

6. METODOLOGIA DE EVALUACION DE PROYECTOS DE ENERGIA PARA EL MDL

Para la evaluación de proyectos en el contexto del MDL, además de la evaluación técnica económica convencional es necesario considerar la reducción de emisiones de GEI durante la vida del proyecto con relación al escenario de referencia o Línea Base establecida y las consecuencias económicas que esa reducción conlleva en la viabilidad del mismo. Estas consecuencias son un sobre costo de la energía generada por las nuevas tecnologías (o sobre costo de los equipos que reducen el consumo final de energía) frente a las tradicionales y la oportunidad de recibir ingresos extras por la venta de los CER.

Tradicionalmente, los proyectos de energía se desarrollan en las siguientes etapas:

- Prefactibilidad: En esta fase se plantean las diversas alternativas posibles para el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta diversos parámetros técnicos y económicos y la información disponible sobre la idea del proyecto a ejecutar. Generalmente en esta fase se encuentran posibles configuraciones a instalar y se realizan distintos dimensionamientos básicos. Si se encuentra que el proyecto presenta viabilidad técnica y económica, se pasa a la etapa siguiente.
- Factibilidad: En esta etapa se realizan estudios más detallados sobre los parámetros fundamentales del proyecto, como por ejemplo recurso (agua, viento, etc.), tierras, etc., para determinar una ingeniería básica con la cual se llevará a cabo el proyecto en fases posteriores.
- Desarrollo e ingeniería: Una vez terminados los estudios de factibilidad, si se decide continuar con el proyecto, se debe determinar en un mayor grado de detalle todas las fases del mismo, pasando por una ingeniería de detalle, obtención de licencias y permisos, estructuración financiera, etc.
- Construcción y Puesta en Marcha: Culminada la fase de desarrollo e ingeniería, se pasa a la compra de materiales y equipos, construcción, montaje y puesta en marcha del proyecto.

A medida que se avanza en las distintas etapas de un proyecto, se van delimitando los distintos parámetros técnicos y financieros del mismo, con lo que se va logrando un mayor grado de exactitud, permitiéndose desviaciones desde un -25% o +40% para un estudio de prefactibilidad, hasta un -5% a 10% para la etapa de construcción y desarrollo.

La metodología que se desarrolla a continuación está a nivel de prefactibilidad de proyectos con la dimensión MDL que consiste en valorar la reducción de emisiones (adicionalidad medioambiental) y la viabilidad económica de los mismos, incluyendo mecanismos económicos y financieros tales como la venta de CER, créditos blandos y otros en desarrollo.

Las tecnologías incluidas en el presente análisis son las que fueron seleccionadas como resultado de un estudio anterior (Ver Secc.3) y son:

- Energía Eólica
- Cogeneración
- Sustitución de combustibles y aumento de eficiencia en equipos de producción de energía térmica
- Energía fotovoltaica

La metodología dio lugar a un modelo de evaluación basado en el análisis incremental, es decir, en la comparación de la situación actual contra la situación con proyecto, evaluando los beneficios económicos y ambientales que se generarían con la implementación del proyecto.

6.1 ESTRUCTURA GENERAL DEL MODELO

El modelo está estructurado en tres módulos a saber: Introducción de datos, Cálculos Intermedios y Resultados (Tabla 6.1). A continuación se da una breve descripción de los módulos:

- **Módulo de Introducción de Datos**

Este módulo incorpora:

- Información general del proyecto
- Caracterización a través de parámetros técnicos generales
- Información económica básica

- Modelo energético que permite estimar la energía generada o sustituida anualmente
- Diferentes líneas base para estimar la reducción de emisiones y la información básica sobre los combustibles (cuando estos apliquen).

- **Módulo de Cálculos**

En este módulo se realizan los cálculos energéticos, económicos y ambientales que sirven para valorar la viabilidad económica y la adicionalidad ambiental del proyecto. Estos cálculos se realizan teniendo en cuenta la situación actual y la situación con el proyecto, con el objeto de buscar los indicadores de rentabilidad económica y la reducción (aumento) de las emisiones ambientales calculadas en toneladas equivalentes de CO₂ año tras año durante la vida útil del proyecto.

- **Módulo de Resultados**

Los resultados se presentan en forma de una ficha general del proyecto donde se resumen las principales variables de evaluación así como los indicadores básicos de rentabilidad y de reducción de emisiones de GEI. También se presentan en forma gráfica el análisis ambiental y los análisis de sensibilidad a los principales parámetros técnicos y económicos.

Se debe tener en cuenta que antes de proceder con la evaluación del proyecto se debe realizar la recolección y análisis del siguiente tipo de información, la cual permitirá minimizar tiempo y obtener mejores resultados:

- Estado actual y tendencias de las nuevas tecnologías tanto de generación de energía como de consumo eficiente
- Meteorología y clima local
- Demanda de energía, sus precios actuales, tendencias futuras
- Disponibilidad local del recurso energético

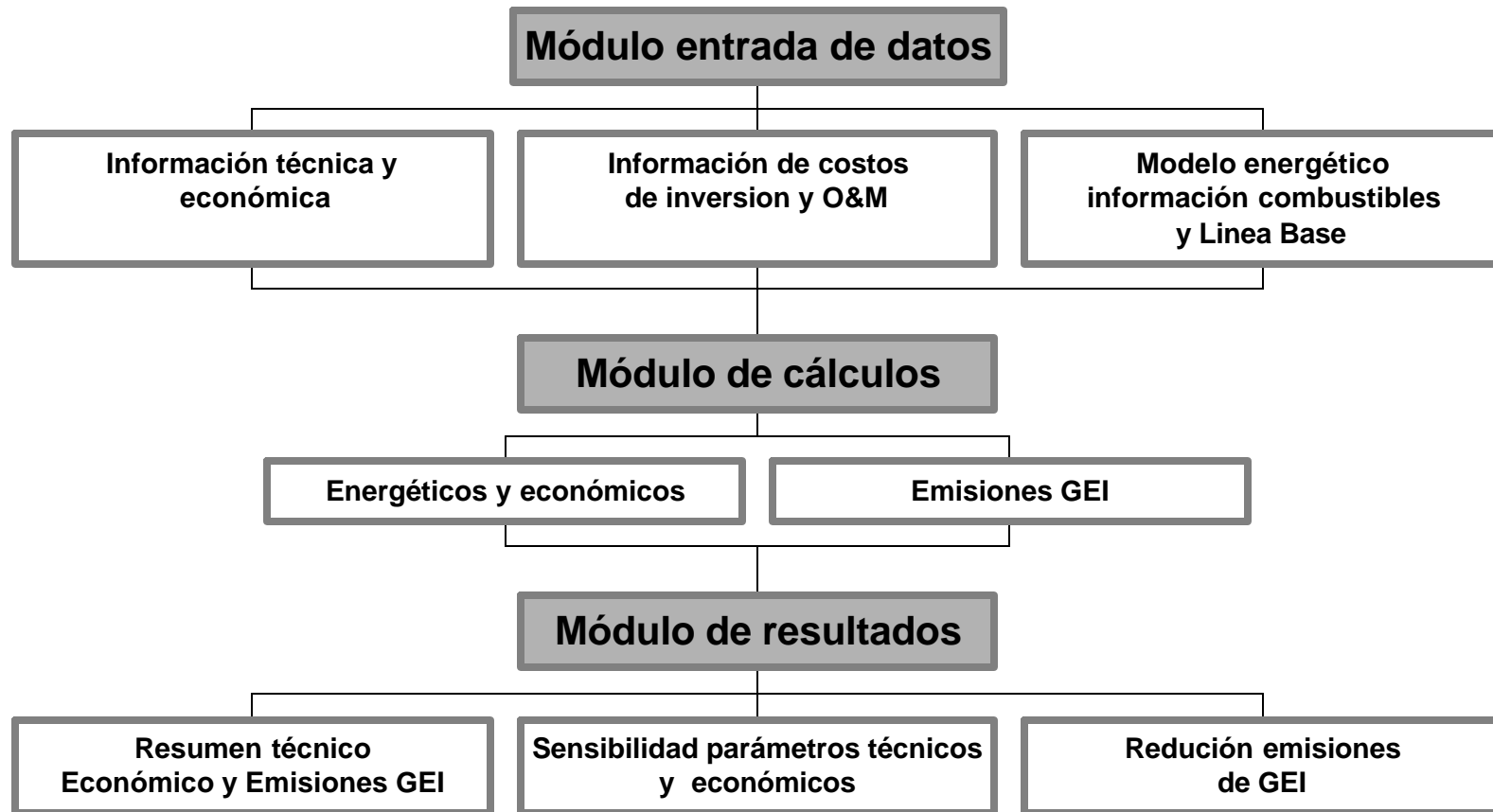


Tabla 6.1 Esquema general del modelo

- Posibles líneas base (escenarios base de emisiones de GEI contra los cuales se puede evaluar el proyecto)
- Costos actuales y tendencias futuras sobre inversión, desarrollo, O&M y otros costos adicionales para la implementación del proyecto.

6.2 MODULO DE CALCULOS

El modelo permite analizar a través de un flujo anual detallado, tanto el balance energético como el económico.

Los cálculos realizados en este módulo son el soporte de cada uno de los indicadores de rentabilidad económica, como son el VPN (Valor Presente Neto), la tasa interna de retorno y el periodo de repago (Ver Tabla 6.2)

Además del flujo detallado, también se realizan cálculos para la determinación de si el proyecto cumple con la condición de adicionalidad ambiental, es decir que efectivamente reduzca las emisiones de CO₂ al medio ambiente. En esta Tabla se encuentran los análisis por situación, por recurso, ya sea energía eléctrica o combustible utilizado y por ultimo se encuentra el análisis de la situación incremental (ver Tabla 6.3).

Flujo de la situación con proyecto

		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Energía										
Energía Eléctrica producida	kWh		2,347,680	2,347,680	2,347,680	2,347,680	2,347,680	2,347,680	2,347,680	2,347,680
Energía Eléctrica deficitaria	kWh		967,695	967,695	967,695	967,695	967,695	967,695	967,695	967,695
Energía Eléctrica excedente	kWh		382,965	382,965	382,965	382,965	382,965	382,965	382,965	382,965
Energía Térmica disponible cogeneración	MBtu		9,296	9,296	9,296	9,296	9,296	9,296	9,296	9,296
Energía Térmica deficitaria	MBtu		0	0	0	0	0	0	0	0
Combustible unidad de cogeneración	MBtu		26,665	26,665	26,665	26,665	26,665	26,665	26,665	26,665
Combustible deficit energía térmica	MBtu		0	0	0	0	0	0	0	0
Reducción de emisiones	Ton CO2 equiv		2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697
Energía eléctrica compra	mils US\$/kWh	59.23	59.53	59.82	60.12	60.42	60.73	61.03	61.34	61.64
Energía eléctrica venta	mils US\$/kWh	20.51	20.62	20.72	20.82	20.93	21.03	21.14	21.24	21.35
Combustible unidad de cogeneración	US\$/MBtu		3.23	3.23	3.23	3.32	3.36	3.39	3.43	3.44
Combustible deficit energía térmica	US\$/MBtu		3.19	3.23	3.28	3.29	3.32	3.36	3.39	3.44
Tonelada reducción de emisión	US\$/ton CO2		2.00	2.00	2.00	2.06	2.10	2.12	2.14	2.14
Ingresos										
Venta de energía eléctrica	US\$		7,895	7,934	7,974	8,014	8,054	8,094	8,135	8,175
Venta reducción de emisiones	US\$		5,447	5,502	5,557	5,612	5,668	5,725	5,782	5,840
Venta de la planta	US\$									
Total ingresos			13,342	13,436	13,531	13,626	13,722	13,819	13,917	14,016
Costos operacionales										
Combustible cogeneración	US\$		86,035	86,895	87,761	88,645	89,531	90,426	91,331	92,244
Combustible deficit energía térmica	US\$		0	0	0	0	0	0	0	0
Compra de energía eléctrica	US\$		19,949	20,049	20,149	20,250	20,351	20,453	20,555	20,658
Costos fijos de O&M	US\$		10,050	10,100	10,150	10,202	10,255	10,309	10,365	10,421
Costos variables de O&M	US\$		21,235	21,341	21,448	21,555	21,663	21,771	21,880	21,989
Impuesto timbre sobre energía largo plazo	US\$		79	79	80	80	81	81	81	82
Impuesto de I y C sobre energía largo plazo	US\$		55	56	56	56	56	57	57	57
Contribución fondo de solidaridad	US\$		0	0	0	0	0	0	0	0
Superintendencia y CREG	US\$		151	152	152	153	154	155	155	156
Impuesto ambiental	US\$		1,065	1,070	1,075	1,081	1,086	1,092	1,097	1,103
Costos transacción (monitoreo, reportes, etc)	US\$		12,422	12,481	12,540	12,600	12,672	12,734	12,799	12,865
Seguro por venta de reducción emisiones	US\$		1,010	1,020	1,030	1,041	1,051	1,062	1,072	1,083
Total costos operacionales			151,043	152,229	153,422	154,630	155,847	157,074	158,311	159,558
Inversión										
Estudio de factibilidad	US\$		2,300							
Costos de desarrollo del proyecto	US\$		980							
Ingeniería	US\$		4,200							
Equipos principales, balance de planta y otros	US\$		398,695							
Obras civiles	US\$		4,000							
Otros costos de inversión	US\$		21,535							
Costos de transacción	US\$		700							
Total costos de inversión			432,411							
Total egresos con proyecto			432,411	137,701	138,793	139,894	141,004	142,124	143,254	144,394

Análisis incremental (Con proyecto - sin proyecto)

		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Costos con proyecto			(137,701)	(138,793)	(139,894)	(141,004)	(142,124)	(143,254)	(144,394)	(145,544)
Costos sin proyecto			(196,993)	(198,132)	(199,276)	(200,431)	(201,592)	(202,760)	(203,935)	(205,118)
Ahorros generados por el proyecto			59,292	59,339	59,384	59,427	59,468	59,506	59,541	59,574
Depreciaciones y amortizaciones										
Depreciación planta y equipos			40,069	40,269	40,471	40,673	40,876	41,081	41,286	41,493
Depreciación obras civiles			201	202	203	204	205	206	207	208
Amortización gastos diferidos			5,973	6,003	6,033	6,063	6,093	0	0	0
Total depreciaciones y amortizaciones			46,243	46,474	46,707	46,940	47,174	47,371	47,593	47,701
Utilidad bruta			59,292	59,339	59,384	59,427	59,468	59,506	59,541	59,574
Depreciaciones			46,243	46,474	46,707	46,940	47,174	47,371	47,593	47,701
Utilidad antes de impuestos			13,050	12,866	12,677	12,487	12,293	12,135	11,948	11,873
Impuestos			4,567	4,503	4,437	4,371	4,303	4,234	4,164	4,093
Utilidad después de impuestos			8,483	8,363	8,240	8,117	7,991	7,901	7,784	7,780
Flujo de caja del proyecto			(432,411)	54,725	54,836	54,947	55,057	55,165	55,272	55,379
Flujo de caja acumulado del proyecto			(432,411)	(377,686)	(322,849)	(267,902)	(212,846)	(157,681)	(104,552)	(51,328)

Tabla 6.2 Módulo de cálculos – Muestra de la Hoja “Flujo”

Evaluación Económica de proyectos de Energía

Tecnología:

Cogeneración

Nombre del proyecto:

Hospital tipo (caso cobertura total dda. Térmica por cogeneración)

Análisis de emisiones

Situación Actual	Energía		Emisiones Ton/año			Emisiones Ton Equiv CO2/año			Total
	Und.	Cantidad	CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O	Ton equiv. CO2/año
Energía eléctrica	kWh/año	2,932,410	1,815	0	0	1,815	2	4	1,821
Combustibles	MBtu/año	11,279	873	0	0	873	0	2	875
Total emisiones situación actual			2,688	0	0	2,688	2	7	2,697

Combustible situación actual

Crudo de Castilla

Situación con proyecto	Energía		Emisiones Ton/año			Emisiones Ton Equiv CO2/año			Total
	Und.	Cantidad	CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O	Ton equiv. CO2/año
Energía eléctrica comprada	kWh/año	967,695	599	0	0	599	0	0	599
Energía eléctrica excedente	kWh/año	382,965	-237	0	0	-237	0	0	-237
Combustible cogeneración	MBtu/año	26,665	1,578	0	0	1,578	2	1	1,581
Combustible déficit	MBtu/año	0	0	0	0	0	0	0	0
Total emisiones situación actual			1,940	0	0	1,940	2	1	1,943

Combustible cogeneración:

Gas Natural

Combustible déficit energía térmica:

Gas Natural

Análisis incremental (con - sin proyecto)	Emisiones Ton/año			Emisiones Ton Equiv CO2/año			Total
	CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O	Ton equiv. CO2/año
	(748)	0	(0)	(748)	0	(6)	(753)

Tabla 6.3 Módulo de cálculos – Muestra de la Hoja “Emisiones”

6.3 MODULO DE RESULTADOS

En este módulo se hace una síntesis de los principales resultados técnicos y económicos del modelo, después de realizar la evaluación del proyecto con los parámetros establecidos en el módulo de entrada de datos. Los resultados del modelo incluyen información sobre el balance de energía, costos, información financiera y reducción de emisiones de GEI. Se incluye una gráfica que muestra la sensibilidad del VPN del proyecto a los principales parámetros. Además de estos tres resultados principales, se puede analizar el balance energético y el flujo de caja detallado.

6.3.1 Ficha resumen

En esta ficha se presenta el resumen del proyecto, tanto de sus parámetros de evaluación así como de los resultados encontrados. Esta ficha contiene:

- **Balance de Energía**

Resume la demanda de energía de la situación sin proyecto, así como la energía producida por la implementación del mismo, mostrando las principales características técnicas de la demanda y producción de energía.

- **Costo de energéticos**

Se dan los precios de compra de energéticos y venta de los producidos por el proyecto, así como su respectiva escalación.

- **Costos del proyecto**

Estos están diferenciados por las fases de inversión y operación. En los costos de inversión se presenta un detalle de estos, desagregados por costos de estudios, desarrollo, ingeniería, equipos principales, costos de transacción propios de los proyectos MDL, etc. Para la fase de operación se presentan los principales rubros considerados para el primer año de operación.

Evaluación Económica de proyectos de Energía

Tecnología:

Cogeneración

Nombre del proyecto:

Hospital tipo (caso cubrimiento total dda. Térmica por cogeneración)

BALANCE DE ENERGIA

Situación actual			Energía Térmica		
Energía Eléctrica					
Demanda media mensual	kW	335	Demanda media mensual	MBtu/hr	1.54
Demanda máxima mensual	kW	335	Demanda máxima mensual	MBtu/hr	1.54
Demanda mínima mensual	kW	335	Demanda mínima mensual	MBtu/hr	1.54
Horas de demanda anual	hr	8,760	Horas de demanda anual	hr	5,869
Demanda de energía anual	kWh	2,932,410	Demanda de energía anual	Mbtu	9,024
			Eficiencia de la caldera	%	80.00%
			Combustible actual		Crudo de Castilla
Situación con proyecto					
Potencia planta cogeneración	kW	400	Combustible cogeneración		Gas Natural
Heat rate planta	Btu/kWh	11,358	Energía térmica déficit anual	MBtu	0
Relación potencia/ calor	-	0.86	Combustible déficit		Gas Natural
Horas generación planta anual	hr	5,869			
Energía eléctrica producida anual	kWh	2,347,680			
Energía eléctrica comprada anual	kWh	967,695			
Energía eléctrica vendida anual	kWh	382,965			

COSTOS DE ENERGETICOS

Energía eléctrica			Combustibles		
Compra actual	mills US\$/kWh	56.41	Situación actual	US\$/MBtu	2.70
Escalación compra	% / año	0.50%	Escalación situación actual	%/año	1.00%
Venta con proyecto	mills US\$/kWh	20.51	Combustible cogeneración	US\$/MBtu	3.19
Escalación Venta con proyecto	% / año	0.50%	Escalación comb. cogeneración	%/año	1.00%
Compra con proyecto	mills US\$/kWh	59.23	Combustible déficit	US\$/MBtu	3.19
Escalación compra con proyecto	% / año	0.50%	Escalación combustible déficit	%/año	1.00%

COSTOS DEL PROYECTO

Inversión			Costos actuales O&M		
Estudio de factibilidad	US\$	2,300	Costos actuales O&M	US\$/año	0
Costos de desarrollo	US\$	980			
Ingeniería	US\$	4,200			
Equipos principales	US\$	260,000	Con proyecto (primer año)		
Balance de planta	US\$	20,000	Costos fijos O&M	US\$/año	10,050
Obras civiles	US\$	4,000	Costos variables O&M	US\$/año	21,235
Otros	US\$	10,000	Impuestos dif. a renta	US\$/año	1,350
Costo importación equipos **	US\$	108,696	Costos transacción	US\$/año	12,360
Otros costos de inversión	US\$	21,535			
Costos transacción	US\$	700	Venta de reducción de emisiones		Si
Total		432,411			

INFORMACION FINANCIERA

Horizonte de evaluación	años	15	Valor presente neto	US\$	(75,561)
Inflación	% / año	0.50%	Tasa interna de retorno	%	8.46%
Tasa de descuento	% / año	12.00%	Periodo de repago	años	8.96

EMISIONES

	Escenario	LP4		
Situación actual			Situación con proyecto	
Energía Eléctrica	Ton CO2 eq/año	1,821	Energía Eléctrica	Ton CO2 eq/año
Combustible	Ton CO2 eq/año	875	Energía Eléctrica excedentaria	Ton CO2 eq/año
			Combustible cogeneración	Ton CO2 eq/año
			Combustible déficit	Ton CO2 eq/año
Total emisiones		2,697		0
				1,943
			Reducción (Aumento) de emisiones por implementación proyecto (Ton CO2 equiv/año):	753
			Reducción (Aumento) de emisiones por implementación proyecto (Ton CO2 equiv/año-MW):	1,883

Tabla 6.4 Módulo de resultados - Muestra de la hoja "Ficha"

- **Información financiera**

En primera instancia se presentan los principales parámetros tenidos en cuenta para la evaluación financiera, tales como son horizonte de evaluación, inflación anual y tasa de descuento considerada. Luego se presentan los principales indicadores para determinar la viabilidad financiera del proyecto, como son el valor presente neto del flujo de caja descontado, la tasa interna de retorno y su periodo de repago.

- **Emisiones de GEI**

Por ultimo la ficha resumen presenta un análisis de emisiones de GEI, el cual se basa en la comparación de la situación actual y con proyecto para determinar la adicionalidad ambiental del mismo. Se relaciona el resultado del cálculo de la reducción de emisiones de GEI y el precio del CER considerado en la evaluación.

6.3.2 Análisis de sensibilidad

El comportamiento del VPN a variaciones porcentuales de los principales parámetros técnicos y económicos se muestran en forma gráfica (Ver Figura 6-1 y Figura 6-2).

Es importante anotar que los análisis de sensibilidad se refieren a las del VPN frente a variaciones porcentuales de los valores introducidos como parámetros de la evaluación.

En algunas de las tecnologías se presentan separadamente el análisis de sensibilidad para los parámetros técnicos y económicos, mientras que en otras se presentan conjuntamente.

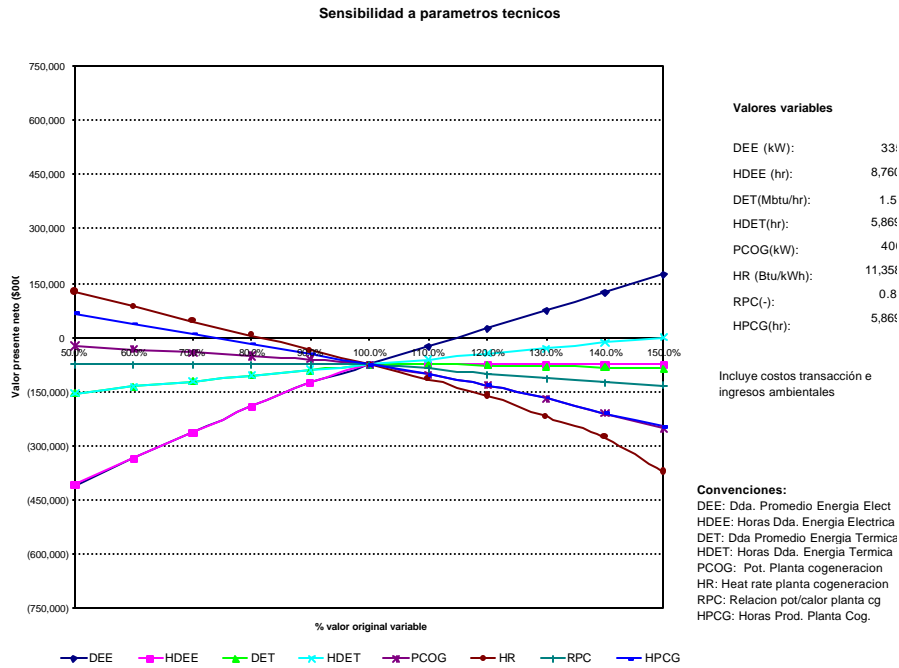


Figura 6-1 Análisis de sensibilidad (Parámetros técnicos)

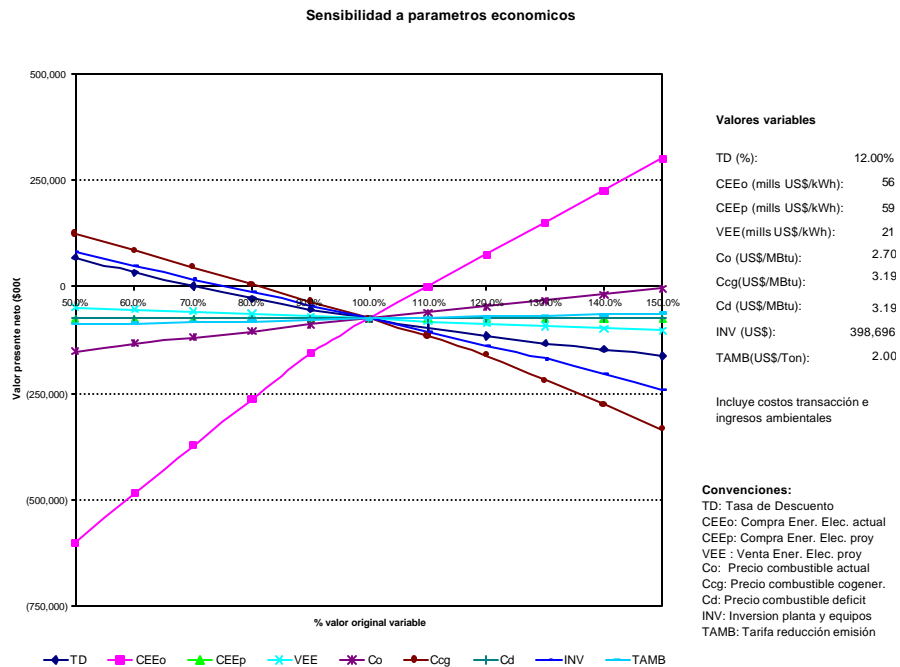


Figura 6-2 Análisis de sensibilidad (Parámetros económicos)

6.3.3 Análisis de emisiones de GEI

Dependiendo del escenario energético base que se escoja para la realización del análisis de emisiones de GEI, se presenta en forma gráfica las emisiones totales de las situaciones sin y con proyecto (Ver Figura 6-3).

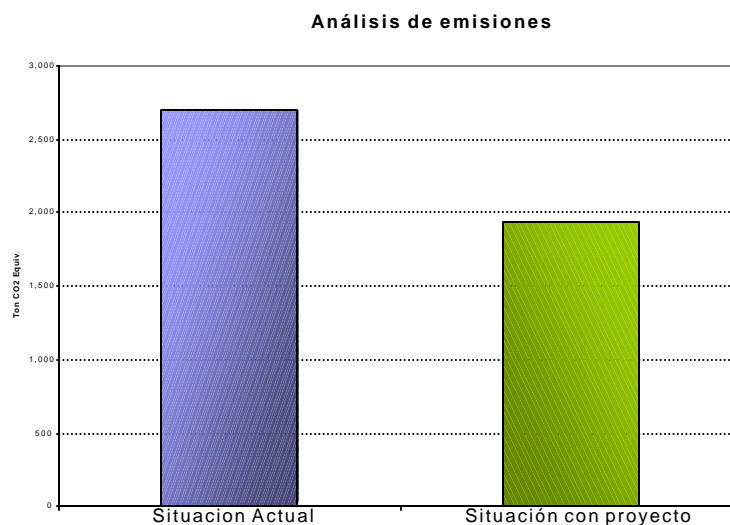


Figura 6-3 Módulo de resultados – Análisis ambiental”

Se puede observar la reducción de emisiones de GEI que conlleva la realización del proyecto.

6.4 SOFTWARE E INFORMACION

La metodología fue implementada en EXCEL^k y específicamente se desarrollaron paquetes para cada una de las tecnologías evaluadas.

La información del modelo energético de cada caso corresponde a datos reales de instalaciones o recursos energéticos renovables de localidades colombianas. Los costos de equipos y demás, son tomados de casos colombianos o de proyectos realizados en el exterior debidamente adecuados a las condiciones del país.

^k EXCEL es marca registrada de Microsoft®.