

## 5. LA ADICIONALIDAD DE LOS PROYECTOS EN EL MDL

Este capítulo tiene como objetivo discutir los elementos principales que permitirán evaluar la adicionalidad de los proyectos formulados en este estudio.

### 5.1 FORMULACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LAS LINEAS BASE DE COLOMBIA

Por Línea Base (Base Line) se entiende un escenario virtual de emisiones que se producirían, de acuerdo con las proyecciones del sector energía, en el caso en que no hubiera intervención mediante la realización de proyectos dirigidos a reducirlas (específicamente proyectos MDL). Para determinar la línea base de un proyecto específico se debe estimar el escenario de emisiones en el caso de "no-proyecto". Este escenario se toma como base para calcular la reducción de emisiones a certificar.

Es preciso observar que en las negociaciones internacionales no se han establecido aun los criterios, reglas, modalidades y metodologías para estimar las Líneas Base del MDL.

En los textos de las negociaciones se mencionan las siguientes aproximaciones:

- Línea Base proyecto por proyecto
- Línea Base sectorial
- Línea Base estándar por categorías de proyecto
- Línea Base a nivel nacional

Otras aproximaciones consideradas recientemente son las de benchmark, matriz de tecnologías o aproximaciones híbridas o multiproyecto<sup>12</sup>.

## 5.2 LÍNEA BASE MULTIPROYECTO

### 5.2.1 Descripción

La línea base del sector generación de energía eléctrica a nivel nacional se ha construido teniendo en cuenta las características propias del sistema colombiano (sistema principalmente hidráulico en la generación de base con complemento de generación térmica).

Las emisiones de las plantas térmicas por unidad de energía eléctrica generada se han estimado por tecnología y por combustible, teniendo en cuenta una simulación del despacho de cada una de las centrales actualmente en operación y de las nuevas proyectadas al año 2010, para finalmente obtener las emisiones promedio anual durante el periodo 1998-2010.

### 5.2.2 Metodología

Con el propósito de que el escenario base esté de acuerdo con las directrices generales a nivel internacional del CDM y AIJ, se tuvieron en cuenta las recomendaciones presentadas por la OECD y IEA<sup>12</sup>, y las guías metodológicas de USJI. En la elaboración del escenario base se busca que éste sea<sup>9,13</sup>:

- Ambientalmente verosímil
- Transparente y verificable
- Simple y de bajo costo su elaboración (bajos costos de transacción)
- De un nivel razonable de certeza para los posibles inversionistas

También se busca que considere:

- Información sobre las tecnologías, eficiencias etc.
- Fuentes de información, fronteras del sistema, variaciones espaciales.
- Aspectos temporales, año de comienzo del escenario base, duración, revisiones

- Riesgos e incertidumbre (dentro de un margen de error garantizar la bondad del proyecto)

En este contexto la Línea Base escogida se fundamenta en el Plan Nacional de Expansión-Transmisión (actualización 1999)<sup>14</sup>, el cual plantea varios escenarios a corto plazo CP 1998-2003 y largo plazo LP 2003-2010. Los análisis energéticos y la evaluación de la confiabilidad en el corto y mediano plazo se realizaron sobre cuatro alternativas de evolución de la expansión de la generación en los próximos años

Los análisis se realizaron mediante simulaciones estocásticas de la operación del sistema, utilizando el modelo MPODE<sup>i</sup>. Se emplearon simulaciones con cien series hidrológicas, determinadas en función de los datos históricos del sistema que se remontan a los últimos cincuenta años, incluyendo los niveles de mínimos operativos calculados para el invierno del año 1998 y el verano 1998-1999.

Los proyectos en construcción representan 1508 MW y agregando el cierre del ciclo combinado de Termocentro de 100 MW, ingresarán al sistema hasta el año 2003 un total de 1608 MW.

Las alternativas estudiadas (CP1 a CP4) se diferencian entre sí por la capacidad adicional que se considera sobre los 1608 MW mencionados anteriormente.

Tabla 5.1 Alternativas de generación en el corto plazo 1999-2003

Año	CP1			CP2			CP3			CP4		
	Gas	Carbón	Hidro	Gas	Carbón	Hidro	Gas	Carbón	Hidro	Gas	Carbón	Hidro
<b>Total (MW) 2003</b>	332	168	1108	482	168	1108	632	168	1108	782	168	1108
<b>Total 2003 (MW)</b>		1608			1758			1908			2058	
	3429	961.5	9264	3579	961.5	9264	3729	961.5	9264	3879	961.5	9264
	<b>13654.5</b>			<b>13804.5</b>			<b>13954.5</b>			<b>14104.5</b>		

Fuente: UPME: 2000. Plan de expansión referencia generación transmisión 1998 – 2010. UPME. Bogotá

<sup>i</sup> Modelo de Programación Dinámica Dual Estocástica

En general, para las cuatro alternativas se espera que en el 2003 la proporción de demanda atendida con recursos hídricos disminuya de 80% a 70%.

En el parque térmico, el factor de utilización promedio va aumentando con el tiempo, pasando de 35% a 60% en los periodos de verano; y de 29% a 40% en los de invierno. Por otra parte, en las plantas hidroeléctricas estos factores están entre 47% y 57% en la estación de invierno.

Para el largo plazo, en el Plan de Expansión se evalúan diversas alternativas de suministro de energía eléctrica, como combinación entre los recursos energéticos: agua, gas natural y carbón. Se establecen varias estrategias de expansión, cada una de las cuales cumple con la condición de satisfacer la demanda de energía y potencia eléctrica en el periodo 2004 al 2010, dentro de las condiciones y límites de confiabilidad y seguridad del sistema.

Las estrategias de expansión en el largo plazo corresponderán así, a escenarios de evolución de variables significativas tales como: evolución de precios de los energéticos y disponibilidad de los mismos, y al desarrollo esperado de diferentes tipos de proyectos. Se especificaron cinco estrategias de expansión para los escenarios medio y alto de la proyección de demanda de energía eléctrica.

Tabla 5.2 Composición de las estrategias en el escenario medio de demanda (2004-2010)

COMPOSICIÓN ALTERNATIVAS (MW)	DE	LP-1	LP-2	LP-3	LP-4	LP-5
HIDRO		1816	645	645	-	-
GAS		955	1109	736	1641	836
CARBON		-	-	450	-	750
<b>TOTAL</b>		<b>2771</b>	<b>1754</b>	<b>1831</b>	<b>1641</b>	<b>1586</b>

Fuente: Plan de Expansión referencia generación transmisión 1998 – 2010. UPME

Las emisiones esperadas de la línea base del sector energía son las emisiones correspondientes a este plan de expansión.

### Detalles de la metodología aplicada

Se tuvieron en cuenta un total de cuarenta y tres plantas de generación térmica, correspondientes al escenario de proyección descrito anteriormente como CP1 y LP5, unas ya en operación y otras proyectadas para el período 2000-2010. Con el uso de modelos de análisis de inversiones y simulación de despacho hidrotérmico se analizaron las diferentes alternativas de abastecimiento de la demanda de energía eléctrica y se determinaron los consumos promedio de combustibles, el desempeño energético del sistema y la evolución de los embalses. Sobre la base de esta simulación de consumo de combustible y teniendo en cuenta los factores de emisión del IPCC/OECD/IEA<sup>15</sup>, se calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente para cada planta en t/GWh.

La Figura 5-1 muestra los promedios ponderados por energía generada de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de cada una de las tecnologías de planta.

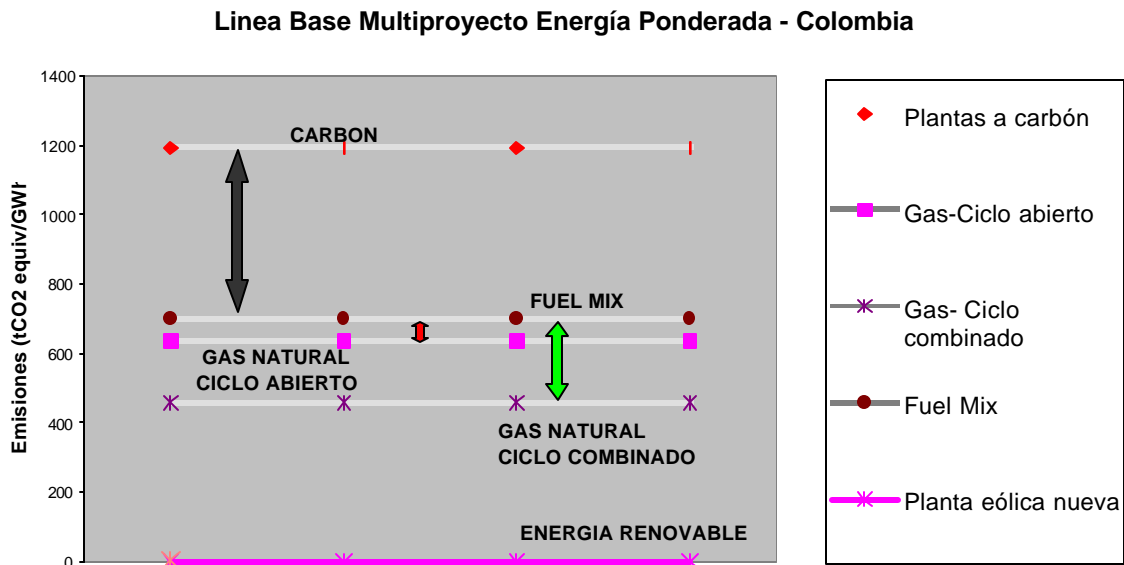


Figura 5-1 Línea Base Multiproyecto de Energía - Promedio Ponderado - Colombia

También se ilustra allí el FUELMIX, el cual se calculó como el promedio ponderado por energía de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de todas las plantas térmicas (sin tener en cuenta las hidroeléctricas). La razón para esta última consideración es la curva de carga (Figura 5-2). Dado que el despacho de las

plantas se realiza por costo variable, constituido casi en su totalidad por el costo del combustible, al cambiar de una tecnología a otra, se afecta todo el sistema de generación, es decir, se afecta el orden de méritos de todas las plantas del sistema. De esta forma al introducir plantas de energía renovable, por ejemplo, éstas entrarán al sistema al nivel de prioridad de las hidroeléctricas, desplazando las térmicas más ineficientes y con mayores emisiones.

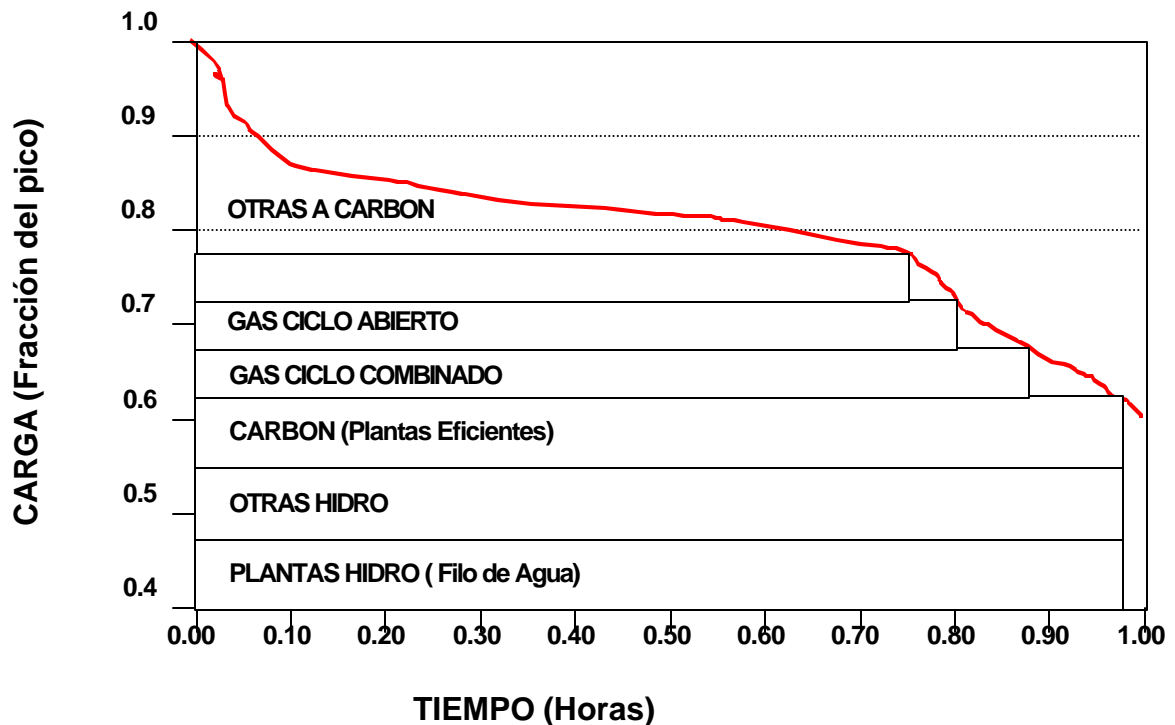


Figura 5-2 Curva de carga del sistema de generación eléctrica de Colombia

De acuerdo con la Figura 5-2, en la generación base se encuentran las plantas hidroeléctricas y carboeléctricas eficientes, seguidas de las plantas a gas ciclo combinado. Después entran a competir de acuerdo a su eficiencia las plantas a gas ciclo abierto y las carboeléctricas. Finalmente, en el pico, se encuentran las carboeléctricas de más baja eficiencia y por tanto las que generan energía al mayor costo.

### 5.2.3 Fuentes de datos y limitaciones

La información para la Línea Base escogida se fundamenta en el Plan Nacional de Expansión-Transmisión (actualización 1999), el cual plantea varios escenarios a corto plazo CP 1998-2003 y largo plazo LP 2003-2010<sup>14</sup>.

También se tuvieron en cuenta el consumo histórico y el proyectado de los combustibles de las centrales térmicas a carbón y a gas natural<sup>16</sup>.

Los modelos empleados son el MPODE<sup>i</sup> y el SUPEROLADE-BID<sup>j</sup>. Se emplearon los coeficientes de emisiones del IPCC.

### 5.2.4 Incertidumbres

Las incertidumbres son de tipo:

#### Político

Este tipo de incertidumbre está referido a las incertidumbres de políticas medioambientales y energéticas del país. Así por ejemplo, pueden surgir prohibiciones a combustibles que como el crudo de Castilla son emisores de otras sustancias tóxicas como metales pesados, que forzarían a una conversión de equipos a gas natural, por ejemplo.

#### Económico

Las proyecciones del consumo de combustibles y por ende de emisiones tienen como variable los índices de crecimiento económico. Ciertamente Colombia se encuentra actualmente en una fase recesiva y sin claridad de cuando esta situación se superará.

#### Tecnológicas

Las tecnologías propuestas son ampliamente conocidas en el exterior. En Colombia, sobre algunas de ellas se tiene estudios y experiencias, como es el caso, de la generación de electricidad con celdas solares. Sobre otras, como la energía eólica, la evaluación de recursos es insuficiente. En general sobre las restantes se puede afirmar que existe poca experiencia práctica además de que la información es limitada.

---

<sup>i</sup> Modelo SUPEROLADE-BID. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington

## Costos

Los estudios más avanzados sobre las nuevas tecnologías se encuentran a nivel de prefactibilidad, con las respectivas incertidumbres económicas propias de la prefactibilidad. Además, los costos de los combustibles han variado notablemente durante los últimos años y no existen pronósticos claros de su comportamiento futuro.

### 5.2.5 Transparencia

El método empleado para la línea base parte de datos reales de consumo de combustibles y de generación de energía eléctrica para cada planta en el país como información histórica. La simulación del comportamiento en los años posteriores se realiza con métodos bien definidos, de tal suerte que la metodología puede considerarse como clara, reproducible y transparente.

## **5.3 LÍNEA BASE PARA PROYECTOS DE USO FINAL TÉRMICO**

### 5.3.1 Descripción

La tendencia de los últimos años en el uso de los combustibles es la decarbonización de los mismos. Esto es, a emplear combustibles que produzcan una menor cantidad de CO<sub>2</sub> por unidad de energía térmica liberada. Los coeficientes de emisiones del IPCC<sup>17</sup> constituyen un indicador de las emisiones por GJ bruto liberado. Cada tecnología en particular tiene entonces una eficiencia de transformación (GJ bruto en GJ útil) por la que es necesario entonces dividir el índice de emisiones. La Figura 5-3 muestra las emisiones por GJ bruto liberado para los diferentes combustibles empleados en Colombia para el suministro de energía térmica

Dependiendo de la tecnología específica, entonces las emisiones deben dividirse por la respectiva eficiencia. La reducción de emisiones es por lo tanto el efecto combinado del cambio de combustible, a uno de menores emisiones (como es cambiar de cualquiera de los mencionados a gas natural) y de la mejora en la eficiencia de los equipos.

### 5.3.2 Fuentes de datos y limitaciones

La fuente de datos para las emisiones de los combustibles es tomada del IPCC<sup>17</sup>

El factor de emisión del crudo de Castilla se ha asimilado al factor del IPCC para los crudos de petróleo.

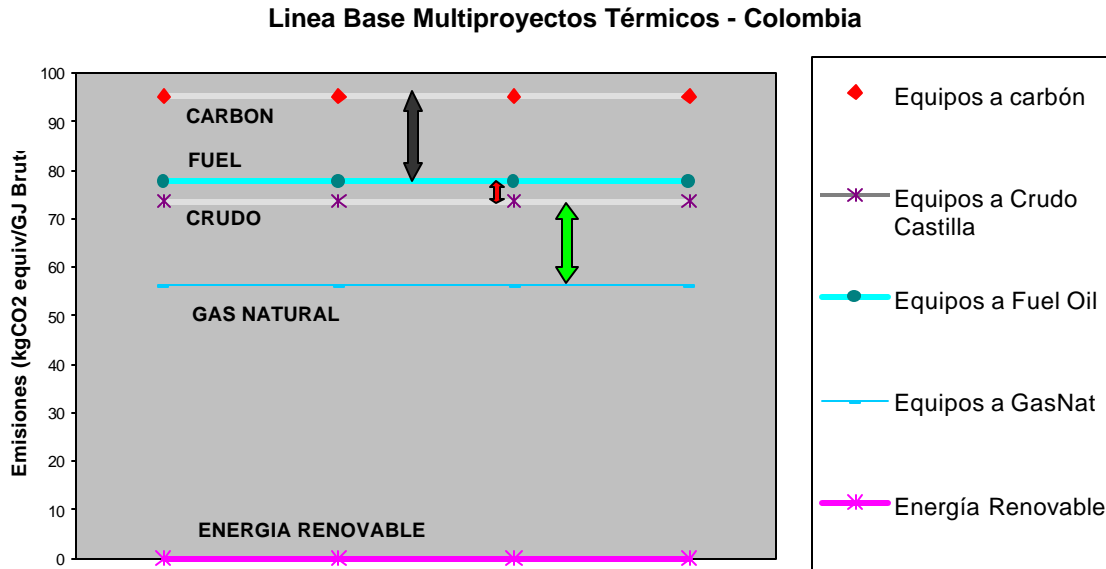


Figura 5-3 Emisiones de diferentes combustibles por GJ Bruto.

### 5.3.3 Incertidumbres

En general, las incertidumbres son las mismas ya consideradas en la Sección 5.2.4. Los valores de las emisiones son para la generación térmica bruta y corresponde a los índices del IPCC. La incertidumbre se presenta en la eficiencia del equipo empleado (depende del equipo, del proceso, de las condiciones de operación, entre otras).

### 5.3.4 Transparencia

La simplicidad del escenario y la utilización de los factores IPCC garantizan la transparencia del escenario.