

# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

## CONTRIBUCION ESCRITA AL CICLO DE TRES CONFERENCIAS SOBRE CARBONES

Guayaquil Diciembre 16-17/76

Por Dr. Ing.: Gianfranco Perri\*

### "NUEVAS ACTUALIDADES DE LOS CARBONES"

#### Presentación.-

Al momento de recibir comunicación referente a la preparación de un Ciclo de Conferencias sobre el carbón en nuestra Escuela, ha sido automático recordar la reciente lectura de un interesante artículo de difusión científica en el cual se comentaban las nuevas perspectivas de los carbones en el campo energético internacional, y finalmente sobre los nuevos intereses que tales perspectivas abren sobre los ya ya cimientos de carbón en el mundo y sus respectivas explotaciones.

Por lo tanto, me permito ofrecer una contribución que considero interesante a las conferencias preparando la traducción integral al i dioma Español del mencionado artículo.

El artículo "en italiano" fue escrito por el Dr. Ing. Renato Mancini Profesor de "Tecnologías Mineras" en el Politécnico de Turin y fue publicado con el título "Nuove Prospettive dei Combustibili sintetici" en el "Notiziario della Associazione Mineraria Subalpina" Año I # 1 - 15 de Marzo 1975. Torino.

La bibliografía adjunta fue la siguiente.

"The quest for U.S. energy sufficiency...National mission for the 1970's", Engineering and Mining Journal, 175,4(1974).

Rondelet J.: "Le methanol dans la course aux combustibles", La Recherche, 44 (1974)

Osborn E.F.: "Clean Synthetic Fluid from Coal", Mining Engineering, 26, 9, (1974)

Boyd N.E.: "Coal Conversion Processes loom big as a source of Hydrocarbon Fuels", Mining Engineering, 26,9 (1974).

Faucounau J. "Le charbon de l'an 2000", La Recherche, 51 (1974)

"The Cottel System", Mining Magazine, 171,6, (1974)

(\* ) Profesor del Departamento de Ingeniería de Geología, Minas y Petró leos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

A la vuelta de cincuenta años el Petróleo y el gas natural han gradualmente sustraído al carbón muchos de sus clásicos empleos: La producción de fuerza motriz (incluyendo el accionamiento de las centrales eléctricas), la calefacción civil igual que la industria y, recientemente, también algunos empleos metalúrgicos; también la industria química orgánica, que en la primera mitad del siglo fué esencialmente la industria de los derivados de los carbones, ha ido convirtiéndose en la actual industria petroquímica.

La actual "crisis energética", fenómeno simple y complejo al mismo tiempo del cual la "crisis petrolera" es probablemente un síntoma más que una causa, pone las premisas para una inversión de tendencia: es probable que en los años 80 el carbón reconquistará muchas de las posiciones en las cuales el petróleo lo había depuesto.

Una evolución en este sentido puede ser fácilmente predecida cuando solo se reflexiona sobre la grandísima diferencia - que existe entre las reservas de petróleo y las de carbón: - desde este último hecho en efecto se tiene la seguridad de poder traer una cantidad de calor que supera seguramente más de cientos de veces, y quizás también de mil veces, aquello que podrá darnos el petróleo, y conviene notar que también la masiva explotación de las arenas y de los esquistos bituminosos no desplazarían en manera notable los términos de la cuestión, dado que la obtención de combustibles líquidos a partir del carbón no parece ser más cara que la explotación y destilación de las rocas bituminosas . baja ley, de las cuales muchos países dan por cierta la explotación en un futuro muy próximo.

Pero ciertamente un regreso al carbón no tiene que ser entendido como un regreso al combustible sólido; si se incluyen los países que se han mantenido fieles a este tipo de combustible (como por ejemplo los países del Este europeo, paradójicamente favorecidos a este propósito por el limitado desarro-

llo de la motorización particular o privada que los hace menos expuestos hoy en día a aquella "sub-crisis" de la crisis energética representada por la escasez de combustibles líquidos), para los principales países industriales la adaptación al combustible fluido (gaseoso y líquido) parece que se deba considerar irreversible: si el carbón regresará a dominar entre las fuentes energéticas, lo hará bajo una forma bien diversa del carbón de la "revolución industrial".

Una primera, gran ventaja del combustible líquido está representada por la posibilidad de transportarlo económicamente sobre grandes distancias mediante tuberías: el transporte hidráulico del carbón triturado que se ha demostrado posible también sobre grandes distancias, y es siempre más difundido, es un primer válido medio para reducir la desventaja del carbón, al menos para los usos mayores. Pero para la generalidad de las aplicaciones industriales y domésticas se impone la transformación del carbón en un combustible líquido verdadero y propio, y a esto se llega sea con procesos mecánicos que son procesos químicos.

Los procedimientos mecánicos se refieren a la idea de pulverizar el carbón y suspenderlo en un fluido adecuado. Se trata de una idea elemental y no precisamente nueva: Diesel mismo prevee el empleo del carbón en polvo para sus motores y construyó prototipos funcionantes que utilizaban tal carburante; ya que mucho antes de él la inflamabilidad de las micelas de polvo de carbón y aire eran trágicamente conocidas - por los mineros en los desastres en el cual daban lugar, no menos graves de aquellos provocados por los gases inflamables. Es interesante notar que la idea de un combustible fluido a base de polvos de carbón no ha sido abandonada, y está a la base de un proceso modernísimo y activamente estudiado: el sistema Cottel prevee la utilización como combustible y quizá también como carburante de una emulsión de carbón en polvo, petróleo y agua (en las proporciones respectivas del 60% 20% y 20% aproximadas). Este sistema representa un desarrollo

de investigaciones emprendidas con el fin de mejorar las prestaciones de los motores a combustión interna alimentándolos con combustible líquido adicionado con agua bajo fórmula de emulsión estable (el cual la prensa cotidiana había dado mucha publicidad, calificándolo hiperbólicamente "invención de un motor de agua").

Mayor atención está sin embargo reservada a los procesos químicos con los cuales se pretende transformar el carbón en un combustible líquido o gaseoso.

También en este caso, no se trata de procedimientos radicalmente nuevos: a parte la producción de gas a través de la destilación del carbón, que puede considerarse una adquisición más bien "antigua", las reacciones del gas de agua y del gas de aire, que pueden llevar la gasificación completa del carbón, son industrialmente explotadas por más de un siglo, y la idea (obvia y genial a un tiempo) de producir hidrocarburos a expensas del hidrógeno del agua y del carbono del carbón ~~tenido~~ <sup>teniendo</sup> aplicaciones importantes, en especial en Alemania, con los clásicos procesos Bergius (del 1915) Fischer y Tropsch (del 1926), Lurgi (del 1930) y, Koppers - Totzel y Winkel (poco después). Todavía hoy una nación (Sud-Africa) cubre en gran parte su necesidad de carburantes con los productos sintéticos, obtenidos del carbón a través del proceso Lurgi. Todos los procesos citados, excepto Bergius que se basa sobre la directa hidrogenización del carbón, se basan en tres reacciones (reacción del gas de agua, "conversión" del CO con vapor de agua, metanación del CO con hidrógeno), que se encuentran también en los procesos más modernos, las ideas de Bergius y de Fischer Tropsch representan por lo tanto los germen~~e~~s de muchas sucesivas generaciones de procesos de "fluidificación" del carbón que, puede decirse, esperaban solamente una crisis del petróleo para regresar de actualidad: más que las innovaciones radicales, son los perfeccionamientos en grado de reducir los costos de tratamiento y mejorar los rendimientos que hoy son experimentados y estudiados con mucha atención aunque alguna idea radicalmente nueva (por ejemplo, la energía nuclear y no el carbón mismo para la obtención de las calo-

rías que la gasificación requiere) comienza a salir a la luz.

No se puede esconder que el nuevo interés para los hidrocarburos sintético tenga un tono más bien siniestro: ya fué presagio en el pasado de dos guerras mundiales, hoy es síntoma o consecuencia de una grave crisis energética (no de más cosas se espera). Una diferencia sustancial es sin embargo clara entre las tendencias actuales y aquellas de los años 30: si se deja de parte el caso particular de la Alemania, causada por una auténtica hambre de carburantes, se trataba entonces de intentos de defensa del carbón contra la invasión de un combustible; el petróleo, que hasta hace poco antes era en un determinado sentido un combustible "de lujo" pero que era disponible en cantidades sobre abundantes respecto a la necesidad, y a precios bajos; hoy en día en cambio se pide al carbón, combustible pobre pero abundante, de sustituir el petróleo que se ha vuelto caro y sustituir también "un nuevo" (en escala de tiempo histórico) combustible natural, el metano que es relativamente abundante pero no uniformemente distribuído en el mundo.

A la vanguardia en los estudios sobre la producción de combustibles sintéticos están hoy los norteamericanos y los alemanes, poco se sabe sobre la iniciativa de los soviéticos, los cuales por costumbre son activísimos pero reservados, pero hay razón para precisar que sus motivaciones sean menos urgentes para las razones que se han dicho antes (ellos por otro lado son muy activos en otro campo, aquel de la gasificación, in situ del carbón sobre la cual se hará mención después).

Es interesante pasar en reseña los antiguos procedimientos ahora en fase de "revivificación" y los procedimientos nuevos, en fase de estudio y de experimentación (a veces en "implantes pilotos" de dimensiones mucho mayores a aquellas de los implantes industriales de los años 30).

-El procedimiento LURGI: es un directo descendiente del - histórico procedimiento Fischer-Tropschda; la diferencia del original está en la gasificación que ha ido continuamente - perfeccionado en el curso de los años. A la vez que para la producción del gas de síntesis es prácticamente ubicuitario, para la producción de carburantes es operativo sobre grandes escalas, solamente en Sur-Africa, pero se preveen nuevas aplicaciones a breve término en los USA, en Brasil (en donde se emplearían carbones fósiles de importación) y en otros si tios.

-El procedimiento Lurgi, aunque debe ser considerado un - procedimiento tradicional, es sin embargo aún muy vital: sobre él están fundados las mayorías de los 16 nuevos implan- tes para combustibles sintéticos que los USA preveen realizar entre el 1985.

Elemento característico del procedimiento Lurgi es un ga- sógeno presurizado para la producción de gas de agua, que es sucesivamente metanato; el metano sirve después como base pa- ra la producción de hidrocarburos líquidos.

-El procedimiento KOPPERS-TOTZEK, alemán: no es muy recien- te, es una variante del tradicional procedimiento, caracte- rizado por la aplicación del principio de la "cama fluidiza- da" en la reacción de gasificación.

Fué utilizado en Alemania desde la época de la guerra, y fué introducido en los USA desde el 1948, ha tenido difusión notable como procedimiento de gasificación.

Se prevee una aplicación de dicho procedimiento aún mayor en el futuro como primera etapa en la producción de hidrocar- buros sintéticos sea gaseosos sea líquidos, siendo apta pa- ra el tratamiento de cualquier tipo de carbón.

-Procedimientos AUDIBERT y VALETTA, franceses (puestos al punto en el período anterior a la guerra, y abandonados en

los años 50, y hoy retomados en consideración). Se trata de variantes perfeccionados del procedimiento Bergius.

-Procedimiento Hy-GAS, americano, relativamente reciente (el primer implante piloto es del 1971), no ha sido aún realizado en escala industrial.

El Carbón pulverizado es enriquecido con aceite ligero y es gasificado en más estados reactores a cama fluidizada por una corriente de vapor y oxígeno; sucesivamente es inyectada también una corriente de gas conteniendo mucho hidrógeno, y el gas crudo obtenido pasa a la metanización catalítica. La aplicación que se prevee para este procedimiento es más bien la producción de metano a utilizarse directamente y no de un gas a emplearse como material de partida para la síntesis de hidrocarburos líquidos, los americanos, por otro lado parecen actualmente más interesados a la producción de gases sintéticos que a la de petróleo sintético.

-Procedimiento BI-GAS y procedimiento SYNTHAME, los dos también americanos, el primero ya está al estado de implantes pilotos, en cambio para el segundo la realización del implante piloto es inminente; se trata de variantes y perfeccionamientos de los procedimientos Lurgi y Koppers-Totsek. Objetivo de estos procedimientos es la producción de hidrocarburos gaseosos a partir del carbón.

-Procedimiento CO<sub>2</sub> ACCEPTOR: es un procedimiento americano todavía al estado de implante piloto que, aunque no aplicable a todo los tipos de carbones, se presenta muy prometedor. Prevee la sustracción de CO<sub>2</sub> del gas de gasificación por medio de cal viva o dolomita calcinada. Este procedimiento parece ser particularmente apto para la gasificación de los lignitos. El gas obtenido es naturalmente con más contenido de hidrógeno de aquel que sale de la gasificación tradicional y es muy apta para la metanización; la característica exotérmica de la reacción de absorción de CO<sub>2</sub> permite efectuar la gasificación con aire en vez de emplear oxígeno. Naturalmente la necesidad de regenerar el óxido calcinando

el carbono pesa muy poco sobre el rendimiento energético de la operación, y en línea teórica podría ser una operación sin costos: el óxido absorbe  $\text{CO}_2$  desarrollando calor bajo los  $900^\circ\text{C}$  y restituye  $\text{CO}_2$  absorbiendo calor más allá de tal temperatura. La limitación a  $900^\circ\text{C}$  de la temperatura de gasificación es sin embargo una circunstancia desfavorable dado que no todos los carbones pueden ser gasificados a temperatura tan baja.

-Procedimiento HYDRANE, americano. Es activamente estudiado pero todavía no ha logrado el estado de implante piloto. Debería realizar gasificación y metanización en un solo reactor.

-Procedimiento MOLTEN CARBONANTE, americano; revolucionario, pero todavía el estado de propuesta, prevee la gasificación en baño de carbonato de sodio fundido. De la misma forma se encuentra el estado de propuesta el procedimiento ATGAS, que prevee la introducción del carbón en un baño de hierro fundido, a  $1400^\circ\text{C}$ , en el cual vendrían también inyectados el oxígeno y el vapor de agua para hacerlos reaccionar con el carbón disuelto. Este último método permitiría obtener un gas completamente sin azufre, dado que este elemento quedaría en las escorias.

-Procedimiento BATTELLE-UNION CARIBE. Está aún en fase experimental; la diferencia de los otros métodos de gasificación está en el hecho que el calor necesario para la reacción está producido en un quemador separado y transferido al reactor de gasificación por medio de las cenizas aglomeradas a alta temperatura, el gas caliente que sale del quemador es utilizado para producir vapor y para accionar una turbina a gas. Una de las ventajas particulares del procedimiento está dado por el muy bajo contenido de partículas salidas del gas combustible obtenido.

- Procedimiento MULTIPLE CATALYSE FLUIDIZED REACTOR. Es un procedimiento americano, todavía en estudio, que prevee la mezcla de catalizadores al carbón para obtener directa-



- Procedimiento GARRET. Es un procedimiento de gasificación rápido, todavía en estudio, prevee el empleo de aire al puesto de oxígeno, y una pirólisis rapidísima del carbón, que evita el craking de los hidrocarburos.

- Procedimiento STONE Y WEBSTER. Es un procedimiento todavía al estado de propuesta, que prevee el recurso a la energía nuclear para la obtención del calor necesario para la gasificación. La misma idea está siendo perseguida también por equipos de investigación alemanes y Japoneses, y parece tener buenas perspectivas.

- Procedimiento SYMTHOIL; es un procedimiento de hidrogenación catalítica del carbón en un reactor de cama fluidizada, estudiado por el U.S.B.M. para obtener hidrocarburos con alta ley de azufre; existe al estado de pequeño implante piloto (1.5 t/día), y está prevista la próxima realización de un implante piloto de tamaño grande. Hay que notar que en el campo de la síntesis de los hidrocarburos líquidos la mayor razón de los americanos parece ser más bien, la utilización de los carbones con alta ley de azufre, que la falta de hidrocarburos líquidos naturales, a la cual parece se han convencidos obviar recurriendo masivamente a los esquistos bituminosos.

- Procedimiento COED. Está en el estado de implante piloto desde el 1970; realiza la gasificación por medio de pirólisis en 4 estados, en reactores de cama fluidizada, después sigue un estado final de hidrogenación, que da una mezcla de hidrocarburos gaseosos y líquidos por sujetar a craking. El calor necesario es dado por la combustión de coque residual, desde el cual se obtiene también un gas con bajo poder calorífico.

- Procedimiento SOLVENT REFINED COAL. Es un procedimiento de desazufración del carbón que da un combustible líquido - (en cantidades pequeñas) a lado de un combustible sólido desazufrado y con pocas cenizas. El carbón pulverizado (bajo

presión de una atmósfera de hidrógeno) es disuelto por un solvente a base de hidrocarburos, en el cual pasa el azufre contenido. Se recupera después mediante destilación el solvente, desde el cual el azufre es eliminado como  $H_2S$ . También los otros hidrocarburos líquidos contenidos en el carbón, los fenolos, etc. son recuperados por el solvente, que es reciclado. La mayor parte del carbón, en cambio se transforma en un pez, líquido a alta temperatura, que es filtrado, hecho solidificar y empleada como combustible sólido. Un pequeño implante piloto está ya en función para evaluar las posibilidades del método.

- Procedimiento H COAL. Es un procedimiento que se pone sobre las huellas del clásico Bergius, preveyendo la hidrogenación del carbón pulverizado mezclado con hidrocarburos líquidos. Conceptos parecidos inspiran el procedimiento - Consol que ha sido abandonado hace algunos años cuando había logrado el estado de implante piloto y ahora es objeto de nuevas atenciones, el procedimiento UOP, al estado de implante piloto desde el 1972, y el procedimiento GULF, en fase de estudio.

Además hay que recordar que la idea de la gasificación subterránea, perseguida por innumerables investigadores - desde el tiempo de su primer ilustre abogado, Mendeleiev, hasta hoy, es para nada abandonada. También en este campo son muy activos los norteamericanos, pero todavía más activos son los rusos, los cuales aunque solo en fase experimental, producen 1000 millares de metros cúbicos de gas desde la gasificación subterránea, cada año, relativamente escasos en cambio, después de un período de notable interés expirado hace unos años, son las contribuciones de la Europa occidental.

Los mayores esfuerzos de los experimentadores están dedicados a transferencia hacia el campo del carbón de muchos

conocimientos de la industria petrolera, parece en efecto que haya sido abandonada la idea de una explotación por gasificación que no prevea el acceso al yacimiento por medio de sondeo, y la modificación artificial de la permeabilidad del yacimiento puede efectuarse con el aporte de técnicas e laboradas a su tiempo para aumentar la recuperación de hidrocarburos en los campos petroleros. No se ha tenido todavía noticia de resultados verdaderamente satisfactorios en escala industrial. Además el rendimiento de energía con el procedimiento parece destinado a quedarse bastante bajo, es por lo tanto en tiempos en los cuales ya se habla de la disminución de las reservas de carbon bueno, parece razonable preveer que la gasificación subterránea sea destinada a quedar por mucho tiempo aún, una técnica de repliegue, a la cual ~~deben recurrirse~~ para la explotación de yacimientos de otra manera no explotables.

Es difícil hacer previsiones sobre el tiempo que necesitará el carbón para regresar a aquellas posiciones de casi absoluta dominación en el campo de los combustibles que tenía un tiempo. Las previsiones americanas son de una gradual afirmación del gas sintético, no pero a breves tiempos: para el 1985 se prevee que serán operantes en los USA, como dicho, 16 implantes, la mayor parte utilizantes el procedimiento Lurgi o procedimientos similares, que cubrirán el 7% del consumo de gas combustible del país, a la vez que para el 1990 se prevee que estarán en funcionamiento alrededor de cuarenta grandes implantes. Aún más inseguras son las previsiones sobre los tiempos necesarios para que se llegue a una maciza producción de hidrocarburos líquidos de síntesis, pero se puede estar seguro que el aceite de esquisto y el aceite de síntesis prevalecerán sobre el petróleo natural antes del fin de siglo, y es también probable que un nuevo carburante de síntesis obtenible del carbón, el alcohol metílico (que ya tuvo aplicaciones en el pasado) se ponga alado de los hidrocarburos.