

está distribuido el aire. A la altura de unos 30 centímetros sobre el suelo el horno está rodeado de un canal en forma de herradura, que desemboca á cada lado de la puerta *t* en *o'* y *o''*: el aire que entra por esas aberturas se reparte en nueve canales trasversales *o, o...* y penetra en el horno. La puerta *t* cierra casi por completo la boca del horno. Las partes huecas *s, s* se llenan con cuerpos malos conductores del calor. La carga de 1 á 1 y 1/4 metros cúbicos de hulla menuda queda carbonizada en ese horno en el espacio de 30 á 40 horas.

De los hornos de cok de moderna construcción en que se queman los gases, que se exhalan durante la carbonización para aplicar el calor puesto en libertad á la carbonización misma, debemos citar en primera línea el de los hermanos *Appolt*. El primer horno de ese género se construyó (1855) en San Avold (Lorena). Por tres puntos se distingue de los que hemos descrito: tiene la forma de un tubo vertical, que se calienta por fuera, y conforme hemos hecho notar, la calefacción sólo se efectúa con gases y vapores que se desprende delante la carbonización y que se encienden. La figura 20 muestra un corte vertical de ese horno, y la figura 21 un corte horizontal en sentido de la línea 1-2. Para que el calor penetre más fácilmente en los cubos *aa*, éstos son de sección rectangular (45 centímetros y 1'24 metro por 4 metros de profundidad); y para utilizar mejor el calor se reúnen en un macizo comun 12 hornos. Los cubos cuyas paredes están separadas por espacios vacíos, *b*, están trabados entre sí, y con el resto de la obra de albañilería por medio de fuertes ladrillos los espacios huecos también comunican entre sí. Cada cubo tiene dos aberturas, una superior por donde se mete la hulla, y otra inferior, cerrada con una puerta de charnela, y por donde se da salida al cok. En la parte baja de la porción lateral de los cubos hay hendeduras *e, e* practicadas entre los la-

drillos, por las cuales escapan los gases y vapores que en los espacios huecos arden con el concurso del aire, cuya penetración se efectúa por *f, f*. El calor que resulta de esa combustión carboniza el carbon contenido en los cubos. Los gases quemados escapan por las canales *g y h*. El tiro se regula con las trampillas ó registros *R, R*. Los canales *g* desembocan en un conducto horizontal *i* y los canales *h* en otro conducto *j*. Ambos conductos *i* y *j* se reúnen en la chimenea *k*. La parte superior de los cubos se halla estrechada por medio de ladrillos (figura 20), de manera que sólo queda una estrecha abertura que se cierra con una tapa de hierro colado. Esa tapa está provista en su centro de un tubo por donde puede escapar una parte de los productos de la destilación. Una vía férrea, instalada encima de los cubos, recibe el vagón en que se llevan cada vez que debe cargarse el horno 1.250 kilogramos de hulla. Debajo de los cubos se dejan en la obra de albañilería dos canales *u* en que se empujan sobre rails los vagones que deben recibir el cok. Para poner en actividad el horno se enciende un fuego de leña en los cubos echando aceite por encima. El interior del horno se calienta muy pronto con la combustión de los gases que se exhalan de los cubos por las hendeduras *e*. Cuando el horno alcanza una temperatura suficiente para producir la descomposición de la hulla y la combustión de los productos volátiles, se carga uno de los cubos con 1.250 kilogramos de carbon cerrando herméticamente su abertura superior con la tapa y lúten. Dos horas después se repite la misma operación en otro cubo; y así sucesivamente hasta que en las 24 horas se hayan cargado uno tras otro los doce hornos. Al cabo de ese tiempo la carbonización de la hulla queda terminada en el primer cubo y se procede á la extracción del cok. Después se vuelve á cargar el horno, etc. A las dos horas el segundo cubo se vacía de la

misma manera y se vuelve á cargar, y así sucesivamente.

Los gastos de instalación de los hornos *Appolt* son bastante crecidos, pues llegan hasta unas 15 mil pesetas, en tanto que los hornos simples ordinarios sólo cuestan de 1.800 á 3.000 pesetas; pero en cambio dan al día 12.000 kilogramos de cok; y como no producen desechos, procuran de 66 á 67 por ciento de cok con carbones (de Duttweiler), que en hornos horizontales darían á lo sumo el 61 por ciento. Tienen, sin embargo, un defecto, recibiendo los cubos del medio más calor que los que se encuentran hacia el exterior, resulta que con el mismo carbon dan un cok mucho más denso, lo cual puede ofrecer inconvenientes cuando se utiliza el cok en las operaciones metalúrgicas.

De los otros dispositivos en que los gases y vapores que se exhalan, sirven para la carbonización misma, mencionaremos de una manera sucinta los siguientes: El horno de *Marsilly* tiene una bóveda taladrada; pero los gases y vapores de la hulla pueden exhalarse por un canal practicado en la parte inferior; así circulan por debajo del suelo y lo calientan al arder. El horno de *Jones* es análogo al anterior, si bien que con la diferencia de que la combustión de los gases de la hulla ocurre en parte en la capacidad donde se efectúa la carbonización. Ese dispositivo que sólo conviene para las hullas muy magras, no impide que una porción de cok arda, pero apresura mucho el curso de la carbonización, porque el aire atmosférico penetra en el horno después de calentarse. Los hornos de cok de *Frommont* y *Gendebien* están contruidos según el principio de los hornos de doble emparrillado. Los hornos de *Frommont* usados desde algunos años en Bélgica, Saarbrück y Westfalia, son hornos de pisos acoplados dos á dos. Los gases que se desarrollan en los pisos inferiores pasan por canales á los superiores; allí se mezclan con los productos volátiles de estos últimos

pisos y por conductos van por debajo del suelo de los hornos inferiores á otros conductos que recorren sucesivamente en ambos sentidos; y al dejar el suelo pasan por canales practicados en las paredes donde dan varias vueltas hasta que por fin llegan á la chimenea. El dispositivo de *Gendebien* no se diferencia del precedente sino porque cada horno superior se halla en medio de dos hornos inferiores que lo sostienen: se emplea especialmente en la región del Sambre. En los dos sistemas anteriores los hornos están superpuestos, mientras que en el de *Smet* están los unos al lado de otros, lo cual permite utilizar de una manera más completa los gases combustibles.

El horno de cok de *Dubochet* tiene una forma muy particular: fué construido por el ingeniero *Pauwels* (1851) en la fábrica del gas de *Dubochet*, y antes de inventarse los hornos de *Appolt* se empleaba mucho en Alemania, mayormente en las fábricas de cok de la cuenca del Saar. El horno de *Pauwels* y *Dubochet* está dispuesto de modo que forma un ángulo muy inclinado, y se compone de dos partes ó cámaras adosadas una á otra y encorvadas según un arco de 45 metros de radio. Esas dos cámaras están separadas por una puerta. La sección superior es la cámara de carbonización propiamente dicha, y los gases que en ella se forman van dirigidos hacia abajo y se queman completamente por medio del aire que se introduce por orificios particulares; esa combustión produce el calor necesario para la carbonización. Cuando ésta ha terminado, el cok cae en la parte baja del horno en la cámara del enfriamiento, de donde se saca cuando ya no está caliente. Antes que lleguen los gases de la combustión de la chimenea, se conducen por debajo de una caldera que suministra el vapor necesario para la preparación preliminar de la hulla.

Como se ha dicho, el horno de cok de *Knab* ha llamado mucho la atención estos

últimos años. En vez de emplear para la calefaccion, como *Appolt*, inmediatamente á su salida, los gases procedentes de la carbonizacion, *Knab* despoja primero del alquitran y agua amoniacal tales gases (á cuyo fin los vapores y gases se exhalan por un canal practicado en la bóveda del horno) y de allí pasan á dos vastos cilindros de palastro llenos de cok, donde casi se condensa todo el alquitran, yendo despues á una série de tubos, de la cual pasan á recipientes llenos de agua, donde se elimina el resto del agua amoniacal y del alquitran. Los gases restantes se envian debajo, al suelo del horno, y arden en un hogar especial, á cuyo centro llega el aire necesario para la combustion. Para aspirar los gases formados en el horno, conducirlos á los condensadores y luego volverlos bajo el suelo, despues despojarlos del alquitran y amoniaco, se usan exhaustores de campana, como los que antes se empleaban en la fabricacion del gas y que todavia sirven á veces en las fábricas de papel continuo para deshidratarlo por presion atmosférica, así como en la preparacion del vinagre para eliminar el aire desoxigenado y condensar los vapores en el líquido obturador. Segun las indicaciones de *Gaultier de Claubry*, se convierten cada dia en cok en las fábricas de la *Sociedad de carbonizacion del Loira* 150 toneladas de hullas en 88 hornos. El rendimiento por 100 partes es el siguiente:

Cok grueso. . . . .	70,00
Cok menudo. . . . .	1'50
Desperdicios de cok. . . . .	2'50
Grafito. . . . .	0'50
Alquitran. . . . .	4'00
Agua amoniacal. . . . .	9'00
Gas. . . . .	10'58
Pérdida. . . . .	1'92

El cok que se obtiene en los hornos de *Knab* parece llenar todas las condiciones requeridas por los hornos de fundicion (altos hornos) y las locomotoras. Pero debemos advertir que esos favorables resultados están

poco acordes con los que dan los demás aparatos análogos, porque en general cuando se destila hulla en recipientes cerrados ú hornos, y al propio tiempo se dirige el trabajo de modo que se recoja el alquitran, los cokes obtenidos son de mediana calidad. Con el sistema de *Knab* tiene semejanza el de *Pernolet*, que tiene condensadores parecidos á los de *Benn* y *Renaud*. El horno de *Coppee*, que hemos mencionado, está actualmente muy en boga. En este dispositivo hay un macizo que contiene una série de hornos agrupados dos á dos. Las llamas de ambos hornos de un mismo grupo se exhalan por una série de agujeros practicados en la bóveda en sentido de su longitud, bajan por canales verticales y se reunen debajo del suelo del horno: allí se calientan y pasan luego bajo el suelo del horno contiguo; luego se trasladan por un canal vertical á una galeria comun que conduce directamente á la chimenea; ó primero bajo una caldera y enseguida á la chimenea. Los gases arden merced á dos corrientes de aire caliente, una de las cuales penetra en el horno y la otra en los canales verticales. La afluencia del aire está regulado por trampillas ó registros. Una corriente de aire fresco atraviesa las galerias que hay debajo de la obra de albañileria para enfriarla y resguardarla. A fin de evitar las pérdidas de calor vuelve á cubrirse la bóveda del horno con una capa de arcilla de 50 centímetros de espesor, encima de la cual se colocan ladrillos. Las dimensiones ordinarias del horno son: 9 metros de largo, 0'45 de ancho, 1'20 de alto, para una carbonizacion de 24 horas, y 0'60 de ancho con 1'70 de alto para una carbonizacion de 48 horas. La carga se efectúa por medio de tres tolvas. Las ventajas particulares del horno de *Coppee* son las siguientes: 1.º, una corta anchura y una disposicion conveniente de los canales para el tratamiento de las hullas poco grasas; 2.º, la combustion de los gases por una doble in-

troduccion de aire que impida todo desprendimiento de humo; 3.º, la reunion de todos los gases combustibles en un gran canal debajo del horno, á fin de utilizarlos para calentar las calderas: se cree que un horno puede producir una fuerza de tres ó cuatro caballos, y esa fuerza se emplea para dividir el carbon, vaciar el horno, etc.; 4.º, las galerias que tiene para enfriar y proteger la obra de albañileria.

Los cokes estraidos de los hornos ó retortas se apagan con agua ó se evaporizan despues de cubrirlos con ceniza. El primer procedimiento es el que hoy se sigue casi en todas partes, pues exige menos trabajo y espacio, y da un cok que tiene un aspecto metálico algo parecido al de la plata. La estincion con el agua presenta el inconveniente de añadir al cok una sustancia cuya eliminacion ulterior (la vaporizacion) exige gran cantidad de calor cuando arde el cok, y además los productores de poca conciencia pueden aumentar el peso del cok en perjuicio del comprador, añadiendo una cantidad de agua mayor que la necesaria para la estincion. Las tres capas principales de cok que se forman durante la carbonizacion de la hulla, no absorben el agua con idéntica avides. La capa superior que es más porosa ó esponjosa absorbe hasta el 20 por ciento de su peso de agua. La capa del medio que forma la masa principal no absorbe más que 11 á 20 por ciento, y la capa inferior 13 por ciento poco más ó menos. En promedio puede admitirse que el cok al que sólo se añade la cantidad de agua necesaria para su estincion, aumenta en un 6 por ciento de su peso. El cok vaporizado que se eche en el agua cuando está frio, absorbe un tercio menos de agua que el apagado con agua al estar encendido.

#### 8. PROPIEDADES, COMPOSICION Y EFECTO

CALORÍFICO DE LOS COKES. El cok debidamente preparado forma una masa homogénea, densa y sólida, que es difícil de romper y aplastar, no debiendo presentar cavidades demasiado grandes. El cok preparado en moles con hulla grasa ofrece una superficie apezonada, semejante á la de una coliflor, y un aspecto de metal fundido. Tiene un color gris negro ó gris de hierro y un brillo metálico mate. Un cok bueno no debe de contener más que muy corta cantidad de azufre. Como sabemos, el azufre se halla en la hulla en forma de hierro sulfurado; durante la carbonizacion una parte se destila y queda una combinacion de hierro menos sulfurado, que aun puede dar azufre, al hierro y al cobre calentados, y por tanto destruir los objetos de metal (barrotes de parrillas, calderas de vapor) ó actuar sobre el producto de la fusion.

La composicion media del cok bueno ordinario es la siguiente:

Carbono. . . . .	85 á 92 por 100.
Ceniza. . . . .	3 á 5 —
Agua higroscópica. . . . .	5 á 10 —

A causa de su densidad y de su falta de gases combustibles la combustibilidad del cok es tan exígua, que para encenderse necesita muy vivo ardor, y no puede seguir ardiendo sin el auxilio de una corriente enérgica de aire.

Segun muchísimos experimentos efectuados en las fábricas alemanas y en hornos de fundicion alimentados con aire caliente,

100 partes de cok en peso = 80 de carbon de leña.  
100 vol. de cok = 250 partes en peso de carbon de leña.

*Brix* encontró que 1 kilogramo de cok preparado con hulla de la Silesia inferior (y conteniendo 5'9 por ciento de agua y 2 1'5 por ciento de ceniza) da 7'150 kilogramos de vapor.