

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente.... Excmo. Sr. D. Eduardo López Navarro, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Srs. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Toribio Cáceres, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero de Caminos del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

APLICACIÓN DE LOS LIGNITOS DE TERUEL

A LA PRODUCCIÓN DE VAPOR (1)

Los carbones de Teruel han tenido el privilegio de que de ellos se haya dicho que sirven para todo y que no sirven para nada; y lo mismo la afirmación que la negación nos parecen vacías de sentido, de puro absolutas. Los carbones de Teruel *pueden servir* para muchas cosas, si se los emplea convenientemente, y darán malísimos resultados, si se los emplea mal, exactamente lo mismo que ocurriría con el máspreciado carbón del mundo.

Además de esta distinción, tan sencilla y tan natural, pero olvidada por algunos, conviene tener en cuenta otra, y es la de que una cosa es la imposibilidad técnica (dentro de los medios actuales de la industria) y otra la falta de conveniencia económica. Lo que hoy por hoy sea imposible en América, ó en Inglaterra, ó en Bilbao, lo será también en Teruel; pero acaso algo que «no tenga cuenta» hacer en cualquiera de esos sitios, resulte beneficioso en Teruel ó sabe Dios dónde.

Casi todos los fines que la industria realiza con el carbón por excelencia, con las hullas, pueden realizarse también con los lignitos; pero no siempre la conveniencia económica acompañará a la posibilidad. El empleo de los combustibles secundarios podrá alcanzar la máxima amplitud allí en donde sea posible obtenerlos baratos y las hullas sean caras. Este es, precisamente, el caso de cerca de la mitad oriental de España.

Los lignitos de Teruel, y señaladamente los de Utrillas, pueden emplearse *en estado natural* en la calefacción doméstica y en la producción de vapor. Se les achacó el defecto de producir un malísimo olor á causa de la proporción de azufre que contienen; pero, en primer lugar, ya hemos visto que esa proporción no es exagerada y, en definitiva, *se han empleado ya* desde hace años y se están empleando en media provincia de Teruel y en algunos puntos de la de Zaragoza, y hasta ahora (sin que esto quiera decir que los carbones turolenses, ni ningún otro carbón mineral del mundo, huelan á ámbar precisamente) los que los emplean á diario no han tropezado con ese gravísimo inconveniente que han encontrado los que no los emplean.

Con tiro suficiente, los hornillos y caloríferos alimentados con carbón de Utrillas no despiden olor alguno. Si los gases, producto de una combustión incompleta, se han de extender por el local, todos los carbones minerales darán malísimo olor.

En cuanto á la producción de vapor, no ha faltado en España quien diga que los lignitos, por el hecho de serlo, tienen tan graves inconvenientes que, en definitiva, no son aptos para su empleo en las calderas. Sólo en un momento de distracción puede concebirse que una persona verdaderamente versada en estos asuntos haga tal aserto. No hay imposibilidad especí-

fica alguna; no hay siquiera ninguna dificultad grave; hay sola y exclusivamente una cuestión de rendimiento. Todas las generalizaciones del mundo, por muy razonadas y por muy nutridas de doctrina que parezcan á primera vista, no bastarán jamás para sustituir *à priori* á la resolución práctica del siguiente problema concreto, en el que se compendia y resume toda la cuestión: ¿cuántos kilos de un lignito determinado es preciso quemar, en condiciones determinadas también, para producir el mismo efecto útil que con la combustión de 1.000 kilos de una hulla de valor conocido? Todo lo que no sea acometer de frente este problema, podrá ser muy brillante, pero no probará absolutamente nada. En cambio, conocido que sea ese número de kilos, una sencilla proporción dará el valor del lignito para la producción del vapor *en las condiciones del problema* (1).

Los lignitos de Utrillas, por ejemplo, tienen, en números redondos, 5.700 calorías. Si admitimos que las hullas españolas que se queman en el interior de la Península tienen, por término medio, 6.500, y suponemos que las hullas extranjeras quemadas en el litoral de Levante tienen 7.200 (2), el valor de los lignitos de Utrillas para la producción de vapor sería el 87 por 100 de las primeras y el 78 por 100 de las segundas, siempre que los lignitos y las hullas se quemaran, respectivamente, en aparatos y en forma adecuados para aprovechar de unos y de otros el mismo tanto por ciento de su energía calorífica disponible.

Esto es de una evidencia absoluta y de una sencillez extrema. Se ha negado, sin embargo, que en la práctica pueda conseguirse una relación de rendimientos que no sea mucho más desfavorable para los lignitos, comparados con las hullas, que la relación de las potencias caloríficas. Esto equivale á decir que *no es posible* aprovechar un tanto por ciento de la energía contenida en los lignitos que se aproxime siquiera al que se aprovecha en las hullas, y esta negociación, establecida muchas veces, pero ninguna demostrada, es completamente gratuita. El error nace de hacer la comparación suponiendo implícitamente que las hullas y los lignitos se quemen del mismo modo y no cada uno de la manera más adecuada.

Los trabajos de Sirk, que por cierto no son de ahora ni se hicieron tampoco pensando en los lignitos de Teruel, han dejado establecido de un modo general que los carbones inferiores pueden ser quemados con una intensidad de combustión igual á la de los carbones de mejor calidad. Téngase en cuenta que Sirk llegó á

$$(1) \quad V_L = \frac{1.000}{X} V_H,$$

siendo V_L el valor del lignito, V_H el valor conocido de la hulla y X el número de kilos del primer combustible que producen igual efecto útil que 1.000 de la segunda. La estimación comercial dependerá principalmente de ese valor calculado, concurriendo además algunas circunstancias modificativas, tales como la facilidad y seguridad de los aprovisionamientos, la facilidad del almacenaje, las mermas en los transportes y manipulaciones, el mayor ó menor trabajo ocasionado á los fogueros, etc. etc., todas las cuales no pueden reducirse á números exactamente, pero cuya resultante, aunque de valor absoluto pequeño, no es aventurado anticipar que ha de ser favorable á los lignitos de Utrillas.

(2) Algunas pasan; pero la generalidad no llegan. No todos los fabricantes se permiten el lujo de consumir Cardiff de primera calidad, y ni siquiera todos los que dicen consumirlo pueden estar muy seguros de ello.

(1) De la obra *Estudios sobre los carbones de Teruel*.

este resultado sin emplear para cada clase de carbón un hogar especial, sino sólo teniendo cuenta y medida, con toda escrupulosidad, de las cantidades de aire introducidas en el hogar en cada caso.

Por muchas y muy complicadas que sean las reacciones secundarias y los fenómenos físicos de todo género que ocurran durante la combustión de un carbón inferior muy cargado de materias volátiles, siempre resultará, en definitiva, que la cantidad de calor utilizada en el hogar se medirá por la que represente el combustible introducido, menos la que corresponda á las pérdidas. Para dejar verdaderamente establecido que los lignitos cuya potencia calorífica sea, por ejemplo, 0,80 de la de una hulla, *no pueden* dar en la producción de vapor, sino un rendimiento mucho menor del 80 por 100 del de aquella, sería preciso demostrar que las pérdidas tienen que ser forzosamente mayores, proporcionalmente, en la combustión de los lignitos que en la de las hullas, aun cuando se quemen aquéllos en las mejores condiciones imaginables. Esta demostración es la que no hemos encontrado en ninguna parte, y la que nos parece ha de ser difícil de hacer.

Con relación á los hogares industriales, suelen considerarse tres órdenes de pérdidas de calor: pérdidas por radiación; pérdidas por combustión incompleta de carbón y de pérdidas por los gases de la chimenea.

Siendo la potencia pirométrica absoluta de los lignitos menor que la de las hullas, no hay motivo alguno para que las pérdidas por radiación sean proporcionalmente mayores con los primeros que con las segundas, si el hogar está convenientemente acondicionado. En cuanto á las pérdidas por combustión incompleta de carbón, no sólo no tienen desventaja los lignitos, sino que, al contrario, los de Utrillas muy especialmente, tienen una ventaja positiva y grande sobre la generalidad de las hullas. Con algunas de éstas, la cantidad de combustible no quemado, es decir, la que cae en el cenicero, llega en ocasiones y aun pasa del 10 por 100. Con los lignitos de Utrillas, de gran capacidad, que no se aglomeran en la parrilla, que no producen escorias y que dan cenizas completamente sueltas y limpias, no se concibe que pueda llegarse á pérdidas tan grandes, y en la práctica será posible con un poco de cuidado, acercarse mucho á una combustión casi completa.

Con esto llegamos al punto más importante: la pérdida por los gases de la chimenea, de tanta importancia que *para un mismo carbón*, según sea el exceso de aire, puede variar esa pérdida del 12 al 50 por 100.

Los lignitos necesitan para su combustión completa una cantidad de oxígeno, y, por consiguiente, una cantidad de aire bastante menor que las hullas; pero ni éstas ni éstos han podido hasta ahora, en la práctica industrial, ser quemados completamente sin exceso de aire, con lo cual se aumenta la cantidad de gases que salen de la chimenea, y, por consiguiente, la cantidad de calor perdida por ellos. A igualdad de exceso de aire, las pérdidas por los gases de la chimenea son, por lo general, un tanto más fuertes para los combustibles inferiores que para los superiores, pero la diferencia es tan pequeña, que apenas si merece ser tenida en cuenta. Para excesos de aire comprendidos entre vez y media y dos veces y media la cantidad teóricamente necesaria; la diferencia entre las pérdidas de los combustibles ricos y los combustibles pobres en carbono, es sólo de 2 á 3 por 100 de la potencia calorífica respectiva.

Lo difícil es quemar completamente los combustibles inferiores sin un mayor exceso de aire que el que puede bastar para las hullas. Esto no puede conseguirse en absoluto si se trata de quemar los lignitos en los mismos hogares que aquéllas; pero no es imposible anular la diferencia, ó por lo menos, reducirla á un mínimo despreciable, si la instalación es adecuada.

En resumen, si la combustión se hace en un hogar convenientemente dispuesto, *es perfectamente posible* emplear los lignitos de Utrillas en la producción de vapor utilizando de su potencia calorífica un tanto por ciento no menor que el que se apro-

vecha de la generalidad de las hullas y, en ocasiones, mayor que el de algunas de ellas; en un hogar ordinario y con sólo cuidar bien del espesor del combustible en la parrilla y de la entrada de aire, *es posible* acercarse al coeficiente de aprovechamiento del caso anterior, hasta que la diferencia sea tan pequeña que pueda despreciarse en la práctica. Para compensar con sobra esas pequeñas diferencias que pueden resultar por razón de la pérdida por los gases de la chimenea, tienen los lignitos de Utrillas la ventaja de que con ellos no se llegará nunca, en una buena práctica, á la proporción de carbón no quemado que dan muchas hullas.

Nos hemos extendido en estas consideraciones, porque la tesis de que los lignitos no pueden servir industrialmente para producción de vapor ha circulado mucho exornada con firmas de prestigio; de ahí que no sea ocioso dejar establecido que *pueden servir* también como la mejor hulla, proporcionalmente, desde luego, á su diferente poder calorífico.

Sin embargo, aunque esto es así, el camino más derecho para averiguar el valor de un combustible es el de la experiencia. Esto mismo se les pudo ocurrir á todos, los mismo que á nosotros, y de hecho se ocurrió á muchos.

A mediados del siglo XIX se hicieron pruebas industriales en algunas fábricas de Cataluña, y acerca de sus resultados dijo Martínez Alcibar:

«El Cardiff puro excede á estos carbones en fuerza calorífica en 1/4 ó 1/5 empleados ambos combustibles en los aparatos preparados para la combustión de la hulla inglesa, porque esta es la diferencia que ha resultado de los ensayos hechos en grande en las fábricas de Barcelona. Si el carbón de Utrillas se ensayara en grande en hogares ó aparatos apropiados, la diferencia con el Cardiff no sería tan notable, y desde luego se puede asegurar que no se necesitarán más de cinco quintales de carbón de Utrillas para producir el mismo efecto que cuatro quintales del mejor carbón inglés».

Posteriormente se ha hecho un gran número de ensayos industriales, de los que damos noticia en la nota E del final, reproducción casi íntegra de otra publicada hace algún tiempo. Consignaremos aquí el dato de que en las pruebas de consumo hechas durante varios días seguidos en las fábricas de los señores Portabella y Compañía, Marqués de Santa Isabel, D. José Salvat, D. José Ventalló, Société Lainière, Barcelonaise, Brosa, Masó y Compañía y Coll Hermanos, para producir el mismo efecto que con 1.000 kilos de carbón de Cardiff, hubo que quemar de 1.216 á 1.260 kilos de lignito de Utrillas y, como promedio, 1.227 kilos, lo cual equivale á decir que el rendimiento varió del 79,34 por 100 al 82,24 por 100 del de la buena hulla inglesa, y que por término medio fué de 81,45 por 100.

Es de observar que esta relación entre los rendimientos prácticos viene á ser casi la misma que la de los poderes caloríficos. Si la razón la declara infundada, la comprobación experimental no deja muy bien parada la teoría de que el poder calorífico de los lignitos, además de ser menor, no puede tampoco ser tan completamente aprovechado como lo es el de las hullas.

Todavía son más significativos los resultados de los ensayos comparativos de vaporización hechos en las fábricas de D. José Ventalló Nogués, de la Société Lainière Barcelonaise y de los Sres. Coll Hermanos. De esos ensayos resulta como promedio que el poder de vaporización de los lignitos de Utrillas es el 85,97 por 100 del de la hulla de Cardiff. Esta vez la relación de los rendimientos no sólo iguala, sino que es mucho más favorable que la relación de los poderes caloríficos. En la nota que reproducimos al final se decía que la diferencia quedaba explicada atendiendo á que las pruebas de consumo se hicieron en circunstancias ventajosas para el carbón inglés y desfavorables para el de Utrillas, mientras que en los ensayos comparativos de vaporización hubo mayor igualdad de condiciones; pero acaso fuera mejor explicación todavía la de que es tanto lo que suele perderse al quemar las hullas, que es posible obtener con un carbón notoriamente inferior, pero de combustión fácil y em-

pleado con algún tino, resultados muy poco inferiores a los de aquéllas (1).

Resulta, pues, en definitiva, que en los hogares ordinarios los lignitos de Utrillas dan industrialmente, en la producción de vapor, rendimientos que oscilan entre el 75 y el 85 por 100 de los rendimientos de las hullas, según la calidad de éstas y las condiciones de la experiencia; y, por consiguiente, esos lignitos podrán tener mercado abundante para esa aplicación allí donde su precio sea menor que el 75 ó el 85 por 100, según los casos, del precio de las hullas. Lo cual quiere decir que una vez terminados los ferrocarriles que están en vías de construirse y á poco que de aquí á entonces progrese el consumo de combustibles en España, podrán encontrar mercado anualmente en la mitad oriental de la Península un millón de toneladas, poco más ó menos, con destino á los generadores de vapor. Los progresos de los motores de gas podrán llegar á disminuir esa cantidad, pero en cambio, el consumo en los gasógenos crecerá mucho más, y en definitiva, el consumo total sería mayor. Precisamente en la producción de los llamados gases pobres es en donde los lignitos de Teruel tienen una de sus más seguras esperanzas de porvenir industrial, como veremos luego.

ANTONIO GASCÓN.

CAMINOS VECINALES

RELACIÓN DE LOS CONTRATADOS CON LAS DIPUTACIONES PROVINCIALES

Granada.

De Moraleda á la estación de Tocan.
De Monteguiar á Guardahortuna.
De Torre Cardela á la estación de Pedro Martínez.
De Mochín á Puerto Lope.
De Diezma á Darro.
De Motril al Varadero.
De Motril á la Garnatilla.
De Vélez Bencendalla á Guajar.
De Puebla Don Fadrique á María.
De Castillejar á Orce.
De Huéscar á Castril.
De Benamaurel á Cullar Baza.
De Freila á «Cuesta Blanca».
De Polopos al trozo del Lino.
De Rubite á la carretera de Tablete á Albuñol.
De Albondon á la Venta del Tarugo.
De Menachil á Huétor Vega.
De Cadriar á Ugijar.
De Murtas á Turen.
De Albuñuelas á Restabol.
De Chanchica á la estación de Ricos Puente.
De la carretera provincial de Granada á la de Vilches á Almería á la de Bailén á Málaga.

(1) Hasta tal punto es cierto esto, que no nos extrañaría que un lignito diera alguna vez mayor rendimiento que otros carbones de mayor potencia; y recurriendo á los hogares especiales, ya se sabe que es posible obtener con residuos de po o valor resultados mucho más favorables que los que logran con la hulla mejor y mas granada muchos fabricantes. Si éstos supieran que un gran número de circunstancias, tales como las proporciones del hogar, la disposición de las parrillas, el manejo de los registros, la temperatura y estado higrométrico del aire, etc., etc., pueden determinar, cada una por separado, y juntas muchísimo más, un aumento en el consumo de carbón tan grande y á veces mayor que el que corresponde á la diferencia entre el poder calorífico de los lignitos de Utrillas y el de gran parte de las hullas empleadas en la Península, no se hubiera dado tanto valor á la filiación de los carbones ni, probablemente, hubieran estado sin explotar tantos años los lignitos de Teruel.

Un minero viejo de Utrillas decía cuando le preguntaban si el carbón del país era hulla ó lignito:

«Es una cosa negra que arde, que calienta y que me la pagan.»

No sabemos que nadie haya dicho cosa más verdadera, más clara y más práctica acerca del asunto.

De puente del Blanqueo en la provincial de Guejas Sierra á Quantur.

De Gor á la carretera de Murcia á Granada.

De Graena á Purullena.

De Motril á Lobres.

De Narilla á Berchules.

De los Olivares á la estación de Pinos Puente.

De Bailén á Málaga á la estación de Río Frio.

De Venta Nueva á la estación de Huétor Tajar.

De Torrecilla á Masarena.

Palencia.

De Revenga á Arconada por Villovieco.

De Molgar de Fernamental á Ventosa por San Llorente, Naveros y Olmos de Pisuegra.

De Baltanás á población de Cerrato y carretera de Esquivillas por Castrillo de Quiso Bertavillo y Alba de Cerrato.

De Urbaneja en la carretera de Palencia á Tinamayor á los Redondos por Tremalla.

De Gozón á Membrillar por Postillejo, Vega de Doña Olimpa, Villanueva y Renedo.

De Herrera de Valdecañas á la carretera de San Isidro de Dueñas á Burgos.

De Fuentes de Nava á Capillas por Castromocho.

De Paredes de Nava á camino de los Condes por Cardenosa, Villa nueva de la Cueva y Torre de los Molinos.

De Cervera á Ravanal de las Llantas por Ventanilla y San Martín de los Herreros.

De Cervera á Ruesga.

De Bascones de Ojeda á Sotobañado por Revilla de Collazos.

De Baltanás á la estación de Quintana del Puente por Valdecañas y Herrera de Valdecañas.

De Saldaña á Acera por San Martín del Obispo, Villaluenga, Santa Olaja y Barrios de la Vega y Vilosilla.

De Quintanadiez de la Vega á Paredes de Nava por Pedrosa, Bustillo de la Vega, Lagunilla, San Llorente del Páramo, Cervatos de la Cueva y Villanueva del Rebollar.

De Valdecañas á Palenzuela, Sección de Villakan de Palenzuela á la carretera de Carrión á Lerma.

De Villaumbrales á la carretera de Palencia á Tinamayor y Puente sobre el Canal de Castilla.

Salamanca.

De Alba á Ejeme.

De Ejeme á Galisancho.

De Galisancho á Galinduste.

De Galinduste á Pelayos.

De Puerto de Béjar (estación del ferrocarril del O.), á Lagunilla por Penacaballera y el Cerro.

De Santibáñez de Béjar (carretera de Avila á Béjar), por Cabeza de Béjar á Fuentes de Béjar, estación del ferrocarril.

De la carretera de Béjar á Avila por Navacarros á Candelario.

Desde el puente de Cantarranas á Serradilla del Arroyo, pasando Zamora y Atalaya.

De Alameda á Ciudad Rodrigo hasta la dehesa de Palacios, pasando por Gallegos de Argañón.

De Ledesma á Barbadillo, por Golpejas á Rollán.

De los baños de Ledesma al camino anterior, tocando en Espino ó en Muchachos.

De Santibáñez de la Sierra al término de los Santos.

De Villanueva á la carretera de Béjar á Sequeros.

De Linares á Escorial, camino de Tamames.

De Tamames á Tejeda, camino de Linares.

De Miranda á la carretera de Béjar á Sequeros.

De Casinto á Zarzoso, en el camino de la Alberca á Tamames.

De Vitigudino á Bogujo por Yecla enlace con el ferrocarril de Portugal.

De la carretera de Salamanca á Fregeneda, pasando por el puente de Resvala y Saldeana á Barruscoopardo.

De Cantalapiedra á Peñaranda y Macotera, sin incluir la sección de Aldeaseca á Peñaranda por hallarse construida.

De Aldeatejada á Veguilla por Mora de la Sierra.