

“La ingeniería y el futuro escenario energético”

“Predecir el futuro es una tarea ingrata y sin esperanza, que comienza en el ridículo y demasiado a menudo termina en el desprecio”. Isaac Asimov. Science Digest, 1965

En esta exposición haré un sobrevuelo sobre los aspectos tecnológicos del sector energía, sin entrar en profundidad en los temas que no son de mi campo específico, puesto que no les voy a aportar nada de valor, ni tampoco en aquellos que si lo son, pero cuyos detalles no van a contribuir al objetivo de la exposición.

Y el objetivo es: A partir de un panorama general, identificar las oportunidades que la ingeniería tiene para contribuir a diseñar un escenario energético, suministro y demanda, viable, coherente y con las características adecuadas para evitar el cambio climático amenazante.

Dos poderosos motores de naturaleza técnica serán los responsables del cambio profundo del escenario energético que el mundo presentará a mediados del siglo XXI.

En ambos casos hemos asistido a una larga disputa en la comunidad científica sosteniendo puntos de vista claramente opuestos.

El primero de estos motores está referido al fin de los recursos energéticos de origen fósil. La discusión se ha centrado en la determinación de la fecha en que se producirá el “peak oil”, o sea el momento en que la producción alcance su máximo, para empezar luego el proceso de declinación.

Las posiciones de los especialistas son muy dispares en cuanto a las fechas del “peak”, que pueden llegar a diferir en más de 50 años, así como en cuanto a las formas de la eventual curva de declinación a partir del punto de inflexión.

Como mi posición en este asunto es la del grupo que estima que esta declinación está temporalmente muy lejos y como su fundamentación estaría fuera del objetivo de esta conferencia, me limitaré a resumirla con la repetida frase: con “la edad de los combustibles fósiles” pasará lo mismo que con la “edad de piedra”, que se terminó sin que se acabaran las piedras.

El segundo de estos motores es el cambio climático provocado por la acumulación de gases de efecto invernadero, generados por la actividad humana y que cobra, a mi entender, el papel de verdadero factor de transformación.

Aquí la larga controversia parece haber quedado saldada en un sentido, a partir de lo expresado por el “Panel Intergubernamental de Cambio Climático” en su publicación del 2 de febrero de 2001.

Según este reporte de Naciones Unidas, “la evidencia científica sobre el cambio climático es inequívoca y conclusiva. El mundo sufrirá un aumento de temperatura promedio de 3°C, si las emisiones causantes del efecto invernadero continúan creciendo al ritmo actual. Un aumento de 3°C se traduciría en una escasez severa de agua, en rendimientos más pobres en cultivos, e impactaría severamente en el progreso económico y social del mundo.” En este reporte han colaborado 800 autores y 2500 revisores científicos de 130 países, razón que le concedería un amplio respaldo y credibilidad. Sin incursionar en la polémica

específica, creemos razonables tomar estas aseveraciones como una hipótesis de trabajo.

Los modelos matemáticos de simulación sobre los que se basa el “Panel Intergubernamental del Cambio Climático” estarían indicando por un lado, que el máximo tolerable para el incremento de la temperatura promedio de la atmósfera estaría en los 2°C, y por otro, que este incremento sería provocado por el aumento a 450 p.p.m. (expresados en CO₂ equivalentes) de los gases de efecto invernadero, en la alta atmósfera.

A nadie escapa sin embargo, que la complejidad de estos modelos matemáticos pueda aumentarse a medida que se vaya disponiendo de más capacidad de procesamiento computacional y que estos números mágicos que hoy tenemos sobre un incremento de 2°C correspondiente con una concentración promedio de 450 p.p.m. de gases de efecto invernadero, puedan sufrir modificaciones en el futuro.

Frente a estos pronósticos hay dos maneras de proceder para lograr el objetivo de detener el calentamiento: aplicar una estrategia de provocar técnicamente un efecto contrario al invernadero o tomar el camino de la mitigación, utilizando y creando tecnologías que disminuyan o supriman las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el primer caso, hay numerosas propuestas y como ejemplos, voy a mencionar solo dos. Una de ellas consiste en esparcir aerosoles en la alta atmósfera, inspirándose en el caso de Titán, el satélite mayor de Saturno, donde hay una

niebla de moléculas en su atmósfera superior que es bastante opaca al ingreso de la radiación solar y en cambio, muy transparente a la radiación infrarroja reflejada desde la superficie, constituyendo un mecanismo simétrico al que producen los gases de efecto invernadero.

Otra de estas propuestas proactivas es la de los parasoles de alta tecnología, presentado en el “Instituto para Conceptos avanzados de la NASA” por el astrónomo y experto en óptica, Roger Angel de la Universidad de Arizona.

El proyecto del Profesor Angel propone un parasol gigantesco, capaz de reducir la energía solar que nos llega, en aproximadamente un 1,8%. Ese parasol se ubicaría cerca del punto de Lagrange L1, a unos 1.8 millones de kilómetros de la Tierra, punto donde la gravedad de la Tierra y del Sol se equilibran, condición que permitiría el mantenimiento estacionario del parasol.

Este parasol estaría compuesto por una nube de 16 millones de millones de discos circulares refractores en vuelo libre. Cada refractor circular tendría un diámetro de 0.6 m, un espesor de 5 micrones y un peso de 1.2 gramos. Estos refractores serían lanzados en paquetes sucesivos y luego desplegados al llegar a la zona antes mencionada.

La puesta en órbita de estos refractores, presenta tremendas dificultades y el Dr. Angel ha propuesto las soluciones de alta tecnología que habría que implementar. En una primera etapa se lanzarían los paquetes de refractores hasta alcanzar la velocidad de escape con un cañón electromagnético y luego se los impulsaría hasta el punto de Lagrange L1 con motores iónicos de argón. Pero la alta

tecnología necesaria no termina ahí. Una vez en el lugar, cada disco ubicaría su posición utilizando cámaras hiperminiatura que detectarían el Sol y la Tierra, mediante delgadas lengüetas ajustables que utilizarían la presión de la radiación solar para mantener la orientación correcta. Los discos no deberían tener la superficie reflectiva, porque serían empujados hacia la Tierra por la radiación solar, sino que tendrían que ser diseñados para refractar la luz. Según Angel los discos permanecerían en órbita por lo menos 50 años, hasta que sus células solares se degraden y no puedan mantener su posición por sí mismos.

Si bien el Dr. Angel, ha logrado construir un elemento óptico prototipo con cualidades refractivas adecuadas y las investigaciones sobre aerosoles con propiedades capaces de crear efectos antiinvernadero han avanzado, estas soluciones proactivas para detener el calentamiento global están en los niveles de la ciencia ficción, si se nos permite la expresión, cuyos tiempos de concreción son incompatibles con las urgencias que la comunidad científica está evaluando que se debe actuar para evitar el calentamiento global.

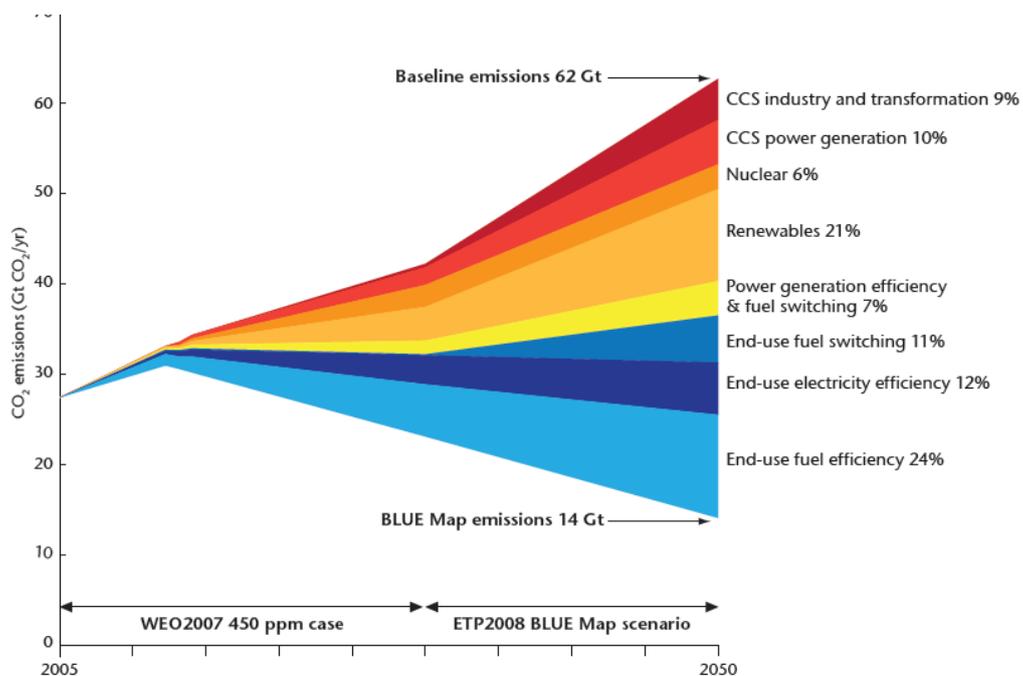
No obstante estas enormes dificultades técnicas y los largos tiempos para su desarrollo, creemos que la vía de investigación para estas soluciones proactivas ofrece un apasionante desafío para las futuras generaciones de ingenieros.

El otro camino a seguir es el camino de la mitigación. Conceptualmente significa ir disminuyendo las emisiones de CO₂ generadas en la producción de energía, mediante la introducción de tecnologías de alternativa por el lado de la oferta y

mejorando la eficiencia por el lado de la demanda, también mediante tecnologías innovadoras.

Se puede estimar que el tamaño de la economía mundial se multiplicará por 4 de aquí al año 2050, pero en países en vías de desarrollo como China y la India, podría llegar a multiplicarse por 10, y consecuentemente sus necesidades de energía.

CONTRIBUCIONES DE LAS TECNOLOGÍAS EN EL ESCENARIO BLUE



Fuente: Agencia Internacional de Energía, *Energy Technology Perspectives* (2008)

Si desde el punto de vista energético siguiéramos utilizando el esquema actual, las emisiones para el año 2050 habrán aumentado 130%. En ese caso, para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, se podría provocar un aumento de las temperaturas medias mundiales de 6°C, y como consecuencia, un importante e irreversible cambio del entorno natural.

La forma de revertir esta tendencia es realizando una revolución mundial en las formas de suministro y consumo de energía.

Para ordenar, calibrar y analizar la magnitud de ese cambio tecnológico y el esfuerzo económico necesario para concretar esa revolución, usaremos la metodología de los escenarios que la “Agencia Mundial de la Energía” utiliza en sus publicaciones “Perspectivas sobre tecnología Energética”.

Escenario ACT: Es en el que se proyecta reducir las emisiones mundiales de CO₂ para el año 2050 a los niveles del año 2005, utilizando las tecnologías que hoy ya existen o que están en una fase avanzada de desarrollo.

Dependiendo de la combinación de tecnologías que se utilice, y de la velocidad con que se implementen, en este escenario ACT, las emisiones seguirían creciendo hasta los años 2020-2030, para luego declinar hasta llegar a los niveles del año 2005 en el año 2050.

El escenario ACT implican la adopción de una amplia variedad de tecnologías con costos marginales de hasta 50 USD por tonelada de CO₂ ahorrado.

¿Qué significa esto? Que se duplicaría, por ejemplo, el costo de generación de una central eléctrica de carbón que no esté equipada con sistemas de captura y almacenamiento de CO₂.

Cumplir con los objetivos de estos escenarios ACT ya resulta una tarea difícil y bastante costosa. Las inversiones adicionales en el sector energético serían equivalentes cada año, de acá al 2050, al 0,5 % del PIB mundial.

Escenario BLUE. Es aquel en que las emisiones se reducen en el 2050 al 50% de las del 2005, utilizando nuevas tecnologías .

Recientemente, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático, ha concluido que talvez no sea suficiente reducir las emisiones al nivel del 2005, sino que habría que reducirlas al 50% de ese valor, si se quiere frenar el calentamiento global al entorno de 2 °C a 2.4 °C.

En la cumbre de los líderes del G8 en el año 2007, ya se consideró como un objetivo global, la reducción de las emisiones al 50%.

Este escenario no sólo implica costos muy superiores, sino mucho más inciertos, puesto que los escenarios BLUE exigen el despliegue de tecnologías que todavía se encuentran en fase de desarrollo y cuyo progreso y éxito final es difícil de predecir.

En la hipótesis del llamado optimismo tecnológico, el despliegue de las nuevas tecnologías, podría llegar a costos de hasta 200USD por tonelada de CO₂ ahorrado.

Pero si el progreso de las nuevas tecnologías no cumple con las expectativas, hipótesis de pesimismo tecnológico, entonces los costos de ahorrar la emisión de una tonelada de CO2 treparían hasta 500USD.

Las necesidades de inversión adicional en I+D y D de tecnologías aún no competitivas sería el 1.1% del PIB mundial cada año hasta el 2050.

Qué estamos haciendo en la comunidad técnica y científica en materia de investigación, desarrollo y demostración de esas tecnologías necesarias para alcanzar los objetivos de emisiones de los mapas BLUE?

Es muy ilustrativo a este respecto el magnífico trabajo preparado por la Agencia Internacional de la Energía, para el “Foro de las 17 Economías Mayores sobre Energía y Clima”, convocado por el presidente Obama el 28 de marzo del año 2009, como una etapa preparatoria a la conferencia de las partes, de la “Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático” que luego se realizara en Copenhague en diciembre del mismo año.

Este trabajo analiza categorías de tecnologías y/o prácticas de energías de bajo carbono, indicando campos de investigación y posibles presupuestos de máxima y de mínima. Veamos rápidamente que se está haciendo en esos diez sectores.

Vehículos de tecnología de avanzada. Las principales áreas comprenden, la eficiencia energética en el transporte, los vehículos eléctricos conectables a la red y los vehículos con motores de hidrógeno.

Las prioridades en investigación, desarrollo y demostración en la descarbonización del sector incluyen temas tales como: almacenaje de energía (baterías), nuevos materiales livianos, tecnologías para combustiones eficientes, combustibles de bajo contenido de carbón y sistemas de propulsión con celdas de combustibles.

Bioenergías. En este caso los esfuerzos de investigación están dirigidos a aquellos biocombustibles de segunda generación como la conversión de celulosa a etanol, para poner el ejemplo más notorio y a sustituir algunos procesos actuales que pareciera que ignoran el primer principio de la termodinámica.

Captura y almacenaje de CO₂. La importancia de este tema radica en que será determinante en la etapa de transición entre la era de los combustibles fósiles y las nuevas fuentes de energía. Varias tecnologías, con diferente grado de madurez, están compitiendo para ser la solución de más bajo costo para cada etapa de la cadena de este proceso de captura y almacenaje de CO₂.

Eficiencia energética en edificios. Aproximadamente un tercio del consumo de energía final en los países desarrollados, ocurre en los edificios residenciales, comerciales y públicos.

Varias tecnologías de desarrollo reciente, por ejemplo ventanas de alta performance y bombas de calor reversibles de alto rendimiento, cuando se combinan con un diseño solar pasivo, pueden llegar a reducir el consumo energético hasta en un 80%. Esta reducción puede ser aún mayor cuando se utilizan sistemas de control inteligente de edificios.

Eficiencia energética en la industria. La industria da cuenta por aproximadamente un tercio de la energía global final y es responsable de casi el 40% del total de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía.

Cinco sectores, el hierro y el acero, el cemento, químicos y petroquímicos, pulpa de madera y papel y el aluminio son responsables del 75% de las emisiones directas de CO₂ de la industria.

Las prioridades en I + D y D para este sector son las bombas de calor químicas y mecánicas avanzadas, los intercambiadores de calor y recuperadores cerámicos, los sistemas avanzados de combustión industrial, las nuevas tecnologías de cogeneración, los sensores y controles inteligentes de los procesos, dentro de una larga lista.

Tecnologías para la quema de carbón con alta eficiencia y bajas emisiones. Las grandes economías emergentes, por poner un ejemplo las del BRIC, están agregando a grandes pasos generación a base de carbón.

Aparte del eventual freno que podrían recibir a través de los bonos de carbono, el verdadero camino complementario y efectivo es ir disminuyendo las emisiones con tecnologías limpias.

En este caso estaríamos hablando por ejemplo, de carbón gasificado, de ciclos combinados, y fundamentalmente de complementar esta generación con instalaciones de captura y almacenaje de CO₂. Esta última, junto con las tecnologías de gasificación, con los procesos sólido a líquido, con la combustión

en lechos fluidos, son algunas de las tecnologías que todavía necesitan investigación, desarrollo y demostración para hacer que el carbón sea utilizable dentro de la estrategia de los mapas BLUE.

Energía Solar. Las dos áreas principales en las que se concentra la investigación, desarrollo y demostración en energía solar son la energía fotovoltaica y la energía térmica concentrada.

Los sistemas fotovoltaicos comercialmente disponibles están divididos en dos grandes categorías: los clásicos sistemas de obleas (wafer) de silicio cristalino y los sistemas de películas delgadas, entre las cuales están las de silicio amorfo, las de selenuros y sulfuros de cobre, indio o galio y las de telururos de cadmio.

En ambos casos, la investigación de largo aliento está dirigida a ir mejorando paso a paso el porcentaje de energía convertido y la eficiencia de los procesos de manufactura a escala industrial para bajar costos.

En los sistemas de energía térmica concentrada, las tecnologías disponibles se reparten en cuatro categorías: las plantas de canales parabólicos (una tecnología ya madura), los reflectores lineales de Fresnel, los sistemas receptores centrales (torres) y los platos parabólicos.

En general, estos sistemas solares pueden despachar energía en firme, cuando se combinan con almacenaje de respaldo o con generación a base de combustibles fósiles, funcionando como verdaderos procesos híbridos.

Las prioridades en investigación y desarrollo están dirigidas a aumentar la eficiencia térmica, tratando de conseguir las temperaturas más altas posibles y utilizando ciclos “Rankine”, o ciclos “Brayton” junto a ciclos combinados. La investigación incluye las avanzadas operaciones de automatización.

Energía eólica. Las instalaciones de generación de electricidad con base eólica “onshore” han probado ser una opción comercialmente válida, con importantes capacidades instaladas, mientras que la opción ‘offshore’ está en la categoría de las tecnologías emergentes. La investigación tecnológica en este caso está centrada en conseguir progresos adicionales en reducción de costos, una mejor evaluación de los recursos eólicos, la construcción y la operación de las instalaciones “offshore” y el desarrollo de tecnologías para anticipar los cambios del viento y para la integración inteligente de estas instalaciones a las redes de transporte y distribución. No debemos olvidar que la integración segura de la energía eólica a las redes es uno de los mayores desafíos a la estabilidad de estas redes funcionando con generación distribuida.

Redes inteligentes. Uno de los nuevos y más importantes instrumentos para el futuro de la energía de bajo carbono es el uso de las redes inteligentes.

Estas integran soluciones de transporte y almacenaje que permiten entregar energía en forma muy eficiente y fiable.

Tienen la capacidad de integrar más fácilmente a las redes existentes, la generación distribuida y aprovechar, por ejemplo, la capacidad de los automóviles eléctricos como fuentes de acumulación de energía. Además estas

tecnologías permiten la interacción del consumidor con la red, para aprovechar mejores condiciones de precios con respuestas en tiempo real.

Las prioridades en investigación, desarrollo y demostración están centradas en este caso, en la integración y aplicación de muchas tecnologías ya maduras, utilizadas en el tratamiento de información.

Este es un caso típico de aplicación de las TICS que puede cambiar radicalmente la naturaleza y la eficiencia de un sector determinado.

Energía núcleo eléctrica. En los diferentes mapas del escenario BLUE, ocupa una fracción importante la energía núcleo eléctrica, energía basada en la fisión de núcleos atómicos pesados, que es la única disponible actualmente para la generación de potencia eléctrica, con tecnologías razonablemente maduras y en estadios de desarrollo suficientemente avanzados. Los últimos desarrollos tecnológicos de los reactores de última generación están dirigidos principalmente a los aspectos de seguridad, manejo y disminución de desechos, desarrollos que permitirán reemplazar con ventaja los viejos reactores que están terminando su vida útil y alentar el aumento de esta energía en la matriz futura.

Es un hecho bien conocido que la investigación y desarrollo tecnológico de esta forma de energía corre por caminos propios, y las respectivas inversiones en I+D y D no están contempladas en las estimaciones de la Agencia Internacional que analizaremos a continuación.

Esta somera mención cualitativa de la investigación, desarrollo y demostración de las tecnologías de bajo carbón, nos dice muy poco acerca del potencial de trabajo y de sus dificultades, si no tenemos alguna medida de su costo.

A estos efectos, en mi concepto, es muy importante la tarea de búsqueda y evaluación que ha realizado la Agencia Internacional de Energía.

GASTOS EN I + D y D PARA MAPA BLUE

(MILLONES USD/ AÑO)

SECTOR	NECESIDADES ANUALES	MONTOS REALES ANUALES	BRECHAS ANUALES
VEHÍCULOS AVANZADOS	24.900	1.543	23.357
BIOENERGÍA	705	590	115
SECUESTRO Y ALMACENAJE DE CO2	8.250	884	7.366
EFICIENCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL	6.750	411	6.339
TEC. BAJAS EMISIONES PARA CARBÓN	2.250	544	1.706
REDES INTELIGENTES	8.330	420	7.910
SOLAR	2.460	665	1.795
EÓLICO	1.950	186	1.764
TOTALES	55.595	5.243	50.352

Nota: Los valores representan el 80% de los gastos mundiales. Es el porcentaje del gasto que se adjudica a las economías mayores.

Fuente: Agencia Internacional de Energía (2009)

En este ejercicio la Agencia ha intentado estimar los niveles actuales de inversión en investigación, desarrollo y demostración en tecnologías de energía de bajo carbono y cual debería ser el nivel de inversiones que se requerirán para reducir, siguiendo el mapa AZUL, las emisiones del 2050 al 50% de las emisiones del 2005.

No escapan a nadie las dificultades para hacer estas estimaciones y por ese motivo la Agencia hace una estimación de mínima y otra de máxima. Para

simplificar esta exposición, este cuadro representa el valor promedio, adjudicándoles la misma probabilidad de certeza a ambas estimaciones.

Como las “Economías Mayores” están generando alrededor del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero, la Agencia también les asigna la responsabilidad del 80% del costo de la inversión I+D y D.

Como primeras conclusiones a sacar de estas evaluaciones de la Agencia Internacional de Energía, es evidente que el gran déficit lo tenemos en el sector transporte y concretamente, en las tecnologías de vehículos de diseño avanzado.

En este sector, está una de las grandes oportunidades para la ingeniería. Es aquí donde se requieren más esfuerzos y en donde se están haciendo relativamente menos investigación y desarrollo de lo necesario.

En segundo lugar, son escasos los avances en captura y almacenaje de carbono, que cada día se tornan más críticos, como consecuencia de la avalancha en instalación de plantas de generación en base a carbón. Aquí el gran desafío está centrado en el almacenaje y no tanto en la captura. Las soluciones propuestas hasta ahora resultan extremadamente caras y las alternativas son de dudosa seguridad.

En situación similar en cuanto a monto de inversión necesario y en la brecha con el gasto real, están las redes inteligentes. Si bien habíamos dicho que las TICs para aplicar en ese campo eran en su mayoría tecnologías ya maduras, queda un enorme trabajo de integración y aplicación al caso específico de las redes

eléctricas. En forma muy gráfica podemos decir que en esta materia, las redes de distribución eléctrica están viviendo la era previa a la PC en las redes informáticas.

Un poco por debajo, pero no mucho, están los requerimientos de inversión en desarrollo de tecnologías para aumentar la eficiencia energética y el control de emisiones en la industria, fundamentalmente la del hierro y el acero, el cemento y el aluminio, por mencionar las tres más importantes.

Resumiendo, podemos concluir que las economías mayores solo están invirtiendo un 10% de los requerimientos en I+D y D para cumplir con los requerimientos del escenario BLUE.

Las menores brechas están en los sectores de bioenergía., energía eólica y solar, que de las nuevas tecnologías son las que normalmente aparecen en la información al gran público. Está claro, sin embargo, por lo que hemos visto, que por si solas, las energías renovables solo resuelven el 20% de la reducción de emisiones que reclama el escenario BLUE. Esta reducción solo se podrá lograr con adelantos significativos en los otros sectores.

¿Qué estamos haciendo nosotros directamente en “Consejo Mundial de Petróleo” para la descarbonización de la oferta energética?

En diciembre del año 2007, hemos decidido en Punta del Este, Uruguay, que en la primera semana de diciembre de 2011 se realice el 20o Congreso Mundial de Petróleo, en la ciudad de Doha, Qatar. En este Congreso, que tiene lugar en

forma trianual, se presentan, entre otros tópicos, los últimos adelantos técnicos en sus fases de I + D y en la muestra industrial anexa, los productos de última tecnología en su fase de demostración. Este es el evento mayor del mundo de la industria del petróleo y el gas natural.

¿Por qué Qatar? Entre las muchas razones para elegir esta sede está la de que para la fecha de realización de este Congreso, Qatar será el productor y exportador número 1 del mundo de gas natural licuado, con la flota mayor y más moderna de barcos criogénicos del mundo.

¿Y por qué el gas natural? Por su condición de hidrocarburo de mucho más baja relación carbono/hidrógeno que lo convierte en el combustible de transición y al alcance de la mano entre las fuentes fósiles actuales, carbón y petróleo, y los energéticos del futuro.

¿Y por qué el gas natural licuado? Hasta hace unos pocos años el mercado de gas natural estaba poco globalizado por la sencilla razón que proveedores y consumidores estaban unidos a través de un gasoducto, o de redes de gasoductos, que solo podían funcionar dentro de los continentes, salvo algunas excepciones. Por el contrario, el gas natural licuado puede transportarse por vía marítima entre continentes y amplía el ámbito geográfico de las redes continentales.

Este comercio intercontinental se está globalizando mediante contratos a término y contratos puntuales, que permiten optimizar los flujos y los precios atendiendo los cambios estacionales. La utilización de este energético se está incentivando

por los altos rendimientos térmicos de los ciclos combinados en la generación de electricidad.

Visto este potencial del gas natural como energético de la transición, hemos programado para este Congreso un bloque de foros que se ha denominado “Gas Natural, la energía que hace la diferencia”.

Entre los foros más relevantes y de enfoque más tecnológico de este bloque están los siguientes:

Foro 1: Producción de gas natural licuado. Últimos desarrollos tecnológicos en licuefacción y transporte.

En esta sesión se explorarán las oportunidades para innovaciones en las tecnologías de licuefacción fuera de costa, donde se radican enormes reservas potenciales. Esta sesión también explorará las últimas innovaciones en terminales de carga y descarga.

Foro 3: La mejora de la eficiencia, la seguridad y la economía de los procesos de gas a líquido.

El gran trecho tecnológico para llegar a vectores energéticos sustitutos en el transporte, como la electricidad y el hidrógeno, debe ser llenado transitoriamente por líquidos de alta calidad como los que se obtienen por procesos de síntesis a partir del gas natural. En este foro se revisarán los programas de investigación y desarrollo y el progreso de la tecnología GTL hacia mayores eficiencias y menores costos de capital.

Foro 5: Recursos no convencionales de gas natural.

En un mundo con una transición energética basada en gran medida en el gas natural, cobra importancia investigar y desarrollar las tecnologías de exploración y producción de las formas no convencionales del gas natural que se encuentran en la naturaleza.

El monto de las reservas no convencionales y su distribución geográfica, cambiarán completamente el mapa económico y geopolítico del gas natural

En este Foro se analizarán las tecnologías para explotar las reservas potenciales de todos los tipos detectados: el metano entre capas de carbón, los esquistos de gas, el gas alojado en rocas de muy baja permeabilidad (“tight gas”), la gasificación subterránea de los yacimientos de carbón, y los hidratos de metano. Estos últimos, son sólidos cristalinos formados por gas y agua, estables en condiciones termobáricas adecuadas, altas presiones y bajas temperaturas, que se encuentran en la naturaleza en zonas del permafrost, como en el Ártico, y en las cuencas sedimentarias “offshore” de los márgenes continentales.

Los métodos de producción de este gas, a partir de los hidratos, se basan en desplazar las condiciones de estabilidad del hidrato en cuanto a presión y temperatura. La dificultad está en hacer esa desestabilización en condiciones controladas. Precisamente, uno de los efectos que podría acelerar el cambio climático, sería la desestabilización por calentamiento del permafrost del Ártico, con la liberación resultante de metano, un gas de altísimo efecto invernadero.

Conclusiones finales.

El continuo perfeccionamiento de los modelos de simulación para estudiar el cambio climático, los extraordinarios incrementos de la capacidad de procesamiento computacional y el desarrollo de métodos e instrumentos de medición remota de las emisiones (más allá del reciente fracaso del lanzamiento del Observatorio Orbital del Carbono), permitirán tener en cuenta más variables en los modelos y mayor certeza en los resultados.

No obstante todo eso, creo que difícilmente se llegaría a producir una reversión de las tendencias, por lo que es razonable mantener las actuales hipótesis de trabajo, concentrando los esfuerzos en el I + D y D de las tecnologías de mitigación.

Los resultados de la COP 15 en Copenhague en diciembre pasado, no deberían sorprender, si uno tiene en cuenta la enorme brecha existente entre las inversiones en investigación y desarrollo imprescindibles para cumplir con los compromisos exigidos y las inversiones reales en investigación y desarrollo, que no llegan al 10% de las necesarias para disponer de las tecnologías adecuadas y lograr la mitigación de las emisiones. Y esto sin considerar las también inmensas erogaciones para instalar esas tecnologías, una vez demostradas.

Aunque el acuerdo de Copenhague no contempla los resultados esperados, sí proporciona una guía sobre los próximos pasos a dar hacia un acuerdo

jurídicamente obligatorio entre las partes, y ese será, a mi criterio, el centro de la agenda para la COP 16 a realizarse en la ciudad de Cancún, Méjico a fines de este año.

Mientras las soluciones proactivas para evitar el calentamiento global, como los discos refractores del Prof. Angel, o la utilización de aerosoles con propiedades antiinvernadero en la atmósfera superior estén al borde de la ciencia ficción, mientras las tecnologías civiles para la fusión de núcleos livianos no resuelvan definitivamente los problemas de contención del plasma y el control de la reacción de fusión, no hay otra alternativa a la vista que la de utilizar las tecnologías de mitigación que hemos pretendido mostrarles en apretada síntesis.

Los cambios cualitativos de significación en materia tecnológica se dan a saltos, a diferencia del proceso de evolución continua de la fase de desarrollo. Un cambio radical tecnológico siempre puede ocurrir, para modificar también de forma radical la visualización que hemos hecho del futuro escenario energético. Esa posibilidad justifica tener presente en este tipo de pronósticos la célebre frase del Prof. Asimov que citáramos al inicio.

¿Tendremos los ingenieros necesarios en calidad y número para encarar esta labor? No lo sé.

¿Dispondremos de los recursos económicos para reclutarlos y encarar el I + D y D que hoy no estamos haciendo? Creo que sí, si se universaliza el mecanismo del “cap and trade” del Protocolo de Kyoto, o si se acuerda un impuesto a la emisión de CO₂. Sin embargo, vuelve a plantearse aquí el viejo dilema aristotélico del

“huevo o la gallina”: ¿qué se producirá primero, la llegada de los recursos económicos o la voluntad del compromiso vinculante de los gobiernos?

Dijo Albert Einstein: *“No podemos resolver problemas usando el mismo tipo de pensamiento que usamos cuando los creamos”*.

¿Estamos utilizando una manera de pensar diferente a la que utilizamos cuando creamos el problema de las emisiones de gases de efecto invernadero? Yo pienso que sí y por lo tanto, atendiendo a la afirmación antes citada, somos optimistas en que tendremos la chance de resolverlo.

Muchas gracias por su paciente atención.