

La Cogeneración y el Efecto Invernadero

Maria Isabel Sosa

*GECCU, Área Departamental Mecánica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata
48 y 118 (B1900TAG) La Plata. misosa@ing.unlp.edu.ar*

RESUMEN

La actual crisis energética que sufre nuestro País conduce a la búsqueda de soluciones para suplir la demanda energética. Actualmente la industria esta en un etapa de un marcado crecimiento sobretodo debido a la ventajas que le brinda la exportación de sus productos. Este crecimiento trae aparejado naturalmente el incremento de la demanda energética. Las medidas del gobierno tendientes a proteger el suministro energético del sector residencial conducen a muchas empresas a buscar soluciones para generar su propia energía, sobretodo la energía no respaldada por la base del año 2005 según la Resolución 1281/06. En este contexto surge la cogeneración como un mecanismo para resolver las demandas energéticas y térmicas de la empresa. En general el sector industrial de nuestro País tiene una demanda térmica diez veces superior a la eléctrica, por lo cual la opción de cogenerar es una buena alternativa para ayudar a resolver la crisis energética.

Por otro lado, la instalación de un sistema de cogeneración, considerado sistema multipropósito, implica la generación de ambos vectores energéticos utilizando el mismo recurso primario, con la consecuente disminución de emisiones de dióxido de carbono respecto de dos sistemas monopropósito. Esta mitigación de emisiones conduce a una reducción del efecto invernadero, causante del conocido cambio climático. Instalar un sistema de cogeneración implica un costo elevado de inversión de capital, el cual puede ser ayudado por la certificación de reducción de emisiones CER, de acuerdo al Mecanismo de Desarrollo Limpio impulsado por las Naciones Unidas.

En este trabajo se discute la implementación de la cogeneración en nuestro País y se indican posibilidades de implementación de proyectos acreditando CER's.

Palabras Claves: Cogeneración, Efecto invernadero, Mecanismo de Desarrollo Limpio, Crisis energética.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el 2002 la industria se halla en un etapa de un marcado crecimiento sobretodo debido a las ventajas que le brinda la exportación de sus productos. Este crecimiento trae aparejado naturalmente el incremento de la demanda energética, el cual sumado al aumento del consumo de sector residencial, particularmente en época estival, conduce a una demanda energética que las instalaciones de generación en servicio no llegan suplir. Durante el año pasado la relación consumo/demanda condujo al gobierno a la toma de decisiones, con cortes programados al sector industrial respaldando la demanda del sector residencial. Por esta razón, los cortes sufridos por la población en general fueron mínimos y la crisis imperceptible. Las medidas del gobierno tendientes a proteger el suministro energético del sector residencial condujeron a muchas empresas a buscar soluciones para generar su propia energía, sobretodo la energía no respaldada por la base del año 2005 según la Resolución 1281/06. En este contexto, las empresas instalaron y/o alquilaron grupos electrógenos de discutible eficiencia, operando con combustibles alternativos al gas natural en períodos de restricción. Como alternativa se propone la cogeneración, como otro mecanismo para resolver las demandas energéticas y térmicas de la empresa, con una eficiencia térmica y exergética superior a los de los grupos mencionados.

La instalación de un sistema de cogeneración, de tipo multipropósito, implica la disminución de emisiones de dióxido de carbono respecto de dos sistemas monopropósito. Esta mitigación de emisiones conduce a una reducción del efecto invernadero, causante del conocido cambio climático. Instalar un sistema de cogeneración implica un costo elevado de inversión de capital, el cual puede ser ayudado por la certificación de reducción de emisiones, CER, de acuerdo al Mecanismo de Desarrollo Limpio impulsado por Naciones Unidas. En general, el sector industrial de nuestro País tiene una demanda térmica diez veces superior a la eléctrica, por lo cual la opción de cogenerar es una alternativa para ayudar a resolver la crisis energética.

En este trabajo se analiza la situación de la cogeneración en nuestro país y se indican posibilidades de implementación de proyectos acreditando CER's.

2. COGENERACIÓN

La cogeneración implica la generación integrada de electricidad y calor y tiene sentido práctico si existen demandas de ambos vectores que justifiquen la consecuente instalación del sistema, [2]. Una instalación de cogeneración presenta un requerimiento de combustible menor que la suma de los consumos de procesos monopropósito produciendo la misma cantidad de electricidad y calor. Por un lado, la producción de electricidad no debe necesariamente ser utilizada in situ si existe la infraestructura de transporte y/o distribución al que pudiera ser inyectada en caso de existir excedentes, o de donde pudieran ser tomados los faltantes si los hubiera. Por otro lado, la existencia del usuario demandante de calor es pues la condición necesaria e indispensable para la existencia de un proyecto de cogeneración, [2-3], dado que

el calor producido debido a la limitada transportabilidad del vector térmico. En un sistema convencional las pérdidas respecto del recurso primario alcanzan hasta el 65%, mientras que en uno de cogeneración son aproximadamente del 10%, como se indica en la Figura 1.

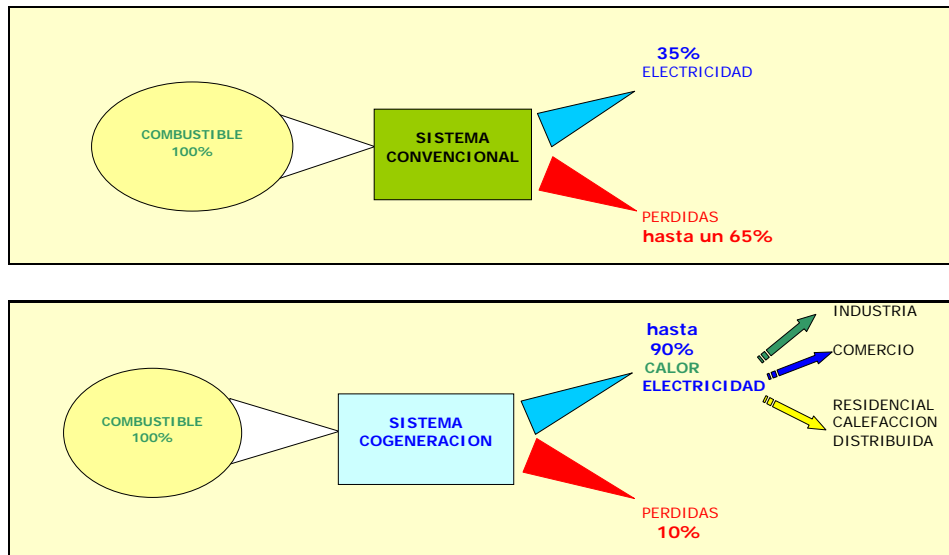


Figura 1 Sistema Convencional y de cogeneración

En Argentina la cogeneración no alcanza actualmente el nivel de desarrollo deseable. El uso racional de los recursos primarios en los procesos de conversión se impone como un primer concepto cuya necesidad de aplicación resulta imperiosa. La producción energética debe priorizar el mínimo consumo de recursos y la mínima afectación del medio ambiente, [5]. Razones por las cuales no se fomenta la cogeneración en nuestro País son, por un lado el elevado monto de la instalación y por otro el bajo costo actual de la energía y una regulación que no presenta incentivos ante un uso racional del recurso primario. Una forma de tornarlo factible es la utilización de los créditos por reducción de emisiones por el régimen del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), [5].

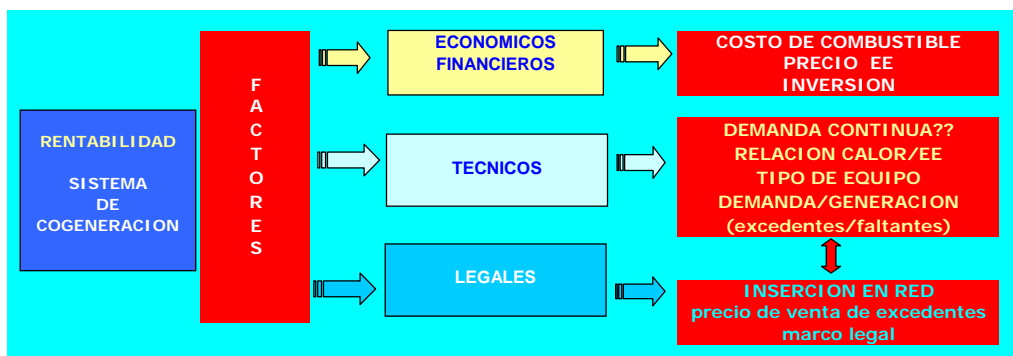


Figura 2 Rentabilidad de un Sistema de cogeneración

La cogeneración, si bien no constituye la solución total del problema, es una medida de aplicación inmediata que contribuye a la misma reduciendo significativamente el consumo de

recursos, priorizando el concepto del URE. La factibilidad de implementación de sistemas de cogeneración depende de una cantidad de factores genéricos y específicos: económicos /financieros, técnicos (diseño y operación), y legales o regulatorios, [2]. En la Figura 2 se esquematizan factores que modifican la rentabilidad de un sistema de cogeneración.

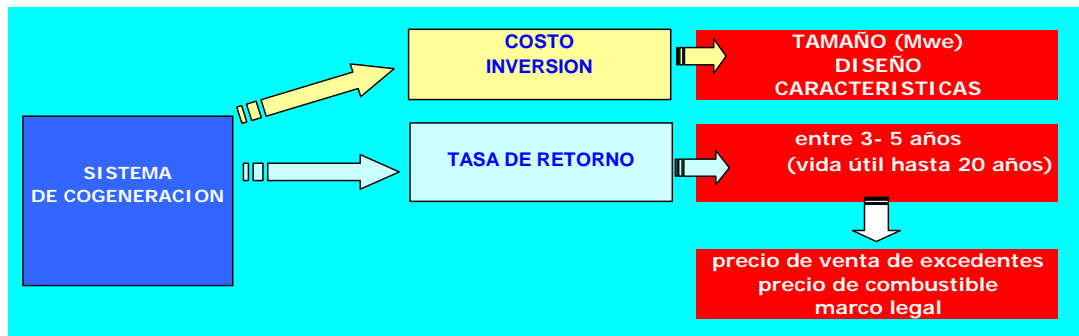


Figura 3 Rentabilidad de un Sistema de Cogeneración

Cada planta constituye un caso particular y debe estudiarse en detalle. El costo de inversión depende del tamaño (potencia eléctrica/caudal de vapor generado), de las características de diseño /operación, dependiendo fuertemente de la tasa de retorno de la inversión y de la posibilidad y precio de los excedentes generados y del combustible utilizado, Figura 3.

3. LA INDUSTRIA Y LA COGENERACIÓN

En nuestro País, el Uso Racional de la Energía URE a través de la cogeneración a nivel industrial viene de la mano de periodos de crisis energética o de suministro poco confiable. La cogeneración implica la independencia de un sistema eléctrico central. Hacia mediados del siglo XX, en un contexto donde la electricidad y los combustibles eran caros, escasos y de disponibilidad poco segura, y con un sistema central poco confiable y estable, el suministro eléctrico en muchas industrias se solucionaba in situ en base a la cogeneración y/o autogeneración con grupos electrógenos diesel y/o sistemas con turbinas de vapor. Fuel oil era el combustible principalmente utilizado. Las industrias con demandas térmicas a parte de la eléctrica utilizaron sistemas energéticos multipropósito. Sin ser el objetivo, las industrias utilizaban sistemas con gran eficiencia de conversión, haciendo un adecuado uso racional de los recursos primarios. Con el Proyecto "Sustitución de combustibles líquidos por gas natural", de la Empresa Nacional Gas del Estado, se incrementó la participación del GN con una considerable reducción de emisiones. En 1992 el Marco Regulatorio Eléctrico, Ley Federal 24.065 cedió la actividad eléctrica hasta ese momento en manos estatales a la iniciativa privada; el nuevo mercado de la generación eléctrica nació marcado por la competitividad y generando repotenciaciones a ciclos combinados e instalación de nuevas centrales con tecnologías modernas y de mayor eficiencia. La calidad del servicio eléctrico mejoró notablemente, el suministro se tornó estable y el costo de compra de electricidad se redujo

drásticamente. Las industrias retornaron a sistemas mono-propósito, pasaron a ser dependientes del sistema centralizado de suministro eléctrico y para suplir su demanda térmica, la solución fue la generación de vapor en calderas convencionales, donde la combustión de los recursos fósiles se realiza solo con el objetivo de generar calor.

Actualmente nos enfrentamos a una situación similar a la de mediados del siglo pasado en lo que respecta a un suministro eléctrico poco confiable, inestable y con cortes programados de abastecimiento eléctrico. El marcado crecimiento del sector industrial, sobretodo debido a las ventajas que le brinda la exportación de sus productos, trajo aparejado el incremento de la demanda energética. La falta de incremento adecuado de la generación centralizada en conjunto con el incremento de la demanda trajo aparejado una crisis energética, que fue marcadamente notoria durante el año pasado. A nivel residencial no se sintió la misma, dadas las medidas del gobierno tendientes a proteger el suministro energético de este sector. A nivel industrial se programaron cortes de suministro que llegaron a ser de seis horas diarias. Sobretodo en el caso de industrias con producción continúa, esto condujo a muchas empresas a buscar soluciones para generar su propia energía, sobretodo la energía no respaldada por la base del año 2005 según la Resolución 1281/06, [1],

En este contexto surge la auto- y/o cogeneración nuevamente como un mecanismo para resolver las demandas energéticas de la empresa, ya sea para satisfacer sus demandas totales o parciales/ de E-Plus. Es de destacar que en este caso tampoco surge como medida de un uso racional de los recursos primarios.

4. CRISIS ENERGÉTICA

En lo que respecta al gas, la situación también es complicada. En los últimos años se ha intensificado el uso de gas natural comprimido GNC en el transporte vehicular como resultado del proyecto de sustitución de combustibles líquidos por gaseosos. Este incremento del consumo del sector de transporte sumado al de la industria y al residencial en el periodo invernal condujo a la falta de disponibilidad de suministro, obligando al gobierno a tomar medidas para evitar el desabastecimiento.

Cabe señalar asimismo que durante el 2007 se intensificaron asimismo las restricciones de uso de gas natural a nivel industrial, incluyendo a los generadores propiamente dichos. En este contexto debieron pasar a usar combustibles alternativos, fuel oil, gas licuado de petróleo entre otros con un considerable aumento del costo de compra. Cabe señalar que estas restricciones se aplican en el periodo invernal y en el caso del año pasado llegaron a cortes de suministro de hasta 4 meses. Por otro lado se implementó el Plan "Energía Total". Ante la eminente falta de combustible el País importó mayores volúmenes de gas boliviano, intentando arreglos con Brasil en lo que respecta a los volúmenes negociados por Bolivia a ambos países. La sustitución de gas natural por combustibles alternativos implica un costo entre 3 a 4 veces superior y la importación de los mismos, dado que la producción nacional no alcanza a

abastecer a todos los generadores. Subsidiar el uso de fuel oil y/o gas oil en época de restricción constituye una paliativo, no siendo una solución efectiva a largo plazo. En este aspecto la instalación de nuevos generadores térmicos traería aparejado una mayor demanda de gas, que en la situación actual es problemática, dado que el “cuello de botella” es el transporte de gas desde los puntos de extracción, resultando imperiosa la inversión no sólo en explotación, sino también en transporte.

La generación eléctrica en nuestro País es en un 51% térmica, 40 hidráulica y 9% nuclear. Por ende, la capacidad de generación depende también de factores externos al mercado, como ser régimen de precipitaciones pluviales en regiones productoras de energía hidroeléctrica. La capacidad depende de que el año sea “seco” o “húmedo”. En el primer caso, la capacidad de generación ronda los 16,11 GW, siendo de 19,11 GW en el segundo caso. Con un año con escasas precipitaciones y un pico de demanda de potencia de 18.345 GW en junio 2007, el sistema se halló cerca del colapso. La única solución planteada ha sido la programación de cortes energéticos. El resultado de estos y de las restricciones en el suministro de energía eléctrica y térmica (GN) se vio reflejada en la baja de la tasa de crecimiento en los distintos sectores productivos, pasando del 6,4% al 2,7%. El mayor impacto se produjo en industrias con procesos continuos (químicas, alimenticias, bebidas, etc.), grandes demandantes de ambos insumos, pero sobre todo de GN, dada su gran demanda de vapor. Además, la disminución de la producción en la industria del acero (alrededor del 27%) afectó directamente la producción en aquellos sectores que dependen de ésta materia prima.

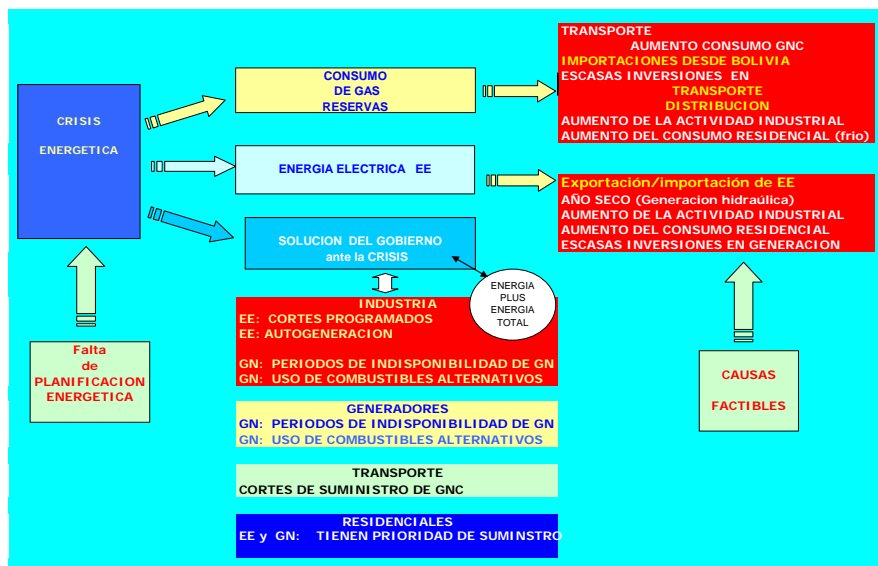


Figura 4 Crisis energética

El Gobierno, a través de su Secretaria de Energía, ya en el año 2006 introdujo medidas ante el acercamiento de una crisis energética, implementando el plan de “Energía Plus”, [1], por el cual se obliga a las industrias a buscar soluciones para obtener la energía no respaldada por la

base del año 2005 según la Resolución 1281/06, ya sea por compra o por autogeneración. En este contexto surge la cogeneración como un mecanismo para resolver las demandas energéticas y térmicas de la empresa. Durante el verano pasado ante la presencia nuevamente de desabastecimiento energético la política del gobierno ha sido implementar el plan “Energía Delivery”, [2] , el cual pretendía cubrir la demanda para el verano en las zonas más críticas, instalando usinas y “barcazas” que generarían entre 350 y 500 MW.

Se estima actualmente que en forma aproximada el incremento de generación para el 2008 será de 1915 MW, para el 2009 de 1975 MW, 340 MW para el 2010 y de 700 MW para el 2011, con lo cual se llegaría a un valor acumulado de incremento de generación en el 2011 de 4,93 GW. Todos estos planes mencionados tienden a un mejor manejo de la disponibilidad energética, tanto de electricidad como de gas natural ante eminente desabastecimiento. No obstante debe señalarse que actualmente se opera con una reserva de 800 MW, en lugar del doble, valor óptimo. Resumiendo, la actual crisis energética es debido a la

- Escasez de inversión en plantas de generación
- precio de venta de combustibles en el extranjero que favorece su exportación
- aumento de la demanda energética, tanto del sector industrial como del residencial
- aumento del consumo de gas natural
- indisponibilidad de gas natural en cuencas
- Escasez de inversión en transporte de gas natural
- Dependencia de la generación hidráulica de factores climáticos

5. DESARROLLO SUSTENTABLE

Como se ha mencionado anteriormente, se observa la falta de desarrollo sustentable en el sector tanto industrial como residencial. Si bien existe la Coordinación de Eficiencia Energética (EE), que tiene por objetivo la definición de políticas y programas que promuevan un uso eficiente de la energía, en la actualidad no se observan planes específicos en lo que respecta al uso racional de los recursos primarios, dado que la generación eléctrica es en gran medida producida a partir de combustibles fósiles, una reducción del consumo implica por un lado consumir menos recursos no renovables, y por otro reduce la emisión de gases de efecto invernadero con el consiguiente beneficio ambiental, [1].

Cabe señalar que se han promulgado leyes que fomentan la inserción de energías renovables en el esquema energético nacional. En este aspecto la Ley 26123 , *Régimen para el desarrollo de la tecnología, producción, uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía*, que incentiva la aplicación de tecnologías que permitan la utilización de hidrógeno, promoviendo la participación privada en generación y producción de hidrógeno y el desarrollo de la industria. Por otro lado, la Ley Nº 26190, *Fomento para el uso de fuentes renovables para la producción de electricidad*, establece como meta para el año 2016, en que el 8% del consumo de electricidad nacional deberá ser abastecido con energía renovables, incluyendo a

todas las fuentes alternativas y sólo limitando a las hidroeléctricas hasta 30MW . Esta norma recientemente sancionada es complementaria a la 25019, que sólo promovía la eólica y solar.

6. POTENCIAL FÍSICO DE ARGENTINA

En general el sector industrial de nuestro País tiene una demanda térmica diez veces superior a la eléctrica, [2-3; 5], por lo cual la opción de cogenerar es una buena alternativa para ayudar a resolver la crisis energética. Una industria demandante de ambos vectores energéticos, electricidad y calor, tiene potencialmente la posibilidad de constituirse en un agente cogenerador.

Como se indica en la figura siguiente, industrias tales como, papeleras, refinерías de petróleo, petroquímicas, ingenios azucareros, alimenticias, etc. pertenecen a esta categoría. Resulta sin embargo imprescindible la demanda calórica in situ o en las proximidades, dado la limitada transportabilidad del vector térmico. El potencial teórico de cogeneración ha sido estimado en aproximadamente 3.770 MW, lo cual significaría 2.730 GWH/mes de aporte adicional de la cogeneración al sistema centralizado [2; 5].

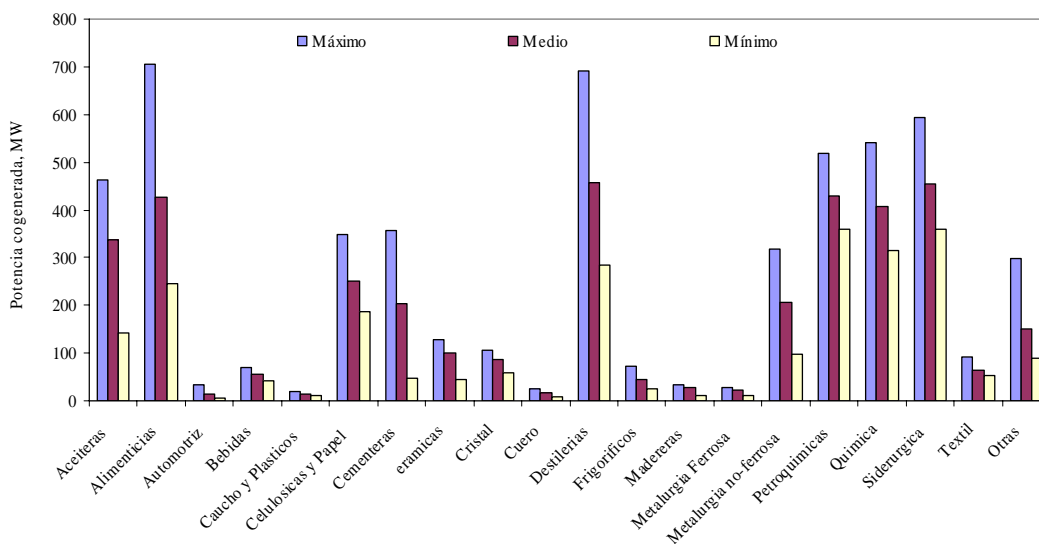


Figura 5 Potencia cogenerada en MW según el tipo de industria

7. COGENERACIÓN Y MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO

El protocolo de Kyoto tiene por objetivo minimizar las emisiones GEI a nivel mundial, creando el Mercado de certificados de reducción de emisiones CER. El incremento de actividades que generan gases de efecto invernadero es la causante del cambio climático.

Las ventajas de un sistema de cogeneración para una industria son la posibilidad de operar sin estar sujetos a cortes programados y sin sobrecostos por demanda de excedente respecto de la base. La inyección de excedentes en la red permite obtener ganancias, las cuales dependen de los excedentes y del precio de venta de los mismos. Esto trae aparejado el problema del Marco Regulatorio que no incentiva la cogeneración en este aspecto. Dado que es una tecnología que reduce la combustión del recurso primario, siempre reduce por ende las

emisiones de gases de efecto invernadero GEI. Por otro lado, en el caso de instalaciones grandes cabe la posibilidad de certificar por el Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL y acreditar certificados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero CER.

Los países incluidos en el Anexo I se comprometen a reducir en el periodo 2008-2012 sus emisiones GEI en promedio un 5% por debajo del nivel del año 1990. Un CER es equivalente a 1 metro cúbico de dióxido de carbono equivalente. En la Tabla 1 se indican las emisiones equivalentes de dióxido de carbono en España en el periodo 2008-2012, indicando el límite de Kyoto, las derivadas de proyectos y la estimación de CER que deberá adquirir. España deberá invertir del orden de 250 millones de euros en proyectos de reducción de emisiones, no obstante ello no bastará para cubrir la cuota según el Protocolo de Kyoto, constituyéndose en un potencial comprador de CER a nivel mundial, [4]

Tabla 1 Pronóstico de emisiones en España para el año 2012.

	Emisiones CO ₂ equivalentes (millones toneladas)
Limite Kyoto	333.328
2012	446.370
CERs estimados en 2008-2012	113.042

En la Tabla 2 se indica la estimación de reducciones anuales promedio para algunos países latinoamericanos; Argentina ocupa el 2º lugar como potencial desarrollador de proyectos MDL.

Tabla 2 Reducciones anuales promedio

Brasil	18.167.693	Chile	3.973.232	Uruguay	251.213
Argentina	4.080.078	Perú	1.129.413		

Los proyectos aprobados a la fecha son 1056, habiendo otros 56 en vías de certificación. India ocupa el primer lugar con 337 proyectos, representando el 32% del total de proyectos a nivel mundial. Brasil con 133 representa el 13%, mientras que Argentina con sólo 13 el 1,2%.

Tabla 3 Porcentaje de reducciones anuales promedio

India	31,9%	337	Chile	2,1%	22
China	20,3%	214	Argentina	1,2%	13
Brasil	12,6%	133	Perú	1,0%	11
Mexico	9,9%	105	Uruguay	0,3%	3

De los 1056 proyectos aprobados a nivel mundial, 731 pertenecen al ámbito de la energía, ya sea por mejoras en el sistema o por uso de energías renovables. Entre los países coparticipantes del Anexo 1 se destaca Gran Bretaña e Irlanda con 382 proyectos de cooperación, Holanda con 127, Japón con 114 y España con 39.

En este mercado internacional nuestro país tiene una pequeña participación en comparación con otros países de Latinoamérica. Proyectos de gran escala que incorporen la cogeneración son dables de acreditar CERs. Esta certificación por MDL permite la reducción de costos y/o tasas de retorno, siendo fuertemente dependiente del precio de los CER. A principios del 2006, precisamente en junio, se cotizaba a 30 euros/ton CO₂, bajando drásticamente a 5 euros/ton CO₂ en octubre del mismo año. Actualmente los valores rondan los 2 euros/ton CO₂; esta evolución de precios no fomenta directamente la instalación de la cogeneración.

8. CONCLUSIONES

La actual crisis energética impone que se tomen medidas pertinentes, que se realice una planificación energética que tome conciencia que las reservas de recursos fósiles se están agotando y deben cuidarse y/o utilizarse obteniendo mayor valor agregado como, por ejemplo, por medio de productos de la industria petroquímica.

La cogeneración juega un rol importante en la búsqueda de soluciones, sin degradar la energía y con mínimo impacto medioambiental. Se deben impulsar estas tecnologías de conversión, no solo eficientes desde el punto de vista térmico, sino también exergético. La cogeneración es una tecnología que contribuye a reducción del consumo de recursos, priorizando el concepto del URE. En Argentina la cogeneración no alcanza actualmente el nivel de desarrollo deseable. El potencial teórico de aporte del sector industrial es elevado, del 36%, del orden de países como Holanda y Dinamarca que han superado el 40%. La incorporación de sistemas de cogeneración en el sector industrial permitiría incorporar energía generada al sistema centralizado, sin un consumo adicional de recursos primarios.

9. REFERENCIAS

- [1] CAMMESA. Resolución Secretaría de Energía 1281/06, Anexo I, 2006.
- [2] A. Fushimi y M.I. Sosa, *Proyecto BIRF TF51287/AR, Actividades Habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional de Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Estudio sobre Mitigación de Emisiones a través de Medidas de Eficiencia Energética, Cogeneración en el sector industrial, La Plata, 2005.
- [3] M. J. Gomez y M.I. Sosa, *La Cogeneración y la Energía Plus, AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 11*, Art. 7-11. 07.39-07.46, 2007.
- [4] J. Nieto y J. Santamaría, *Evolución de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España (1990-2002)*, CCOO, Madrid, España, 2003.
- [5] M. I. Sosa, A. Fushimi, R. Pedernera, A. Agradas y M.S. Rodriguez, *Proceedings of 19th International Congress of Mechanical Engineering, Cogeneration and Clean Development Mechanism, Vol. 1*, Brasilia, Brasil, Paper COBEM2007-2277, 2007.