológicos, el desarrollo de metodologías y herramientas de simulación, optimización y evaluación de políticas y, en general, de la toma de decisiones en términos de beneficios, costos e identificación de oportunidades de negocio deben ser realizados por alianzas universidad-empresa para alimentar la formulación de políticas sectoriales. Un ejemplo típico es la evaluación de las implicaciones de la política de biocombustibles, en términos económicos, ambientales y sociales, mediante el análisis del ciclo de vida del producto.

Finalmente, identificar las necesidades del sector en cuanto a la formación de recurso humano acorde a las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados) y fomentar con otras entidades aliadas programas acordes a las oportunidades, debilidades y requerimientos identificados contribuirá con el surgimiento de nuevos conocimientos y capital humano a partir de gastos en investigación y desarrollo, mediante el aprendizaje experimental o el proceso evolutivo, y construyendo sobre las dificultades y aciertos de anteriores programas y experiencias, los cuales son indispensables tanto para el desarrollo sectorial como para el efectivo diseño de política, regulación, planeación y normatividad. En general, después de la desaceleración de las inversiones directas para la investigación y el desarrollo en la década del ochenta, se presenta un nuevo auge en temas relacionados con el cambio climático, las energías renovables, la eficiencia energética, la conservación de energía y la reconfiguración de las cadenas productivas y los negocios en torno a una economía energéticamente eficiente.

### 4.3. RELACIONES CON OTROS PROGRAMAS NACIONALES Y ESTRATÉGICOS

La naturaleza de las líneas de investigación del Programa Estratégico Nacional de Investigaciones en Energía y Minería plantea la necesidad de articular esfuerzos con otras iniciativas para el desarrollo de temas específicos, los cuales se detallan en la tabla 13.

Tabla 13

INTERACCIÓN PIEM CON OTROS PROGRAMAS (NACIONALES Y ESTRATÉGICOS)	
Programa	Tema
Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética en el sector industrial.</li> <li>• Transporte eléctrico: desarrollo tecnológico de proveedores.</li> </ul>
Electrónica, Telecomunicaciones e Informática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Smart grids</i>.</li> </ul>
Ciencia y Tecnología Agropecuaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocombustibles: producción agroindustrial.</li> <li>• Producción competitiva de fertilizantes basados en recursos minerales.</li> </ul>
Biotecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocombustibles de segunda y tercera generación.</li> </ul>
Ciencias del Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes no convencionales de energía.</li> <li>• Tecnologías limpias en el beneficio de minerales.</li> <li>• Cierre de minas</li> </ul>
Ciencias Sociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formalización empresarial en el sector minero.</li> </ul>
Ciencia y Tecnología del Mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploración de hidrocarburos <i>offshore</i>.</li> <li>• Amenazas de la exploración y explotación de recursos mineros y energéticos.</li> </ul>
Ciencias Básicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales avanzados: superconductores, corrosión y recubrimientos con propiedades eléctricas y mecánicas especiales.</li> <li>• Ciencias de la tierra: desarrollo de tecnologías para mejorar el conocimiento del subsuelo.</li> </ul>
Programa Estratégico de Biocombustibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de procesos de segunda y tercera generación.</li> <li>• Desarrollo de transesterificación in situ.</li> <li>• Diseño de biorrefinerías para generación de compuestos orgánicos y biocarburantes.</li> <li>• Producción de hidrógeno utilizando bacterias como biorreactores.</li> <li>• Estudio de mezclas de bioetanol y biodiésel como combustible.</li> <li>• Adaptación de los vehículos para el uso de 100 % etanol carburante o 100% biodiésel.</li> <li>• Estudio de los aspectos relacionados con la purificación del biogás obtenido de la biomasa.</li> </ul>
Programa Estratégico en C y T Sector Defensa y Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de explosivos para el sector minero.</li> </ul>
Programa Estratégico de Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explotaciones mineras en áreas ambientalmente sensibles.</li> </ul>
Programa Estratégico de Recursos Hídricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación hidráulica.</li> <li>• Efectos del cambio climático sobre la capacidad de generación hidroeléctrica.</li> </ul>

Fuente: Colciencias.



# CAPÍTULO 5

## ACCIONES GENERALES PARA IMPLEMENTAR EL PLAN ESTRATÉGICO

---





# ACCIONES GENERALES PARA IMPLEMENTAR EL PLAN ESTRATÉGICO

## 5.1. ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL Y COORDINACIÓN DEL PLAN

En esta sección se presenta el mapa institucional del sector, es decir, de las instituciones públicas y mixtas que lo conforman y los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

### 5.1.1 Organización institucional del sector

La definición de la política sectorial se encuentra liderada por el Ministerio de Minas y Energía, cuya misión es la de formular y adoptar políticas dirigidas al

aprovechamiento sostenible de los recursos mineros y energéticos para contribuir al desarrollo económico y social del país. Para esta actividad, el ministerio se apoya en las entidades que están adscritas a él y que lo soportan en actividades de planeamiento, como la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME); desarrollo de actividades de regulación, como la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG); el desarrollo de actividades de administración de recursos, a través de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la Agencia Nacional de Minería (ANM); y para el desarrollo de actividades de investigación básica, de evaluación de potenciales del recursos de subsuelo y conocimiento geocientífico, por medio del Servicio Geológico Colombiano. La ejecución de la política se desarrolla a través de los organismos públicos, empresas de carácter mixto y del sector privado (ver gráfico 63).

Gráfico 63



Fuente: Colciencias.

### 5.1.2. Coordinación e implementación

La ejecución del plan demanda un esquema organizacional caracterizado por su gestión y flexibilidad. En el mismo, las máximas instancias de la Política de Ciencia, Tecnología e Innovación serán el Ministerio de Minas y Energía, Colciencias y el Consejo del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, como órgano de asesoría y orientación del plan. Tanto la organización como la coordinación del mismo se enmarcan en el SNCTI, el cual desarrolla estrategias e instrumentos que reconocen las especificidades de la innovación empresarial, con el fin de crear dinámicas sociales de integración con las empresas, las universidades, los grupos y centros de investigación y los centros de desarrollo tecnológico.

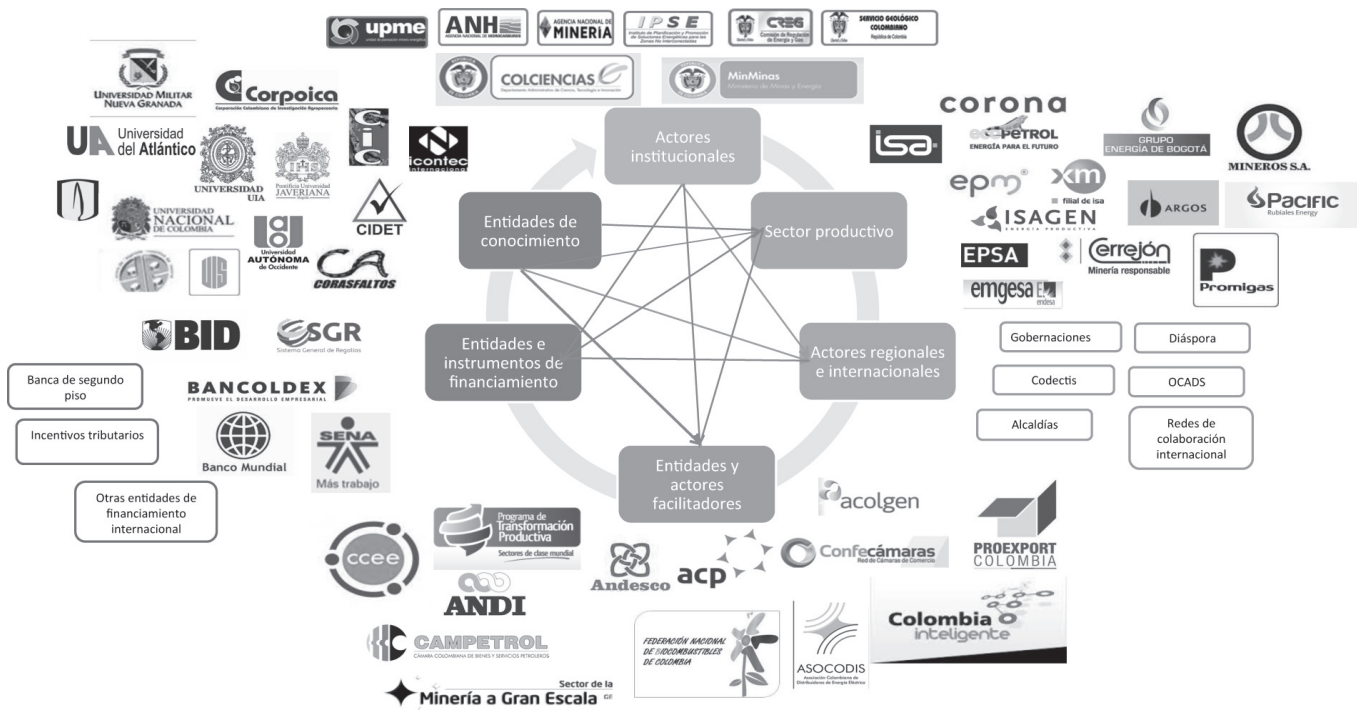
Se propone la creación de un comité técnico conjunto de enlace, gestión y seguimiento entre el Ministerio de Minas y Energía y Colciencias, que trabajará en la articulación del plan estratégico con el Plan Nacional de Desarrollo Minero y el Plan Energético Nacional, así como con la Política Nacional de Ciencia y Tecnología, los demás programas nacionales de ciencia, tecnología e innovación y con los planes departamentales de ciencia, tecnología e innovación, lo que motivará al sector empresarial y gremial hacia la innovación, fijará pautas para la coordinación entre las instituciones, y con el sector productivo minero-energético buscará los recursos económicos neces-

sarios para la financiación del plan y velará por los impactos mediante el seguimiento a los resultados y a los procesos generados en la ejecución del plan.

El eje organizacional del plan estratégico se fundamenta en el liderazgo del Ministerio de Minas y Energía y Colciencias, al integrar políticas y esfuerzos institucionales públicos, y de otras entidades del Estado y del sector privado, los empresarios, los gremios, universidades, centros de investigación y demás actores del sistema.

Con el fin de cumplir con las anteriores funciones, el Consejo del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería contará con una secretaría técnica, integrada por el Ministerio de Minas y Energía y Colciencias, con las funciones de coordinar la ejecución del plan con las instituciones y los gremios; promoverlo entre las empresas y las entidades públicas y privadas, las universidades y centros de investigación; lograr los recursos financieros, públicos, privados y de cooperación técnica internacional; integrar el plan a los programas, proyectos y demás actividades del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación; convocar a reuniones al consejo; organizar la agenda de las reuniones; poner en marcha el esquema de seguimiento y evaluación del plan; coordinar el seguimiento y la evaluación de los programas, proyectos y demás propuestas que se adelanten y se financien con recursos del plan, y velar por el cumplimiento de las metas y resultados previstos.

### 5.1.3. Mapa de actores de SNCTI



## 5.2. ESTRATEGIAS DEL PLAN

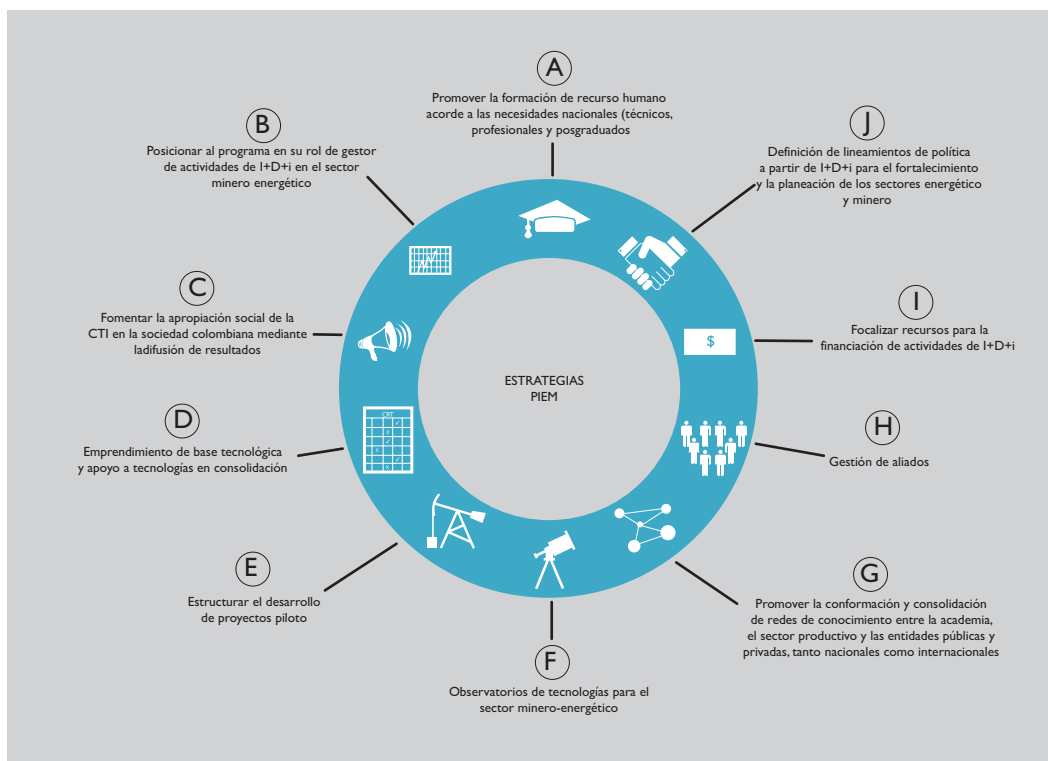
Como resultado del trabajo realizado por los consejeros, el equipo del programa y los espacios de retroalimentación de la comunidad académica e industrial, se determinaron tanto las líneas de acción como las estrategias a seguir, así como las metas y presupuestos estimados para las mismas. El detalle de esta información se presenta en el anexo 1.

Las estrategias globales se enfocan en fortalecer las relaciones entre los diferentes agentes del sector y del SNETI. Algunas de ellas son (ver gráfico 64):

1. Promover la formación de recursos humanos acorde con las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados).
2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético.
3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados.
4. Apoyar el emprendimiento de base tecnológica y el apoyo a tecnologías en consolidación.
5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto.
6. Promover la conformación de observatorios de tecnologías para el sector minero-energético.
7. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo y las entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales.
8. Gestionar la consecución de aliados.
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i.
10. Definir lineamientos de política a partir de I+D+i para el fortalecimiento y la planeación de los sectores energético y minero.

Gráfico 64

### ESTRATEGIAS PARA IMPLEMENTAR EN EL PLAN



Fuente: Colciencias.

A Continuación se muestra el detalle de la propuesta para el desarrollo de cada una de las estrategias del plan:

### **A. Promover la formación de recurso humano acorde con las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados)**

Ante la necesidad de contar con capital humano formado a nivel técnico, tecnológico, profesional y de posgrado en las áreas de energía y minería, como una estrategia que promueva el aumento de capacidades de la nación para capitalizar las oportunidades en estos dos sectores, y de aumentar la calidad de los proyectos diseñados e implementados, se propone: i) la identificación y cuantificación de las necesidades de formación, ii) la gestión para la vinculación de capital humano con grandes empresas, iii) la promoción de alianzas universidad-gremios-actores institucionales para la formación efectiva de recurso humano y iv) Llenar los vacíos de formación de recursos humanos a través programas de becas y ayudas al estudio, ofrecidas por Colciencias.

### **B. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético**

La visibilidad y liderazgo del programa en el diseño de políticas e instrumentos para la gestión de la I+D+i debe ser la base fundamental de su accionar, propendiendo porque el programa sea el gestor y actor de desarrollo para que los sectores evolucionen conforme a las necesidades que las tendencias del mercado y la sociedad demandan. Para tal fin se propone: i) el fomento a la estructuración de los proyectos que se presenten al Fondo Nacional de Regalías, ii) realizar un proceso de referenciamiento con actores, políticas y estrategias de pares internacionales para promover mejores prácticas y dinámicas para los sectores, iii) convertirse en punto focal y articulador institucional en los ámbitos local y regional de acciones para promover la eficiencia energética y el uso de energías renovables, iv) difundir el plan estratégico en instancias de Gobierno, sector productivo y academia, v) realizar procesos de capacitación y entrenamiento a los miembros del equipo del programa en áreas fundamentales de carácter técnico, administrativo y estratégico, y vi) promover y vincular políticas y acciones ambientales y de carácter sectorial a proyectos y programas de las áreas de energía y minería.

### **C. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados**

Se espera que el conocimiento generado mediante actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) ligadas a procesos provenientes de la academia, en unos casos, o de alianzas universidad-empresa-Estado, entre otras modalidades, pueda traducirse en proyectos implementados que conlleven al beneficio de la sociedad mediante soluciones a necesidades, eficiencia, sostenibilidad e impacto económico positivo, teniendo como premisa la difusión y apropiación de dicho conocimiento por parte del actor que lo requiera. Para promover la apropiación social se propone: i) la divulgación de casos de éxito a través de la ejecución de proyectos y ii) difundir y apoyar programas y estrategias que fomentan el uso sostenible de recursos minero-energéticos.

### **D. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación**

La transferencia y uso de conocimiento en la industria, ya sea mediante emprendimiento de base tecnológica (desarrollo e innovación), de alto impacto (crecimiento acelerado y sostenible), o mediante la promoción de las últimas fases de desarrollo para tecnologías promisorias en las áreas de energía y minería, que cuente con un grado de madurez tanto en mercado como en capacidades nacionales para su consolidación, promoverá la generación de empresa y el crecimiento socioeconómico. La estrategia propone: i) la priorización de áreas críticas y fundamentales para ser apoyadas mediante instrumentos que fomenten el emprendimiento, ii) la aplicación de instrumentos para la promoción del emprendimiento de base tecnológica, tales como convocatorias, iii) coadyuvar al desarrollo de capacidades locales en zonas no interconectadas para la generación de energía, iv) la gestión de recursos para el apoyo a iniciativas y v) apoyar y jalonar encadenamientos productivos verticales y horizontales en los sectores minero-energéticos.

### **E. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto**

A partir del mapeo y priorización de temáticas de interés en las áreas de energía y minería, para las cuales el país tenga vocación y capacidad mediante su capital humano, se buscará apoyar la implementación de proyectos piloto y / o prototipos con miras a su

mejora, optimización, factibilidad e introducción en el mercado. Se propone entonces: i) el diseño y lanzamiento de convocatorias para promover el desarrollo tecnológico y la innovación mediante las pruebas, rediseño y ajustes a pilotos y ii) implementar proyectos demostrativos que causen efectos de mejora para el lanzamiento de tecnologías.

## **F. Observatorios de tecnologías para el sector minero energético**

La implementación de instancias especializadas para realizar procesos de vigilancia tecnológica, transferencia, monitoreo, gestión de conocimiento y afines surge como una expectativa y necesidad para el sector minero-energético, como punta de lanza para la aceleración de su crecimiento y evolución hacia tecnologías relevantes para el contexto nacional. Para el desarrollo de la estrategia se propone: i) la estructuración del modelo para el observatorio, ii) la gestión de socios, aliados y recursos para su implementación y iii) la selección y desarrollo de temáticas de interés para realizar estudios de prospectiva, vigilancia, inteligencia competitiva, entre otros.

## **G. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo y las entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales**

La realización de programas continuos y con actores articulados para la obtención de objetivos conjuntos se considera como una estrategia fundamental para la integración de capacidades de investigación, desarrollo e innovación entre entidades y sectores; para el cierre de procesos de I+D que de otra forma quedarían truncados y a medio camino, y, sobre todo, para la consolidación de líneas de investigación y generación de conocimiento con horizontes de implementación. Por tal razón se propone la gestión del diálogo, acuerdos y mecanismos de apoyo para su conformación y sostenibilidad, adicionalmente, fueron seleccionadas líneas temáticas de interés y con posibilidades de articulación entre actores academia-empresa.

## **H. Gestión de aliados**

El trabajo mancomunado, sumando fortalezas y capacidades entre todos los actores, para facilitar y propiciar la elaboración de estudios sectoriales, diagnósticos, diseño de políticas, reunión de recursos

humanos y económicos, y estructuración de instrumentos garantiza la coordinación, efectividad y fortaleza de esfuerzos conjuntos que en ocasiones han sido aislados, además de contribuir a la creación de un ecosistema para las áreas energético-mineras que promueva su desarrollo a largo plazo. La estrategia propone: i) la reunión y gestión de aliados para la conformación de un portafolio de estudios priorizados que requiere el sector, ii) el trabajo conjunto para el diseño y lanzamiento de instrumentos de financiación para el apoyo a iniciativas y desarrollo de proyectos de alto impacto, iii) la coordinación de iniciativas y esfuerzos entre actores de Gobierno y gremiales para la financiación de instrumentos y iv) el mecanismo de atracción para grandes empresas hacia procesos de investigación.

## **I. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i**

Para enfocar recursos económicos en procesos de I+D+i que fomenten el área de energía y minería se requiere de la gestión y obtención de recursos en los ámbitos nacional e internacional para posibilitar la realización de proyectos, fases de investigación y desarrollo, así como programas de iniciación y aumento de las capacidades de innovación. Para dicha focalización se requiere de: i) el diseño de convocatorias e instrumentos en sectores emergentes de alto impacto, ii) la búsqueda de mecanismos y opciones para la financiación de programas considerados como estratégicos, iii) el diseño de instrumentos para la asesoría y el apoyo al licenciamiento de tecnologías y la iv) gestión de recursos multiinstitucionales para la financiación de las líneas de trabajo del presente plan a través del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

## **J. Definición de lineamientos de política a partir de I+D+i para el fortalecimiento y planeación de los sectores energético y minero**

El diseño de política desde la perspectiva del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación corresponde en un rol de liderazgo a Colciencias, y es por ello que se considera prioritario aumentar su participación y articulación con otros actores, como la Unidad de Planeación Minero Energética, ministerios, entes de regulación, entre otros, para proponer espacios y medidas de promoción a las actividades minero-energéticas bajo la perspectiva de sostenibilidad como criterio fundamental. El trabajo conjunto de los actores sectoriales, gremiales y tomadores de

decisión en la estructuración de política brindará una base técnica argumentada para la definición de metas e impactos esperados por la implementación de políticas y programas para los sectores objetivo. Para tal fin se propone: i) la vinculación sostenida de Colciencias a las instancias y mecanismos de generación de política minero-energética y ii) el diseño de metodologías de evaluación y efectividad de políticas en los sectores.

Finalmente, el resultado del trabajo de análisis de cada una de las líneas y las estrategias definidas anteriormente se plasma en el plan de acción, que se detalla en la tabla 14, el cual incluye además de los alcances, los indicadores de gestión e impacto, por lo cual constituye el cuadro de mando integral que permitirá determinar el cumplimiento del plan.

Tabla 14

PLAN DE ACCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA Y MINERÍA						
Estrategia	Acciones	Metas en el corto y mediano plazo	Metas en el largo plazo	Actores	Indicadores de gestión / operación	Indicadores de impacto
1. Promover la formación de recurso humano acorde a las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados)	Identificar las necesidades de formación de recurso humano en el sector minero-energético y fomentar con otras entidades aliadas programas acordes a las necesidades identificadas (SENA y universidades programadas de educación continuada en áreas de interés).	Al menos dos convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de doctorado en cuatro años. En cuatro años: 10% de las becas de formación en doctorado otorgadas a las áreas de energía y minería. Matriz de identificación de necesidades de formación de recurso humano por áreas temáticas y nivel de formación del sector reallizada. Política de formación de recurso humano en pregrado para el sector minero-energético desarrollada en alianza con los actores identificados. En cinco años: veinticinco doctores vinculados a proyectos del sector productivo.	En diez años: Doscientos doctores graduados en áreas de energía y minería de acuerdo a las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI. Magíster graduados en áreas de energía y minería de acuerdo a las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.	Universidades (facultades de ingeniería y ciencias básicas), SENA, Ministerio de Educación, ACOFI, gremios (Campetrol, ANDI, Andesco, Acolgen, Asomineros).	Número de doctores en el sector energía y minería por año. Porcentaje de incremento anual en doctores sector E y M. Número de doctores en el sector E y M / número de doctores totales. Mapa de identificación de necesidades de formación por área temática y nivel. Número de mecanismos de formación de recurso humano en pregrado y posgrado para el sector E y M. Número de doctores vinculados a la industria / número de doctores meta en cinco años. Número de alianzas realizadas para la promoción de formación de recurso humano en el sector E y M.	Tasa de crecimiento de número de doctores del sector E y M en un periodo de quince años. Tasa de crecimiento del número de magíster sector E y M en un periodo de quince años. Tasa de crecimiento del número de pregraduados sector E y M en un periodo de quince años.
	2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético	Fomentar la estructuración de proyectos del sector al Sistema Nacional de Regalías (SNR).	Al menos diez jornadas de promoción y asesoría al SNR realizadas en colaboración con Codectis en los próximos dos años. Al menos dos proyectos regionales del sistema nacional de regalías acompañados por año. Al menos diez espacios de difusión a grupos de interés del PIEM en un año.	Proyectos de regalías ejecutados de impacto regional en el sector minero energético.	Universidades, CDT, Codectis, gobernaciones y alcaldías, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Número de jornadas de difusión / asesorías realizadas respecto al SGR / número de jornadas meta anuales. Número de proyectos acompañados en su presentación ante el SGR. Número de proyectos del sector minero-energético presentados al Sistema Nacional de Regalías. Valor de los recursos aprobados para el sector E y M.

Continúa

PLAN DE ACCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA Y MINERÍA

Estrategia	Acciones	Metas en el corto y mediano plazo	Metas en el largo plazo	Actores	Indicadores de gestión / operación	Indicadores de impacto
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético (continuación)</p>	<p>Promover el referenciamiento y la cooperación internacional en las estrategias y acciones del programa: mecanismos, transferencias y encuentros con similares internacionales.</p>	<p>Documento elaborado que recoja al menos cinco experiencias internacionales de instrumentos de apoyo a I+D+i en el sector de minas y energía.</p> <p>Documento que recoja al menos diez experiencias de programas (organismos nacionales de ciencia y tecnología [ONCTI]) en temas de energía y minería en el ámbito internacional.</p> <p>Al menos cuatro encuentros realizados en el ámbito internacional con pares del PIEM para referenciamiento y transferencias en dos años.</p> <p>Al menos dos iniciativas financiadas con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas de interés identificadas al 2015.</p>	<p>Al menos seis proyectos financiados con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas de interés identificadas al 2020.</p> <p>En diez años líneas de trabajo conjuntas con Brasil, México, Estados Unidos y Chile.</p>	<p>USA (DOE, NSF), Chile (CORFO), Brasil (CNPQ, CENPES), México (Conacid, Federación Nacional de Energía, Instituto de Investigaciones Eléctricas) y programas e instituciones de energía y minería en el ámbito internacional.</p>	<p>Número de experiencias internacionales documentadas y socializadas en el interior del programa y consejo.</p> <p>Número de encuentros con pares internacionales del PIEM.</p> <p>Número de transferencias y gestión del conocimiento realizadas en y por el PIEM.</p> <p>Número de estrategias y acciones nuevas o mejoradas para el PIEM con base en el referenciamiento internacional.</p> <p>Número de proyectos multilaterales financiados con cooperación internacional / número de proyectos meta financiados con cooperación internacional.</p>	<p>Número de líneas de trabajo en el programa con participación de pares internacionales.</p>
	<p>Articular con la institucionalidad nacional y departamental acciones para promover el uso de energías renovables y eficiencia energética.</p>	<p>Documentos de política nacional y departamental desarrollados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p>	<p>Documentos de política nacional y departamental desarrollados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, grentrol, Ecopetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENNA, Icontec, universidades.</p>	<p>Número de documentos de política generados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p> <p>Número de estrategias diseñadas con participación de Colciencias en usos de energías renovables.</p>	<p>Número de estrategias implementadas en usos de energías renovables y eficiencia energética resultado de articulación institucional.</p> <p>Porcentaje de incremento del uso de energías renovables en la canasta energética del país.</p>
	<p>Socializar el plan estratégico y los instrumentos del programa con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p>	<p>Al menos diez espacios de socialización con instituciones del Estado realizados en dos años.</p>	<p>Cinco estrategias del plan implementadas de forma articulada con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p>	<p>Miembros del PIEM, entidades de orden nacional, sectorial y regional, industria.</p>	<p>Número de espacios de socialización del plan estratégico del programa realizados por año.</p> <p>(Número de usuarios por año n1 - número de usuarios por año n2) / número de usuarios por año n1.</p>	<p>Número de acciones del plan con más de 70% de cumplimiento.</p>
	<p>Fortalecer las capacidades internas de gestión del PIEM.</p>	<p>Al menos una capacitación anual en temáticas de interés para el grupo de profesionales del PIEM.</p>	<p>Equipo humano del PIEM capacitado continuamente en herramientas de gestión y conocimientos específicos requeridos por el sector: vigilancia tecnológica y prospectiva, gestión y evaluación de proyectos, planeación estratégica, gestión de calidad, conocimientos sectoriales.</p>	<p>Universidades, Colciencias, PIEM, centros de formación, centros de I+D+i.</p>	<p>Número de capacitaciones al grupo PIEM por año.</p>	<p>Evaluación del grupo interno del PIEM con índice individual de satisfacción &gt; 85%.</p>

Continúa



PLAN DE ACCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA Y MINERÍA						
Estrategia	Acciones	Metas en el corto y mediano plazo	Metas en el largo plazo	Actores	Indicadores de gestión / operación	Indicadores de impacto
2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético. (continuación)	Integrar políticas sectoriales, ambientales y de CTI para el desarrollo de iniciativas del sector minero-energético.	Al menos tres espacios de relacionamiento con instancias del sector (CIURE, OCAD), comisiones de competitividad, gremios, entre otros.	Al menos dos documentos de política sectorial con criterios de CTI incorporados.	CIURE, comisiones de competitividad, gremios, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano.	Número de espacios con articulación efectiva con instancias del sector. Número reuniones con actores (CIURE, gremios, comisiones de competitividad u otros) por año.	Número de documentos de política sectorial emitidos con criterios de CTI incorporados con la participación de Colciencias.
	3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados	Divulgar casos de éxito derivados de ejecución de proyectos y convenios de cooperación. Apoyar estrategias de masificación del uso adecuado de los recursos minero-energéticos.	Al menos diez espacios de divulgación de casos de éxito del sector en dos años. Una convocatoria de apropiación social del conocimiento donde se incluya una línea en uso racional de energía en dos años.	Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.	Programa Ondas, museos interactivos (Maloka, Explora), semanas de la ciencia, CUEE.	Número de casos de éxito del PEM recopilados por año. Número de espacios de divulgación de casos de éxito por año / número casos de éxito reportados por año. Número de convocatorias con línea de uso racional de energía lanzadas.
4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación	Priorizar temáticas de interés para el fomento de EBT en los sectores minero-energéticos.	Matriz con elementos de decisión para la priorización de sectores de interés para el desarrollo de EBT (se tienen en cuenta los planes de energía sustentable, de materiales, y de biocombustibles). Planes de negocios estructurados en biorrefinerías, beneficio de minerales, petroquímica, carbónica y recobro mejorado para la generación de EBT.	Una línea de investigación consolidada en el país en el tema de transporte eléctrico.	Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades.	Número de temáticas priorizadas para el fomento de EBT en sectores E y M. Número de estrategias diseñadas para el fomento de la EBT en sectores E y M.	Número de estrategias implementadas para el fomento de EBT en sectores E y M.
	Fomentar el desarrollo de empresas de base tecnológica y productoras de bienes de capital en temáticas de interés del sector minero-energético.	Convocatoria de emprendimiento de base tecnológica de Colciencias con sectores y/o líneas temáticas priorizadas orientadas a iniciativas del sector minero-energético en dos años. Línea de desarrollo de paquetes tecnológicos de autogeneración y cogeneración de capacidad menor a 100 kw para zonas no interconectadas en una convocatoria de emprendimiento de base tecnológica en temas específicos de energía.	Al menos ocho empresas de base tecnológica consolidadas en diez años.	Al menos dos empresas desarrolladoras de tecnologías para la generación de energía en zonas no interconectadas consolidadas en diez años.		Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT sectores E y M. Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT sectores E y M. Número de proyectos presentados en convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas. Número de proyectos aprobados en convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.

Continúa

PLAN DE ACCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA Y MINERÍA

Estrategia	Acciones	Metas en el corto y mediano plazo	Metas en el largo plazo	Actores	Indicadores de gestión / operación	Indicadores de impacto
4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación (continuación)	Fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos de los sectores minero-energéticos. Gestionar recursos para el desarrollo de iniciativas por medio de convenios (empresas, SENA).	Al menos una convocatoria para el desarrollo de encadenamientos productivos con énfasis en los sectores seleccionados en por los menos dos años.	Dos iniciativas de desarrollo de proveedores consolidadas con grandes empresas.		Número de proyectos presentados en convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados. Número de proyectos aprobados en convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.	Número de grandes empresas con iniciativa de desarrollo de proveedores implementada / número meta para grandes empresas.
5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto	Estructurar convocatorias para el desarrollo de proyectos piloto en tecnologías de interés para el sector.  Desarrollar proyectos piloto demostrativos en tecnologías de interés para el sector.	Al menos una convocatoria en el desarrollo de proyectos piloto en dos años.  Pilotos desarrollados en: equipos de combustión y calentamiento de alta eficiencia. Nuevas tecnologías en transporte de hidrocarburos. Energización en el sector rural, zonas no interconectadas (3). Demostrativo industrial en <i>cofiring</i> . Explotación de minerales preciosos con cero vertimientos. Mezclas de carbones para producción de coque con un tamaño mínimo de 10 Ton / día. Microgeneración o microgeneración que produzca 500 kw a partir de biomasa (2). Gasificación in situ (2).	Pilotos desarrollados en: IGCC (ciclo combinado). Al menos tres tecnologías maduras mediante pilotos desarrollados al sector industrial con el apoyo de Colciencias.	Grupos de Investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.	Número de convocatorias lanzadas para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector. Número de proyectos presentados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector. Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.  Número de pilotos desarrollados en tecnologías de interés para el sector / número de pilotos meta en tecnologías del sector.	Número de tecnologías maduras mediante pilotos transferidas al sector industrial con el apoyo de Colciencias.

Continúa

PLAN DE ACCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA Y MINERÍA						
Estrategia	Acciones	Metas en el corto y mediano plazo	Metas en el largo plazo	Actores	Indicadores de gestión / operación	Indicadores de impacto
6. Observatorios de tecnologías para el sector minero energético	<p>Diseñar el modelo (organizacional, financiero, administrativo, entre otros) de observatorio a implementar.</p> <p>Gestionar aliados y recursos para la implementación de observatorio(s).</p>	<p>Modelo para la implementación de observatorios y / o inteligencia tecnológica en temáticas de interés diseñado en dos años.</p> <p>Al menos tres aliados para el desarrollo de estudio de inteligencia competitiva al 2015.</p> <p>Estudios desarrollados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Equipos de alta eficiencia energética con potencial para su desarrollo en el país.</li> <li>Tecnologías de generación distribuida y autogeneración.</li> <li>Minerales industriales y procesos de agregación de valor a recursos mineros.</li> <li>Identificación de materias renovables para producción de energía.</li> <li>Tecnologías para recobro mejorado.</li> <li>Carboquímica.</li> <li>Seguridad minera.</li> </ul>	<p>Observatorio en funcionamiento que provea elementos y herramientas para la planeación del sector en CTI, basada en tendencias y análisis objetivos.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Superintendencia de Industria y Comercio, Fomade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IPSE.</p>	<p>Número de estudios desarrollados para diseño e implementación del observatorio de tecnologías para el EYM / número de estudios requeridos.</p> <p>Número de aliados obtenidos para el desarrollo de estudio de inteligencia competitiva / número de aliados meta.</p> <p>Número de estudios desarrollados por el observatorio / número de estudios meta.</p>	
	<p>Desarrollar estudios de inteligencia competitiva y prospectiva en temáticas de interés para el sector minero-energético.</p>	<p>Iniciativas de red en cinco años en cada uno de los temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aprovechamiento de recursos mineros.</li> <li>Bioenergía.</li> <li>Carboquímica.</li> <li>Petroquímica.</li> <li>Recobro mejorado.</li> <li>Eficiencia energética.</li> <li>Fuentes no convencionales de energía.</li> <li>Redes inteligentes.</li> </ul>	<p>Al menos tres redes de conocimiento consolidadas, con presencia internacional y con resultados para mostrar en diez años.</p>	<p>Universidades, grupos de investigación, gremios, CDT, cooperantes internacionales (financieros y técnicos).</p>	<p>Número de redes conformadas en el sector resultado de iniciativas con participación de Colciencias / número de redes meta.</p> <p>Número de proyectos desarrollados por las redes de conocimiento conformadas.</p>	<p>Número de redes de conocimiento consolidadas en el sector.</p> <p>Número de estudios o herramientas de impacto regional generados por las redes de conocimiento.</p>
7. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo, las entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales.	<p>Fomentar la conformación de redes de conocimiento en el sector minero energético.</p>	<p>Portafolio de estudios consensuado a realizar en política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados, requeridos por el sector en dos años.</p> <p>Al menos un estudio realizado por cada una de las seis grandes temáticas de interés identificadas en cinco años.</p>	<p>Resultados de los estudios realizados incorporados en planes de desarrollo sectorial y regional.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano.</p>	<p>Número de estudios definidos en alianza con actores del sector a ser realizados en seis grandes temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p> <p>Número de estudios realizados por cada una de las seis temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p>	<p>Número de estudios realizados que son incorporados como referente o lineamientos en planes de desarrollo sectorial, regional o nacional.</p>
8. Gestión de aliados	<p>Gestionar aliados (institucionales, sectoriales, gremios, académicos, sector productivo) para el establecimiento de un portafolio de estudios requeridos por el sector con los actores idóneos y establecer un orden de relevancia para la consecución de recursos.</p>					

Continúa

PLAN DE ACCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA Y MINERÍA

Estrategia	Acciones	Metas en el corto y mediano plazo	Metas en el largo plazo	Actores	Indicadores de gestión / operación	Indicadores de impacto
8. Gestión de aliados (continuación)	<p>Articulación para el diseño y gestión de instrumentos de financiamiento para el desarrollo de proyectos en temáticas de impacto de largo plazo del sector minero energético.</p> <p>Aunar esfuerzos entre entidades relacionadas y que puedan financiar proyectos (SENA, IPSE, UPME, ANH, ANMI, ministerios; Colciencias, BID; etc.).</p>	<p>Al menos tres aliados articulados y recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento en temáticas prioritarias en cinco años.</p> <p>Al menos tres instrumentos financiados en cinco años.</p>	<p>Al menos ocho aliados articulados y recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento en doce años.</p> <p>Al menos ocho instrumentos y/o proyectos financiados en cinco años.</p>		<p>Número de aliados gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento / número de aliados meta.</p> <p>Valor de los recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento.</p> <p>Número de instrumentos con financiación gestionada / número de instrumentos meta.</p> <p>Número de aliados gestionados para el desarrollo de convocatorias conjuntas.</p> <p>Número de convenios suscritos con entidades públicas para apoyo a líneas establecidas por el plan estratégico del PIEM / número de convenios meta.</p> <p>Número de convocatorias conjuntas con entidades del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.</p>	<p>Número de proyectos de impacto a largo plazo financiados.</p> <p>Número de proyectos I+D+i financiados mediante convocatorias realizadas con aliados.</p> <p>Número de patentes, diseños, secretos industriales, etc., generados por convocatorias con entidades público-privadas del sector.</p>
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i	<p>Vincular a grandes empresas a la financiación de la investigación en el sector que requiere el país.</p>	<p>Cinco nuevos convenios de cooperación con empresas líderes del sector para financiación de proyectos de I+D+i que apoyen las líneas del programa en cinco años.</p> <p>Cinco convocatorias anuales en conjunto con empresas del sector y que apalancen recursos para financiación de proyectos de universidades y CDT en temas incluidos en las líneas del programa en cinco años.</p>		<p>Bancoldex-Innpulsa, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio.</p>	<p>Número de grandes empresas vinculadas para el desarrollo de convocatorias conjuntas.</p> <p>Número de convenios suscritos con grandes empresas para financiación de proyectos I+D+i / número de convenios meta.</p> <p>Número de convocatorias conjuntas con grandes empresas del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.</p>	<p>Número de proyectos I+D+i financiados mediante convocatorias realizadas con grandes empresas.</p> <p>Número de patentes, diseños, secretos industriales, etc., generados por convocatorias en conjunto con grandes empresas.</p>
	<p>Estructurar convocatorias para la financiación de proyectos de I+D+i en sectores y tecnologías emergentes.</p>	<p>Una convocatoria formulada para el apoyo a la I+D+i en energías renovables con base en consultoría para el plan de I+D+i en energía sustentable.</p>	<p>Al menos dos líneas emergentes de investigación consolidadas (redes conformadas y financiadas) en siete años.</p>		<p>Número de convocatorias lanzadas en apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.</p>	<p>Porcentaje de participación de los sectores emergentes en torta de proyectos por sector financiado por el PIEM.</p>

Continúa

PLAN DE ACCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA Y MINERÍA						
Estrategia	Acciones	Metas en el corto y mediano plazo	Metas en el largo plazo	Actores	Indicadores de gestión / operación	Indicadores de impacto
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i (continuación)	Financiar proyectos dentro de las líneas del plan estratégico vía instrumentos de fomento del Sistema Nacional de CTI.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al menos una convocatoria en sectores emergentes como:</li> <li>Materiales avanzados a partir del carbón.</li> <li>Redes inteligentes.</li> <li>Almacenamiento de energía.</li> </ul>	Al menos cien proyectos financiados en las líneas del plan estratégico en los próximos ocho años.	SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IPSE.	Número de proyectos presentados en convocatoria de apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.	Número de sectores emergentes que aumentan su participación en la cantidad total de proyectos por subsector financiado por el PIEM.
	Fomentar iniciativas para la financiación de programas estratégicos en conjunto con otros actores.	Al menos dos iniciativas apoyadas en líneas concertadas con el consejo del programa en programas estratégicos en cuatro años.	Al menos dos redes consolidadas surgidas de la implementación de programas estratégicos.		Número de líneas de programas estratégicos apoyadas en trabajo conjunto entre el PIEM, el consejo y otros actores / número de líneas meta.	Número de patentes, diseños, secretos industriales, etc., generados por convocatorias transversales de fomento al Sistema Nacional de CTI.
10. Definición de lineamientos de política a partir de I+D+i para el fortalecimiento y planeación de los sectores energético y minero	Estructurar una convocatoria o una línea dentro de una convocatoria para apoyo al licenciamiento de tecnologías.	Una convocatoria piloto diseñada e implementada en colaboración con actores del sector en licenciamiento de tecnologías en tres años.	Al menos dos tecnologías licenciadas en diez años.	Ministerio de Minas y Energía, IPSE, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, comunidad.	Número de proyectos presentados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).	Número de tecnologías licenciadas en apoyo de Colciencias / número de tecnologías licenciadas meta.
	Vincular a Colciencias al proceso de definición de política minero-energética en articulación con el Ministerio de Minas y Energía, CREG, Servicio Geológico Colombiano, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, UPME.	Agenda de reuniones realizada con al menos quince sesiones. Documentos de política generados en articulación con los actores (en 2013 documento de Política de Fuentes Número Convencionales emitido). Fomentar la realización de proyectos de investigación para la evaluación de políticas sectoriales en articulación con la UPME y actores del sector en los próximos cinco años.	Políticas del sector minero-energético que incluyan estrategias de fomento a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación diseñadas e implementadas con el aporte de Colciencias.		Número de reuniones en que Colciencias participa para la definición de políticas minero-energéticas.	Número de documentos de política sectorial con elementos de CTI emitidos en articulación con otros actores.
	Diseñar una metodología para la evaluación de impacto de la política.	Metodología y batería de indicadores de evaluación de impacto de política diseñada en dos años.	Evaluación integral de impacto de política de CTI en el sector minero-energético en doce años.		Número de estudios realizados para el diseño de metodología y batería de indicadores para evaluación de impacto de política en el sector con elementos de CTI.	

## 5.3. METAS E INDICADORES

Marco de inversión en ciencia y tecnología.

- Población de investigadores en el sector de I+D+i.
- Número de programas de posgrado (maestría y doctorado).
- Número de grupos y proyectos registrados y aprobados por organismos que financian investigación en esta área.
- Alianzas nacionales e internacionales en este programa de investigación.
- Número de patentes en esta área.
- Plantas piloto en funcionamiento.
- Número de pilotos desarrollados en tecnologías de interés para el sector / número de pilotos meta en tecnologías del sector.
- Vinculación de Ph.D y M.Sc. a empresas.
- Número de grupos de investigación que soportan programas de doctorado.
- Número de programas universitarios acreditados.
- Mapas conceptuales de actores y procesos de gestión de conocimiento.

- Generación de valor agregado: materias primas involucradas en nuevos materiales.
- Número de tecnologías adaptadas y / o homologadas.
- Número de empresas consultoras con capacidad de transferencia.
- Porcentaje de iniciativas en investigación básica.

## 5.4. FINANCIACIÓN DEL PLAN

### 5.4.1. Fuentes de financiamiento

La implementación del plan demanda la articulación de iniciativas públicas y privadas, la búsqueda de recursos financieros de diversas fuentes y el desarrollo de las estrategias propuestas, de tal forma que se logre la consecución de las metas aquí planteadas, por lo que el conocimiento de las fuentes nacionales e internacionales existentes es del mayor interés.

De acuerdo con el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCYT)<sup>28</sup> 2012, la mayor parte de las inversiones en actividades de ciencia y tecnología (ACTI) en Colombia proviene de recursos públicos, seguida de recursos privados y recursos movilizados a través de cooperación internacional. En la tabla 15 se muestran las fuentes de financiación para programas, proyectos y actividades de ciencia, tecnología e innovación:

---

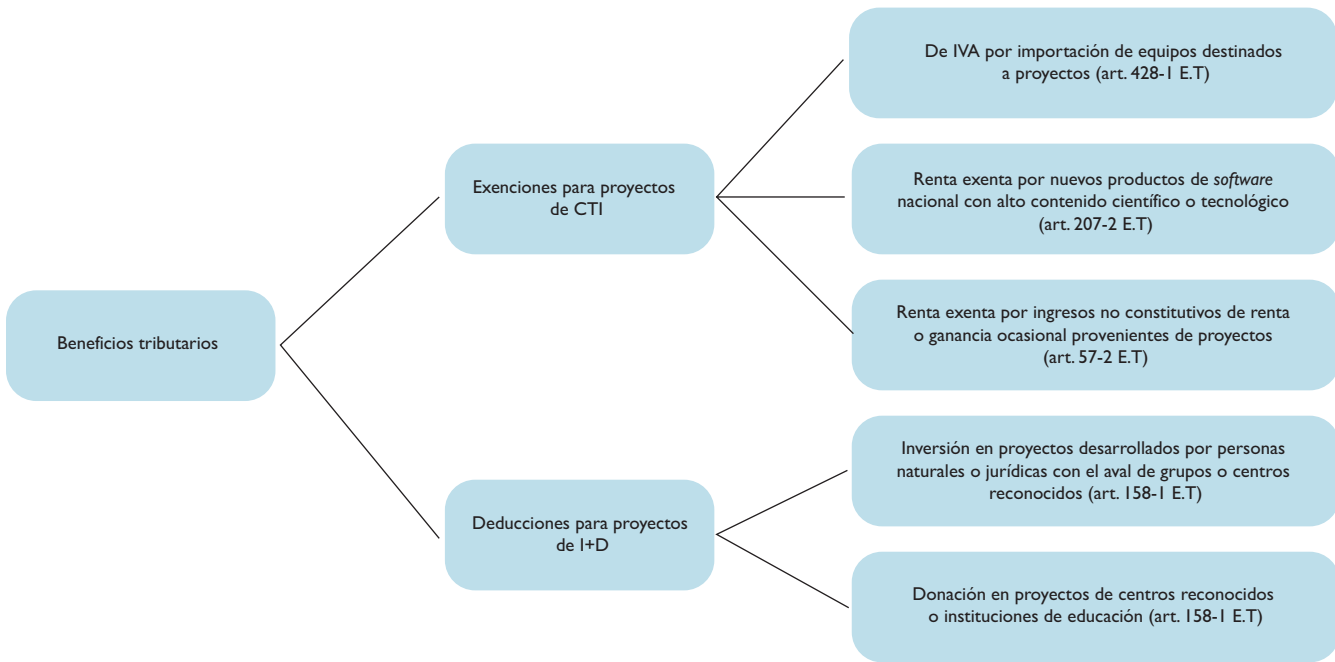
<sup>28</sup> OCYT, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, *Indicadores de ciencia y tecnología*.

Tabla 15

FUENTES DE FINANCIACIÓN PARA PROYECTOS Y ACTIVIDADES DE CTI	
Fuentes de financiamiento	Instrumentos de coordinación
I. Nivel nacional general	
Colciencias	Recursos de banca multilateral para implementar líneas estratégicas de los planes de negocio en energías sustentables y biocombustibles.
Ministerio de Hacienda (beneficios tributarios)	Continuidad del actual beneficio tributario para inversiones y donaciones en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
II. Nivel nacional sectorial	
Ministerio de Minas y Energía	Orientación de los fondos del ministerio hacia componentes de investigación y desarrollo. Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas (FAZNI). Fondo para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas (FAER). Fondo de Energía Social (FOES).
III. Nivel regional	
Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del SGR	Financiación de programa, proyectos y actividades de ciencia, tecnología e innovación.
Presupuestos de departamentos, municipios y entes territoriales	Asignación de presupuesto anual para actividades de desarrollo tecnológico.
Cámaras de comercio	Asignación de recursos permanentes a programas de los Sistemas Regionales de Innovación y a Fondos Patrimoniales de Desarrollo Tecnológico.
IV. Nivel de la unidad productiva	
Utilidades de las empresas industriales y comerciales del Estado y sociedades de economía mixta	Reinversión de un porcentaje de las utilidades anuales en programas y proyectos de investigación y desarrollo e innovación, en formación de recursos humanos para la investigación y la innovación.
Porcentaje sobre ventas para I&D	Formulación y ejecución de la cartera de proyectos de I&D y calificación del recurso humano de la empresa.
Ahorro interno de la empresa	Manejo autónomo de las inversiones en I&D.
V. Nivel del sector financiero	
Bancoldex-Proexport	Línea Bancoldex-Proexport-intermediarios financieros, para la innovación y formación de alianzas de empresas exportadoras
Entidades e inversionistas del sector financiero	Capitalización de fondos de capital de riesgo para inversiones en empresas de base tecnológica
Entidades del sector financiero	Crédito de la banca comercial para proyectos de innovación y desarrollo tecnológico en el sector minero energético

Fuente: Colciencias.

TIPO DE INCENTIVOS TRIBUTARIOS PARA LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



Fuente: Colciencias.

**5.4.2. Beneficios tributarios para el desarrollo de actividades de CTI**

El Estado colombiano ha desarrollado una serie de incentivos tributarios para el fomento de la investigación y el desarrollo tecnológico, cuya aplicación se hace bajo la figura de proyectos, según los lineamientos y requisitos de Colciencias, entidad que los evalúa y certifica como de carácter científico y tecnológico. Este instrumento se considera complementario a los que ofrecen financiamiento directo para las empresas y organizaciones que realizan o buscan inversiones o donaciones para proyectos o programas de investigación o desarrollo tecnológico (ver gráfico 65).

Por tipo de proyectos, las fuentes de financiación más utilizadas para ciencia, tecnología e innovación, a partir del año 2012, han sido, en el ámbito regional, el Sistema General de Regalías, y en el ámbito nacional, Colciencias, el Sena, Bancoldex-Innpulsa y algunos departamentos. Para más detalle ver el anexo 2.

**5.4.3. Propuesta de financiamiento del plan**

La siguiente es la propuesta de fuentes de financiación del plan:

El Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías podría financiar programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, y de formación, correspondientes a las líneas estratégicas del plan en un 5% del presupuesto anual de regalías. Valor estimado: COL\$ 40.000 millones.

Las entidades y los fondos sectoriales del Ministerio de Minas y Energía podrían destinar el 5% de la inversión a la financiación de programas y proyectos de investigación y desarrollo e innovación en programas y proyectos de las líneas estratégicas del plan. Valor estimado: COL\$ 40.000 millones.

Colciencias, a través de los beneficiarios tributarios, podría calificar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico para las empresas, los cuales representarían un porcentaje del 30% del valor aprobado: mínimo COL\$ 90.000 millones de pesos en inversión para la deducción tributaria del 175%.

Las empresas industriales, consideradas innovadoras, de la Encuesta Nacional de Innovación, podrían destinar el 1% del valor de sus ventas a programas o proyectos de investigación y desarrollo tecnológico correspondientes a las líneas estratégicas del Plan de Energía y Minería.



Tabla 16

FUENTES DE FINANCIACIÓN POR VALOR ESTIMADO	
Fuentes de financiación del plan	Valor estimado en pesos de 2013
Financiación directa	
Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías (5% para programas y proyectos de energía y minería)	40.000.000.000
Entidades y fondos sectoriales del ministerio (5% del presupuesto estimado)	40.000.000.000
Financiación indirecta	
Beneficios tributarios sector privado	90.000.000.000
<b>Total</b>	<b>170.000.000.000</b>

Fuente: Colciencias.

Se estiman unos recursos anuales de COL\$ 170 mil millones para implementar las líneas estratégicas del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación en Energía y Minería. De las fuentes de financiación directa, la más importante sigue siendo el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías. Las fuentes del Ministerio de Minas y Energía pueden provenir de entidades adscritas, como de los fondos sectoriales. Las fuentes indirectas provienen básica-

mente de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico presentados por las empresas para aplicar a los beneficios tributarios.

## 5.5. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

El comité técnico conjunto hará el seguimiento y la evaluación del cumplimiento e impactos del presente plan estratégico mediante los indicadores propuestos en el plan de acción.

## 5.6. EL PLAN Y SU IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE EL CUADRO DE MANDO INTEGRAL

La implementación del plan requiere de la asignación de responsables y de la definición de proyectos estratégicos que se podrían acordar conjuntamente con el Ministerio de Minas y Energía. Los indicadores del plan se incluirían en este cuadro con el fin de realizar el seguimiento anual o semestral.



# ANEXO I



LÍNEA I. DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS Y MATERIALES CON BASE EN RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS				
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...
1. Promover la formación de recurso humano acorde a las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados)	Identificar las necesidades de formación de recurso humano en el sector minero-energético y fomentar, con otras entidades aliadas, programas acordes a las necesidades identificadas (SENA y universidades, programas de educación continuada en áreas de interés).	Universidades (facultades de ingeniería y ciencias básicas), SENA, Ministerio de Educación, ACOFI, gremios (Campetrol, ANDI, Andesco, Acolgen, Asociados mineros).	Al menos dos convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de doctorado en cuatro años.	En diez años: Doscientos doctores graduados en áreas de energía y minería de acuerdo a las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.
	Alinear las necesidades de formación del sector al programa de becas ofrecidas por Colciencias. Gestionar con grandes empresas y gremios la vinculación de recurso humano de alto nivel para el sector. Gestionar alianzas (Mineducación, gremios y universidades acreditadas) para la promoción a la formación de recurso humano en áreas de ingeniería y ciencias duras en pregrado. Estructurar convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de pregrado y posgrado en temas de interés del sector minero-energético.		Matriz de identificación de necesidades de formación de recurso humano por áreas temáticas y nivel de formación del sector realizada. Política de formación de recurso humano en pregrado para el sector minero-energético desarrollada en alianza con los actores identificados. En cinco años: veinticinco doctores vinculados a proyectos del sector productivo.	Número de doctores en el sector energía y minería por año. Porcentaje del incremento anual en doctores sector E y M. Número de doctores sector E y M / número de doctores totales. Mapa de identificación de necesidades de formación por área temática y nivel. Número de mecanismos de formación de recurso humano en pregrado y posgrado para el sector E y M. Número de doctores vinculados a la industria / número de doctores meta en cinco años. Número de alianzas realizadas para la promoción de formación de recurso humano en el sector E y M.
2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético	Fomentar la estructuración de proyectos del sector al sistema nacional de regalías.	Universidades, CDT, CI, Codectis, gobernaciones y alcaldías, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Estructuración de al menos un proyecto al SNR para en las siguientes temáticas: • Procesos de beneficio y concentración de metales preciosos. • Agregación de valor a productos petroquímicos. • Desarrollo de nuevos materiales.	Número de proyectos acompañados en su presentación ante el SCR. Número de proyectos del sector minero energético presentados al Sistema Nacional de Regalías. Número de proyectos financiados para el sector E y M. Valor de los recursos aprobados para el sector E y M.
	Promover el referenciamiento y la cooperación internacional en las estrategias y acciones del programa: mecanismos, transferencias y encuentros con similares internacionales.	Estados Unidos (DOE, NSF), Chile (CORFO), Brasil (CNPQ, CENPES), México (Conación, Federación Nacional de Energía, Instituto de Investigaciones Eléctricas) y programas e instituciones de energía y minería en el ámbito internacional.	Al menos dos iniciativas financiadas con recursos de cooperación internacional gestionadas para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en: • Desarrollo de nuevos materiales. • Procesos de concentración de metales preciosos. • Procesos de refinación de minerales. • Valoración, valor agregado a subproductos de explotación minera. • Petroquímica.	Al menos seis proyectos financiados con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas de interés identificadas al 2020. En diez años, líneas de trabajo conjuntas con Brasil, México, USA y Chile.

LÍNEA I. DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS Y MATERIALES CON BASE EN RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas de corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas de largo plazo 2019...	Indicadores
2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético (continuación)	Articular, con la institucionalidad nacional y departamental, acciones para promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética.	Bancoldex-impulsa, gremios, Campetrol, Ecopepetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENVA, Icontec y universidades.	Al menos diez espacios de socialización con instituciones del ámbito nacional y regional realizados en dos años.	Documentos de política nacional y departamental desarrollados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.	Número de documentos de política generados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética. Número de estrategias diseñadas con participación de Colciencias en usos de energías renovables.
	Socializar el plan estratégico y los instrumentos del programa con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.	Actores del SNCTI.	Al menos diez espacios de socialización con instituciones del ámbito nacional y regional realizados en dos años.	Cinco estrategias del plan implementadas de forma articulada con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.	Número de espacios de socialización del plan estratégico del programa realizados por año. (Número de usuarios por año n1 - Número de usuarios por año n2) / número de usuarios por año n1.
3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados	Fortalecer las capacidades internas de gestión del PIEM.	Universidades, Colciencias, PIEM, centros de formación, centros de I+D+i.	Al menos una capacitación anual en temáticas de interés para el grupo de profesionales del PIEM.	Equipo humano del PIEM capacitado continuamente en herramientas de gestión y conocimientos específicos requeridos por el sector: vigilancia tecnológica y prospectiva, gestión y evaluación de proyectos, planeación estratégica, gestión de calidad, conocimientos sectoriales.	Número de capacitaciones al grupo PIEM por año.
	Integrar políticas sectoriales, ambientales y de CTI para el desarrollo de iniciativas del sector minero-energético.	Grupos de investigación, CDTI, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.	Al menos tres espacios de relacionamiento con instancias del sector (CIURE, OCAD), comisiones de competitividad, gremios, entre otros.	Al menos dos documentos de política sectorial con criterios de CTI incorporados.	Número de espacios con articulación efectiva con instancias del sector. Número de reuniones con actores (CIURE, gremios, comisiones de competitividad u otros) por año.
4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación	Divulgar casos de éxito derivados de la ejecución de proyectos y convenios de cooperación.	Programa Ondas, museos interactivos (Maloka, Explora), semanas de la ciencia, CUEE.	Al menos diez espacios de divulgación de casos de éxito del sector en dos años.	Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.	Número de casos de éxito del PIEM recopilados por año. Número de espacios de divulgación de casos de éxito por año / número de casos de éxito reportados por año. Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas.
	Apoyar estrategias de masificación del uso adecuado de los recursos minero-energéticos.	Programa Ondas, museos interactivos (Maloka, Explora), semanas de la ciencia, CUEE.	Formalización de un plan para la alfabetización en temas minero-energéticos y ambientales.	Una línea de investigación consolidada en el país en el tema de transporte eléctrico.	Número de temáticas priorizadas para el fomento de EBT en sectores E y M. Número de estrategias diseñadas para el fomento de la EBT en sectores E y M.

Continúa

LÍNEA 1. DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS Y MATERIALES CON BASE EN RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas de corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas de largo plazo 2019...	Indicadores
4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación (continuación)	Propiciar el desarrollo de empresas de base tecnológica y productoras de bienes de capital en temáticas de interés del sector minero-energético.			Al menos ocho empresas de base tecnológica consolidadas en diez años.	Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT, sectores E y M. Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT, sectores E y M.
	Fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos del sector minero-energético.		Planes de negocios estructurados en biorrefinerías, beneficio de minerales y petroquímica para la generación de EBT.	Al menos dos empresas desarrolladoras de tecnologías para la generación de energía en zonas no interconectadas consolidadas en diez años.	Número de proyectos presentados en convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas. Número de proyectos aprobados en convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.
	Gestionar recursos para el desarrollo de iniciativas por medio de convenios (empresas, SENA)			Dos iniciativas de desarrollo de proveedores consolidadas con grandes empresas.	Número de proyectos presentados en convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados. Número de proyectos aprobados en convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.
5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto	Estructurar convocatorias para el desarrollo de proyectos piloto en tecnologías de interés para el sector.	Grupos de investigación, CDTI, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al menos una convocatoria en el desarrollo de proyectos piloto en dos años.</li> <li>Pilotos desarrollados en:</li> <li>Nuevas tecnologías en transporte de hidrocarburos.</li> <li>Demostrativo industrial en <i>offiring</i>.</li> <li>Explotación de minerales preciosos con cero vertimientos.</li> <li>Gasificación <i>in situ</i> (2).</li> </ul>	Pilotos desarrollados en: iGCC (ciclo combinado gasificación de carbono). Al menos tres tecnologías desarrolladas mediante pilotos desahogados transferidas al sector industrial con el apoyo de Colciencias.	Número de convocatorias lanzadas para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector. Número de proyectos presentados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector. Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector. Número de pilotos desarrollados en tecnologías de interés para el sector / número de pilotos meta en tecnologías del sector.
	Desarrollar proyectos piloto demostrativos en tecnologías de interés para el sector.				
6. Observatorios de tecnologías para el sector minero-energético	Diseñar el modelo (organizacional, financiero, administrativo, entre otros) del observatorio a implementar.	Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopepetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios desarrollados en áreas como por ejemplo:</li> <li>Minerales industriales y mienras para el agro.</li> <li>Procesos de agregación de valor a recursos mineros.</li> <li>Identificación de materias renovables para producción de energía.</li> <li>Seguridad minera.</li> </ul>	Observatorio en funcionamiento que provea elementos y herramientas para la planeación del sector en CTI, basada en tendencias y análisis objetivos.	Número de estudios desarrollados para diseño e implementación de Observatorio de Tecnologías para el E y M / número de estudios requeridos. Número de aliados obtenidos para el desarrollo de estudio de inteligencia competitiva / número de aliados meta. Número de estudios desarrollados por el observatorio / número de estudios meta.
	Desarrollar estudios de inteligencia competitiva y prospectiva en temáticas de interés para el sector minero-energético.				

Continúa

LÍNEA I. DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS Y MATERIALES CON BASE EN RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS				
Estrategia	Acciones	Actores	Metas de corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas de largo plazo 2019...
7. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo, entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales.	Fomentar la conformación de redes de conocimiento en el sector minero-energético.	Universidades, grupos de investigación, gremios, CDT, cooperantes internacionales (financieros y técnicos).	Al menos <ul style="list-style-type: none"> <li>Petroquímica (valor a gregado a productos petroquímicos).</li> <li>Procesos de concentración de metales preciosos.</li> </ul>	Al menos tres redes de conocimiento consolidadas, con presencia internacional y con resultados para mostrar en diez años.
	Gestionar aliados (institucionales, sectoriales, gremios, académicos, sector productivo) para el establecimiento de un portafolio de estudios requeridos por el sector, con los actores idóneos, y establecer un orden de relevancia para la consecución de recursos.	Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, Universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano.	Al menos un estudio realizado en la línea durante los próximos cinco años, consensuado con actores nacionales.	Resultados de los estudios realizados incorporados en planes de desarrollo sectorial y regional.
Articulación para el diseño y gestión de instrumentos de financiamiento para el desarrollo de proyectos en temáticas de impacto de largo plazo del sector minero-energético.	Al menos ocho aliados articulados y recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento en temáticas prioritarias en doce años. Al menos ocho instrumentos y / o proyectos financiados en cinco años.		Al menos un convenio suscrito con entidades del sector. Dos convocatorias conjuntas con otras entidades del sector para financiación de proyectos de I+D+i en líneas de interés común en los temas de: <ul style="list-style-type: none"> <li>Materiales.</li> <li>Petroquímica.</li> <li>Desarrollo de nuevos productos a partir de transformación de productos mineros.</li> </ul>	Número de aliados gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento / número de aliados meta. Valor de los recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento. Número de instrumentos con financiación gestionada / número de instrumentos meta.
8. Gestión de aliados	Aunar esfuerzos entre entidades relacionadas y que puedan financiar proyectos (SENA, IPSE, UPME, ANH, ANM, ministerios; Colciencias, BID; etc.).	Vincular a grandes empresas a la financiación de la investigación en el sector que requiere el país.		Número de grandes empresas vinculadas para el desarrollo de convocatorias conjuntas. Número de convenios suscritos con grandes empresas para financiación de proyectos I+D+i / número de convenios meta. Número de convocatorias conjuntas con grandes empresas del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.

Continúa



LÍNEA I. DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS Y MATERIALES CON BASE EN RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas de corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas de largo plazo 2019...	Indicadores
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i	<p>Estructurar convocatorias para financiación de proyectos de I+D+i en sectores y en tecnologías emergentes.</p> <p>Financiar proyectos dentro de las líneas del plan estratégico vía instrumentos de fomento del Sistema Nacional de CTI.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, Sector Productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENVA, Iconotec, Universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IPSE.</p>	<p>Estructuración de al menos una convocatoria en sectores como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de nuevos productos petroquímicos.</li> <li>Valorización de subproductos mineros.</li> <li>Procesos de concentración y beneficio de recurso mineros.</li> </ul> <p>Al menos cinco proyectos financiados en temáticas de la línea.</p>	<p>Al menos dos líneas emergentes de investigación consolidadas (redes conformadas y financiadas) en siete años.</p>	<p>Número de proyectos presentados en convocatoria para apoyo a la I+D+i en energías renovables con base en consultoría para el Plan en Energía Sustentable.</p> <p>Número de convocatorias lanzadas en apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.</p> <p>Número de proyectos presentados en convocatoria de apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.</p> <p>Número de líneas de investigación consolidadas en sectores emergentes / número de líneas meta.</p>
	<p>Fomentar iniciativas para la financiación de programas estratégicos en conjunto con otros actores.</p> <p>Estructurar una convocatoria o una línea dentro de una convocatoria para apoyar el licenciamiento de tecnologías.</p>	<p>Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IPSE.</p>	<p>Al menos una iniciativa de programa estratégico financiada en la línea.</p> <p>Una convocatoria piloto diseñada e implementada en colaboración con actores del sector en licenciamiento de tecnologías en tres años.</p>	<p>Al menos cien proyectos financiados en las líneas del plan estratégico en los próximos ocho años.</p> <p>Al menos dos redes consolidadas surgidas de la implementación de programas estratégicos.</p>	<p>Número de proyectos financiados en las líneas del plan estratégico por año vía instrumentos existentes del Sistema de CTI / número de proyectos meta por año.</p> <p>Número de líneas de programas estratégicos apoyadas en trabajo conjunto entre el PIEM, el consejo y otros actores / número de líneas meta.</p> <p>Número de proyectos presentados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).</p> <p>Número de proyectos financiados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).</p>
10. Definición de lineamientos de política a partir de I+D+i para el fortalecimiento y la planeación de los sectores energético y minero	<p>Vincular a Colciencias al proceso de definición de política minero-energética en articulación con el Ministerio de Minas-Energía, la CREG, el Servicio Geológico Colombiano, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la UPME.</p>	<p>Ministerio de Minas y Energía, IPSE, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera y comunidad.</p>	<p>Fomentar la realización de proyectos de investigación para la evaluación de políticas sectoriales en articulación con la UPME y actores del sector en los próximos cinco años.</p> <p>Documentos de política para el sector minero-energético generados en articulación con los actores.</p>	<p>Políticas del sector minero-energético que incluyan estrategias de fomento a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación, diseñadas e implementadas con el aporte de Colciencias.</p>	<p>Número de reuniones en que Colciencias participa para la definición de políticas minero-energéticas.</p> <p>Número de documentos de política sectorial con elementos de CTI emitidos en articulación con otros actores.</p>
	<p>Diseñar una metodología para la evaluación del impacto de la política.</p>		<p>Metodología y batería de indicadores de evaluación del impacto de la política diseñada en dos años.</p>	<p>Evaluación integral del impacto de la política de CTI en el sector minero-energético en doce años.</p>	<p>Número de estudios realizados para el diseño de metodologías y baterías de indicadores para la evaluación de impacto de la política en el sector, con elementos de CTI.</p>

Temáticas identificadas como prioritarias

- Estructurar redes de I+D de materiales por región según vocación industrial.
- Promover programas de encadenamientos productivos entre proveedores y clúster (pilotos).
- Investigación de nuevos procesos de concentración de metales preciosos, recuperación de oro fino ("invisible") de menas auro-argentíferas.
- Desarrollo de nuevos productos y materiales a partir de la transformación de minerales (cementos, cerámicos, vidrios, materiales avanzados), a partir del uso de la CTI (nanotecnología, biotecnología, etc.).
- Incorporación de valor agregado a minerales industriales y carbones.
- Valorización de escorias y relaves.
- Agregar valor a productos petroquímicos.
- Estudio de aplicaciones de minerales transformados en cadenas de alto valor productivo.
- Investigaciones de procesos para dar valor agregado a minerales subproducto de la explotación minera.
- Crear concentrados minerales para la agricultura (sales, arcillas, entre otros).

LÍNEA 2. MEJORAS EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍA

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019 ...	Indicadores
<p>1. Promover la formación de recurso humano acorde a las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados)</p>	<p>Identificar las necesidades de formación de recurso humano en el sector minero-energético y fomentar, con otras entidades aliadas, programas acordes a las necesidades identificadas (SENA y universidades, programas de educación continuada en áreas de interés).</p> <p>Alinear las necesidades de formación del sector al programa de becas ofrecidas por Colciencias.</p> <p>Gestionar con grandes empresas y gremios la vinculación de recurso humano de alto nivel para el sector.</p> <p>Gestionar alianzas (Mineducación, gremios y universidades acreditadas) para la promoción a la formación de recurso humano en las áreas de ingeniería y ciencias duras en pregrado.</p> <p>Estructurar convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de pregrado y posgrado en temas de interés del sector minero-energético.</p>	<p>Universidades (facultades de ingeniería y ciencias básicas), SENA, Ministerio de Educación, ACOFI, gremios (Campetrol, ANDI, Andesco, Acolgen, Asomineros).</p>	<p>Desarrollo de al menos dos convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de doctorado en cuatro años.</p> <p>En cuatro años: 10% de las becas de formación en doctorado otorgadas en las áreas de energía y minería.</p> <p>Matriz de identificación de necesidades de formación de recurso humano por áreas temáticas y nivel de formación del sector realizada.</p> <p>Política de formación de recurso humano en pregrado para el sector minero-energético desarrollada en alianza con los actores identificados.</p> <p>En cinco años: veinticinco docentes vinculados a proyectos del sector productivo.</p>	<p>En diez años:                      Doscientos doctores graduados en áreas de energía y minería de acuerdo a las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.                      Doscientos magíster graduados en áreas de energía y minería de acuerdo con las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.</p>	<p>Número de doctores en el sector energía y minería por año.                      Porcentaje del incremento anual en doctores en el sector E y M.                      Número de doctores sector E y M / número de doctores totales.                      Mapa de identificación de necesidades de formación por área temática y nivel.                      Número de mecanismos de formación de recurso humano en pregrado y posgrado para el sector E y M.                      Número de doctores vinculados a la industria / número de doctores meta en cinco años.                      Número de alianzas realizadas para la promoción de formación de recurso humano en el sector E y M.</p>
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético</p>	<p>Fomentar la estructuración de proyectos del sector al Sistema Nacional de Regalías.</p> <p>Promover el referenciamiento y la cooperación internacional en las estrategias y acciones del programa: mecanismos, transferencias y encuentros con similares internacionales.</p>	<p>Universidades, CDT, CI, Colectis, gubernaciones y alcaldías, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Estructuración de al menos un proyecto al SNR relacionado con la línea.</p> <p>Al menos dos iniciativas financiadas con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas de interés identificadas al 2020.</p> <p>En diez años, líneas de trabajo conjuntas con Brasil, México, USA y Chile.</p>	<p>Número de proyectos acompañados en su presentación ante el SGR.                      Número de proyectos del sector minero-energético presentados al Sistema Nacional de Regalías.                      Número de proyectos financiados para el sector E y M.                      Valor de los recursos aprobados para el sector E y M.                      Número de experiencias internacionales documentadas y socializadas en el programa y consejo.                      Número de encuentros con pares internacionales del PIEM.                      Número de transferencias y gestión del conocimiento realizadas en y por el PIEM.                      Número de estrategias y acciones nuevas o mejoradas para el PIEM con base en el referenciamiento internacional.                      Número de proyectos multilaterales financiados con cooperación internacional / número de proyectos meta financiados con cooperación internacional.</p>	<p>Número de proyectos acompañados en su presentación ante el SGR.                      Número de proyectos del sector minero-energético presentados al Sistema Nacional de Regalías.                      Número de proyectos financiados para el sector E y M.                      Valor de los recursos aprobados para el sector E y M.                      Número de experiencias internacionales documentadas y socializadas en el programa y consejo.                      Número de encuentros con pares internacionales del PIEM.                      Número de transferencias y gestión del conocimiento realizadas en y por el PIEM.                      Número de estrategias y acciones nuevas o mejoradas para el PIEM con base en el referenciamiento internacional.                      Número de proyectos multilaterales financiados con cooperación internacional / número de proyectos meta financiados con cooperación internacional.</p>

Continúa

LÍNEA 2. MEJORAS EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍA					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético (continuación)	Articular con la institucionalidad nacional y departamental acciones para promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética.	Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades.	Al menos diez espacios de socialización con instituciones de los ámbitos nacional y regional en dos años.	Documentos de política nacional y departamental desarrollados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.	Número de documentos de política generados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética. Número de estrategias diseñadas con participación de Colciencias en usos de energías renovables.
	Socializar el plan estratégico y los instrumentos del programa con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.	Actores del SINCTI.	Al menos diez espacios de socialización con instituciones de los ámbitos nacional y regional en dos años.	Cinco estrategias del plan implementadas de forma articulada con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.	Número de espacios de socialización del plan estratégico del programa realizados por año. (Número de usuarios por año n1 - número de usuarios por año n2) / número de usuarios por año n1
3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados	Fortalecer las capacidades internas de gestión del PIEM.	Universidades, Colciencias, PIEM, centros de formación, centros de I+D+i.	Al menos una capacitación anual en temáticas de interés para el grupo de profesionales del PIEM.	Equipo humano del PIEM capacitado continuamente en herramientas de gestión y conocimientos específicos requeridos por el sector: vigilancia tecnológica y prospectiva, gestión y evaluación de proyectos, planeación estratégica, gestión de calidad, conocimientos sectoriales.	Número de capacitaciones al grupo PIEM por año.
	Integrar políticas sectoriales, ambientales y de CTI para el desarrollo de iniciativas del sector minero-energético.	Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.	Al menos tres espacios de relacionamiento con instancias del sector (CIURE, OCAD), comisiones de competitividad, gremios, entre otros.	Al menos dos documentos de política sectorial con criterios de CTI incorporados.	Número de espacios con articulación efectiva con instancias del sector. Número de reuniones con actores (CIURE, gremios, comisiones de competitividad u otros) al año.
4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación	Divulgar casos de éxito derivados de la ejecución de proyectos y convenios de cooperación.	Programa Ondas, museos interactivos (Maloka, Explora), semanas de la ciencia, CUEE.	Al menos diez espacios de divulgación de casos de éxito del sector en dos años.	Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.	Número de casos de éxito del PIEM reportados al año. Número de espacios de divulgación de casos de éxito por año / número de casos de éxito reportados por año.
	Apoyar estrategias de masificación del uso adecuado de los recursos minero-energéticos.	Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades.	Formalización de un plan para la alfabetización en temas minero-energéticos y ambientales. Al menos una convocatoria para el desarrollo de encadenamientos productivos con énfasis en los sectores minero y energético en por lo menos dos años.	Una línea de investigación consolidada en el país en el tema de transporte eléctrico.	Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas. Número de temáticas priorizadas para el fomento de EBT en sectores E y M. Número de estrategias diseñadas para el fomento de la EBT en sectores E y M.

Continúa

LÍNEA 2. MEJORAS EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍA

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019 ...	Indicadores
<p>4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación (continuación)</p>	<p>Propiciar el desarrollo de empresas de base tecnológica y productoras de bienes de capital en temáticas de interés del sector minero-energético.</p>		<p>Al menos una convocatoria de emprendimiento de base tecnológica de Colciencias con sectores y / o líneas temáticas priorizadas orientadas a iniciativas del sector minero-energético en dos años.</p> <p>Planes de negocios estructurados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Programa para el desarrollo de equipos de combustión y calentamiento de alta eficiencia.</li> <li>Iniciativas para la eficiencia energética en sistemas de transporte.</li> <li>Desarrollo de iniciativas de eficiencia energética en PYMES.</li> <li>Uso de energías renovables en viviendas y construcciones.</li> </ul>	<p>Al menos ocho empresas de base tecnológica consolidadas en diez años.</p>	<p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT sectores E y M.</p>
	<p>Fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos del sector minero-energético.</p>			<p>Al menos dos empresas desarrolladoras de tecnologías para generación de energía en zonas no interconectadas consolidadas en diez años.</p>	<p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p>
	<p>Gestionar recursos para el desarrollo de iniciativas por medio de convenios (empresas, SENA).</p>			<p>Dos iniciativas de desarrollo de proveedores consolidadas con grandes empresas.</p>	<p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.</p>
<p>5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto</p>	<p>Estructurar convocatorias para el desarrollo de proyectos piloto en tecnologías de interés para el sector.</p> <p>Desarrollar proyectos piloto demostrativos en tecnologías de interés para el sector.</p>	<p>Grupos de investigación, CDTI, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos una convocatoria en el desarrollo de proyectos piloto en dos años.</p> <p>Pilotos desarrollados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gasificación para electrificación en ZNI.</li> <li>Producción de equipos de alta eficiencia.</li> </ul>	<p>Pilotos desarrollados en: IGCC (ciclo combinado gasificación de carbón).</p> <p>Al menos tres tecnologías maduras mediante pilotos desarrollados transferidas al sector industrial con el apoyo de Colciencias.</p>	<p>Número de convocatorias lanzadas para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de proyectos presentados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de pilotos desarrollados en tecnologías de interés para el sector / número de pilotos meta en tecnologías del sector.</p>

Continúa

LÍNEA 2. MEJORAS EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍA					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
6. Observatorios de tecnologías para el sector minero-energético	Diseñar el modelo (organizacional, financiero, administrativo, entre otros) de observatorio a implementar.	Bancoldex-impulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Estudios desarrollados en áreas como por ejemplo: • Equipos de combustión y calentamiento de alta eficiencia. • Eficiencia energética en sistemas de transporte. • Desarrollo de iniciativas de eficiencia energética en PYMES. • Uso de energías renovables en viviendas y construcciones.	Observatorio en funcionamiento que provea elementos y herramientas para la planeación del sector en CTI, basadas en tendencias y análisis objetivos.	Número de estudios desarrollados para el diseño e implementación del Observatorio de Tecnologías para el sector E y M / número de estudios requeridos. Número de aliados obtenidos para el desarrollo de estudio de inteligencia competitiva / número de aliados meta. Número de estudios desarrollados por el observatorio / número de estudios meta.
	Gestionar aliados y recursos para la implementación de observatorio(s).				
7. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo, las entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales	Desarrollar estudios de inteligencia competitiva y prospectiva en temáticas de interés para el sector minero-energético.		Conformación de al menos una red de conocimiento en temas asociados con la línea temática. • Eficiencia energética. • Generación distribuida. • Fuentes no convencionales de energía.	Al menos tres redes de conocimiento consolidadas, con presencia internacional y con resultados a mostrar en diez años.	Número de redes conformadas en el sector resultado de iniciativas con participación de Colciencias / número de redes meta. Número de proyectos desarrollados por las redes de conocimiento conformadas.
	Gestionar aliados (institucionales, sectoriales, gremios, académicos, sector productivo) para el establecimiento de un portafolio de estudios requeridos por el sector con los actores idóneos y establecer un orden de relevancia para la consecución de recursos.	Bancoldex-impulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano.	Al menos un estudio realizado en la línea durante los próximos cinco años, consensuado con actores nacionales.	Resultados de los estudios realizados incorporados en planes de desarrollo sectorial y regional.	Número de estudios realizados en alianza con actores del sector a ser realizados en seis grandes temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados. Número de estudios realizados por cada una de las seis temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.
8. Gestión de aliados	Articulación para el diseño y gestión de instrumentos de financiamiento para el desarrollo de proyectos en temáticas de impacto de largo plazo del sector minero-energético.		Al menos un convenio suscrito con entidades del sector. Una convocatoria conjunta con otra(s) entidad(es) del sector para financiación de proyectos de I+D+i en la línea.	Al menos ocho aliados articulados y recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento en temáticas prioritarias en doce años. Al menos ocho instrumentos y / o proyectos financiados en cinco años.	Número de aliados gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento / número de aliados meta. Valor de los recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento. Número de instrumentos con financiación gestionada / número de instrumentos meta.

Continúa

LÍNEA 2. MEJORAS EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍA

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019 ...	Indicadores
8. Gestión de aliados (continuación)	<p>Aunar esfuerzos entre entidades relacionadas y que puedan financiar proyectos (SENA, IPSE, UPME; ANH, ANM, ministerios; Colciencias, BID; etc.).</p> <p>Vincular a grandes empresas a la financiación de la investigación en el sector que requiere el país.</p>			<p>Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</p>	<p>Número de aliados gestionados para el desarrollo de convocatorias conjuntas.</p> <p>Número de convenios suscritos con entidades públicas para el apoyo a líneas establecidas por el plan estratégico del PIEM / número de convenios meta.</p> <p>Número de convocatorias conjuntas con entidades del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.</p> <p>Número de grandes empresas vinculadas para el desarrollo de convocatorias conjuntas.</p> <p>Número de convenios suscritos con grandes empresas para la financiación de proyectos I+D+i / número de convenios meta.</p> <p>Número de convocatorias conjuntas con grandes empresas del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.</p>
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i	<p>Estructurar convocatorias para la financiación de proyectos de I+D+i en sectores y tecnologías emergentes.</p> <p>Financiar proyectos dentro de las líneas del plan estratégico vía instrumentos de fomento del Sistema Nacional de CTI.</p> <p>Fomentar iniciativas para la financiación de programas estratégicos en conjunto con otros actores.</p> <p>Estructurar una convocatoria o una línea dentro de una convocatoria para apoyo al licenciamiento de tecnologías.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, greenios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IPSE.</p>	<p>Estructuración de al menos una convocatoria en temas identificados como prioritarios en la línea.</p> <p>Al menos cinco proyectos financiados en temáticas de la línea.</p> <p>Al menos una iniciativa del programa estratégico financiada en la línea.</p> <p>Una convocatoria piloto diseñada e implementada en colaboración con actores del sector en licenciamiento de tecnologías en tres años.</p>	<p>Al menos dos líneas emergentes de investigación consolidadas (redes conformadas y financiadas) en siete años.</p> <p>Al menos cien proyectos financiados en las líneas del plan estratégico en los próximos ocho años.</p> <p>Al menos dos redes consolidadas surgidas de la implementación de programas estratégicos.</p> <p>Al menos dos tecnologías licenciadas en diez años.</p>	<p>Número de proyectos presentados en convocatoria para apoyar la I+D+i en energías renovables con base en consultoría para el Plan en Energía Sustentable.</p> <p>Número de convocatorias lanzadas en apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.</p> <p>Número de proyectos presentados en convocatoria de apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.</p> <p>Número de líneas de investigación consolidadas en sectores emergentes / número de líneas meta.</p> <p>Número de proyectos financiados en las líneas del plan estratégico por año vía instrumentos existentes del Sistema de CTI / número de proyectos meta por año.</p> <p>Número de líneas de programas estratégicos apoyadas en trabajo conjunto entre el PIEM, el consejo y otros actores / número de líneas meta.</p> <p>Número de proyectos presentados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).</p> <p>Número de proyectos financiados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).</p>

Continúa

LÍNEA 2. MEJORAS EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍA

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
10. definición de lineamientos de política a partir de I+D+i para el fortalecimiento y planeación de los sectores energético y minero	<p>Vincular a Colciencias al proceso de definición de política minero-energética en articulación con el Ministerio de Minas-Energía, la CREG, el Servicio Geológico Colombiano, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la UPME.</p> <p>Diseñar una metodología para la evaluación del impacto de la política.</p>	<p>Ministerio de Minas y Energía, IPSE, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, comunidad.</p>	<p>Fomentar la realización de proyectos de investigación para la evaluación de políticas sectoriales en articulación con la UPME y actores del sector en los próximos cinco años.</p> <p>Documentos de política para el sector minero energético generados en articulación con los actores.</p> <p>Metodología y batería de indicadores de evaluación de impacto de política diseñada en dos años.</p>	<p>Políticas del sector minero-energético que incluyan estrategias de fomento a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación diseñadas e implementadas con el aporte de Colciencias.</p> <p>Evaluación integral de impacto de política de CTI en el sector minero-energético en doce años.</p>	<p>Número de reuniones en que Colciencias participa para la definición de políticas minero-energéticas.</p> <p>Número de documentos de política sectorial con elementos de CTI emitidos en articulación con otros actores.</p> <p>Número de estudios realizados para diseño de metodología y batería de indicadores para evaluación de impacto de política en el sector con elementos de CTI.</p>

Temáticas identificadas como prioritarias

- Desarrollo de nuevos materiales y mejoramiento de los actualmente empleados en producción y uso de energía.
- Programa para el desarrollo de equipos de combustión y calentamiento de alta eficiencia (gasodomésticos, electrodomésticos).
- Programa de eficiencia energética centrado en rediseños de productos y procesos basados en I+D.
- Modelamiento de comportamiento y gestión de los usuarios de la energía y la electricidad.
- Fomento a iniciativas de disminución de pérdidas para transporte de energéticos.
- Promover el uso de energías renovables en viviendas y construcciones.
- Iniciativas para la eficiencia energética en sistemas de transporte.
- Desarrollo de iniciativas de eficiencia energética en PYMES.
- Investigación e innovación en sistemas de combustión de energéticos fósiles y de origen renovable de mayor eficiencia (aumento de eficiencia, reducción de material particulado).
- Programas de eficiencia energética para grandes consumidores de energía.

LÍNEA 3. CARBOQUÍMICA Y PROCESOS DE AGREGACIÓN DE VALOR AL CARBÓN

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
<p>1. Promover la formación de recurso humano acorde a las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados)</p>	<p>Identificar las necesidades de formación de recurso humano en el sector minero-energético y fomentar con otras entidades aliadas programas acordes a las necesidades identificadas (SENA y universidades, programas de educación continuada en áreas de interés).</p> <p>Alinear las necesidades de formación del sector al programa de becas ofrecidas por Colciencias.</p> <p>Gestionar con grandes empresas y gremios la vinculación de recurso humano de alto nivel para el sector.</p> <p>Gestionar alianzas (Mineducación, gremios y universidades acreditadas) para la promoción a la formación de recurso humano en áreas de ingeniería y ciencias duras en pregrado.</p> <p>Estructurar convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de pregrado y posgrado en temas del interés del sector minero-energético.</p>	<p>Universidades (facultades de ingeniería y ciencias básicas).</p> <p>SENA, Ministerio de Educación, ACOFI, gremios (Campetrol, ANDI, Andesco, Acolgen, Asomineros).</p>	<p>Desarrollo de al menos dos convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de doctorado en cuatro años.</p> <p>En cuatro años: 10% de las becas de formación en doctorado otorgadas a áreas de energía y minería.</p> <p>Matriz de identificación de necesidades de formación de recurso humano por áreas temáticas y nivel de formación del sector realizada.</p> <p>Política de formación de recurso humano en pregrado para el sector minero-energético desarrollada en alianza con los actores identificados.</p> <p>En cinco años: veinticinco docentes vinculados a proyectos del sector productivo.</p>	<p>En diez años:</p> <p>Doscientos doctores graduados en áreas de energía y minería de acuerdo con las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.</p> <p>Doscientos magister graduados en áreas de energía y minería de acuerdo con las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.</p>	<p>Número de doctores en el sector energía y minería por año.</p> <p>Porcentaje del incremento anual en doctores en el sector E y M.</p> <p>Número de doctores del sector E y M / número de doctores totales.</p> <p>Mapa de identificación de necesidades de formación por área temática y nivel.</p> <p>Número de mecanismos de formación de recurso humano en pregrado y posgrado para el sector E y M.</p> <p>Número de doctores vinculados a la industria / número de doctores meta en cinco años.</p> <p>Número de alianzas realizadas para la promoción de formación de recurso humano en el sector E y M.</p>
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+I en el sector minero-energético</p>	<p>Fomentar la estructuración de proyectos del sector al Sistema Nacional de Regalías.</p>	<p>Universidades, CDT, CI, Codectis, gobernaciones y alcaldías, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Estructuración de al menos un proyecto al SNR en temas de carboquímica y procesos de valor agregado al carbón.</p>	<p>Diez proyectos de regalías ejecutados de impacto regional en el sector minero-energético.</p>	<p>Número de proyectos acompañados en para presentación ante el SGR.</p> <p>Número de proyectos del sector minero-energético presentados al Sistema Nacional de Regalías.</p> <p>Número de proyectos financiados para el sector E y M.</p> <p>Valor de los recursos aprobados para el sector E y M.</p>
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+I en el sector minero-energético</p>	<p>Promover el referenciamiento y la cooperación internacional en las estrategias y acciones del programa: mecanismos, transferencias y encuentros con similares internacionales.</p>	<p>Estados Unidos (DOE, NSF), Chile (CORFO), Brasil (CNPQ, CENPES), México (Conacid, Federación Nacional de Energía, Instituto de Investigaciones Eléctricas) y programas e instituciones de energía y minería del ámbito internacional.</p>	<p>Al menos dos iniciativas financiadas con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temas identificados en la línea.</p>	<p>Al menos seis proyectos financiados con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas de interés identificadas al 2020.</p> <p>En diez años, líneas de trabajo conjuntas con Brasil, México, USA y Chile.</p>	<p>Número de experiencias internacionales documentadas y socializadas en el programa y el consejo.</p> <p>Número de encuentros con pares internacionales del PIEM.</p> <p>Número de transferencias y gestión del conocimiento realizadas en y por el PIEM.</p> <p>Número de estrategias y acciones nuevas o mejoradas para el PIEM con base en el referenciamiento internacional.</p> <p>Número de proyectos multilaterales financiados con cooperación internacional / número de proyectos meta financiados con cooperación internacional.</p>

Continúa



LÍNEA 3. CARBOQUÍMICA Y PROCESOS DE AGREGACIÓN DE VALOR AL CARBÓN

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético (continuación)</p>	<p>Articular con la institucionalidad nacional y departamental acciones para promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades.</p>	<p>Al menos diez espacios de socialización con instituciones de los ámbitos nacional y regional realizados en dos años.</p>	<p>Documentos de política nacional y departamental desarrollados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p>	<p>Número de documentos de política generados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética. Número de estrategias diseñadas con participación de Colciencias en usos de energías renovables.</p>
	<p>Socializar el plan estratégico y los instrumentos del programa con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p>	<p>Actores del SNCTI.</p>	<p>Al menos una capacitación anual en temáticas de interés para el grupo de profesionales del PIEM.</p>	<p>Cinco estrategias del plan implementadas de forma articulada con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p>	<p>Número de espacios de socialización del plan estratégico del programa realizados por año. (Número de usuarios por año n1 - Número de usuarios por año n2) / número de usuarios por año n1</p>
<p>3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados</p>	<p>Fortalecer las capacidades internas de gestión del PIEM.</p>	<p>Universidades, Colciencias, PIEM, centros de formación, centros de I+D+i.</p>	<p>Equipo humano del PIEM capacitado continuamente en herramientas de gestión y conocimientos específicos requeridos por el sector: vigilancia tecnológica y prospectiva, gestión y evaluación de proyectos, planeación estratégica, gestión de calidad, conocimientos sectoriales.</p>	<p>Número de capacitaciones al grupo PIEM por año.</p>	<p>Número de capacitaciones al grupo PIEM por año.</p>
	<p>Integrar políticas sectoriales, ambientales y de CTI para el desarrollo de iniciativas del sector minero-energético.</p>	<p>Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos tres espacios de relacionamiento con instancias del sector (CIURE, OCAD), comisiones de competitividad, gremios, entre otros.</p>	<p>Al menos dos documentos de política sectorial con criterios de CTI incorporados.</p>	<p>Número de espacios con articulación efectiva con instancias del sector. Número de reuniones con actores (CIURE, gremios, comisiones de competitividad u otros) por año.</p>
<p>3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados</p>	<p>Divulgar casos de éxito derivados de la ejecución de proyectos y convenios de cooperación.</p>	<p>Programa Ondas, museos interactivos (Malkola, Explora), semanas de la ciencia, CUEE.</p>	<p>Al menos diez espacios de divulgación de casos de éxito del sector en dos años.</p>	<p>Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</p>	<p>Número de casos de éxito del PIEM recopilados por año. Número de espacios de divulgación de casos de éxito por año / número de casos de éxito reportados por año.</p>
	<p>Apoyar estrategias de masificación del uso adecuado de los recursos minero-energéticos.</p>	<p>Formalización de un plan para la alfabetización en temas minero-energéticos y ambientales.</p>	<p>Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas.</p>	<p>Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas.</p>	<p>Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas.</p>

Continúa

LÍNEA 3. CARBOQUÍMICA Y PROCESOS DE AGREGACIÓN DE VALOR AL CARBÓN

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
<p>4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación</p>	<p>Priorizar temáticas de interés para el fomento de EBT en el sector minero-energético.</p> <p>Propiciar el desarrollo de empresas de base tecnológica y productoras de bienes de capital en temáticas de interés del sector minero-energético.</p> <p>Fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos de los sectores minero-energéticos.</p> <p>Gestionar recursos para el desarrollo de iniciativas por medio de convenios (empresas, SENA).</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades.</p>	<p>Al menos una convocatoria para el desarrollo de encadenamientos productivos con énfasis en los sectores minero y energético en por lo menos dos años.</p> <p>Al menos una convocatoria de emprendimiento de base tecnológica de Colciencias con sectores y / o líneas temáticas prioritizadas orientadas a iniciativas del sector minero energético en dos años.</p> <p>Planes de negocios estructurados en temáticas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de nuevos productos o materiales a partir de carbón.</li> <li>• Carboquímica.</li> <li>• Cofiring.</li> </ul>	<p>Una línea de investigación consolidada en el país en el tema de transporte eléctrico.</p> <p>Al menos ocho empresas de base tecnológica consolidadas en diez años.</p> <p>Al menos dos empresas desarrolladoras de tecnologías para la generación de energía en zonas no interconectadas consolidadas en diez años.</p> <p>Dos iniciativas de desarrollo de proveedores consolidadas con grandes empresas.</p>	<p>Número de temáticas prioritizadas para el fomento de EBT en sectores E y M.</p> <p>Número de estrategias diseñadas para el fomento de la EBT en sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT en los sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT en los sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos presentados en convocatorias de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p> <p>Número de proyectos aprobados en convocatorias de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p> <p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de encadenamientos productivos en los sectores seleccionados.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de encadenamientos productivos en los sectores seleccionados.</p> <p>Número de convocatorias lanzadas para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p>
<p>5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto</p>	<p>Estructurar convocatorias para el desarrollo de proyectos piloto en tecnologías de interés para el sector.</p> <p>Desarrollar proyectos piloto demostrativos en tecnologías de interés para el sector.</p>	<p>Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos una convocatoria en el desarrollo de proyectos piloto en dos años.</p> <p>Pilotos desarrollados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasificación para electrificación en ZNI.</li> <li>• Demostración de uso industrial de Cofiring.</li> </ul>	<p>Pilotos desarrollados en: igcc (ciclo combinado gasificación de carbono).</p> <p>Al menos tres tecnologías maduras mediante pilotos desarrollados transferidos al sector industrial con el apoyo de Colciencias.</p>	<p>Número de convocatorias lanzadas para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de proyectos presentados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de pilotos desarrollados en tecnologías de interés para el sector / número de pilotos meta en tecnologías del sector.</p>
<p>6. Observatorios de tecnologías para el sector minero-energético</p>	<p>Diseñar el modelo (organizacional, financiero, administrativo, entre otros) de observatorio a implementar.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo.</p>	<p>Estudios desarrollados en áreas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologías limpias para igcc, tecnologías de gasificación carbón biomasa.</li> </ul>	<p>Observatorio en funcionamiento que provea elementos y herramientas para la planeación del sector en CTI, basada en tendencias y análisis objetivos.</p>	<p>Número de estudios desarrollados para diseño e implementación del Observatorio de Tecnologías para el E y M / número de estudios requeridos.</p>

Continúa

LÍNEA 3. CARBOQUÍMICA Y PROCESOS DE AGREGACIÓN DE VALOR AL CARBÓN

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019 ...	Indicadores
6. Observatorios de tecnologías para el sector minero-energético (continuación)	<p>Gestionar aliados y recursos para la implementación de observatorio(s).</p> <p>Desarrollar estudios de inteligencia competitiva y prospectiva en temáticas de interés para el sector minero-energético.</p>	<p>Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de materiales avanzados a partir del carbón.</li> <li>Tecnologías para captura de carbono.</li> <li>Producción de combustibles líquidos y gaseosos a partir de carbón.</li> <li>Procesos de gasificación carbón biomasa.</li> <li>Desarrollo de nuevos materiales a partir de carbón.</li> </ul>		<p>Número de aliados obtenidos para el desarrollo de estudio de inteligencia competitiva / número de aliados meta.</p> <p>Número de estudios desarrollados por el observatorio / número de estudios meta.</p>
7. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo, las entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales	<p>Fomentar la conformación de redes de conocimiento en el sector minero-energético.</p>	<p>Universidades, grupos de investigación, gremios, CDT, cooperantes internacionales (financieros y técnicos).</p>	<p>Reestructurar la iniciativa de In-carbo como una estrategia nacional en términos de visión, alcance, grupos de interés y sostenibilidad financiera.</p>	<p>Al menos tres redes de conocimiento consolidadas, con presencia internacional y con resultados para mostrar en diez años.</p>	<p>Número de redes conformadas en el sector resultado de iniciativas con participación de Colciencias / número de redes meta.</p> <p>Número de proyectos desarrollados por las redes de conocimiento conformadas.</p>
8. Gestión de aliados	<p>Gestionar aliados (institucionales, sectoriales, gremios, académicos, sector productivo) para el establecimiento de un portafolio de estudios requeridos por el sector con los actores idóneos y establecer un orden de relevancia para la consecución de recursos.</p> <p>Articulación para el diseño y gestión de instrumentos de financiamiento para el desarrollo de proyectos en temáticas de impacto de largo plazo del sector minero-energético.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano.</p>	<p>Al menos un estudio realizado en la línea durante los próximos cinco años, consensuado con actores nacionales.</p> <p>Al menos un convenio suscrito con entidades del sector.</p> <p>Una convocatoria conjunta con otra(s) entidad(es) del sector para financiación de proyectos de I+D+i en la línea.</p>	<p>Resultados de los estudios realizados incorporados en planes de desarrollo sectorial y regional.</p> <p>Al menos ocho aliados articulados y recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento en temáticas prioritarios en doce años.</p> <p>Al menos ocho instrumentos y / o proyectos financiados en cinco años.</p>	<p>Número de estudios definidos en alianza con actores del sector a ser realizados en seis grandes temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p> <p>Número de estudios realizados por cada una de las seis temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p> <p>Número de aliados gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento / número de aliados meta.</p> <p>Valor de los recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento.</p> <p>Número de instrumentos con financiación gestionada / número de instrumentos meta.</p>

Continúa

LÍNEA 3. CARBOQUÍMICA Y PROCESOS DE AGREGACIÓN DE VALOR AL CARBÓN

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
8. Gestión de aliados (continuación)	Aunar esfuerzos entre entidades relacionadas y que puedan financiar proyectos (SENA, IPSE, UPME; ANH, ANM, ministerios; Colciencias, BID; etc.).			Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.	Número de aliados gestionados para el desarrollo de convocatorias conjuntas. Número de convenios suscritos con entidades públicas para apoyar líneas establecidas por el plan estratégico del PIEM / número de convenios meta. Número de convocatorias conjuntas con entidades del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta. Número de grandes empresas vinculadas para el desarrollo de convocatorias conjuntas.
	Vincular a grandes empresas a la financiación de la investigación en el sector que requiere el país.				Número de convenios suscritos con grandes empresas para la financiación de proyectos I+D+i / número de convenios meta. Número de convocatorias conjuntas con grandes empresas del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i	Estructurar convocatorias para financiación de proyectos de I+D+i en sectores y tecnologías emergentes.	Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campesinología, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IPSE.	Estructuración de al menos una convocatoria en temas identificados como prioritarios en la línea.	Al menos dos líneas emergentes de investigación consolidadas (redes conformadas y financiadas) en siete años.	Número de proyectos presentados en convocatoria para el apoyo a la I+D+i en energías renovables con base en consultoría para el Plan en Energía Sustentable. Número de convocatorias lanzadas en apoyo a la I+D+i en sectores emergentes. Número de proyectos presentados en convocatoria de apoyo a la I+D+i en sectores emergentes. Número de líneas de investigación consolidadas en sectores emergentes / número de líneas meta.
	Financiar proyectos dentro de las líneas del plan estratégico vía instrumentos de fomento del Sistema Nacional de CTI.		Al menos cinco proyectos financiados en temáticas de la línea.	Al menos cien proyectos financiados en las líneas del plan estratégico en los próximos ocho años.	Número de proyectos financiados en las líneas del plan estratégico por año vía instrumentos existentes del Sistema de CTI / número de proyectos meta por año.
	Fomentar iniciativas para la financiación de programas estratégicos en conjunto con otros actores.		Al menos una iniciativa del programa estratégico financiada en la línea.	Una convocatoria piloto diseñada e implementada en colaboración con actores del sector en licenciamiento de tecnologías en tres años.	Al menos dos redes consolidadas surgidas de la implementación de programas estratégicos.

Continúa

LÍNEA 3. CARBOQUÍMICA Y PROCESOS DE AGREGACIÓN DE VALOR AL CARBÓN					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
10. Definición de lineamientos de política a partir de H+D+i para el fortalecimiento y planeación del sector energético y minero	Vincular a Colciencias al proceso de definición de la política minero-energética en articulación con el Ministerio de Minas y Energía, la CREG, el Servicio Geológico Colombiano, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la UPME.	Ministerio de Minas y Energía, IPSE, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, comunidad.	Fomentar la realización de proyectos de investigación para la evaluación de políticas sectoriales en articulación con la UPME y actores del sector en los próximos cinco años.	Políticas del sector minero-energético que incluyan estrategias de fomento a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación diseñadas e implementadas con el aporte de Colciencias.	Número de reuniones en que Colciencias participa para la definición de políticas minero-energéticas.
	Diseñar una metodología para la evaluación del impacto de la política.		Documentos de política para el sector minero-energético generados en articulación con los actores.	Metodología y batería de indicadores de evaluación de impacto de política diseñada en dos años.	Número de documentos de política sectorial con elementos de CTI emitidos en articulación con otros actores.

Temáticas identificadas como prioritarias

- Producción de combustibles líquidos y gaseosos a partir de carbón.
- Valor agregado al carbón (mezclas de carbón, producción de coque, carbón activado).
- Tecnologías limpias para IGCC.
- Tecnologías de gasificación de carbón biomasa.
- Carbón pulverizado ultrasuperfórico y plantas de oxidación para mejorar la eficiencia y desempeño de electricidad generada por carbón.
- Desarrollo de nuevos materiales a partir de carbón.

LÍNEA 4. BIENES, INSUMOS E INGENIERÍA PARA LA PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA ELECTRICIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
<p>1. Promover la formación de recurso humano acorde a las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados)</p>	<p>Identificar las necesidades de formación de recurso humano en el sector minero-energético y fomentar con otras entidades aliadas programas acordes a las necesidades identificadas (SENA y universidades, programas de educación continuada en áreas de interés).</p> <p>Alinear las necesidades de formación del sector al programa de becas ofrecidas por Colciencias.</p> <p>Gestionar con grandes empresas y gremios la vinculación de recurso humano de alto nivel para el sector.</p> <p>Gestionar alianzas (Mineducación, gremios y universidades acreditadas) para la promoción a la formación de recurso humano en las áreas de ingeniería y ciencias duras en pregrado.</p> <p>Estructurar convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de pregrado y posgrado en temas de interés de sector minero-energético.</p>	<p>Universidades (facultades de ingeniería y ciencias básicas).</p> <p>SENA, Ministerio de Educación, ACOPI, gremios (Campestrol, ANDI, Andesco, Acolgen, Asomineros).</p>	<p>Desarrollo de al menos dos convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de doctorado en cuatro años.</p> <p>En cuatro años: 10% de las becas de formación en doctorado otorgadas a las áreas de energía y minería.</p> <p>Matriz de identificación de necesidades de formación de recurso humano por áreas temáticas y nivel de formación del sector realizada.</p> <p>Política de formación de recurso humano en pregrado para el sector minero-energético desarrollada en alianza con los actores identificados.</p> <p>En cinco años: veinticinco doctores vinculados a proyectos del sector productivo.</p>	<p>En diez años:</p> <p>Doscientos doctores graduados en las áreas de energía y minería de acuerdo con las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.</p> <p>Doscientos magíster graduados en áreas de energía y minería de acuerdo con las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.</p>	<p>Número de doctores en el sector energía y minería por año.</p> <p>Porcentaje del incremento anual en doctores sector E y M.</p> <p>Número de doctores del sector E y M / número de doctores totales.</p> <p>Mapa de identificación de necesidades de formación por área temática y nivel.</p> <p>Número de mecanismos de formación de recurso humano en pregrado y posgrado para el sector E y M.</p> <p>Número de doctores vinculados a la industria / número de doctores meta en cinco años.</p> <p>Número de alianzas realizadas para la promoción de la formación de recurso humano en el sector E y M.</p>
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético</p>	<p>Fomentar la estructuración de proyectos del sector al Sistema Nacional de Regalías.</p> <p>Promover el referenciamiento y la cooperación internacional en las estrategias y acciones del programa: mecanismos, transferencias y encuentros con similares internacionales.</p>	<p>Universidades, CDT, CI, Colectivas, gobernaciones y alcaldías, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Estructuración de al menos un proyecto al SNR relacionado con la línea.</p> <p>Al menos dos iniciativas financiadas con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas identificadas en la línea.</p>	<p>Diez proyectos de regalías ejecutados de impacto regional en el sector minero-energético.</p> <p>Al menos seis proyectos financiados con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas de interés identificadas al 2020.</p> <p>En diez años, líneas de trabajo conjuntas con Brasil, México, USA y Chile.</p>	<p>Número de proyectos acompañados para presentación ante el SCR.</p> <p>Número de proyectos del sector minero-energético presentados al Sistema Nacional de Regalías.</p> <p>Número de proyectos financiados para el sector E y M.</p> <p>Valor de los recursos aprobados para el sector E y M.</p> <p>Número de experiencias internacionales documentadas y socializadas en el programa y en el consejo.</p> <p>Número de encuentros con pares internacionales del PIEM.</p> <p>Número de transferencias y de gestión del conocimiento realizadas en y por el PIEM.</p> <p>Número de estrategias y acciones nuevas o mejoradas para el PIEM con base en el referenciamiento internacional.</p> <p>Número de proyectos multilaterales financiados con cooperación internacional / número de proyectos meta financiados con cooperación internacional.</p>

Continúa

LÍNEA 4. BIENES, INSUMOS E INGENIERÍA PARA LA PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA ELECTRICIDAD					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético (continuación)	Articular con la institucionalidad nacional y departamental acciones para promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética.	Bancoldex-Innpulsa, grupos, Ecocontrol, Ecoenergía, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Ictotec, universidades.	Iniciativas de alfabetización en el uso de recursos minero-energéticos.	Documentos de política nacional y departamental desarrollados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.	Número de documentos de política generados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética. Número de estrategias diseñadas con participación de Colciencias en usos de energías renovables.
	Socializar el plan estratégico y los instrumentos del programa con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.	Actores del SNETI.	Al menos diez espacios de socialización con instituciones de los ámbitos nacional y regional realizados en dos años.	Cinco estrategias del plan implementadas de forma articulada con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.	Número de espacios de socialización del plan estratégico del programa realizados por año.
3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados	Fortalecer las capacidades internas de gestión del PIEM.	Universidades, Colciencias, PIEM, centros de formación, centros de I+D+i.	Al menos una capacitación anual en temáticas de interés para el grupo de profesionales del PIEM.	Equipo humano del PIEM capacitado continuamente en herramientas de gestión y conocimientos específicos requeridos por el sector: vigilancia tecnológica y prospectiva, gestión y evaluación de proyectos, planeación estratégica, gestión de calidad, conocimientos sectoriales.	Número de capacitaciones al grupo PIEM por año.
	Integrar políticas sectoriales, ambientales y de CTI para el desarrollo de iniciativas del sector minero-energético.	Grupos de Investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.	Al menos tres espacios de relacionamiento con instancias del sector (CIURE, OCAD), comisiones de competitividad, gremios, entre otros.	Al menos dos documentos de política sectorial con criterios de CTI incorporados.	Número de espacios con articulación efectiva con instancias del sector. Número de reuniones con actores (CIURE, gremios, comisiones de competitividad u otros) por año.
4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación	Divulgar casos de éxito derivados de la ejecución de proyectos y convenios de cooperación.	Programa Ondas, museos interactivos (Maloka, Ecoenergía), semanas de la ciencia, CUIE.	Al menos diez espacios de divulgación de casos de éxito del sector en dos años.	Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.	Número de casos de éxito del PIEM reportados por año. Número de espacios de divulgación de casos de éxito al año / número de casos de éxito reportados por año. Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas.
	Apoyar estrategias de masificación del uso adecuado de los recursos minero-energéticos.	Bancoldex-Innpulsa, grupos, Ecocontrol, Ecoenergía, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Ictotec, universidades.	Formalización de un plan para la alfabetización en temas minero-energéticos y ambientales.	Una línea de investigación consolidada en el país en el tema de transporte eléctrico.	Número de temáticas priorizadas para el fomento de EBT en sectores E y M. Número de estrategias diseñadas para el fomento de la EBT en sectores E y M.

Continúa

LÍNEA 4. BIENES, INSUMOS E INGENIERÍA PARA LA PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA ELECTRICIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
	<p>Propiciar el desarrollo de empresas de base tecnológica y productoras de bienes de capital en temáticas de interés del sector minero-energético.</p>		<p>Planes de negocios estructurados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Programa para el desarrollo de equipos de combustión y calentamiento de alta eficiencia.</li> <li>Iniciativas para la eficiencia energética en sistemas de transporte.</li> <li>Desarrollo de iniciativas de eficiencia energética en PYMES.</li> <li>Uso de energías renovables en viviendas y construcciones.</li> </ul>	<p>Al menos ocho empresas de base tecnológica consolidadas en diez años.</p> <p>Al menos dos empresas desarrolladoras de tecnologías para la generación de energía en zonas no interconectadas consolidadas en diez años.</p>	<p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT de sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT de sectores E y M.</p>
4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación (continuación)	<p>Fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos de los sectores minero-energéticos.</p>				<p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p>
	<p>Gestionar recursos para el desarrollo de iniciativas por medio de convenios (empresas, SENA).</p>			<p>Dos iniciativas de desarrollo de proveedores consolidadas con grandes empresas.</p>	<p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.</p>
5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto	<p>Estructurar convocatorias para el desarrollo de proyectos piloto en tecnologías de interés para el sector.</p> <p>Desarrollar proyectos piloto demostrativos en tecnologías de interés para el sector.</p>	<p>Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos una convocatoria en el desarrollo de proyectos piloto en dos años.</p> <p>Pilotos desarrollados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Soluciones para la electrificación en ZNI.</li> <li>Desarrollos de equipos de alta eficiencia.</li> <li>FNE para edificaciones.</li> </ul>	<p>Pilotos desarrollados en: iecc (ciclo combinado de gasificación de carbón).</p> <p>Al menos tres tecnologías maduras mediante pilotos desarrollados transferidas al sector industrial con el apoyo de Colciencias.</p>	<p>Número de convocatorias lanzadas para el desarrollo de (o que involucre) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de proyectos presentados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucre) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucre) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de pilotos desarrollados en tecnologías de interés para el sector / número de pilotos meta en tecnologías del sector.</p>
6. Observatorios de tecnologías para el sector minero-energético	<p>Diseñar el modelo (organizacional, financiero, administrativo, entre otros) de observatorio a implementar.</p> <p>Gestionar aliados y recursos para la implementación de observatorio(s).</p> <p>Desarrollar estudios de inteligencia competitiva y prospectiva en temáticas de interés para el sector minero-energético.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Estudios desarrollados en áreas como por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Equipos de alta eficiencia.</li> <li>Eficiencia en transporte.</li> <li>Eficiencia energética en edificaciones.</li> </ul>	<p>Observatorio en funcionamiento que provea elementos y herramientas para la planeación del sector en CTI, basada en tendencias y análisis objetivos.</p>	<p>Número de estudios desarrollados para el diseño e implementación del Observatorio de Tecnologías para el E y M / número de estudios requeridos.</p> <p>Número de aliados obtenidos para el desarrollo de estudio de inteligencia competitiva / número de aliados meta.</p> <p>Número de estudios desarrollados por el observatorio / número de estudios meta.</p>

Continúa



LÍNEA 4. BIENES, INSUMOS E INGENIERÍA PARA LA PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA ELECTRICIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
<p>7. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo, las entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales</p>	<p>Fomentar la conformación de redes de conocimiento en el sector minero-energético.</p>	<p>Universidades, grupos de investigación, gremios, CDT, cooperantes internacionales (financieros y técnicos).</p>	<p>Conformación de al menos una red de conocimiento en temas asociados a la línea temática.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética.</li> <li>• Generación distribuida.</li> <li>• Fuentes no convencionales de energía.</li> </ul>	<p>Al menos tres redes de conocimiento consolidadas, con presencia internacional y con resultados para mostrar en diez años.</p>	<p>Número de redes conformadas en el sector resultado de iniciativas con participación de Colciencias / número de redes meta.</p> <p>Número de proyectos desarrollados por las redes de conocimiento conformadas.</p>
	<p>Gestionar aliados (institucionales, sectoriales, gremios, académicos, sector productivo) para el establecimiento de un portafolio de estudios requeridos por el sector con los actores idóneos y establecer un orden de relevancia para la consecución de recursos.</p>		<p>Al menos un estudio realizado en la línea durante los próximos cinco años, consensado con actores nacionales.</p>	<p>Resultados de los estudios realizados incorporados en planes de desarrollo sectorial y regional.</p>	<p>Número de estudios definidos en alianza con actores del sector a ser realizados en seis grandes temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p> <p>Número de estudios realizados por cada una de las seis temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p>
<p>8. Gestión de aliados</p>	<p>Articulación para el diseño y gestión de instrumentos de financiamiento para el desarrollo de proyectos en temáticas de impacto de largo plazo del sector minero-energético.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano.</p>	<p>Al menos ocho aliados articulados y recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento en temáticas prioritarios en doce años.</p> <p>Al menos ocho instrumentos y/o proyectos financiados en cinco años.</p>	<p>Al menos ocho aliados gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento / número de aliados meta.</p> <p>Valor de los recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento.</p> <p>Número de instrumentos con financiación gestionada / número de instrumentos meta.</p>	<p>Número de aliados gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento.</p> <p>Número de convenios suscritos con entidades públicas para apoyo a líneas establecidas por el plan estratégico del PIEM / número de convenios meta.</p> <p>Número de convocatorias conjuntas con entidades del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.</p>
<p>Aunar esfuerzos entre entidades relacionadas y que puedan financiar proyectos (SENA, IPSE, UPME, ANH, ministerios, Colciencias, BID; etc.).</p>			<p>Al menos un convenio suscrito con entidades del sector.</p> <p>Una convocatoria conjunta con otra(s) entidad(es) del sector para financiación de proyectos de I+D+i en la línea.</p>	<p>Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</p>	<p>Número de convocatorias conjuntas con entidades del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.</p>
<p>Vincular a grandes empresas a la financiación de la investigación en el sector que requiere el país.</p>					<p>Número de grandes empresas vinculadas para el desarrollo de convocatorias conjuntas.</p> <p>Número de convenios suscritos con grandes empresas para financiación de proyectos I+D+i / número de convenios meta.</p> <p>Número de convocatorias conjuntas con grandes empresas del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.</p>

Continúa

LÍNEA 4. BIENES, INSUMOS E INGENIERÍA PARA LA PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA ELECTRICIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i	<p>Estructurar convocatorias para financiación de proyectos de I+D+i en sectores y tecnologías emergentes.</p> <p>Financiar proyectos dentro de las líneas del plan estratégico vía instrumentos de fomento del Sistema Nacional de CTI.</p>	<p>Bancoldex-impulsa, grandes, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENNA, Iconotec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ISE.</p>	<p>Estructuración de al menos una convocatoria en temas identificados como prioritarios en la línea.</p> <p>Al menos cinco proyectos financiados en temáticas de la línea.</p>	<p>Al menos dos líneas emergentes de investigación consolidadas (re-des conformadas y financiadas) en siete años.</p> <p>Al menos cien proyectos financiados en las líneas del plan estratégico en los próximos ocho años.</p> <p>Al menos dos redes consolidadas surgidas de la implementación de programas estratégicos.</p>	<p>Número de proyectos presentados en convocatoria para apoyo a la I+D+i en energías renovables con base en consultoría para el Plan en Energía Sustentable.</p> <p>Número de convocatorias lanzadas en apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.</p> <p>Número de proyectos presentados en convocatoria de apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.</p> <p>Número de líneas de investigación consolidadas en sectores emergentes / número de líneas meta.</p> <p>Número de proyectos financiados en las líneas del plan estratégico por año vía instrumentos existentes del Sistema de CTI / número de proyectos meta por año.</p> <p>Número de líneas de programas estratégicos apoyados en trabajo conjunto entre el PIEM, el consejo y otros actores / número de líneas meta.</p> <p>Número de proyectos presentados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).</p> <p>Número de proyectos financiados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).</p>
	<p>Vincular a Colciencias al proceso de definición de política minero-energética en articulación con el Ministerio de Minas y Energía, la CREG, el Servicio Geológico Colombiano, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la UPME.</p> <p>Diseñar una metodología para la evaluación del impacto de la política.</p>	<p>Ministerio de Minas y Energía, ISE, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, comunidad.</p>	<p>Fomentar la realización de proyectos de investigación para la evaluación de políticas sectoriales en articulación con la UPME y actores del sector en los próximos cinco años.</p> <p>Documentos de política para el sector minero-energético generados en articulación con los actores.</p> <p>Metodología y batería de indicadores de evaluación de impacto de política diseñada en dos años.</p>	<p>Políticas del sector minero-energético que incluyan estrategias de fomento a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación diseñadas e implementadas con el aporte de Colciencias.</p> <p>Evaluación integral del impacto de la política de CTI en el sector minero-energético en doce años.</p>	<p>Número de reuniones en que Colciencias participa para la definición de políticas minero-energéticas.</p> <p>Número de documentos de política sectorial con elementos de CTI emitidos en articulación con otros actores.</p> <p>Número de estudios realizados para el diseño de metodología y batería de indicadores para evaluación de impacto de política en el sector con elementos de CTI.</p>

Temáticas identificadas como prioritarias:

- Desarrollo de nuevos materiales y mejoramiento de los actualmente empleados en producción y uso de energía.
- Programa para el desarrollo de equipos de combustión y calentamiento de alta eficiencia (gasodomésticos, electrodomésticos).
- Programa de eficiencia energética centrado en rediseños de productos y procesos basados en I+D.
- Modelamiento de comportamiento y gestión de los usuarios de la energía y la electricidad.
- Fomento a iniciativas de disminución de pérdidas para transporte de energéticos.
- Promover el uso de energías renovables en viviendas y construcciones.
- Iniciativas para la eficiencia energética en sistemas de transporte.
- Desarrollo de iniciativas de eficiencia energética en PYMES.
- Investigación e innovación en sistemas de combustión de energéticos fósiles y de origen renovable de mayor eficiencia (aumento de eficiencia, reducción de material particulado).
- Programas de eficiencia energética para grandes consumidores de energía.

LÍNEA 5. AGROENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES, BIOMASA Y BIOGÁS

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
<p>1. Promover la formación de recurso humano acorde a las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados)</p>	<p>Identificar las necesidades de formación de recurso humano en el sector minero-energético y fomentar con otras entidades aliadas programas acordes a las necesidades identificadas (SENA y universidades, programas de educación continuada en áreas de interés). Alinear las necesidades de formación del sector al programa de becas ofrecidas por Colciencias. Gestionar con grandes empresas y gremios la vinculación de recurso humano de alto nivel para el sector. Gestionar alianzas (Mineducación, gremios y universidades acreditadas) para la promoción a la formación de recurso humano en las áreas de ingeniería y ciencias duras en pregrado. Estructurar convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de pregrado y posgrado en temas de interés de sector minero-energético.</p>	<p>Universidades (facultades de ingeniería y ciencias básicas), SENA, Ministerio de Educación, ACOFI, gremios (Campetrol, ANDI, Andesco, Acolgen, Asomineros).</p>	<p>Desarrollo de al menos dos convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de doctorado en cuatro años. En cuatro años: 10% de las becas de formación en doctorado otorgadas en las áreas de energía y minería. Matriz de identificación de necesidades de formación de recurso humano por áreas temáticas y nivel de formación del sector realizada. Política de formación de recurso humano en pregrado para el sector minero-energético desarrollada en alianza con los actores identificados. En cinco años: veinticinco doctores vinculados a proyectos del sector productivo.</p>	<p>En diez años: Doscientos doctores graduados en áreas de energía y minería de acuerdo a las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI. Doscientos magister graduados en áreas de energía y minería de acuerdo a las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.</p>	<p>Número de doctores en el sector energía y minería por año. Porcentaje de incremento anual en doctores del sector E y M. Número de doctores del sector E y M / número de doctores totales. Mapa de identificación de necesidades de formación por área temática y nivel. Número de mecanismos de formación de recurso humano en pregrado y posgrado para el sector E y M. Número de doctores vinculados a la industria / número de doctores meta en cinco años. Número de alianzas realizadas para la promoción de formación de recurso humano en sector E y M.</p>
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético</p>	<p>Fomentar la estructuración de proyectos del sector al Sistema Nacional de Regalías. Promover el referenciamiento y la cooperación internacional en las estrategias y acciones del programa: mecanismos, transferencias y encuentros con similares internacionales.</p>	<p>Universidades, CDT, CI, Codecitis, gobernaciones y alcaldías, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Estados Unidos (DOE, NSF), Chile (CORFO), Brasil (CNPQ, Cnpes), México (Conacid, Federación Nacional de Energía, Instituto de Investigaciones Eléctricas) y programas e instituciones de energía y minería en el ámbito internacional.</p>	<p>Estructuración de al menos un proyecto al SNR relacionado con la línea.</p> <p>Al menos dos iniciativas financiadas con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas de interés identificadas al 2020.</p>	<p>Diez proyectos de regalías ejecutados de impacto regional en el sector minero-energético. Al menos seis proyectos financiados con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas de interés identificadas al 2020.</p>	<p>Número de proyectos acompañados en su presentación ante el SGR. Número de proyectos del sector minero-energético presentados al Sistema Nacional de Regalías. Número de proyectos financiados para el sector E y M. Valor de los recursos aprobados para el sector E y M. Número de experiencias internacionales documentadas y socializadas en el programa y consejo. Número de encuentros con pares internacionales del PIEM. Número de transferencias y gestión del conocimiento realizadas en y por el PIEM.</p>

Continúa

LÍNEA 5. AGROENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES, BIOMASA Y BIOGÁS

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético (continuación)</p>	<p>Articular con la institucionalidad nacional y departamental acciones para promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética.</p> <p>Socializar el plan estratégico y los instrumentos del programa con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p> <p>Fortalecer las capacidades inter-nas de gestión del PIEM.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades.</p> <p>Actores del SNETI.</p> <p>Universidades, Colciencias, PIEM, centros de formación, centros de I+D+i.</p> <p>Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos diez espacios de socialización con instituciones de los ámbitos nacional y regional realizados en dos años.</p> <p>Al menos una capacitación anual en temáticas de interés para el grupo de profesionales del PIEM.</p> <p>Al menos tres espacios de relación con instancias del sector (CIURE, OCAD), comisiones de competitividad, gremios, entre otros.</p> <p>Al menos diez espacios de divulgación de casos de éxito del sector en dos años.</p> <p>Formalización de un plan para la alfabetización en temas minero-energéticos y ambientales.</p>	<p>Documentos de política nacional y departamental desarrollados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p> <p>Cinco estrategias del plan implementadas de forma articulada con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p> <p>Equipo humano del PIEM capacitado continuamente en herramientas de gestión y conocimientos específicos requeridos por el sector: vigilancia tecnológica y prospectiva, gestión y evaluación de proyectos, planeación estratégica, gestión de calidad, conocimientos sectoriales.</p> <p>Al menos dos documentos de política sectorial con criterios de CTI incorporados.</p>	<p>Número de estrategias y acciones nuevas o mejoradas para el PIEM con base en referenciamiento internacional.</p> <p>Número de proyectos multilaterales financiados con cooperación internacional / número de proyectos meta financiados con cooperación internacional.</p> <p>Número de documentos de política generados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p> <p>Número de estrategias diseñadas con participación de Colciencias en usos de energías renovables.</p> <p>Número de espacios de socialización del plan estratégico del programa realizados por año.</p> <p>(Número de usuarios por año n1 - Número de usuarios por año n2) / número de usuarios por año n1</p> <p>Número de capacitaciones al grupo PIEM por año.</p> <p>Número de espacios con articulación efectiva con instancias del sector.</p> <p>Número de reuniones con actores (CIURE, gremios, comisiones de competitividad u otros) por año.</p> <p>Número de casos de éxito del PIEM reportados por año.</p> <p>Número de espacios de divulgación de casos de éxito por año / número de casos de éxito reportados por año.</p> <p>Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas.</p>
<p>3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados</p>	<p>Divulgar casos de éxito derivados de la ejecución de proyectos y convenios de cooperación.</p> <p>Apoyar estrategias de masificación del uso adecuado de los recursos minero-energéticos.</p>	<p>Programa Ondas, museos interactivos (Maloka, Explora), semanas de la ciencia, CUEE.</p>	<p>Al menos diez espacios de divulgación de casos de éxito del sector en dos años.</p> <p>Formalización de un plan para la alfabetización en temas minero-energéticos y ambientales.</p>	<p>Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</p>	<p>Número de casos de éxito del PIEM reportados por año.</p> <p>Número de espacios de divulgación de casos de éxito por año / número de casos de éxito reportados por año.</p> <p>Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas.</p>

Continúa

LÍNEA 5. AGROENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES, BIOMASA Y BIOGÁS

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
<p>4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación</p>	<p>Priorizar temáticas de interés para el fomento de EBT en los sectores minero-energéticos.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTF, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades.</p>	<p>Al menos una convocatoria para el desarrollo de encadenamientos productivos con énfasis en los sectores minero y energético en por lo menos dos años.</p>	<p>Una línea de investigación consolidada en el país en el tema de transporte eléctrico.</p>	<p>Número de temáticas priorizadas para el fomento de EBT en sectores E y M.</p>
	<p>Propiciar el desarrollo de empresas de base tecnológica y productoras de bienes de capital en temáticas de interés del sector minero-energético.</p>		<p>Al menos una convocatoria de emprendimiento de base tecnológica de Colciencias con sectores y / o líneas temáticas priorizadas orientadas a iniciativas del sector minero-energético en dos años.</p>	<p>Al menos ocho empresas de base tecnológica consolidadas en diez años.</p>	<p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT en sectores E y M.</p>
<p>5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto</p>	<p>Fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos de los sectores minero-energéticos.</p>	<p>Planes de negocios estructurados en biorrefinerías, beneficio de minerales y petroquímica para la generación de EBT.</p>	<p>Al menos dos empresas desarrolladoras de tecnologías para generación de energía en zonas no interconectadas consolidadas en diez años.</p>	<p>Al menos dos empresas desarrolladoras de tecnologías para generación de energía en zonas no interconectadas consolidadas en diez años.</p>	<p>Número de proyectos aprobados en convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p>
	<p>Gestionar recursos para el desarrollo de iniciativas por medio de convenios (empresas, SENA).</p>		<p>Dos iniciativas de desarrollo de proveedores consolidadas con grandes empresas.</p>	<p>Al menos tres tecnologías maduras mediante pilotos desarrollados transferidas al sector industrial con el apoyo de Colciencias.</p>	<p>Número de proyectos aprobados en convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.</p>
<p>5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto</p>	<p>Estructurar convocatorias para el desarrollo de proyectos piloto en tecnologías de interés para el sector.</p>	<p>Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos una convocatoria en el desarrollo de proyectos piloto en dos años.</p>	<p>Pilotos desarrollados en: IGCC (ciclo combinado gasificación de carbón).</p>	<p>Número de convocatorias lanzadas para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p>
	<p>Desarrollar proyectos piloto demostrativos en tecnologías de interés para el sector.</p>	<p>Pilotos desarrollados en: Gasificación para electrificación en ZNI.</p>			<p>Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p>
					<p>Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p>
					<p>Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p>
					<p>Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p>
					<p>Número de pilotos desarrollados en tecnologías de interés para el sector / número de pilotos meta en tecnologías del sector.</p>

Continúa

LÍNEA 5. AGROENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES, BIOMASA Y BIOGÁS

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
6. Observatorios de tecnologías para el sector minero-energético	<p>Disenar el modelo (organizacional, financiero, administrativo, entre otros,) de observatorio a implementar.</p> <p>Gestionar aliados y recursos para la implementación de observatorio(s).</p> <p>Desarrollar estudios de inteligencia competitiva y prospectiva en temáticas de interés para el sector minero-energético.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Estudios desarrollados en áreas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocombustibles de segunda y tercera generación.</li> <li>• Desarrollo o adaptación de variedades agrícolas para cultivos energéticos (pasos, algas y otros).</li> <li>• Uso de biocombustibles para energización de ZNI.</li> <li>• Valorización ambiental y social de la producción de biocombustibles.</li> </ul>	<p>Observatorio en funcionamiento que provea elementos y herramientas para la planeación del sector en CTI, basada en tendencias y análisis objetivos.</p>	<p>Número de estudios desarrollados para diseño e implementación de observatorio de tecnologías para el sector de E y M / número de estudios requeridos.</p> <p>Número de aliados obtenidos para el desarrollo de estudio de inteligencia competitiva / número de aliados meta.</p> <p>Número de estudios desarrollados por el observatorio / número de estudios meta.</p>
7. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo, las entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales	<p>Fomentar la conformación de redes de conocimiento en el sector minero-energético.</p>	<p>Universidades, grupos de investigación, gremios, CDT, cooperantes internacionales (financieros y técnicos).</p>		<p>Conformación de al menos una red de conocimiento alrededor de la línea.</p>	<p>Número de redes conformadas en el sector resultado de iniciativas con participación de Colciencias / número de redes meta.</p> <p>Número de proyectos desarrollados por las redes de conocimiento conformadas.</p>
8. Gestión de aliados	<p>Gestionar aliados (institucionales, sectoriales, gremios, académicos, sector productivo) para el establecimiento de un portafolio de estudios requeridos por el sector con los actores idóneos y establecer un orden de relevancia para la consecución de recursos.</p> <p>Articulación para el diseño y gestión de instrumentos de financiamiento para el desarrollo de proyectos en temáticas de impacto de largo plazo del sector minero-energético.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano.</p>	<p>Al menos un estudio realizado en la línea durante los próximos cinco años, consensuado con actores nacionales.</p>	<p>Resultados de los estudios realizados incorporados en planes de desarrollo sectorial y regional.</p>	<p>Número de estudios definidos en alianza con actores del sector a ser realizados en seis grandes temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p> <p>Número de estudios realizados por cada una de las seis temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p> <p>Número de aliados gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento / número de aliados meta.</p> <p>Valor de los recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento.</p> <p>Número de instrumentos con financiación gestionada / número de instrumentos meta.</p>

Continúa

LÍNEA 5. AGROENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES, BIOMASA Y BIOGÁS

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
8. Gestión de aliados (continuación)	<p>Aunar esfuerzos entre entidades relacionadas y que puedan financiar proyectos (SENA, IPSE, UPME; ANH, ANM, ministerios, Colciencias, BID, etc.).</p>			<p>Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</p>	<p>Número de aliados gestionados para el desarrollo de convocatorias conjuntas. Número de convenios suscritos con entidades públicas para apoyar líneas establecidas por el plan estratégico del PIEM / número de convenios meta. Número de convocatorias conjuntas con entidades del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta. Número de grandes empresas vinculadas para el desarrollo de convocatorias conjuntas.</p>
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i	<p>Vincular a grandes empresas a la financiación de la investigación en el sector que requiere el país.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Ictotec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IPSE.</p>	<p>Estructuración de al menos una convocatoria en temas identificados como prioritarios en la línea:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocombustibles de segunda y tercera generación.</li> <li>• Estudios de evaluación económica, tecnológica y ambiental de coprocesamiento de biomasa en refinerías de petróleo.</li> <li>• Evaluar el potencial colombiano para la implementación de biorrefinerías.</li> <li>• Desarrollar, adecuar y/o transferir tecnologías asociadas a la generación eléctrica a partir de biomasa.</li> <li>• Desarrollo o adaptación de variedades agrícolas para cultivos energéticos (pasitos, algas y otros).</li> <li>• Uso de biocombustibles para energización de ZNI.</li> <li>• Valorización ambiental y social de la producción de biocombustibles.</li> <li>• Generación eléctrica a partir de biomasa, microgeneración y generación a gran escala.</li> <li>• Gasificación de biomasa-carbon.</li> </ul>	<p>Al menos dos líneas emergentes de investigación consolidadas (re-des conformadas y financiadas) en siete años.</p>	<p>Número de convenios suscritos con grandes empresas para financiación de proyectos I+D+i / número de convenios meta. Número de convocatorias conjuntas con grandes empresas del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta. Número de proyectos presentados en convocatoria para apoyo a la I+D+i en energías renovables con base en consultoría para el Plan en Energía Sustentable. Número de convocatorias lanzadas en apoyo a la I+D+i en sectores emergentes. Número de proyectos presentados en convocatoria de apoyo a la I+D+i en sectores emergentes. Número de líneas de investigación consolidadas en sectores emergentes / número de líneas meta.</p>

LÍNEA 5. AGROENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES, BIOMASA Y BIOGÁS

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
<p>9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i (continuación)</p>	<p>Financiar proyectos dentro de las líneas del plan estratégico vía instrumentos de fomento del Sistema Nacional de CTI.</p> <p>Fomentar iniciativas para la financiación de programas estratégicos en conjunto con otros actores.</p> <p>Estructurar una convocatoria o una línea dentro de una convocatoria para el apoyo al licenciamiento de tecnologías.</p>		<p>Al menos cinco proyectos financiados en temáticas de la línea.</p> <p>Al menos una iniciativa de programa estratégico financiada en la línea.</p> <p>Una convocatoria piloto diseñada e implementada en colaboración con actores del sector en licenciamiento de tecnologías en tres años.</p> <p>Biorrefinerías.</p> <p>Soluciones para la energización de ZNI y zonas rurales.</p> <p>Gasificación de biomasa-carbón.</p> <p>Implementación de tecnologías para la micro y la microgeneración a partir de biocombustibles.</p>	<p>Al menos cien proyectos financiados en las líneas del plan estratégico vía instrumentos existentes del Sistema de CTI / número de proyectos meta por año.</p> <p>Al menos dos redes consolidadas surgidas de la implementación de programas estratégicos.</p> <p>Al menos dos tecnologías licenciadas en diez años.</p>	<p>Número de proyectos financiados en las líneas del plan estratégico por año vía instrumentos existentes del Sistema de CTI / número de proyectos meta por año.</p> <p>Número de líneas de programas estratégicos apoyadas en trabajo conjunto entre el PIEH, el consejo y otros actores / número de líneas meta.</p> <p>Número de proyectos presentados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).</p> <p>Número de proyectos financiados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).</p>
<p>10. Definición de lineamientos de política a partir de I+D+i para el fortalecimiento y la planeación de los sectores energético y minero</p>	<p>Vincular a Colciencias al proceso de definición de política minero-energética en articulación con el Ministerio de Minas-Energía, la CREG, el Servicio Geológico Colombiano, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la UPME.</p> <p>Diseñar una metodología para la evaluación del impacto de la política.</p>	<p>Ministerio de Minas y Energía, IPSE, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, comunidad.</p>	<p>Fomentar la realización de proyectos de investigación para la evaluación de políticas sectoriales en articulación con la UPME y actores del sector en los próximos cinco años.</p> <p>Documentos de política para el sector minero-energético generados en articulación con los actores.</p>	<p>Políticas del sector minero-energético que incluyan estrategias de fomento a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación diseñadas e implementadas con el aporte de Colciencias.</p>	<p>Número de reuniones en que Colciencias participa para la definición de políticas minero-energéticas.</p> <p>Número de documentos de política sectorial con elementos de CTI emitidos en articulación con otros actores.</p> <p>Número de estudios realizados para el diseño de metodología y batería de indicadores para la evaluación del impacto de la política en el sector con elementos de CTI.</p>
<p>Temáticas identificadas como prioritarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocombustibles de segunda y tercera generación.</li> <li>• Estudios de evaluación económica, tecnológica y ambiental de coprocesamiento de biomasa en refinerías de petróleo.</li> <li>• Evaluar el potencial colombiano para la implementación de biorrefinerías.</li> <li>• Desarrollar, adecuar y / o transferir tecnologías asociadas a la generación eléctrica a partir de biomasa.</li> <li>• Desarrollo o adaptación de variedades agrícolas para cultivos energéticos (pastos, algas y otros).</li> <li>• Uso de biocombustibles para energización de ZNI.</li> <li>• Valorización ambiental y social de la producción de biocombustibles.</li> <li>• Generación eléctrica a partir de biomasa, microgeneración y generación a gran escala.</li> <li>• Gasificación de biomasa-carbón.</li> </ul>					



LÍNEA 6. TECNOLOGÍAS PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN CON BASE EN RECURSOS MINERO-ENERGÉTICOS					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
1. Promover la formación de recurso humano acorde a las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados)	Identificar las necesidades de formación de recurso humano en el sector minero-energético y fomentar con otras entidades aliadas programas acordes a las necesidades identificadas (SENA y universidades, programas de educación continuada en áreas de interés).	Universidades (facultades de ingeniería y ciencias básicas), SENA, Ministerio de Educación, ACOFI, gremios (Campetrol, ANDI, Andesco, Acolgen, Asomineros).	Al menos dos convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de doctorado en cuatro años.  En cuatro años: 10% de las becas de formación en doctorado otorgadas a las áreas de energía y minería.  Matriz de identificación de necesidades de formación de recurso humano por áreas temáticas y nivel de formación del sector realizada.  Política de formación de recurso humano en pregrado para el sector minero-energético desarrollada en alianza con los actores identificados.  En cinco años: veinticinco doctores vinculados a proyectos del sector productivo.	En diez años:  Doscientos doctores graduados en áreas de energía y minería de acuerdo a las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.  Doscientos magister graduados en áreas de energía y minería de acuerdo a las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.	Número de doctores en los sectores energía y minería por año.  Porcentaje de incremento anual en doctores en el sector E y M.  Número de doctores en el sector E y M / número de doctores totales.  Mapa de identificación de necesidades de formación por área temática y nivel.  Número de mecanismos de formación de recurso humano en pregrado y posgrado para el sector E y M.  Número de doctores vinculados a la industria / número de doctores meta en cinco años.  Número de alianzas realizadas para la promoción de formación de recurso humano en el sector E y M.
	Alinear las necesidades de formación del sector al programa de becas ofrecidas por Colciencias.  Gestionar con grandes empresas y gremios la vinculación de recurso humano de alto nivel para el sector.  Gestionar alianzas (Mineducación, gremios y universidades acreditadas) para la promoción de la formación de recurso humano en las áreas de ingeniería y ciencias duras en pregrado.  Estructurar convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de pregrado y posgrado en temas de interés de sector minero-energético.				
2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético	Fomentar la estructuración de proyectos del sector al Sistema Nacional de Regalías.	Universidades, CDT, CI, Condelectis, gobernaciones y alcaldías, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Estructuración de al menos un proyecto al SNR para en las siguientes temáticas:  • Seguridad minera. • Exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales. • Investigación y desarrollo de procesos de beneficio y refinación de minerales con aplicación industrial y minerales para el agro. • Exploración y explotación de nuevos minerales promisorios. • Tecnologías para el incremento de factores de recobro de crudos pesados. • Tecnologías para la exploración y producción de hidrocarburos en el offshore.	Diez proyectos de regalías ejecutados de impacto regional en el sector minero-energético.  Número de proyectos financiados para el sector E y M.  Valor de los recursos aprobados para el sector E y M.	Número de proyectos acompañados en su presentación ante el SCR.  Número de proyectos del sector minero-energético presentados al Sistema Nacional de Regalías.  Número de proyectos financiados para el sector E y M.

Continúa

LÍNEA 6. TECNOLOGÍAS PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN CON BASE EN RECURSOS MINERO-ENERGÉTICOS					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Indicadores	
2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético (continuación)	<p>Promover el referenciamiento y la cooperación internacional en las estrategias y acciones del programa: mecanismos, transferencias y encuentros con similares internacionales.</p>	<p>Estados Unidos (DOE, NSF), Chile (CORFO), Brasil (CNPQ, CENPES), México (Conacid, Federación Nacional de Energía, Instituto de Investigaciones Eléctricas) y programas e instituciones de energía y minería en el ámbito internacional.</p>	<p>Al menos dos iniciativas financiadas con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad minera.</li> <li>• Exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.</li> <li>• Investigación y desarrollo de procesos de beneficio y refinación de minerales.</li> <li>• Exploración y explotación de nuevos minerales promisorios.</li> <li>• Tecnologías para el incremento de factores de recobro de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para el transporte de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para la exploración y producción de hidrocarburos en el offshore.</li> </ul>	<p>Número de experiencias internacionales documentadas y socializadas en el programa y el consejo.</p> <p>Número de encuentros con pares internacionales del PIEM.</p> <p>Número de transferencias y gestión del conocimiento realizadas en y por el PIEM.</p> <p>Número de estrategias y acciones nuevas o mejoradas para el PIEM con base en referenciamiento internacional.</p> <p>Número de proyectos multilaterales financiados con cooperación internacional / número de proyectos meta financiados con cooperación internacional.</p>	
	<p>Articular con la institucionalidad nacional y departamental acciones para promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PFP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades.</p>	<p>Al menos una iniciativa para la promoción de eficiencia energética aplicada a procesos productivos en el sector minero energético.</p>	<p>Documentos de política nacional y departamental desarrollados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p> <p>Número de estrategias diseñadas con participación de Colciencias en usos de energías renovables.</p>	<p>Número de documentos de política generados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p> <p>Número de estrategias diseñadas con participación de Colciencias en usos de energías renovables.</p>
	<p>Socializar el plan estratégico y los instrumentos del programa con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p>	<p>Actores del SNCTI.</p>	<p>Al menos diez espacios de socialización con instituciones de los ámbitos nacional y regional realizados en dos años.</p>	<p>Cinco estrategias del plan implementadas de forma articulada con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p>	<p>Número de espacios de socialización del plan estratégico del programa realizados por año.</p> <p>(Número de usuarios por año n1 - Número de usuarios por año n2) / número de usuarios por año n1</p>
<p>Fortalecer las capacidades internas de gestión del PIEM.</p>		<p>Universidades, Colciencias, PIEM, centros de formación, centros de I+D+i.</p>	<p>Al menos una capacitación anual en temáticas de interés para el grupo de profesionales del PIEM.</p>	<p>Número de capacitaciones al grupo PIEM por año.</p>	

Continúa

LÍNEA 6. TECNOLOGÍAS PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN CON BASE EN RECURSOS MINERO-ENERGÉTICOS

Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
	<p>Integrar políticas sectoriales, ambientales y de CTI para el desarrollo de iniciativas del sector minero-energético.</p>	<p>Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos tres espacios de relacionamiento con instancias del sector (CIURE, OCAD), comisiones de competitividad, gremios, entre otros.</p>	<p>Al menos dos documentos de política sectorial con criterios de CTI incorporados.</p>	<p>Número de espacios con articulación efectiva con instancias del sector.</p> <p>Número de reuniones con actores (CIURE, gremios, comisiones de competitividad u otros) por año.</p>
<p>3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados</p>	<p>Divulgar casos de éxito derivados de la ejecución de proyectos y convenios de cooperación.</p> <p>Apoyar estrategias de masificación del uso adecuado de los recursos minero-energéticos.</p>	<p>Programa Ondas, museos interactivos (Maloka, Explorara), semanas de la ciencia, CUEE.</p>	<p>Al menos diez espacios de divulgación de casos de éxito del sector en dos años.</p> <p>Formalización de un plan para la alfabetización en temas minero-energéticos y ambientales.</p>	<p>Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</p>	<p>Número de casos de éxito del PIEM recopilados por año.</p> <p>Número de espacios de divulgación de casos de éxito por año / número de casos de éxito reportados por año.</p> <p>Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas.</p>
<p>4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación</p>	<p>Priorizar temáticas de interés para el fomento de EBT en los sectores minero-energéticos.</p> <p>Propiciar el desarrollo de empresas de base tecnológica y productoras de bienes de capital en temáticas de interés del sector minero-energético.</p> <p>Fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos de los sectores minero-energéticos.</p> <p>Gestionar recursos para el desarrollo de iniciativas por medio de convenios (empresas, SENA).</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades.</p>	<p>Al menos una convocatoria para el desarrollo de encadenamientos productivos con énfasis en los sectores minero y energético en por lo menos dos años.</p> <p>Al menos una convocatoria de emprendimiento de base tecnológica de Colciencias con sectores y / o líneas temáticas priorizadas orientadas a iniciativas del sector minero-energético en dos años.</p> <p>Planes de negocios estructurados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologías para el beneficio y concentración de minerales industriales y minerales para el agro.</li> <li>• Tecnologías para el aumento de la seguridad minera.</li> <li>• Tecnologías para el transporte de crudos pesados.</li> </ul>	<p>Una línea de investigación consolidada en el país en el tema de transporte eléctrico.</p> <p>Al menos ocho empresas de base tecnológica consolidadas en diez años.</p> <p>Al menos dos empresas desarrolladoras de tecnologías para generación de energía en zonas no interconectadas consolidadas en diez años.</p>	<p>Número de temáticas priorizadas para el fomento de EBT en sectores E y M.</p> <p>Número de estrategias diseñadas para el fomento de la EBT en sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT de los sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT de los sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p> <p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.</p>
<p>5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto</p>	<p>Estructurar convocatorias para el desarrollo de proyectos piloto en tecnologías de interés para el sector.</p> <p>Desarrollar proyectos piloto demostrativos en tecnologías de interés para el sector.</p>	<p>Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos una convocatoria en el desarrollo de proyectos piloto en dos años.</p> <p>Pilotos desarrollados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevas tecnologías en transporte de hidrocarburos.</li> <li>• Demostrativo industrial en <i>cofiring</i>.</li> <li>• Explotación de minerales preciosos con cero vertimientos.</li> <li>• Gasificación in situ (2).</li> </ul>	<p>Pilotos desarrollados en: iGCC (ciclo combinado gasificación de carbón).</p> <p>Al menos tres tecnologías maduras mediante pilotos desarrollados transferidos al sector industrial con el apoyo de Colciencias.</p>	<p>Número de convocatorias lanzadas para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de proyectos presentados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de pilotos desarrollados en tecnologías de interés para el sector / número de pilotos meta en tecnologías del sector.</p>

Continúa

LÍNEA 6. TECNOLOGÍAS PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN CON BASE EN RECURSOS MINERO-ENERGÉTICOS				
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Indicadores
6. Observatorios de tecnologías para el sector minero-energético	Diseñar el modelo (organizacional, financiero, administrativo, entre otros) de observatorio a implementar.	Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Estudios desarrollados en áreas como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad minera.</li> <li>• Exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.</li> <li>• Investigación y desarrollo de procesos de beneficio y refinación de minerales.</li> <li>• Exploración y explotación de nuevos minerales promisorios.</li> <li>• Tecnologías para el incremento de factores de recobro de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para el transporte de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para la exploración y producción de hidrocarburos en el offshore.</li> </ul>	Número de estudios desarrollados para el diseño e implementación del Observatorio de Tecnologías para el E y M / número de estudios requeridos.  Número de aliados obtenidos para el desarrollo de estudio de inteligencia competitiva / número de aliados meta  Número de estudios desarrollados por el observatorio / número de estudios meta.
	Desarrollar estudios de inteligencia competitiva y prospectiva en temáticas de interés para el sector minero-energético.			Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.
7. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo, las entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales	Fomentar la conformación de redes de conocimiento en el sector minero-energético.	Universidades, grupos de investigación, gremios, CDI, cooperantes internacionales (financieros y técnicos).	Promover la conformación de al menos una red de conocimiento teniendo como posibles áreas temáticas las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad minera.</li> <li>• Exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.</li> <li>• Investigación y desarrollo de procesos de beneficio y refinación de minerales.</li> <li>• Exploración y explotación de nuevos minerales promisorios.</li> <li>• Tecnologías para el incremento de factores de recobro de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para el transporte de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para la exploración y producción de hidrocarburos en el offshore.</li> </ul>	Número de redes conformadas en el sector resultado de iniciativas con participación de Colciencias / número de redes meta.  Número de proyectos desarrollados por las redes de conocimiento conformadas.
				Al menos tres redes de conocimiento consolidadas, con presencia internacional y con resultados a mostrar en diez años.
8. Gestión de aliados	Gestionar aliados (institucionales, sectoriales, gremios, académicos, sector productivo) para el establecimiento de un portafolio de estudios requeridos por el sector con los actores idóneos y establecer un orden de relevancia para la consecución de recursos.	Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano.	Al menos un estudio realizado en la línea durante los próximos cinco años, consensuado con actores nacionales.	Número de estudios definidos en alianza con actores del sector a ser realizados en seis grandes temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.  Número de estudios realizados por cada una de las seis temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.
			Resultados de los estudios realizados incorporados en planes de desarrollo sectorial y regional.	

LÍNEA 6. TECNOLOGÍAS PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN CON BASE EN RECURSOS MINERO-ENERGÉTICOS					
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Metas en el largo plazo 2019...	Indicadores
8. Gestión de aliados (continuación)	Articulación para el diseño y gestión de instrumentos de financiamiento para el desarrollo de proyectos en temáticas de impacto de largo plazo del sector minero energético.		Al menos un convenio suscrito con entidades del sector.  Al menos una convocatoria conjunta con otras entidades del sector para la financiación de proyectos de I+D+i en líneas de interés común en los temas de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad minera.</li> <li>• Exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.</li> <li>• Investigación y desarrollo de procesos de beneficio y refinación de minerales.</li> <li>• Exploración y explotación de nuevos minerales promisorios.</li> <li>• Tecnologías para el incremento de factores de recobro de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para el transporte de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para la exploración y producción de hidrocarburos en el offshore.</li> </ul>	Al menos ocho aliados articulados y recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento en temáticas prioritarias en doce años.  Al menos ocho instrumentos y/o proyectos financiados en cinco años.	Número de aliados gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento / número de aliados meta.  Valor de los recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento.  Número de instrumentos con financiación gestionada / número de instrumentos meta.  Número de aliados gestionados para el desarrollo de convocatorias conjuntas.  Número de convenios suscritos con entidades públicas para apoyo a líneas establecidas por el plan estratégico del PEM / número de convenios meta.  Número de convocatorias conjuntas con entidades del sector para financiación de proyectos de I+D+i / número de convocatorias meta.
	Aunar esfuerzos entre entidades relacionadas y que puedan financiar proyectos (SENA, IPSE, UPME, ANH, ANM, ministerios; Colciencias, BID; etc.).		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</li> </ul>	Número de grandes empresas vinculadas para el desarrollo de convocatorias conjuntas.  Número de convenios suscritos con grandes empresas para la financiación de proyectos I+D+i / número de convenios meta.  Número de convocatorias conjuntas con grandes empresas del sector para financiación de proyectos de I+D+i / número de convocatorias meta.	
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i	Vincular a grandes empresas a la financiación de la investigación en el sector que requiere el país.	Bancoldex-Innpulsa, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IPSE.	Estructuración de al menos una convocatoria en temáticas como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad minera.</li> <li>• Exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.</li> <li>• Investigación y desarrollo de procesos de beneficio y refinación de minerales.</li> <li>• Exploración y explotación de nuevos minerales promisorios.</li> <li>• Tecnologías para el incremento de factores de recobro de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para el transporte de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para la exploración y producción de hidrocarburos en el offshore.</li> </ul>	Al menos dos líneas emergentes de investigación consolidadas (redes conformadas y financiadas) en siete años.	Número de proyectos presentados en convocatoria para apoyo a la I+D+i en energías renovables con base en consultoría para el Plan en Energía Sustentable.  Número de convocatorias lanzadas en apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.  Número de proyectos presentados en la convocatoria de apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.  Número de líneas de investigación consolidadas en sectores emergentes / número de líneas meta.

LÍNEA 6. TECNOLOGÍAS PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN CON BASE EN RECURSOS MINERO-ENERGÉTICOS				
Estrategia	Acciones	Actores	Metas en el corto y mediano plazo 2012-2019	Indicadores
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i (continuación)	Financiar proyectos dentro de las líneas del plan estratégico vía instrumentos de fomento del Sistema Nacional de CTI.		Al menos cinco proyectos financiados en temáticas de la línea.	Al menos cien proyectos financiados en las líneas del plan estratégico por año vía instrumentos existentes del Sistema de CTI / número de proyectos meta por año.
	Fomentar iniciativas para la financiación de programas estratégicos en conjunto con otros actores.		Al menos una iniciativa del programa estratégico financiada en la línea.	Al menos dos redes consolidadas surgidas de la implementación de programas estratégicos.
10. Definición de lineamientos de política a partir de I+D+i para el fortalecimiento y planeación de los sectores energético y minero	Estructurar una convocatoria o una línea dentro de una convocatoria para apoyar el licenciamiento de tecnologías.		Una convocatoria piloto diseñada e implementada en colaboración con actores del sector en licenciamiento de tecnologías en tres años.	Número de proyectos presentados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s). Número de proyectos financiados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).
	Vincular a Colciencias al proceso de definición de política minero-energética en articulación con el Ministerio de Minas-Energía, la CREG, el Servicio Geológico Colombiano, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la UPME.	Ministerio de Minas y Energía, IPSE, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, comunidad.		Fomentar la realización de proyectos de investigación para la evaluación de políticas sectoriales en articulación con la UPME y actores del sector en los próximos cinco años. Documentos de política para el sector minero-energético generados en articulación con los actores.
	Diseñar una metodología para la evaluación del impacto de la política.		Metodología y batería de indicadores de evaluación de impacto de política diseñada en dos años.	Número de estudios realizados para el diseño de metodología y batería de indicadores para evaluación del impacto de la política en el sector con elementos de CTI.

Temáticas identificadas como prioritarias:

- Optimización de los sistemas de explotación mineros mediante I+D+i, estudios de riegos en explotaciones mineras (seguridad en minas).
- Levantamiento de modelos del subsuelo con fines de explotación petrolera, minera y acuifera.
- Investigación para el desarrollo de tecnologías para la exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.
- Investigación para la producción de crudos pesados y extrapesados.
- Investigar en nuevas tecnologías para incrementar el factor de recobro en yacimientos colombianos (grupos de investigación, centros de desarrollo tecnológico, universidades, ICP y ANH).
- Poner en acción la política de minería de clase mundial.
- Promover programas de encadenamientos productivos entre proveedores y clúster (pilotos).
- Desarrollar nuevas tecnologías para explorar y operar en el offshore (centros de I+D, universidades, DIMAR, Invermar, ICP, privados y ANH).
- Investigación para el desarrollo de tecnologías para la exploración y explotación de minerales promisorios, (Coltan, otros).
- Nuevos procesos de extracción de metales preciosos.

LÍNEA 7 POLÍTICA, MERCADOS Y REGULACIÓN MINERO-ENERGÉTICA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas largo plazo 2019 .....	Indicadores
<p>1. Promover la formación de recurso humano acorde a las necesidades nacionales (técnicos, profesionales y posgraduados)</p>	<p>Identificar las necesidades de formación de recurso humano en el sector minero-energético y fomentar con otras entidades aliadas programas acordes a las necesidades identificadas (SENA y universidades, programas de educación continuada en áreas de interés).</p> <p>Alinear las necesidades de formación del sector al programa de becas ofrecidas por Colciencias.</p> <p>Gestionar con grandes empresas y gremios la vinculación de recurso humano de alto nivel para el sector.</p> <p>Gestionar alianzas (Mineducación, gremios y universidades acreditadas) para la promoción a la formación de recurso humano en las áreas de ingeniería y ciencias duras en pregrado.</p> <p>Estructurar convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de pregrado y posgrado en temas de interés del sector minero-energético.</p>	<p>Universidades (facultades de ingeniería y ciencias básicas), SENA, Ministerio de Educación, ACOFI, gremios (Campetrol, ANDI, Andesco, Acolgen, Asomineros).</p>	<p>Desarrollo de al menos dos convocatorias de apoyo al desarrollo de tesis de doctorado en cuatro años.</p> <p>En cuatro años: 10% de las becas de formación en doctorado otorgadas en las áreas de energía y minería.</p> <p>Matriz de identificación de necesidades de formación de recurso humano por áreas temáticas y nivel de formación del sector realizada.</p> <p>Política de formación de recurso humano en pregrado para el sector minero-energético desarrollada en alianza con los actores identificados.</p> <p>En cinco años: veinticinco doctores vinculados a proyectos del sector productivo.</p> <p>Promover la formación de recurso humano en áreas identificadas como de interés en la línea.</p>	<p>En diez años:                  Doscientos doctores graduados en las áreas de energía y minería de acuerdo con las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.</p> <p>Doscientos magíster graduados en las áreas de energía y minería de acuerdo con las necesidades identificadas y vinculados a grupos de investigación o al sector productivo desarrollando actividades de CTI.</p>	<p>Número de doctores en el sector de energía y minería por año.</p> <p>Porcentaje del incremento anual en doctores del sector E y M.</p> <p>Número de doctores del sector E y M / número de doctores totales.</p> <p>Mapa de identificación de necesidades de formación por área temática y nivel.</p> <p>Número de mecanismos de formación de recurso humano en pregrado y posgrado para el sector E y M.</p> <p>Número de doctores vinculados a la industria / número de doctores meta en cinco años.</p> <p>Número de alianzas realizadas para la promoción de la formación de recurso humano en el sector E y M.</p>
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético</p>	<p>Fomentar la estructuración de proyectos del sector al Sistema Nacional de Regalías.</p>	<p>Universidades, CDT, CI, Colectivos, Gobiernos y alcaldías, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Estructuración de al menos un proyecto al SNR para en las siguientes temáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad minera.</li> <li>• Exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.</li> <li>• Investigación y desarrollo de procesos de beneficio y refinación de minerales con aplicación industrial y minerales para el agro.</li> <li>• Exploración y explotación de nuevos minerales promisorios.</li> <li>• Tecnologías para el incremento de factores de recobro de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para la exploración y producción de hidrocarburos en el offshore.</li> </ul>	<p>Diez proyectos de regalías ejecutados de impacto regional en el sector minero-energético.</p>	<p>Número de proyectos acompañados en su presentación ante el SGR.</p> <p>Número de proyectos del sector minero-energético presentados al Sistema Nacional de Regalías.</p> <p>Número de proyectos financiados para el sector E y M.</p> <p>Valor de los recursos aprobados para el sector E y M.</p>

Continúa

LÍNEA 7 POLÍTICA, MERCADOS Y REGULACIÓN MINERO-ENERGÉTICA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas largo plazo 2019 .....	Indicadores
<p>2. Posicionar al programa en su rol de gestor de actividades de I+D+i en el sector minero-energético (continuación)</p>	<p>Promover el referenciamiento y la cooperación internacional en las estrategias y acciones del programa: mecanismos, transferencias y encuentros con similares internacionales.</p> <p>Articular con la institucionalidad nacional y departamental acciones para promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética.</p> <p>Socializar el plan estratégico y los instrumentos del programa con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p> <p>Fortalecer las capacidades internas de gestión del PIEM.</p> <p>Integrar políticas sectoriales, ambientales y de CTI para el desarrollo de iniciativas del sector minero-energético.</p>	<p>Estados Unidos (DOE, NSF), Chile (CORFO), Brasil (CNPQ, CENPES), México (Conacid, Federación Nacional de Energía, Instituto de Investigaciones Eléctricas) y programas e instituciones de energía y minería en el ámbito internacional.</p> <p>Bancoidex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTF, sector productivo. Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SEMA, Icontec, universidades.</p> <p>Actores del SNETI.</p> <p>Universidades, Colciencias, PIEM, centros de formación, centros de I+D+i.</p> <p>Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos dos iniciativas financiadas con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Política y planeamiento de minería y energético.</li> <li>Mercados energéticos, mineros y de carbono.</li> <li>Marco normativo energético, minero y ambiental.</li> </ul> <p>Al menos una iniciativa para la promoción de eficiencia energética aplicada a procesos productivos en el sector minero-energético.</p> <p>Al menos diez espacios de socialización con instituciones de los ámbitos nacional y regional realizados en dos años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vincular a Colciencias al proceso de definición de la política minero-energética: articulación con el Ministerio de Minas y Energía y la UPME.</li> <li>Mecanismos de financiación sectorial: propuesta de reforma al Sistema Nacional de Regalias.</li> <li>Diseño de incentivos financieros para el programa: tener como referencia el modelo brasileño.</li> </ul> <p>Al menos tres espacios de relacionamiento con instancias del sector (CIURE, OCAD), comisiones de competitividad, gremios, ministerios, entre otros.</p>	<p>Al menos seis proyectos financiados con recursos de cooperación internacional gestionados para el desarrollo de proyectos bilaterales o multilaterales en temáticas de interés identificadas al 2020.</p> <p>En diez años, líneas de trabajo conjuntas con Brasil, México, USA y Chile.</p> <p>Documentos de política nacional y departamental desarrollados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p> <p>Cinco estrategias del plan implementadas de forma articulada con entidades del Estado en el ámbito regional y con agentes del sector productivo.</p> <p>Equipo humano del PIEM capacitado continuamente en herramientas de gestión y conocimientos específicos requeridos por el sector: vigilancia tecnológica y prospectiva, gestión y evaluación de proyectos, planeación estratégica, gestión de calidad, conocimientos sectoriales.</p> <p>Al menos dos documentos de política sectorial con criterios de CTI incorporados.</p>	<p>Número de experiencias internacionales documentadas y socializadas en el programa y en el consejo.</p> <p>Número de encuentros con pares internacionales del PIEM.</p> <p>Número de transferencias y gestión del conocimiento realizadas en y por el PIEM.</p> <p>Número de estrategias y acciones nuevas o mejoradas para el PIEM con base en referenciamiento internacional.</p> <p>Número de proyectos multilaterales financiados con cooperación internacional / número de proyectos meta financiados con cooperación internacional.</p> <p>Número de documentos de política generados con participación de Colciencias en usos de energías renovables y eficiencia energética.</p> <p>Número de estrategias diseñadas con participación de Colciencias en usos de energías renovables.</p> <p>Número de espacios de socialización del plan estratégico del programa realizados por año.</p> <p>(Número de usuarios por año n1 - Número de usuarios por año n2) / número de usuarios por año n1</p> <p>Número de capacitaciones al grupo PIEM por año.</p> <p>Número de espacios con articulación efectiva con instancias del sector.</p> <p>Número de reuniones con actores (CIURE, gremios, comisiones de competitividad u otros) por año.</p>

Continúa



LÍNEA 7 POLÍTICA, MERCADOS Y REGULACIÓN MINERO-ENERGÉTICA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas largo plazo 2019 .....	Indicadores
3. Fomentar la apropiación social de la CTI en la sociedad colombiana mediante la difusión de resultados	<p>Divulgar casos de éxito derivados de la ejecución de proyectos y convenios de cooperación.</p> <p>Apoyar estrategias de masificación del uso adecuado de los recursos minero-energéticos.</p>	<p>Programa Ondas, museos interactivos (Maloka, Explora), semanas de la ciencia, CUEE.</p>	<p>Al menos diez espacios de divulgación de casos de éxito del sector en dos años.</p> <p>Formalización de un plan para la alfabetización en temas minero-energéticos y ambientales.</p>	<p>Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</p>	<p>Número de casos de éxito del PIEM replicados por año.</p> <p>Número de espacios de divulgación de casos de éxito por año / número de casos de éxito reportados por año.</p> <p>Número de convocatorias con línea de Uso Racional de Energía lanzadas.</p>
4. Emprendimiento de base tecnológica y apoyo a tecnologías en consolidación	<p>Priorizar temáticas de interés para el fomento de EBT en los sectores minero-energéticos.</p> <p>Propiciar el desarrollo de empresas de base tecnológica y productoras de bienes de capital en temáticas de interés del sector minero-energético.</p> <p>Fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos de los sectores minero-energéticos.</p> <p>Gestionar recursos para el desarrollo de iniciativas por medio de convenios (empresas, SENA).</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, grupos, grandes empresas de minería, PFR, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Ictotec, universidades.</p>	<p>Al menos una convocatoria para el desarrollo de encadenamientos productivos con énfasis en los sectores minero y energético en por lo menos dos años.</p> <p>Al menos una convocatoria de emprendimiento de base tecnológica de Colciencias con sectores y / o líneas temáticas priorizadas orientadas a iniciativas del sector minero energético en dos años.</p> <p>Planes de negocios estructurados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Política y planeamiento de minería y energético.</li> <li>• Mercados energéticos, mineros y de carbono.</li> <li>• Marco normativo energético, minero, ambiental.</li> </ul>	<p>Una línea de investigación consolidada en el país en el tema de transporte eléctrico.</p> <p>Al menos ocho empresas de base tecnológica consolidadas en diez años.</p> <p>Al menos dos empresas desarrolladoras de tecnologías para generación de energía en zonas no interconectadas consolidadas en diez años.</p> <p>Dos iniciativas de desarrollo de proveedores consolidadas con grandes empresas.</p>	<p>Número de temáticas priorizadas para el fomento de EBT en los sectores E y M.</p> <p>Número de estrategias diseñadas para el fomento de la EBT en los sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT de los sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT de los sectores E y M.</p> <p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p> <p>Número de proyectos aprobados en la convocatoria de EBT para paquetes tecnológicos en zonas no interconectadas.</p> <p>Número de proyectos presentados en la convocatoria de encadenamientos productivos en los sectores seleccionados.</p> <p>Número de proyectos aprobados en convocatoria de encadenamientos productivos en sectores seleccionados.</p> <p>Número de convocatorias lanzadas para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p>
5. Estructurar el desarrollo de proyectos piloto	<p>Estructurar convocatorias para el desarrollo de proyectos piloto en tecnologías de interés para el sector.</p> <p>Desarrollar proyectos piloto demostrativos en tecnologías de interés para el sector.</p>	<p>Grupos de investigación, CDT, sector productivo, gremios, oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI), cooperantes internacionales, OCAD, inversionistas.</p>	<p>Al menos una convocatoria en el desarrollo de proyectos piloto en dos años en temáticas de interés del sector que permitan apoyar temas de regulación y políticas sectoriales en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco normativo energético, minero, ambiental.</li> <li>• Mercados energéticos, mineros y de carbono.</li> <li>• Política y planeamiento de minería y energético.</li> </ul>	<p>Pilotos desarrollados en: IGCC (ciclo combinado gasificación de carbono).</p> <p>Al menos tres tecnologías desarrolladas mediante pilotos desarrollados transferidas al sector industrial con el apoyo de Colciencias.</p>	<p>Número de proyectos presentados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de proyectos aprobados en convocatorias para el desarrollo de (o que involucren) proyectos piloto del sector.</p> <p>Número de pilotos desarrollados en tecnologías de interés para el sector / número de pilotos meta en tecnologías del sector.</p>

LÍNEA 7 POLÍTICA, MERCADOS Y REGULACIÓN MINERO-ENERGÉTICA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas largo plazo 2019 .....	Indicadores
<p>6. Observatorios de tecnologías para el sector minero-energético</p>	<p>Diseñar el modelo (organizacional, financiero, administrativo, entre otros) de observatorio a implementar.</p> <p>Gestionar aliados y recursos para la implementación de observatorio(s).</p> <p>Desarrollar estudios de inteligencia competitiva y prospectiva en temáticas de interés para el sector minero-energético.</p>	<p>Bancoldex-impulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Ictotec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Estudios desarrollados en áreas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Política y planeamiento de minería y energético.</li> <li>Mercados energéticos, mineros y de carbono.</li> <li>Marco normativo energético, minero, ambiental.</li> </ul>	<p>Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</p>	<p>Número de estudios desarrollados para el diseño e implementación del Observatorio de Tecnologías para el sector E y M / número de estudios requeridos.</p> <p>Número de aliados obtenidos para el desarrollo de estudio de inteligencia competitiva / número de aliados meta.</p> <p>Número de estudios desarrollados por el observatorio / número de estudios meta.</p>
<p>7. Promover la conformación y consolidación de redes de conocimiento entre la academia, el sector productivo, las entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales</p>	<p>Fomentar la conformación de redes de conocimiento en el sector minero-energético.</p>	<p>Universidades, grupos de investigación, gremios, CDI, cooperantes internacionales (financieros y técnicos).</p>	<p>Promover la conformación de al menos una red de conocimiento entendiendo como posibles áreas temáticas las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Política y planeamiento de minería y energético.</li> <li>Mercados energéticos, mineros y de carbono.</li> <li>Marco normativo energético, minero, ambiental.</li> </ul>	<p>Al menos tres redes de conocimiento consolidadas, con presencia internacional y con resultados para mostrar en diez años.</p>	<p>Número de redes conformadas en el sector resultado de iniciativas con participación de Colciencias / número de redes meta.</p> <p>Número de proyectos desarrollados por las redes de conocimiento conformadas.</p>
<p>8. Gestión de aliados</p>	<p>Gestionar aliados (institucionales, sectoriales, gremios, académicos, sector productivo) para el establecimiento de un portafolio de estudios requeridos por el sector con los actores idóneos y establecer un orden de relevancia para la consecución de recursos.</p> <p>Articulación para el diseño y gestión de instrumentos de financiamiento para el desarrollo de proyectos en temáticas de impacto de largo plazo del sector minero-energético.</p>	<p>Bancoldex-impulsa, gremios, Campetrol, Ecopetrol, grandes empresas de minería, PTP, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Ictotec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano.</p>	<p>Al menos un estudio realizado en la línea durante los próximos cinco años, consensuado con actores nacionales.</p> <p>Al menos un convenio suscrito con entidades del sector.</p> <p>Al menos una convocatoria conjunta con otras entidades del sector para la financiación de proyectos de I+D+i en líneas de interés común en los temas de:</p>	<p>Resultados de los estudios realizados incorporados en planes de desarrollo sectorial y regional.</p> <p>Al menos ocho aliados articulados y recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento en temáticas prioritarios en doce años.</p> <p>Al menos ocho instrumentos y / o proyectos financiados en cinco años.</p>	<p>Número de estudios definidos en alianza con actores del sector a ser realizados en seis grandes temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p> <p>Número de estudios realizados por cada una de las seis temáticas identificadas: política, regulación, potenciales energéticos, ambientales, cuencas geológicas y mercados.</p> <p>Número de aliados gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento / número de aliados meta.</p> <p>Valor de los recursos gestionados para el desarrollo de instrumentos de financiamiento.</p> <p>Número de instrumentos con financiación gestionada / número de instrumentos meta.</p>

Continúa

LÍNEA 7 POLÍTICA, MERCADOS Y REGULACIÓN MINERO-ENERGÉTICA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas largo plazo 2019 .....	Indicadores
8. Gestión de aliados (continuación)	<p>Aunar esfuerzos entre entidades relacionadas y que puedan financiar proyectos (SENA, IPSE, UPME, ANH, ANM, ministerios; Colciencias, BID; etc.).</p>		<p>Política y planeamiento de minería y energético.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercados energéticos, mineros y de carbono.</li> <li>• Marco normativo energético, minero, ambiental.</li> </ul>	<p>Generación de cultura y valoración de la contribución del sector minero-energético a la mejora de la calidad de vida del país.</p>	<p>Número de aliados gestionados para el desarrollo de convocatorias conjuntas.</p> <p>Número de convenios suscritos con entidades públicas para apoyo a líneas establecidas por el plan estratégico del PIEM / número de convenios meta.</p> <p>Número de convocatorias conjuntas con entidades del sector para financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.</p>
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i	<p>Vincular a grandes empresas a la financiación de la investigación en el sector que requiere el país.</p> <p>Estructurar convocatorias para la financiación de proyectos de I+D+i en sectores y tecnologías emergentes.</p>	<p>Bancoldex-Innpulsa, gremios, Campetrol, Ecocontrol, grandes empresas del sector minero-energético, Programa de Transformación Productiva, sector productivo, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Industria y Comercio, SENA, Icontec, universidades, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, Superintendencia de Industria y Comercio, Fonade, cooperantes internacionales, Ministerio TIC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IPSE.</p>	<p>Estructuración de al menos una convocatoria en temáticas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad minera.</li> <li>• Exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.</li> <li>• Investigación y desarrollo de procesos de beneficio y refinación de minerales.</li> <li>• Exploración y explotación de nuevos minerales promisorios.</li> <li>• Tecnologías para el incremento de factores de recobro de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para el transporte de crudos pesados.</li> <li>• Tecnologías para la exploración y producción de hidrocarburos en el offshore.</li> </ul>	<p>Al menos dos líneas emergentes de investigación consolidadas (redes conformadas y financiadas) en siete años.</p>	<p>Número de grandes empresas vinculadas para el desarrollo de convocatorias conjuntas.</p> <p>Número de convenios suscritos con grandes empresas para la financiación de proyectos I+D+i / número de convenios meta.</p> <p>Número de convocatorias conjuntas con grandes empresas del sector para la financiación de proyectos I+D+i / número de convocatorias meta.</p> <p>Número de proyectos presentados en la convocatoria para el apoyo a la I+D+i en energías renovables con base consultoría para el Plan en Energía Sustentable.</p> <p>Número de convocatorias lanzadas en apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.</p> <p>Número de proyectos presentados en convocatoria de apoyo a la I+D+i en sectores emergentes.</p> <p>Número de líneas de investigación consolidadas en sectores emergentes / número de líneas meta.</p>
	<p>Financiar proyectos dentro de las líneas del plan estratégico vía instrumentos de fomento del Sistema Nacional de CTI.</p>		<p>Al menos cinco proyectos financiados en temáticas de la línea.</p>	<p>Al menos cien proyectos financiados en las líneas del plan estratégico en los próximos ocho años.</p>	<p>Número de proyectos financiados en las líneas del plan estratégico por año vía instrumentos existentes del Sistema de CTI / número de proyectos meta por año.</p>

Continúa

LÍNEA 7 POLÍTICA, MERCADOS Y REGULACIÓN MINERO-ENERGÉTICA CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Estrategia	Acciones	Actores	Metas corto y mediano plazo 2012 - 2019	Metas largo plazo 2019 .....	Indicadores
9. Focalizar recursos para la financiación de actividades de I+D+i (continuación)	Fomentar iniciativas para la financiación de programas estratégicos en conjunto con otros actores.		Al menos una iniciativa de programa estratégico financiada en la línea.	Al menos dos redes consolidadas surgidas de la implementación de programas estratégicos.	Número de líneas de programas estratégicos apoyadas en trabajo conjunto entre el PIEM, el consejo y otros actores / número de líneas meta.
	Estructurar una convocatoria o una línea dentro de una convocatoria para apoyo al licenciamiento de tecnologías.		Una convocatoria piloto diseñada e implementada en colaboración con actores del sector en licenciamiento de tecnologías en tres años.	Al menos dos tecnologías licenciadas en diez años.	Número de proyectos presentados para el apoyo al licenciamiento de tecnologías ante convocatoria(s).
10. Definición de lineamientos de política a partir de I+D+i para el fortalecimiento y planeación de los sectores energético y minero	Vincular a Colciencias al proceso de definición de la política minero-energética en articulación con el Ministerio de Minas y Energía, la CREG, el Servicio Geológico Colombiano, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la UPME.	Ministerio de Minas y Energía, IPSE, UPME, ANH, Servicio Geológico Colombiano, Agencia Nacional Minera, comunidad.	Fomentar la realización de proyectos de investigación para la evaluación de políticas sectoriales en articulación con la UPME y actores del sector en los próximos cinco años. Documentos de política para el sector minero energético generados en articulación con los actores.	Políticas del sector minero-energético que incluyan estrategias de fomento a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación diseñadas e implementadas con el aporte de Colciencias.	Número de reuniones en que Colciencias participa para la definición de políticas minero-energéticas. Número de documentos de política sectorial con elementos de CTI emitidos en articulación con otros actores.
	Diseñar una metodología para la evaluación del impacto de la política.		Metodología y batería de indicadores de evaluación de impacto de política diseñada en dos años.	Evaluación integral de impacto de la política de CTI en el sector minero-energético en doce años.	Número de estudios realizados para el diseño de metodología y batería de indicadores para evaluación de impacto de política en el sector con elementos de CTI.

Líneas de trabajo y estudios para desarrollar

- Política y planeamiento minero-energético.
  - Metodologías para la evaluación de objetivos, estrategias, líneas de acción e instrumentos para la definición de una política energética o minera.
  - Metodologías de evaluación de impacto de política.
  - Modelos para la estimación de demanda, oferta, u oferta / demanda integradas con consideraciones económicas, ambientales y sociales.
  - Estudios de demanda y competitividad para el sector minero-energético.
  - Esquemas sostenibles para la expansión en zonas no interconectadas.
  - Incentivos para la participación de nuevas fuentes y tecnologías.
  - Identificación de barreras al uso eficiente de energía y de las nuevas prácticas mineras y diseño de incentivos y acciones efectivas.
  - Evaluación de externalidades ambientales producidas por la actividad energética y minera.
  - Estudio sobre tasas de descuento para el UEE, opciones de mitigación y secuestro, y la introducción de nuevas tecnologías.
  - Observatorios de tecnologías.
  - Evaluación de opciones de adaptación en el sector hídrico.
  - Estudios de ordenamiento territorial enfocados en el sector objeto.
  - Formulación de propuestas de política que incluyan mecanismos de participación ciudadana (wikipedia de política).
  - Generación de alianzas y trabajo colaborativo universidad-empresa-Estado.
  - Caracterización de la demanda, parámetros y variables de consumo.
  - Determinación de posibles matrices minero-energéticas de largo plazo: modelaje y escenarios.
  - Determinación de posibles matrices minero-energéticas de largo plazo: modelaje y escenarios.

- Mercados energéticos, mineros y de carbono
  - Derivados financieros en mercados energéticos y de carbono.
  - Sistemas de medición neta y esquemas de compra-venta de energía.
  - Evaluación y diseño de mercados integrados o regionales de energía (electricidad, gas, carbono).
  - Transformación de las cadenas de valor por eficiencias y cambios en patrones de consumo (ej. arquitectura bioclimática, transporte basado en energía eléctrica).
  - Evaluación y optimización de mecanismos de subasta de energía y esquemas de remuneración en generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad.
  - Mercado de gas natural y coordinación de los mercados gas-electricidad.
  - Realización de estudios de benchmarking para el referenciamiento internacional.
  - Mercados para el uso eficiente de energía-evaluación de opciones.
  - Mercados para el comercio de minerales y piedras preciosas.
  - Identificación de opciones de mitigación y secuestro de carbono.
  - Evaluación de mecanismos costo-efectivos para la mitigación y secuestro y venta de RCE.
- Marco normativo energético, minero, ambiental
  - Productividad energética en sectores industrial, comercial, construcción y residencial.
  - Redes inteligentes, generación distribuida y cogeneración (determinación de responsabilidades).
  - Transacciones internacionales de energía (modelos de armonización regulatoria, reglamentación de la expansión de la red, articulación de remuneración con normativa de comercio exterior, tributaria y cambiaria).
  - Evaluación de nuevas arquitecturas de los mercados eléctricos, gas, carbono, etc.
  - Normas técnicas de conexión y operación de sistemas distribuidos.
  - Estándares de equipos de uso final, transformación y producción.
  - Evaluación de códigos y normas de propiedad y asignación de recursos.
  - Valoración de pago de pasivos y de servicios ambientales.
  - Metodologías de evaluación de impacto de marco regulatorio a nivel energético, minero, ambiental y social.
- Formación de recurso humano
  - Formación de recurso humano para el diseño de la política sectorial.
  - Formación de doctores en economía energética, mercados, planeación y regulación.
  - Formación de especialistas y magister en política ambiental.
  - Diseñar una matriz de recurso humano de necesidades del sector; lo que lleva a definir un modelo para suplir esas necesidades.
- Gestión del programa
  - Vincular a Colciencias al proceso de definición de política minero-energética: articulación con el Ministerio de Minas y Energía y la UPME.
  - Mecanismos de financiación sectorial: propuesta de reforma al sistema nacional de regalías.
  - Diseño de incentivos financieros para el programa; tener como referencia el modelo brasilero.



# ANEXO 2

## Fuentes de financiamiento en Colombia y tipologías de proyectos financiados según fuente de recursos

Convenciones:

A: Innovación y desarrollo tecnológico

B: Investigación

C: Formación de recursos humanos

D: Deduciones tributarias-incentivos

Entidad	Tipologías de los proyectos financiados					
	A	B	C	D	Otros	Observaciones generales
Fondo de Regalías para Ciencia y Tecnología	Proyectos de desarrollo regional con la innovación como eje central.	Proyectos de desarrollo regional con la investigación como eje central.	Proyectos de desarrollo regional con la formación de recurso humano como eje central.		Proyectos de fomento de la CTI a ser desarrollados por fases.	<p>A través de este fondo es posible la financiación de proyectos y programas de investigación básica aplicada y de desarrollo experimental, así como proyectos de innovación tecnológica y social. También es posible financiar la creación y el fortalecimiento de unidades regionales de investigación, tales como centros de investigación y desarrollo tecnológico, parques científicos y tecnológicos e incubadoras de base tecnológica, entre otros; y programas regionales de formación de talento humano para la investigación, la innovación y la gestión de la CTI.</p> <p>Los proyectos que deseen adquirir recursos por esta fuente tienen que estar alineados a los planes departamentales de CTI, contar con el aval regional y ser sometidos a evaluación por parte de Colciencias para la verificación de la calidad y el componente de CTI.</p> <p>Más información: <a href="http://www.colciencias.gov.co">www.colciencias.gov.co</a></p>
Colciencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cofinanciación (proyectos conjuntos sector productivo, entidades de conocimiento).</li> <li>Acreditación de pruebas de laboratorio para universidades, CI, CDT.</li> <li>Fortalecimiento de las capacidades de innovación de empresas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperación contingente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jóvenes investigadores.</li> <li>Doctorados nacionales y en el exterior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deducción de renta por inversiones en proyectos de CTI.</li> <li>Deducción por donación.</li> <li>Exención de IVA para importación de equipos en proyectos de CTI.</li> <li>Exención del impuesto de renta sobre producción de software y medicamentos.</li> <li>Deducción de renta exenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Misiones tecnológicas.</li> <li>Fortalecimiento institucional a CI, CDT, CRP.</li> <li>Financiamiento a la protección de la propiedad intelectual.</li> <li>Eventos de CTI.</li> <li>Movilidad de investigadores e innovadores.</li> </ul>	<p>Ofrece diversos instrumentos de financiamiento, entre los que se destacan, las de líneas de formación de recurso humano y financiamiento a proyectos de I+D+i en sus distintas etapas de desarrollo, tanto para las instituciones de conocimiento (universidades, CI, CDT, CRP y PT) como para el sector productivo.</p> <p>Así mismo, la entidad presta los servicios de indexación de revistas científicas, reconocimiento de grupos de investigación, reconocimiento de CI, CDT, CRP y PT.</p> <p>Acceso a las diferentes líneas de financiamiento mediante convocatorias.</p> <p>Más información en: <a href="http://www.colciencias.gov.co">www.colciencias.gov.co</a></p>
SENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fondo Emprender, Sistema Nacional de Incubación.</li> <li>Extensionismo tecnológico.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Programas de formación a nivel técnico y tecnológico.</li> <li>Programas de formación continua especializada para recurso humano de empresas.</li> <li>Programas de certificación de competencias laborales.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Acompañamiento y asesoría para la creación de nuevas empresas y la identificación de ideas de negocio.</li> <li>Crecimiento y expansión de empresas ya existentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fondo Emprender: facilitar la creación de empresas con el fin de promover y facilitar la generación y consolidación de nuevas iniciativas empresariales de bienes, procesos y servicios.</li> <li>Programa Nacional de Formación Especializada y Actualización Tecnológica: actualización y formación de personal en todos los niveles en las empresas, en temas de productividad y competitividad.</li> <li>Acceso a recursos a través de convocatorias públicas</li> </ul> <p>Más información en: <a href="http://www.sena.edu.co">www.sena.edu.co</a></p>

Continúa

Entidad	Tipologías de los proyectos financiables					
	A	B	C	D	Otros	Observaciones generales
Bancoldex-Innpulsa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incubación y desarrollo de emprendimientos tecnológicos.</li> <li>• Fortalecimiento empresarial de las Mipymes pertenecientes a la cadena de valor de la empresa ancla o tractora, o a un <i>clúster</i>.</li> <li>• Fortalecimiento a las capacidades de ideación y formulación de proyectos de innovación.</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento y expansión de empresas ya existentes.</li> <li>• Diversificación de bienes y servicios.</li> <li>• Transferencia y adaptación de tecnología.</li> </ul>	<p>Ofrece instrumentos para la promoción de la innovación, la competitividad y el emprendimiento tecnológico en el empresariado colombiano. Dirigido a micro, pequeñas, medianas y grandes empresas; organizaciones oferentes de servicios de desarrollo empresarial y de apoyo a las Mipymes, CDT, centros de desarrollo empresarial, instituciones de educación superior, cámaras de comercio, cajas de compensación familiar, agencias de desarrollo económico local (ADEL) y parques tecnológicos.</p> <p>Más información en:  <a href="http://www.mincomercio.gov.co">www.mincomercio.gov.co</a></p>
Fondos sectoriales	Proyectos de innovación regional / sectorial.	Proyectos de investigación regional / sectorial.			Proyectos de desarrollo regional / sectorial.	<p>Dirigido a entidades públicas y privadas. Son fondos nacionales creados para la financiación de proyectos enfocados a promover el progreso regional / sectorial.</p> <p>Algunos de estos fondos son: el Fondo Nacional de Regalías, el Fondo para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas (FAER), el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas (FAZNI), el Fondo de Solidaridad para Subsidios y Redistribución de Ingresos (FSSRI), el Programa de Normalización de Redes Eléctricas (PRONE), el Fondo de Energía Social (FOES) y el Fondo de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Fontic).</p> <p>Más información en:  <a href="http://www.minminas.gov.co">www.minminas.gov.co</a>,  <a href="http://www.mintic.gov.co">www.mintic.gov.co</a>, <a href="http://www.dnp.gov.co">www.dnp.gov.co</a>.</p>
Fondos de capital de riesgo	Creación de empresas de base tecnológica, innovadora y crecimiento acelerado.	Iniciativas de perspectiva empresarial sólida que requieren de fases de investigación aplicada previa.			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de nuevas empresas.</li> <li>• Crecimiento y expansión de empresas ya existentes.</li> </ul>	<p>Algunos de estos fondos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colombia Capital</li> <li>• Capitalia Colombia</li> <li>• Progresia Capital</li> <li>• Invest in Bogota</li> </ul>
Ángeles Inversores (AI)	Creación de empresas de base tecnológica e innovadora.	Iniciativas de perspectiva empresarial sólida que requieren de fases de investigación aplicada previa.			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de nuevas empresas.</li> <li>• Crecimiento y expansión de empresas ya existentes.</li> </ul>	La contribución más importante de los inversores AI no es financiera, sino el aporte de valor que implican su experiencia y su renombre.
Institutos Financieros de Fomento y Desarrollo Territorial	Proyectos de innovación empresarial como estrategia de fortalecimiento.		Ayudas económicas para la formación de recurso humano acorde a necesidades regionales.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia de conocimiento.</li> <li>• Fortalecimiento de capacidades regionales y gremiales.</li> </ul>	Entidades financieras de orden departamental / regional con el objetivo de promover el desarrollo regional empresarial y territorial. En el país existen dieciséis de estas entidades: Inficaldas, IDEA, Incentiva, Infiboy, Inficaqueta, IDEAR, Idesan, IFC, Ifinorte, Indequi, Infibague, Infider, Infihuila, Infimanizales, Infivalle, La Promotora.



# SIGLAS

ACOFI	Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería
Acolgen	Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica
ACPM	Aceite combustible para motores
ACTI	Actividades de ciencia y tecnología
AIE	Agencia Internacional de la Energía
Andesco	Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos
ANM	Agencia Nacional de Minería
APEC	Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (sigla en inglés)
Asomineros	Asociación Colombiana de Mineros
Bancoldex	Banco de Comercio Exterior de Colombia
BPL	Banda ancha sobre líneas eléctricas (sigla en inglés)
Campetrol	Cámara Colombiana de Bienes y Servicios Petroleros
Carbocol	Carbones de Colombia
CDT	Centros de desarrollo tecnológico
Cenpes	Centro de Investigaciones y Desarrollo de Petrobras
Cesco	Centro de Estudios del Cobre y la Minería
CIC	Corporación para la Investigación de la Corrosión
CIDET	Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico
CINER	Centro de Formación e Investigación en Energías Renovables

CIURE	Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes no Convencionales de Energía
CNC	Comisión Nacional de Competitividad
CNPQ	Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico
Codecti	Consejo Departamental de Ciencia, Tecnología, e Innovación
Conacyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México
Conpes	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
Corpodib	Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y la Producción Limpia
CREG	Comisión Reguladora de Energía y Gas
CTI	Ciencia, tecnología e innovación
CUEE(S)	Comité(s) universidad empresa Estado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DOE	Departamento de Energía de los Estados Unidos (sigla en inglés)
Ecocarbón	Empresa Colombiana de Carbón
Ecopetrol	Empresa Colombiana de Petróleos
EERE	Oficina de Eficiencia Energética y Energías Renovables
EFTA	Asociación Europea de Libre Comercio (sigla en inglés)
EIA	Administración de Información de Energía
ENI	Encuesta Nacional de Innovación
EPM	Empresas Públicas de Medellín
EU	Unión Europea
FACTS	Sistemas de transmisión flexibles (sigla en inglés)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (sigla en inglés)
Fazni	Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas
FCTI	Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación
Fedesarrollo	Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo
FNCE	Fuentes no convencionales de energía
FONIC	Fondo Nacional de Investigaciones en Carbón
GLP	Gas licuado de petróleo
GNV	Gas natural vehicular
Gpc	Gigapies cúbicos
HVDC	Corriente continua de alta tensión (sigla en inglés)

I+D	Investigación más desarrollo
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación
ICA	International Cooper Association
Icontec	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
ICP	Instituto Colombiano del Petróleo
IDB	Banco Interamericano de Desarrollo (sigla en inglés)
IEA	Agencia Internacional de Energía
IED	Inversión extranjera directa
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (sigla en inglés)
IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas
ISA	Interconexión Eléctrica S.A. ESP
MEG	Metal Economics Group
Minercol	Empresa Nacional Minera Ltda.
Mipyme(s)	Mediana(s) y pequeña(s) empresa(s)
NAP	National Academies Press
NELT	Laboratorio de Tecnología de Energía Nacional de los Estados Unidos (sigla en inglés)
NSF	Fundación Nacional para la Ciencia (sigla en inglés)
OCAD	Órganos colegiados de administración y decisión
OCYT	Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología
OECD, OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OPTI	Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial
OTRI	Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)
PCH	Pequeñas centrales hidroeléctricas
PEN	Plan Energético Nacional
PGM	Minerales del grupo platino
PIEM	Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería
PNC	Política Nacional de Competitividad
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNDM	Plan Nacional de Desarrollo Minero
PDB	Plan de Desarrollo de Biocombustibles
PCTIEM	Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación en Energía y Minería
Proure	Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no Convencionales

PSN	Planes sectoriales de negocios
PTP	Programa de Transformación Productiva
PVC	Policloruro de vinilo
PYME(S)	Pequeña(s) y mediana(s) empresa(s)
ScienTI	Red Internacional de Fuentes de Información y Conocimiento para la Gestión de la Ciencia, Tecnología e Innovación
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SGR	Sistema General de Regalías
SIC	Superintendencia de Industria y Comercio
SIGP	Sistema Integral de Gestión de Proyectos
SNCTI	Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
TIC	Tecnologías de la información y las comunicaciones
TLC	Tratado de libre comercio
TPC	Tratado de promoción comercial
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
URE	Uso racional y eficiente de la energía
ZNI	Zonas no interconectadas

# BIBLIOGRAFÍA

- Administración de Información de la Energía (EIA). *International Energy Outlook*. Washington, D. C.: Independent Statistics & Analysis, 2011.
- Agencia Internacional de la Energía (IEA). *Energy Technology Perspectives*. París: OECD / IEA, 2008.
- Bharat Book Bureau. *Global Petrochemical Industry Trends and Market Potential*. Navi Mumbai, India: GlobalData, diciembre de 2009.
- British Petroleum. *Statistical Review of World Energy*. Londres, Reino Unido, junio de 2012.
- Centro de Estudios del Cobre y la Minería (Cesco). *Tendencias de exploración mundial*. Canadá: Metals Economics Group, 2012.
- Colciencias, BID. *Informe final del Plan de Negocios para el Mejoramiento de la Competitividad de los Biocombustibles en Colombia*, septiembre de 2012.
- Colciencias. *Colciencias 30 años: memorias de un compromiso*. Bogotá: Colciencias, 1998.
- Colciencias. *Colombia construye y siembra futuro, Política Nacional de Fomento a la Innovación y la Investigación*. Bogotá: Colciencias, 2008.
- Conpes 3668. *Informe de seguimiento a la Política Nacional de Competitividad y Productividad*, junio 2010.
- Conpes 3678. *Política de transformación productiva: el modelo de desarrollo sectorial para Colombia*, junio de 2010.
- Corporación Nacional del Cobre de Chile. “Análisis de tendencias para la minería”, *Revista Cobre Chileno*, agosto de 2008.
- Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE). *Biomass Multi-Year Program Plan*. Estados Unidos: US DOE, última revisión, abril de 2012.
- Departamento Nacional de Planeación, *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014*. Bogotá, D. C.: Coordinación Editorial Departamento Nacional de Planeación, 2011.
- Departamento Nacional de Planeación. *Elementos de discusión para la elaboración del marco de inversión y el presupuesto de inversión anual en programas estratégicos en ciencia, tecnología e innovación*, marzo de 2010.
- Farhangi, Hassan. “The Path of the Smart Grid”, *IEEE Power & Energy Magazine*, enero de 2010.
- Fedesarrollo, *Impacto socioeconómico de la minería en Colombia*. Bogotá, D. C., 2012.
- International Energy Agency. *Key World Energy Statics*. París: OECD / IEA, 2013.
- Kema-Cenergía. *Plan de Ciencia Tecnología e Innovación para el Desarrollo de la Energía Sustentable en Colombia*. [<http://www.si3ea.gov.co/>]
- Ministerio de Minas y Energía (IDB). *Estrategias de energía sostenible y biocombustibles para Colombia*. Bogotá, D. C.: Consorcio CUE, 2012.

- Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). *Boletín Estadístico de Minas y Energía, 1990-2010*.
- NAP. *America's Energy Future*. Washington, D. C.: The National Academies Press, 2009.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). *Energy Technology Perspectives*, París: OECD / IEA, 2008.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (OECD-FAO). *Agriculture Outlook 2011-2020*. Estados Unidos: OECD-FAO, 2011.
- Rojas, Andrés; Barraza, Juan. "Caracterización morfológica del carbonizado de carbones pulverizados: estado del arte". *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, septiembre, 2007.
- Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). *Boletín estadístico de minas y energía 2007-2011*. Bogotá, D. C.: Nuevas Ediciones S.A., 2007.
- Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). *Cadena del Carbón*, 2012. Bogotá: 2012.
- Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). *Plan Energético Nacional. Contexto y estrategias 2006-2025*. Bogotá, D. C.: abril de 2007.



