

ANALES

DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

SAN MARTIN 352

—

CASILLA 487

—

SANTIAGO

Sucesor

De la:

Y del:

«SOCIEDAD DE INGENIERIA» «INSTITUTO DE INGENIEROS»
Fundada el 31 de mayo de 1888 Fundado el 28 de octubre de 1888

Con Personalidad Jurídica desde el 28 de diciembre de 1900

Adherido a la USAI y a la CONFERENCIA MUNDIAL DE LA ENERGIA

AÑO LXVI • ENERO - FEBRERO DE 1953 • N.ºs 1 - 2

Comisión Editora: Raúl Sáez S. (Pde.), Arturo Quintana, Jorge del Río, Fernando Salas y Sansón Radical.

Ing. Américo Albala

Coke metalúrgico de carbones chilenos

(Trabajo presentado a la CONFERENCIA SIDERURGICA LATINO-AMERICANA, realizada en Bogotá, Colombia, en octubre-noviembre de 1952 bajo los auspicios de la COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA - CEPAL - de las Naciones Unidas)

INTRODUCCION

Uno de los primeros problemas que debieron abordarse para hacer posible la instalación de una usina de acero integrada en Chile, fué el relativo a la obtención de coque metalúrgico de carbones chilenos, apto para ser usado en el alto horno.

Las perspectivas existentes en 1943, año en que se decidió realizar un estudio a fondo sobre el particular, eran extremadamente precarias. Hasta ese año se estimaba en diversos círculos, a raíz de ciertos estudios realizados años antes, que las posibilidades de obtener coque metalúrgico de carbones chilenos eran muy desfavorables. Podría decirse aun, que una de las razones que frenaron hasta esa época las ideas de producir acero en Chile en una usina de la capacidad de producción requerida para satisfacer la demanda nacional, fué la impresión dominante respecto a la dificultad de producir coque metalúrgico en el país. Mientras tanto todo el coque metalúrgico empleado en cubilotes era de procedencia extranjera, y el único alto horno existente en el país, en Corral, provincia de Valdivia, operaba a base de carbón vegetal (Charcoal).

Planteado el problema de esta forma, se estimó en 1943 por la Corporación

de Fomento de la Producción de Chile, organismo de carácter semi-fiscal, que era preciso realizar una investigación a fondo sobre las propiedades cokificantes de los carbones chilenos con miras a su empleo en alto horno.

Sería extremadamente largo —y fuera del objetivo de este trabajo— hacer un recuento y descripción detallados de los diferentes ensayos y pruebas realizados. Trataremos, en cambio, de presentar un resumen de ellos de modo de registrar las diferentes fases de la investigación y el proceso seguido hasta su feliz éxito.

El autor desea expresar sus agradecimientos a la Cía. de Acero del Pacífico, S. A., Chile, por su autorización amplia para hacer públicos los datos que se presentan en este trabajo. Asimismo, cumple un grato deber en dejar constancia de la espléndida colaboración prestada en el curso de algunas de las fases de la investigación por Koppers Co., U. S. Bureau of Mines y The Pennsylvania State College, en Estados Unidos, y Corporación de Fomento de la Producción, Comisión de Racionamiento de Carbón, Cías. Carboníferas de Schwager y Lota y Escuela de Ingeniería Química, Universidad de Concepción, en Chile.

BREVE DESCRIPCION DE LOS CARBONES CHILENOS EMPLEADOS EN LA OBTENCION DE COKE METALURGICO

Un estudio preliminar de las disponibilidades carboníferas de Chile llevó a la conclusión de que las investigaciones debían dirigirse al conocimiento detallado de las propiedades cokificantes de los carbones de las minas de Lota y Schwager.

En efecto, por una parte, la producción de dichas minas representa más del 80% de la producción total de carbón de Chile, la que, en 1950, alcanzó a cerca de 2.000.000 T. M. Dada la magnitud de la empresa que se acometía, sólo estas minas podían proporcionar los abastecimientos en las cantidades requeridas.

Por otra parte, se trataba de carbones del tipo de la hulla, que equivale aproximadamente a la definición de carbones bituminosos de otros países. Más exactamente, se trataba de carbones clasificados como «altamente volátiles, tipo A», según la clasificación de la American Society for Testing Materials (1). Estos carbones ofrecían las posibilidades de resultados favorables, lo que no sucedía con las pequeñas minas restantes del país.

Estas otras minas producían carbones de clase («rank») inferior del tipo lignitoso o sub-bituminoso que, al ser carbonizados, dejaban un residuo no-aglomerado del tipo del semi-coke («char»). Estas minas incluían aquellas de la zona de Lirquén y Cosmito (provincia de Concepción), de las provincias de Valdivia (Pupunahue, Máfil) y Magallanes (minas Vulcano, Elena, Josefina, etc.).

Las minas de Lota y Schwager se encuentran ubicadas en la zona de Arauco, en la parte correspondiente a la provincia de Concepción. Fenner (2) ha dividido esta zona en «horizonte superior» y «horizonte inferior» y ubica los carbones de Lota y Schwager en el «horizonte inferior».

La Mina de Lota es de propiedad de la Cía. Carbonífera e Industrial de Lota y se encuentra ubicada en el pueblo de Lota, al sur de Concepción. Se explotan actualmente tres mantos o vetas, llamadas Veta Alta, Veta Chica y Veta Arriba.

La Mina de Schwager pertenece a la Cía. Carbonífera y de Fundición Schwager y está ubicada entre Lota y Concepción. Se explotan las vetas N.º 5, N.º 3 y N.º 2, aunque esta última en escala muy reducida.

Por estudios geológicos, petrográficos y químicos se estima que las Vetas N.º 5 y N.º 3 de Schwager están correlacionadas con las Vetas Alta y Arriba de Lota, respectivamente.

INVESTIGACIONES PRELIMINARES SOBRE PROPIEDADES DE LOS CARBONES CHILENOS REALIZADAS EN ESTADOS UNIDOS

La conducción de un programa de investigaciones de las propiedades de los carbones chilenos con miras a su empleo como materia prima para la obtención de coke metalúrgico implicaba el estudio de los siguientes puntos:

1. Propiedades químicas de los carbones, especialmente contenido de cenizas y azufre.
2. Propiedades plásticas de los mismos.
3. Características de lavabilidad.
4. Propiedades físicas del coke.
5. Mejoramiento de las propiedades del coke, por mezclas de los carbones chilenos con otros carbones de alto poder cokificante.

Como ya se ha expresado anteriormente, las investigaciones fueron fundamentalmente dirigidas al estudio de los carbones de Lota y Schwager.

La primera etapa de estos estudios incluye ensayos de los carbones provenientes de dichas minas, sin atender a su clasificación por mantos o vetas. Estos ensayos fueron realizados en los años 1943 y 1944. Más tarde, a partir de fines de 1944, los trabajos fueron orientados hacia el estudio de las diferentes vetas separadamente, lo que permitió un conocimiento más individualizado de estos carbones.

A fin de proporcionar una presentación sistemática que cubra —aunque esquemáticamente— el trabajo realizado, mencionaremos brevemente las experiencias iniciales que proporcionaron las informaciones preliminares requeridas.

Clasificaremos, por lo tanto, los grupos de experiencias como sigue:

I.—*Ensayos con carbones chilenos sin clasificación por vetas.*

1. Muestras de carbón Schwager y de carbón Lota ensayadas por la firma Koppers Co., Seaboard, N. J., en 1943, en el horno experimental de pared móvil. Este horno ha sido descrito por Russell (3).

2. Muestras de carbones de Schwager y Lota ensayadas en escala industrial en la planta de coke de la firma Kaiser Co., Fontana, California. Los hornos de esta planta son Koppers-Becker, tipo «underjet».

3. Muestras de carbones de Schwager y Lota ensayadas en la Estación Experimental del U. S. Bureau of Mines, Pittsburgh, Pa. en la planta piloto con tren de recuperación de sub-productos BM-AGA (Bureau of Mines-American Gas Association). Este equipo ha sido descrito en otras publicaciones (4) y los resultados han sido dados a conocer en detalle (5, 6). Esta investigación se realizó con la cooperación del Pennsylvania State College.

El objeto de estos últimos ensayos fué el de obtener datos comparativos de las propiedades cokificantes de los carbones chilenos con respecto a la gran mayoría de los carbones norteamericanos que, de acuerdo con un programa completo cooperativo entre el U. S. Bureau of Mines y la American Gas Association,

se habían ensayado en el mismo equipo. Se obtuvieron datos relativos a las propiedades y rendimientos del coque, alquitrán, gas, aceites livianos, amoníaco y productos de la destilación fraccionada del alquitrán y de los aceites livianos.

En este estudio también se hicieron ensayos completos de carbones no cokificantes de las minas de Pupunahue, Josefina y Elena.

*

* *

En cada uno de los estudios indicados en esta serie I se realizaron ensayos individuales de los carbones de Schwager y Lota, así como en mezclas con carbones norteamericanos de alto poder cokificante (Pocahontas, etc.). De todos estos estudios preliminares fué posible llegar a la conclusión de que era perfectamente factible obtener un coque metalúrgico de buena calidad en mezclas con ciertos carbones norteamericanos, como Pocahontas N.º 3, en una proporción de éstos no inferior al 20%.

Además, se logró establecer que los carbones de Lota y Schwager ofrecían gran similitud en cuanto a propiedades cokificantes, etc., con el carbón de la mina Columbia, Lower Sunnyside-bed, de Utah, que ya era empleado con éxito en la usina de Kaiser Co., en Fontana, California (7) y en Provo, Utah.

II.—*Ensayos con carbones chilenos por vetas.*

Obtenidas las conclusiones preliminares indicadas más arriba, se estimó conveniente realizar estudios más detallados sobre las propiedades de los carbones de Lota y Schwager en sus distintas vetas.

En 1944, la Corporación de Fomento de la Producción de Chile, bajo cuyo patrocinio se realizaban los estudios para la instalación de una usina integrada de acero en el país, llegó a un acuerdo con el Gobierno de Estados Unidos para el envío de una misión que presentara un informe sobre las minas de carbón de Chile y propiedades de los carbones. Esta misión quedó integrada por los ingenieros señores Albert L. Toenges y Leon W. Kelly, del U. S. Bureau of Mines, quienes prepararon un estudio de las minas de Lota y Schwager, así como de las minas de Lirquén, Pupunahue, Vulcano y Elena, a las cuales ya nos hemos referido anteriormente.

En esta oportunidad obtuvieron muestras directas del frente de trabajo («channel samples»), sin contaminaciones de techo o piso, de cada una de las vetas explotadas en dichas minas, para ser empleadas en ensayos de cokificación y de lavabilidad. Estas muestras fueron ensayadas en la Estación Experimental del U. S. Bureau of Mines, Pittsburgh, Pa., y los resultados obtenidos fueron dados a conocer en un informe especial (8).

Estos ensayos fueron los primeros realizados con muestras de vetas separadas y arrojaron resultados que orientaron en forma más precisa los trabajos de investigación sobre carbones chilenos a ser usados posteriormente en la Planta de Coke de la Compañía de Acero del Pacífico.

Entre otras, las muestras fueron obtenidas de las Vetas Alta, Chica y Arriba de la Mina Lota, y vetas Nos. 3 y 5 de la Mina Schwager.

La Tabla N.º 1 muestra los resultados de los análisis inmediato y elemental de las muestras de carbón indicadas más arriba. De dicha tabla se puede apreciar

que, desde el punto de vista del contenido de azufre, las vetas N.º 5 de Schwager y Alta y Chica de Lota ofrecían perspectivas favorables, ya que los valores eran iguales o inferior a 1%, mientras que el contenido de azufre de las vetas N.º 3 de Schwager y Arriba de Lota, con 3,3% y 4,5%, respectivamente, era demasiado alto para usos metalúrgicos. En cuanto a cenizas, se puede apreciar también el menor contenido de éstas en las vetas Alta y N.º 5.

Los ensayos de cokificación fueron realizados en el equipo piloto BM-AGA, ya mencionado anteriormente. Para no entrar en detalles del equipo y método, los que pueden encontrarse en otras publicaciones (4, 9), diremos solamente que se emplearon como retortas dos tambores de acero, uno de 33 cm. (13") y el otro de 46 cm. (18") de diámetro, y ambos de 66 cm. (26") de alto. El más chico tenía una capacidad de 38 a 48 Kgs. de carbón, y el más grande de 80 a 90 Kgs. Se emplearon muestras de 100% carbón de cada una de las vetas indicadas más arriba y en mezclas con 10% carbón Pocahontas N.º 3. Se obtuvieron también resultados completos sobre los diversos sub-productos aprovechando el tren de recuperación que formaba parte integrante del equipo.

La Tabla N.º 2 muestra los resultados obtenidos con el coke de las muestras de carbón de cada veta separadamente. El método de llevar a cabo los ensayos de caída («Shatter Test») y del tambor («Tumbler Test») corresponde al empleado por la Columbia Steel Co. (4, p. 19), que se usa para cokes de carbones de bajo poder cokificante. Es un ensayo menos severo que el indicado por la American Society for Testing Materials y, por lo tanto, permite apreciar más sensiblemente pequeñas variaciones de calidad en cokes poco resistentes. Debe agregarse que los valores que se indican sólo son comparables entre sí o con los de otros ensayos realizados bajo las mismas condiciones y con el mismo equipo.

De dicha Tabla, considerando especialmente los valores sobre 1/2" en el ensayo del tambor, se puede apreciar, en general, una mejor calidad en el coke proveniente de las vetas N.º 5 de Schwager y Alta de Lota, y en menor grado de la Veta Chica de Lota, que de las otras vetas. Vimos anteriormente de Tabla N.º 1 que, precisamente estas vetas eran también favorables con respecto al contenido de azufre, de modo que todo indicaba su selección para el futuro uso en la obtención de coke metalúrgico de carbones chilenos.

Tabla N.º 1

ANÁLISIS INMEDIATO Y ELEMENTAL DE CARBONES DE LAS VETAS NUMEROS 3 Y 5 DE MINA SCHWAGER Y VETAS ALTA, CHICA Y ARriba DE MINA LOTA

Muestras directas del Manto («Channel Samples»). Ensayos por U. S. Bureau of Mines

C A R B O N	ANÁLISIS INMEDIATO, % BASE SECA				ANÁLISIS ELEMENTAL, % BASE SECA					Poder calorífi- co, Cal Kg.	Temp. fusión Cenizas °C
	Hu- me- dad	Mat. Vol.	Car- bono Fijo	Ceni- zas	Hi- dró- geno	Car- bono	Ni- tró- geno	Oxí- geno	Azu- fre		
Schwager, Veta N.º 3.....	2,5	43,9	47,2	8,9	5,5	74,9	1,2	6,2	3,3	7.580	1.040
Schwager, Veta N.º 5.....	4,0	42,0	53,2	4,8	5,6	78,6	1,4	8,6	1,0	7.880	1.155
Lota, Veta Alta (Pique Nuevo).....	4,0	42,9	54,0	3,1	5,6	80,2	1,4	9,0	0,7	8.020	1.090
Lota, Veta Alta (Pique Grande).....	4,0	40,8	51,5	7,7	5,5	75,3	1,3	9,7	0,5	7.530	1.460
Lota, Veta Chica.....	3,9	42,6	48,8	8,6	5,3	74,4	1,3	9,4	1,0	7.490	1.130
Lota, Veta Arriba.....	2,9	44,9	46,4	8,7	5,4	72,8	1,1	7,5	4,5	7.460	1.230

Tabla N.º 2

PROPIEDADES FISICAS DEL COKE, CARBONES DE LAS VETAS NUMEROS 3 Y 5 DE MINAS SCHWAGER Y VETAS ALTA, CHICA Y ARRIBA DE MINA LOTA. MUESTRAS DIRECTAS DEL MANTO («CHANNEL SAMPLES»). ENSAYOS EN EQUIPO BM-AGA DEL U. S. BUREAU OF MINES. TEMPERATURA DE CARBONIZACION: 900º C

C A R B O N	Diám. retorta cm.	Peso espec.		Poro- sidad %	Ensayo de Caida («Shatter Test») Porcen. acum. sobre				Ensayo del Tambor («Tumbler Test») Por. acum. sobre			
		Real	Apar.		1 ½"	1"	¾"	½"	1 ½"	1"	¾"	½"
Schwager, Veta N.º 3.	33	1,98	0,74	62,6	28	55	65	81	2	20	30	50
Schwager, Veta N.º 3.	46	1,96	0,79	59,7	25	49	61	80	3	16	28	50
Schwager, Veta N.º 5.	33	1,91	0,73	61,8	27	63	75	88	5	36	52	67
Schwager, Veta N.º 5.	46	1,91	0,75	60,7	29	60	72	86	5	32	47	62
Lota, Veta Alta (Pique Nuevo)	33	1,89	0,72	61,9	35	72	82	90	5	40	56	70
Lota, Veta Alta (Pique Nuevo)	46	1,88	0,73	61,2	37	69	84	88	4	38	52	64
Lota, Veta Alta (Pique Grande)	33	1,93	0,73	62,2	22	53	67	84	3	23	41	61
Lota, Veta Alta (Pique Grande)	46	1,91	0,74	61,3	35	60	70	85	5	29	41	58
Lota, Veta Chica	33	1,94	0,73	62,4	38	69	74	86	6	35	47	56
Lota, Veta Chica	46	1,94	0,76	60,8	48	72	78	87	9	35	43	53
Lota, Veta Arriba	33	1,97	0,75	61,9	33	64	73	87	5	27	41	56
Lota, Veta Arriba	46	1,97	0,70	64,5	28	54	65	81	3	19	30	50

A fin de no abundar en detalles no se incluyen en Tabla N.º 2 los resultados de las mezclas con carbón Pocahontas N.º 3, que es del tipo de bajo contenido de materias volátiles. Podemos decir, sin embargo, que la adición de dicho carbón mejoró apreciablemente la calidad del coke. Más adelante se darán a conocer los resultados obtenidos en los laboratorios de la Cía. de Acero del Pacífico con mezclas con otros carbones norteamericanos de contenido medio de materias volátiles, que son los que se emplean actualmente en la Planta.

Además de los ensayos de cokificación ya mencionados, se emplearon las muestras en realizar ensayos de lavabilidad por el método de «float-and-sink». En capítulo separado nos referiremos en mayor detalle sobre las características de lavabilidad de los carbones de Lota y Schwager.

INVESTIGACIONES SOBRE PROPIEDADES DE LOS CARBONES CHILENOS REALIZADAS EN CHILE POR LA CIA. DE ACERO DEL PACIFICO

Las muestras tomadas por el U. S. Bureau of Mines fueron —como se ha dicho— obtenidas en ciertas partes de las diversas vetas. Como resultado del informe del Bureau of Mines, se consideró necesario continuar los estudios de cada veta separadamente en forma más extensiva, a fin de comprobar si se obtenían las mismas conclusiones en muestras representativas de toda la extensión de la veta en explotación.

Debido a la magnitud del programa que se proyectaba, se decidió instalar en Chile un moderno laboratorio de carbón con todos los elementos del caso. Este laboratorio quedó temporalmente establecido en 1947 en la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción, bajo el control y dirección de la Cía. de Acero del Pacífico, siendo posteriormente trasladado al recinto de la usina en Huachipato.

Este laboratorio de investigación de carbón permitió una mayor rapidez en los trabajos, evitándose el problema de enviar periódicamente muestras a Estados Unidos y asegurándose, además, la buena condición de las mismas debido a la cercanía del laboratorio de las minas de carbón. Por otra parte, sus instalaciones han sido empleadas también para el control de rutina de los productos de la Planta de Coke y Sub-productos.

El laboratorio dispone de un horno experimental calentado eléctricamente y es igual (10) al usado por el Illinois Geological Survey, Illinois, en Estados Unidos, con pequeñas modificaciones.

El volumen del horno es 0,3 m.³ y el ancho es 35 cm. La capacidad expresada en carbón es aproximadamente 225 Kgs.

El laboratorio cuenta, además, con todas las instalaciones del caso para análisis químicos, determinación de las propiedades físicas del coke y estudio de los sub-productos.

La Cía. de Acero del Pacífico ha realizado y continúa realizando en sus laboratorios un extenso programa de investigaciones sobre las propiedades y características de los carbones chilenos y otros. Escaparía del objetivo de este trabajo presentar una relación detallada de los ensayos efectuados, por lo cual nos referiremos a continuación a las experiencias más importantes llevadas a cabo.

I.—*Estudio sistemático de cenizas y azufre de las diferentes vetas de Lota y Schwager. Estudios de lavabilidad (ensayos de «float-and-sink»).*

A fin de conocer en detalle las características de cenizas y azufre de las vetas Nos. 3 y 5 de Schwager y Alta, Chica y Arriba, de Lota, y poder comparar o revisar las conclusiones obtenidas de las muestras tomadas por el U. S. Bureau of Mines, se decidió realizar un programa extensivo de muestreo de dichas vetas.

Para esta investigación, en el caso de las vetas N.º 3 de Schwager y Arriba de Lota, que habían arrojado resultados desfavorables en los ensayos del U. S. Bureau of Mines con respecto al alto contenido de azufre, se tomaron, cada 25 metros, muestras directas («channel») de los diferentes frentes de trabajo, excluyendo las impurezas de techo y piso. Así, se tomaron 31 y 49 muestras, respectivamente, de las vetas N.º 3 y Arriba.

En general, este estudio verificó que el alto contenido de azufre es característico de dichas vetas. En efecto, salvo el caso de algunas secciones aisladas, los valores fueron superiores a 2% y, en la mayoría de los casos, superiores a 3%.

Por los ensayos de «float-and-sink» llevados a cabo se pudo ver que el azufre de estos carbones no es susceptible de ser reducido apreciablemente por lavado debido a que forma parte inherente del carbón mismo. En otros estudios se logró establecer que este azufre es principalmente orgánico o piritas finamente divididas embebidas en el carbón.

Para las vetas Alta y Chica de Lota y N.º 5 de Schwager, que ofrecían perspectivas favorables, se decidió preparar muestras compósitas en cada una de las diferentes secciones de cada veta, incluyendo las impurezas usuales de la explotación a fin de conocer la distribución de éstas por fracciones de tamaños y estudiar, por el método de «float-and-sink», sus características generales de lavabilidad.

Se aprovechó este trabajo para enviar a Koppers Co., Seaboard, N. J., muestras para ensayos de cokificación en el horno de pared móvil (3) y al U. S. Bureau of Mines, para ensayos completos de «float-and-sink».

Los estudios en estas vetas confirmaron también los resultados anteriores

que indicaban un contenido de azufre inferior —en general— a 1%. Se pudo apreciar que dichos valores no eran afectados por el tamaño del carbón, es decir, no había mayor concentración de azufre en los tamaños menores por efecto de las impurezas extrañas al carbón finamente mezcladas con éste.

A modo de ilustración se incluyen tablas que indican algunos de los resultados obtenidos en los ensayos de lavabilidad llevados a cabo en las muestras de Veta Alta de Lota y Veta N.º 5 de Schwager, enviadas al U. S. Bureau of Mines, según se menciona más arriba.

Tablas Nos. 3 y 4 muestran los análisis de harneo con indicación del contenido de cenizas y azufre de las diversas fracciones. Tablas Nos. 5 y 6 indican los resultados de los ensayos de «float-and-sink» con pesos específicos de 1,30 a 1,70, con intervalos de 0,05 unidades entre fracción y fracción. En estas pruebas se emplearon soluciones de tetracloruro de carbono-gasolina y tetracloruro de carbono-bromoformo.

Un rápido análisis de dichas tablas arroja las siguientes conclusiones:

1. Existe un evidente aumento del contenido de cenizas a medida que disminuye el tamaño de la partícula. Las muestras compósitas tenían 10,8% para el carbón Schwager y 7,5% para el carbón Lota. Del análisis de los contenidos de cenizas según tamaños, se aprecia que sube progresivamente de 6,7% para la fracción de + 4" a 25,4% para la fracción —48 mallas, en el caso de carbón de la veta N.º 5, y de 2,8% a 45% respectivamente, en el caso de carbón de la Veta Alta.

Esto debe atribuirse a concentración de impurezas extrañas al carbón en los tamaños menores.

2. En el caso del azufre no se registra igual concentración. Para un contenido de 1,42% y 0,79% en las muestras compósitas, los valores extremos fueron de 1,39% y 1,62%, en el caso de carbón Schwager y casi sin variación en el caso de carbón Lota.

3. Los ensayos de «float-and-sink» demuestran que, desde el punto de vista de reducción de cenizas, ambos carbones son susceptibles de fácil lavado, debido a la clara separación del carbón de las impurezas. Se puede apreciar que las fracciones de peso específico intermedio entre el carbón propiamente tal (peso específico 1,30 a 1,35) y las impurezas (p. e., sobre 1,70) se encuentran en todos los casos en porcentajes muy pequeños. Esto indica que se trata de carbones sin presencia de «bone coal», que habría hecho difícil la separación.

4. La reducción de azufre por lavado no es tan favorable, pero como se trata de carbones que originalmente tenían un contenido aceptable de dicha impureza, el problema no reviste gravedad desde el punto de vista de su uso metalúrgico.

II.—Análisis químico de las cenizas de los carbones de Schwager, Veta N.º 5, y Lota, Veta Alta.

A fin de controlar la composición de la escoria en la operación del alto horno, es conveniente conocer la composición química de las cenizas del coke.

Tabla N.º 3

ANALISIS DE HARNEO Y CONTENIDO DE CENIZAS Y AZUFRE DE LAS PORCIONES (base seca)
Muestra compósita de carbón Schwager, Veta N.º 5, tal como sale del frente

T A M A Ñ O S (1)	DATOS DE CADA PORCION			DATOS ACUMULATIVOS COMPUTADOS		
	Porcentajes			Porcentajes		
	Peso	Cenizas	Azufre	Peso	Cenizas	Azufre
+ 4"	19,7	6,7	1,39	19,7	6,7	1,39
4 × 2"	17,3	8,6	1,47	37,0	7,6	1,43
2 × 1"	14,5	10,4	1,48	51,5	8,4	1,44
1 × 1 2"	13,8	12,6	1,56	65,3	9,3	1,47
1 2 × 1 4"	8,1	12,5	1,46	73,4	9,6	1,47
1 4 × 1 8"	9,1	12,6	1,32	82,5	10,0	1,45
1 8 × 14 mallas	10,0	12,1	1,23	92,5	10,2	1,43
14 × 28 mallas	3,0	14,1	1,25	95,5	10,3	1,42
28 × 48 mallas	1,9	16,7	1,23	97,4	10,4	1,42
— 48 mallas	2,6	25,4	1,62	100,0	10,8	1,42

(1) Mallas Tyler de orificio cuadrado.

Tabla N.º 4

ANALISIS DE HARNEO Y CONTENIDO DE CENIZAS Y AZUFRE DE LAS PORCIONES (base seca)
Muestra compósita de carbón Lota, Veta Alta, Pique Nuevo, tal como sale del frente

T A M A Ñ O S (1)	DATOS DE CADA PORCION			DATOS ACUMULATIVOS COMPUTADOS		
	Porcentajes			Porcentajes		
	Peso	Cenizas	Azufre	Peso	Cenizas	Azufre
+ 4"	20,1	2,8	0,79	20,1	2,8	0,79
4 × 2"	22,2	4,7	0,69	42,3	3,8	0,74
2 × 1"	18,6	4,5	0,69	60,9	4,0	0,72
1 × 1 2"	14,2	6,9	0,77	75,1	4,6	0,73
1 2 × 1 4"	7,4	10,4	0,68	82,5	5,1	0,73
1 4 × 1 8"	7,1	12,5	0,67	89,6	5,7	0,72
1 8" × 14 mallas	4,9	15,0	0,65	94,5	6,2	0,72
14 × 28 mallas	2,0	19,1	0,69	96,5	6,4	0,72
28 × 48 mallas	1,3	24,7	0,74	97,8	6,7	0,72
— 48 mallas	2,2	45,5	0,72	100,0	7,5	0,72

(1) Mallas Tyler de orificio cuadrado.

Tabla N.º 5

ENSAYOS DE «FLOAT-AND-SINK» (Base seca)

Muestra compósita de carbón Sch wager, Veta N.º 5

FRACCIONES POR PESOS ESPECIFICOS	DATOS ELEMENTALES			DATOS ACUMULATIVOS COMPUTADOS					
	Porcentajes			«Float», porcentaje			«Sink», porcentaje		
	Peso	Cenizas	Azufre	Peso	Cenizas	Azufre	Peso	Cenizas	Azufre
+ 4" (No flotado)	—	6,66	1,39	—	—	—	—	—	—
4 × 2"									
Float 1,30.....	73,90	3,20	1,09	73,90	3,20	1,09	100,00	8,59	1,47
1,30 - 1,35.....	14,26	8,95	2,68	88,16	4,13	1,35	26,10	23,86	2,55
1,35 - 1,40.....	3,52	15,71	2,63	91,68	4,57	1,40	11,84	41,82	2,38
1,40 - 1,50.....	3,12	23,54	2,24	94,80	5,20	1,42	8,32	52,86	2,28
1,50 - 1,60.....	0,70	30,50	2,45	95,50	5,38	1,43	5,20	70,45	2,30
1,60 - 1,70.....	0,16	44,62	1,38	95,66	5,45	1,43	4,50	76,67	2,28
Sink 1,70	4,34	77,85	2,31	100,00	8,59	1,47	4,34	77,85	2,31
2 × 1"									
Float 1,30.....	77,12	2,67	1,03	77,12	2,67	1,03	100,00	10,37	1,48
1,30 - 1,35.....	9,08	9,42	2,95	86,20	3,38	1,23	22,88	36,32	3,00
1,35 - 1,40.....	2,96	14,77	4,04	89,16	3,76	1,33	13,80	54,02	3,02
1,40 - 1,50.....	1,75	22,01	3,53	90,91	4,44	1,37	10,84	64,74	2,75
1,50 - 1,60.....	0,90	33,62	2,77	91,81	4,40	1,38	9,09	72,96	2,60
1,60 - 1,70.....	0,51	45,77	1,62	92,32	4,63	1,38	8,19	77,29	2,58
Sink 1,70	7,68	79,38	2,64	100,00	10,37	1,48	7,68	79,38	2,64
1 × 1½"									
Float 1,30.....	74,26	3,26	0,98	74,26	3,26	0,98	100,00	12,56	1,56
1,30 - 1,35.....	8,35	8,74	2,67	82,61	3,81	1,15	25,74	39,38	3,22
1,35 - 1,40.....	3,76	13,40	4,29	86,37	4,23	1,29	17,39	48,34	3,48
1,40 - 1,50.....	2,20	20,43	4,76	88,57	4,63	1,37	13,63	65,32	3,25
1,50 - 1,60.....	0,83	31,01	4,29	89,40	4,88	1,40	11,43	73,96	2,96
1,60 - 1,70.....	0,55	40,31	3,77	89,95	5,10	1,42	10,60	77,32	2,86
Sink 1,70	10,05	79,35	2,81	100,00	12,56	1,56	10,05	79,35	2,81
1½ × 1¼"									
Float 1,30.....	75,61	2,58	0,93	75,61	2,58	0,93	100,00	12,53	1,46
1,30 - 1,35.....	6,81	8,72	2,51	82,42	3,09	1,06	24,39	43,36	3,09
1,35 - 1,40.....	2,74	13,25	4,16	85,16	3,41	1,16	17,58	56,78	3,31
1,40 - 1,50.....	2,21	19,43	5,25	87,37	3,82	1,26	14,84	64,82	3,15
1,50 - 1,60.....	0,91	28,66	5,51	88,28	4,08	1,31	12,63	72,76	2,78
1,60 - 1,70.....	0,79	36,73	4,56	89,07	4,37	1,34	11,72	76,19	2,57
Sink 1,70	10,93	97,04	2,43	100,00	12,53	1,46	10,93	79,04	2,43
1¼ × 1⅛"									
Float 1,30.....	76,40	2,22	0,88	76,40	2,22	0,88	100,00	12,55	1,32
1,30 - 1,35.....	5,68	8,40	2,01	82,08	2,65	0,96	23,60	46,01	2,75
1,35 - 1,40.....	2,64	12,96	3,29	84,72	2,97	1,03	17,92	57,93	2,99
1,40 - 1,50.....	2,08	19,77	4,45	86,80	3,37	1,11	15,28	65,70	2,94
1,50 - 1,60.....	0,87	28,18	4,80	87,67	3,62	1,15	13,20	72,94	2,70
1,60 - 1,70.....	0,68	35,75	4,39	88,35	3,87	1,17	12,33	76,09	2,55
Sink 1,70	11,65	78,45	2,44	100,00	12,55	1,32	11,65	78,45	2,44
1⅛" × 14 mallas									
Float 1,30.....	78,25	1,92	0,87	78,25	1,92	0,87	100,00	12,12	1,23
1,30 - 1,35.....	4,26	9,08	1,81	82,51	2,29	0,92	21,75	48,83	2,54
1,35 - 1,40.....	2,37	13,65	2,52	84,88	2,61	0,96	17,49	58,51	2,72
1,40 - 1,50.....	1,78	19,23	3,59	86,66	2,95	1,02	15,12	65,54	2,75
1,50 - 1,60.....	1,02	27,24	4,05	87,68	3,23	1,05	13,34	71,72	2,64
1,60 - 1,70.....	0,69	35,48	3,97	88,37	3,48	1,08	12,32	75,40	2,53
Sink 1,70	11,63	77,77	2,44	100,00	12,12	1,23	11,63	77,77	2,44
14 × 28 mallas									
Float 1,30.....	76,36	1,60	0,91	76,36	1,60	0,91	100,00	14,07	1,25
1,30 - 1,35.....	3,23	8,04	1,64	79,59	1,86	0,94	23,64	54,33	2,36
1,35 - 1,40.....	2,07	12,76	2,21	81,66	2,14	0,97	20,41	61,66	2,47
1,40 - 1,50.....	1,66	19,06	2,89	83,32	2,47	1,01	18,34	67,18	2,50
1,50 - 1,60.....	0,97	27,51	3,34	84,29	2,76	1,04	16,68	71,97	2,46
1,60 - 1,70.....	0,73	35,79	3,32	85,02	3,05	1,06	15,71	74,71	2,40
Sink 1,70	14,98	76,61	2,36	100,00	14,07	1,25	14,98	76,61	2,36
28 × 48 mallas									
Float 1,30.....	72,15	1,62	0,76	72,15	1,62	0,76	100,00	16,93	1,23
1,30 - 1,35.....	2,91	6,47	1,35	75,06	1,81	0,78	27,85	56,58	2,46
1,35 - 1,40.....	1,87	10,77	1,78	76,93	2,03	0,81	24,94	62,42	2,59
1,40 - 1,50.....	1,68	16,17	2,20	78,61	2,33	0,84	23,07	66,61	2,65
1,50 - 1,60.....	1,12	23,16	2,80	79,73	2,62	0,86	21,39	70,57	2,69
1,60 - 1,70.....	0,95	31,77	2,87	80,68	2,96	0,89	20,27	73,19	2,68
Sink 1,70	19,32	75,23	2,67	100,00	16,93	1,23	19,32	75,23	2,67
— 48 mallas (no flotada)	—	25,40	1,62	—	—	—	—	—	—

Tabla N.º 6

ENSAYOS DE «FLOAT-AND-SINK» (Base seca)

Muestra compósita de Carbón Lota, Veta Alta y Pique Nuevo

FRACCIONES POR PESOS ESPECIFICOS	DATOS ELEMENTALES			DATOS ACUMULATIVOS COMPUTADOS					
	Porcentajes			«Float», porcentaje			«Sink», porcentaje		
	Peso	Cenizas	Azufre	Peso	Cenizas	Azufre	Peso	Cenizas	Azufre
+4" (no flotado).....	—	2,75	0,79	—	—	—	—	—	—
4 × 2"									
Float 1,30.....	97,11	2,72	0,70	97,11	2,72	0,70	100,00	4,68	0,69
1,30 - 1,35.....	0,29	—	—	97,40	—	—	2,89	70,38	0,41
1,35 - 1,40.....	0,03	—	—	97,43	—	—	2,60	—	—
1,40 - 1,50.....	0,05	11,77	1,53	97,48	—	—	2,57	—	—
1,50 - 1,60.....	0,01	—	—	97,49	—	—	2,52	—	—
1,60 - 1,70.....	0,01	—	—	97,50	2,76	0,70	2,51	—	—
Sink 1,70.....	2,50	79,52	0,23	100,00	4,68	0,69	2,50	79,52	0,23
2 × 1"									
Float 1,30.....	95,71	3,03	0,67	95,71	3,03	0,67	100,00	4,48	0,69
1,30 - 1,35.....	1,51	9,77	0,94	97,22	3,13	0,67	4,29	36,80	1,08
1,35 - 1,40.....	0,80	13,89	1,56	98,02	3,22	0,68	2,78	51,49	1,15
1,40 - 1,50.....	0,17	20,78	3,51	98,19	3,25	0,69	1,98	66,68	0,98
1,50 - 1,60.....	0,08	36,26	0,42	98,27	3,28	0,69	1,81	70,99	0,75
1,60 - 1,70.....	0,13	42,18	0,34	98,40	3,33	0,69	1,73	72,60	0,76
Sink 1,70.....	1,60	75,07	0,80	100,00	4,48	0,69	1,60	75,07	0,80
1 × 1½"									
Float 1,30.....	91,25	2,26	0,73	91,25	2,26	0,73	100,00	6,89	0,77
1,30 - 1,35.....	1,48	9,03	1,22	92,73	2,37	0,74	8,75	55,17	1,12
1,35 - 1,40.....	0,63	14,27	0,70	93,36	2,45	0,74	7,27	64,57	1,10
1,40 - 1,50.....	0,47	21,79	0,67	93,83	2,55	0,74	6,64	69,34	1,14
1,50 - 1,60.....	0,39	29,08	0,60	94,22	2,64	0,74	6,17	72,96	1,18
1,60 - 1,70.....	0,33	40,84	0,50	94,55	2,78	0,74	5,78	76,10	1,22
Sink 1,70.....	5,45	78,23	1,26	100,00	6,89	0,77	5,45	78,23	1,26
1½ × 1¼"									
Float 1,30.....	86,19	2,75	0,64	86,19	2,75	0,64	100,00	10,43	0,68
1,30 - 1,35.....	1,82	8,26	1,04	88,01	2,86	0,65	13,81	58,33	0,91
1,35 - 1,40.....	0,87	13,85	0,90	88,88	2,97	0,65	11,99	65,93	0,89
1,40 - 1,50.....	0,70	21,06	0,79	89,58	3,11	0,65	11,12	70,00	0,89
1,50 - 1,60.....	0,51	30,67	0,61	90,09	3,27	0,65	10,42	73,29	0,90
1,60 - 1,70.....	0,47	36,79	0,65	90,56	3,44	0,65	9,91	75,48	0,92
Sink 1,70.....	9,44	77,41	0,93	100,00	10,43	0,68	9,44	77,41	0,93
1¼ × 1⅛"									
Float 1,30.....	80,65	2,30	0,64	80,65	2,30	0,64	100,00	12,48	0,67
1,30 - 1,35.....	3,72	7,47	0,77	84,37	2,53	0,65	19,35	54,90	0,80
1,35 - 1,40.....	1,13	13,33	1,07	85,50	2,67	0,65	15,63	66,18	0,81
1,40 - 1,50.....	0,88	20,24	1,08	86,38	2,85	0,66	14,50	70,30	0,79
1,50 - 1,60.....	0,63	29,74	0,81	87,01	3,04	0,66	13,62	73,54	0,77
1,60 - 1,70.....	0,58	37,61	0,66	87,59	3,27	0,66	12,99	75,66	0,77
Sink 1,70.....	12,41	77,44	0,77	100,00	12,48	0,67	12,41	77,44	0,77
1⅛ × 14 mallas									
Float 1,30.....	72,11	2,96	0,63	72,11	2,96	0,63	100,00	15,00	0,65
1,30 - 1,35.....	7,80	6,91	0,64	79,91	3,35	0,63	27,89	46,13	0,70
1,35 - 1,40.....	2,40	12,45	0,79	82,31	3,61	0,64	20,09	61,36	0,72
1,40 - 1,50.....	1,49	19,08	0,86	83,80	3,89	0,64	17,69	68,00	0,71
1,50 - 1,60.....	0,85	28,38	0,85	84,65	4,13	0,64	16,20	72,50	0,70
1,60 - 1,70.....	0,72	35,99	0,74	85,37	4,40	0,64	15,35	74,94	0,69
Sink 1,70.....	14,63	76,86	0,69	100,00	15,00	0,65	14,63	76,86	0,69
14 × 28 mallas									
Float 1,30.....	61,25	3,84	0,59	61,25	3,84	0,59	100,00	19,10	0,69
1,30 - 1,35.....	11,32	8,37	0,64	72,57	4,55	0,60	38,75	43,22	0,84
1,35 - 1,40.....	3,91	13,10	0,64	76,48	4,98	0,60	27,43	57,61	0,92
1,40 - 1,50.....	2,41	19,36	0,75	78,89	5,42	0,60	23,52	65,00	0,96
1,50 - 1,60.....	1,28	27,52	0,82	80,17	5,78	0,61	21,11	70,22	0,99
1,60 - 1,70.....	0,90	35,12	0,73	81,07	6,10	0,61	19,83	72,97	1,00
Sink 1,70.....	18,93	74,77	1,01	100,00	19,10	0,69	18,93	74,77	1,01
28 × 48 mallas									
Float 1,30.....	40,10	3,81	0,67	40,10	3,81	0,67	100,00	24,71	0,74
1,30 - 1,35.....	19,92	7,79	0,62	60,02	5,13	0,65	59,90	38,70	0,79
1,35 - 1,40.....	6,84	12,35	0,61	66,86	5,87	0,65	39,98	54,11	0,88
1,40 - 1,50.....	4,18	18,25	0,65	71,04	6,60	0,65	33,14	62,73	0,93
1,50 - 1,60.....	1,74	25,97	0,68	72,78	7,06	0,65	28,96	69,14	0,98
1,60 - 1,70.....	1,17	33,04	0,66	73,95	7,47	0,65	27,22	71,90	0,99
Sink 1,70.....	26,05	73,65	1,01	100,00	24,71	0,74	26,05	73,65	1,01
— 48 mallas (no flotada)...	—	45,53	0,72	—	—	—	—	—	—

Con este objeto se realizaron estudios sobre muestras de carbones de Vetas N.º 5 de Schwager y Alta de Lota.

En Tabla N.º 7 se dan a conocer los resultados obtenidos en muestras de carbón harneado («lump coal») sobre 1" para Lota y sobre 3/4" para Schwager, y de carboncillo («slack coal»), menos 1" y 3/4" respectivamente. El carbón harneado fué limpiado a mano y el carboncillo fué lavado, lo que corresponde a las condiciones en que se recibe el carbón en Huachipato.

III.—Ensayos de carbones de Schwager, Veta N.º 5 y Lota, Veta Alta, y en mezclas con carbones Pocahontas, Wyoming y Jewel Ridge.

En el Laboratorio de Carbón de Huachipato se han realizado numerosos estudios comparativos de las propiedades cokificantes de los carbones de Schwager y Lota, así como en mezclas con diversos carbones de Estados Unidos, de alto poder cokificante.

Se describen a continuación los ensayos de cokificación en el horno experimental de los carbones de Schwager, Veta N.º 5, y Lota, Veta Alta, y en mezclas con 20%, 35% y 50% de cada uno de los carbones de Pocahontas N.ºs 7 y 31, Wyoming y Jewel Ridge, de Estados Unidos.

De estos últimos, la Planta de Coke de la Cía. de Acero del Pacífico ha empleado normalmente el carbón de Pocahontas. Ultimamente se ha estado usando también el carbón Wyoming.

En el estudio que se indica a continuación, las muestras de carbón Schwager, Veta N.º 5; Lota, Veta Alta y Pocahontas (minas Nos. 7 y 31), fueron obtenidas de los cargamentos regulares que llegan a la Planta.

El carbón Wyoming proviene de la Veta Sewell, Wyoming County, West Virginia, y es producido por la Red Jacket Coal Corp. El carbón de Jewel Ridge es obtenido en la Veta Jewell, Tagwell County, Virginia, y es explotado por la Jewel Ridge Coal Corp. Estas muestras llegaron en tambores sellados de Estados Unidos.

Los tres carbones norteamericanos indicados son del tipo de contenido medio de materias volátiles. Como se ha dicho antes, los carbones de Lota y Schwager están clasificados como altamente volátiles, tipo A, según la clasificación de la A. S. T. M. (1).

Tabla N.º 7

ANALISIS QUIMICO DE LAS CENIZAS DE CARBON Y COKE DE LAS VETAS N.º 5 DE MINA SCHWAGER Y ALTA DE MINA LOTA

C A R B O N	Ceni- zas %	Tem. Fusión °C	C O M P O S I C I O N						
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃
Schwager, Veta N.º 5, harneado	5,1	1.270	35,6	21,3	21,1	9,4	1,6	0,015	9,1
Schwager, Veta N.º 5, carboncillo	1,9	1.170	26,4	29,8	29,8	7,4	2,6	0,006	3,2
Lota, Veta Alta, harneado	2,7	1.240	27,9	22,0	22,0	13,5	3,0	0,017	10,8
Lota, Veta Alta, carboncillo	2,2	1.225	22,2	14,3	29,6	15,8	3,8	0,015	12,7
C O K E									
Schwager, Veta N.º 5, harneado	7,2	1.285	37,0	23,4	21,6	8,2	2,3	0,015	6,8
Schwager, Veta N.º 5, carboncillo	3,0	1.330	30,9	26,2	29,0	6,8	3,5	0,019	1,6
Lota, Veta Alta, harneado	4,6	1.285	33,1	26,4	21,0	10,3	2,1	0,010	5,2
Lota, Veta Alta, carboncillo	3,3	1.260	25,7	22,0	27,3	12,1	3,6	0,007	7,3

Tabla N.º 8

ANALISIS INMEDIATO DE LOS CARBONES DE SCHWAGER, VETA N.º 5; LOTA, VETA ALTA; POCAHONTAS (MINAS NUMEROS 7 Y 31); WYOMING Y JEWEL RIDGE

N.º	DESCRIPCION	% H2O	CARBON				COKE			
			Base seca, %				Base seca, %			
			Mat. Vol.	Car-bono Fijo	Ce-ni-zas	Azu-fre	Mat. Vol.	Car-bono Fijo	Ce-ni-zas	Azu-fre
1	100 % Schwager, Veta N.º 5	4,6	41,2	51,8	7,0	1,16	1,6	87,0	11,4	1,14
2	100 % Lota, Veta Alta	4,0	43,1	53,3	3,6	0,81	1,1	92,8	6,1	0,76
3	100 % Pocahontas, Minas números 7 y 31	3,2	24,0	67,3	8,7	0,61	—	—	—	—
4	100 % Wyoming	2,2	22,7	72,1	5,2	0,56	—	—	—	—
5	100 % Jewel Ridge	3,0	23,5	71,1	5,4	0,61	—	—	—	—
6	80 % Schwager, Veta N.º 5 + 20 % Pocahontas	3,9	36,5	55,4	8,1	1,00	1,3	87,9	11,0	0,99
7	80 % Schwager, Veta N.º 5 + 20 % Wyoming	3,2	36,7	57,1	6,3	1,10	0,7	90,9	8,4	0,97
8	80 % Schwager, Veta N.º 5 + 20 % Jewel Ridge	4,3	36,5	56,3	7,2	1,16	1,1	89,2	9,7	1,04
9	80 % Lota, Veta Alta + 20 % Pocahontas	3,3	38,0	56,0	6,0	0,76	1,0	91,3	7,7	0,73
10	80 % Lota, Veta Alta + 20 % Wyoming	3,2	38,2	57,7	4,1	0,76	1,6	92,6	5,8	0,73
11	80 % Lota, Veta Alta + 20 % Jewel Ridge	3,6	38,5	57,8	3,7	0,79	1,2	94,0	4,8	0,75
12	65 % Schwager, Veta N.º 5 + 35 % Pocahontas	3,5	34,9	56,6	8,5	0,94	1,2	88,1	10,7	0,94
13	65 % Schwager, Veta N.º 5 + 35 % Wyoming	3,4	34,7	59,1	6,2	1,06	1,0	89,6	9,4	0,82
14	65 % Schwager, Veta N.º 5 + 35 % Jewel Ridge	3,1	35,0	58,5	6,5	1,00	1,1	89,7	9,2	0,79
15	65 % Lota, Veta Alta + 35 % Pocahontas	3,0	34,5	60,0	5,5	0,68	1,5	91,3	7,2	0,69
16	65 % Lota, Veta Alta + 35 % Wyoming	3,0	35,4	60,1	4,5	0,74	1,0	93,1	5,9	0,70
17	65 % Lota, Veta Alta + 35 % Jewel Ridge	3,2	34,3	61,9	3,8	0,70	1,2	92,3	6,5	0,70
18	50 % Schwager, Veta N.º 5 + 50 % Pocahontas	3,7	31,5	60,3	8,2	0,86	1,3	87,6	11,1	0,79
19	50 % Schwager, Veta N.º 5 + 50 % Wyoming	3,0	31,0	62,7	6,3	0,86	1,4	89,8	8,8	0,80
20	50 % Schwager, Veta N.º 5 + 50 % Jewel Ridge	3,1	32,1	67,7	6,2	0,84	0,6	90,7	8,7	0,74
21	50 % Lota, Veta Alta + 50 % Pocahontas	3,6	33,2	60,7	6,1	0,68	1,4	90,8	7,8	0,71
22	50 % Lota, Veta Alta + 50 % Wyoming	2,7	32,2	63,3	4,5	0,95	1,0	93,3	5,7	0,65
23	50 % Lota, Veta Alta + 50 % Jewel Ridge	3,1	32,5	63,0	4,5	0,68	1,6	92,5	5,9	0,73

Tabla N.º 9

RESULTADOS DE PLASTICIDAD EN PLASTOMETRO GIESELER DE LOS CARBONES DE SCHWAGER VETA N.º 5; LOTA, VETA ALTA; POCAHONTAS (MINAS NUMEROS 7 Y 31); WYOMING, JEWEL RIDGE Y MEZCLAS

N.º	CARBON	TEMPERATURA °C				Fluidez máxima Div min.
		Abland. inicial	0,1 Div. por min.	Fluidez máxima	Solidifi-cación	
1	100 % Schwager, Veta N.º 5	334	380	433	459	7,2
2	100 % Lota, Veta Alta	350	389	441	465	3,6
3	100 % Pocahontas, Minas números 7 y 31	375	393	471	508	1.005
4	100 % Wyoming	377	389	466	507	780
5	100 % Jewel Ridge	386	399	468	509	1.150
6	80 % Schwager, Veta N.º 5 + 20 % Pocahontas	332	385	435	463	9,9
7	80 % Schwager, Veta N.º 5 + 20 % Wyoming	332	393	435	463	9,7
8	80 % Schwager, Veta N.º 5 + 20 % Jewel Ridge	336	392	434	470	9,8
9	80 % Lota, Veta Alta + 20 % Pocahontas	345	394	438	463	4,8
10	80 % Lota, Veta Alta + 20 % Wyoming	333	392	438	461	5,4
11	80 % Lota, Veta Alta + 20 % Jewel Ridge	332	392	438	461	5,3
12	65 % Schwager, Veta N.º 5 + 35 % Pocahontas	348	393	438	471	11,3
13	65 % Schwager, Veta N.º 5 + 35 % Wyoming	336	393	434	469	11,1
14	65 % Schwager, Veta N.º 5 + 35 % Jewel Ridge	332	390	444	471	13,0
15	65 % Lota, Veta Alta + 35 % Pocahontas	345	395	445	470	6,7
16	65 % Lota, Veta Alta + 35 % Wyoming	345	395	441	466	6,5
17	65 % Lota, Veta Alta + 35 % Jewel Ridge	341	392	442	469	8,0
18	50 % Schwager, Veta N.º 5 + 50 % Pocahontas	359	392	450	480	31
19	50 % Schwager, Veta N.º 5 + 50 % Wyoming	354	389	448	479	32
20	50 % Schwager, Veta N.º 5 + 50 % Jewel Ridge	341	393	444	477	34
21	50 % Lota, Veta Alta + 50 % Pocahontas	354	396	455	482	22
22	50 % Lota, Veta Alta + 50 % Wyoming	368	393	446	476	9,6
23	50 % Lota, Veta Alta + 50 % Jewel Ridge	363	393	454	482	23

La Tabla N.º 8 indica el análisis inmediato de los carbones y mezclas empleados en esta serie de ensayos, así como del coke obtenido. Se puede apreciar que el contenido de azufre de las muestras de los carbones chilenos confirma los valores obtenidos anteriormente, según ya se ha dado a conocer.

La Tabla N.º 9 indica los resultados de las pruebas de plasticidad llevadas a cabo en el plastómetro Gieseler modificado (11, 12). Dicha Tabla incluye los valores para cada uno de los carbones separadamente, así como para las mezclas mencionadas.

Como se puede ver, los valores de fluidez máxima de los carbones chilenos son muy bajos, pero se nota un cierto aumento progresivo a medida que aumenta la proporción de carbón importado. Es evidente de esta Tabla que las propiedades plásticas del carbón no son de las del tipo aditivo, es decir, no hay una relación directa entre la fluidez máxima de las mezclas con los valores correspondientes de los carbones individuales.

La Tabla N.º 10 muestra los resultados del análisis de harneo, ensayos de caída y ensayos del tambor (*). Debe advertirse que los valores indicados en esta Tabla, que corresponde a ensayos en el horno experimental, no son comparables con los valores obtenidos en la práctica industrial en hornos de mucho mayor capacidad y deben interpretarse con un criterio relativo, es decir, son comparables entre sí con otros valores derivados de ensayos realizados bajo las mismas condiciones de equipo y de operación.

Las condiciones promedias de los ensayos fueron las siguientes:

Tiempo de cokificación (neto)	10 hrs. 52 min.
Temperatura final de los «flues», aproximada	1.110 °C
Temperatura final del coke	1.075 °C

Se puede apreciar de esta Tabla que, en general, no hay diferencia notable en la calidad del coke de 100% carbón Schwager, Veta N.º 5 y 100% carbón Lota, Veta Alta. Desde un punto de vista de aplicación práctica, se pueden considerar como muy similares.

La adición progresiva de los carbones norteamericanos de mayor poder cokificante mejora apreciablemente las propiedades físicas del coke. Un índice muy conveniente de comparación es el llamado «factor de estabilidad» que, en el caso del método A. S. T. M. corresponde al producto sobre 1,06'' del ensayo del tambor. Del análisis de estos valores se puede notar que el efecto de cualquiera de los tres carbones norteamericanos es similar, aunque —en algunos casos— se puede ver que los carbones Wyoming y Jewell Ridge arrojan valores un poco superiores.

Como se ha dicho, para los ensayos indicados en la Tabla 10 se empleó un tiempo de cokificación normal de aproximadamente 11 horas, que es el tiempo que se ha tomado en el laboratorio de Huachipato como standard para ensayos de cokificación relativos a la obtención de resultados aplicables a las calidades de coke de alto horno.

La Tabla 11 muestra los valores de ensayos con mezclas de 50% carbón chileno y 50% carbón norteamericano. En estos ensayos se empleó un tiempo promedio de cokificación de 19 horas 32 minutos y su objetivo fué obtener datos relativos a la obtención de coke de fundición para su uso en cubilotes, etc.

(*) Los ensayos de caída y del tambor se realizaron según los métodos de la Columbia Steel Company (4, p. 19), y de la A. S. T. M. (13, 14).

5

PROPIEDADES FISICAS DEL COKE PRODUCIDO DE CARBONES DE SCHWAGER, VETA N.º 5;
LOTA, VETA ALTA Y MEZCLAS DE ESTOS CON CARBONES POCAHONTAS (MINAS NUMEROS 7 Y
31); WYOMING Y JEWEL RIDGE

Ensayos en horno piloto experimental.
Tiempo de Cokificación promedio: 10 horas 53 minutos.

N.º	CARBON	ANÁLISIS DE HARNEO									ENSAYO DE CAIDA (SHATTER TEST)										ENSAYO DEL TAMBOR (TUMBLER TEST)										Peso Esp. ap.	Peso Esp. real	Porosi- dad				
											A. S. T. M.					COLUMBIA					A. S. T. M.					COLUMBIA											
		+4"	+3"	+2"	+1½"	+1"	+¾"	+½"	+¼"	+3"	+2"	+1½"	+1"	+½"	+¼"	+1"	+¾"	+½"	+¼"	+2"	+1.5"	+1.06"	+0.53"	+0.265"	-0.265"	+1½"	+1"	+¾"	+¼"	-¼"							
1	100 % Schwager, Veta N.º 5	7,8	22,2	50,7	69,7	81,4	87,4	92,1	7,9	4,6	0,0	11,4	32,3	55,0	84,0	16,0	21,2	54,0	69,5	85,2	14,8	0,0	0,0	2,3	30,0	61,2	38,8	10,6	44,7	70,3	79,4	20,6	0,76	1,81	59		
2	100 % Lota, Veta Alta	2,5	13,0	47,0	67,0	83,5	89,1	93,0	7,0	4,6	0,0	9,9	28,9	61,4	88,1	11,9	16,9	53,0	72,8	87,4	12,6	0,0	0,0	1,7	36,7	63,5	36,5	10,4	52,3	73,6	80,5	19,5	0,76	1,98	62		
6	80 % Schwager + 20 % Pocahontas	6,9	28,8	72,2	85,9	93,9	95,8	96,9	3,1	1,8	2,6	29,0	59,4	84,1	95,5	4,5	37,8	79,9	89,5	94,2	5,8	0,0	3,3	23,9	55,5	62,0	38,0	31,5	72,4	82,8	84,5	15,5	0,82	1,90	57		
7	80 % Schwager + 20 % Wyoming	3,7	23,5	67,6	86,8	94,3	96,2	91,5	2,5	1,5	0,0	26,9	59,5	85,3	92,5	7,5	50,4	84,4	91,5	95,5	4,5	0,0	6,0	32,2	60,7	66,1	33,9	34,5	70,8	84,5	86,2	13,8	0,82	1,83	55		
8	80 % Schwager + 20 % Jewel Ridge	8,8	26,7	75,3	88,3	94,3	96,3	91,5	2,5	1,6	4,2	37,9	56,7	83,3	95,4	4,6	42,1	65,6	82,1	96,3	3,7	0,0	4,2	28,6	58,2	64,7	35,3	37,2	74,1	84,4	86,1	13,9	0,83	1,88	56		
9	80 % Lota + 20 % Pocahontas	5,1	21,8	68,5	86,8	93,8	96,0	91,1	2,9	2,0	1,3	33,9	60,8	85,4	94,8	5,2	51,4	86,0	93,5	96,0	4,0	0,0	4,7	28,9	58,4	64,3	35,7	29,1	70,6	84,9	87,2	12,8	0,80	1,82	56		
10	80 % Lota + 20 % Wyoming	6,4	25,4	66,5	84,9	93,7	96,2	91,3	2,7	1,9	0,0	24,5	59,7	84,6	95,7	4,3	41,1	81,8	92,0	96,4	3,6	0,0	6,4	33,3	66,0	69,8	30,2	33,9	75,2	88,8	89,9	10,1	0,79	1,86	58		
11	80 % Lota + 20 % Jewel Ridge	6,1	23,7	61,7	84,0	94,1	96,4	91,4	2,6	1,9	0,0	33,9	63,1	87,0	95,9	4,1	42,1	83,9	94,1	97,4	2,6	0,0	8,6	38,4	64,7	69,8	32,2	31,0	74,8	87,5	88,5	11,5	0,79	1,81	56		
12	65 % Schwager + 35 % Pocahontas	7,8	38,6	79,9	90,3	95,4	96,8	91,6	2,4	1,6	2,0	40,9	65,9	88,9	96,3	3,7	44,9	85,2	93,5	96,6	3,4	0,6	8,6	38,9	59,1	62,6	37,4	35,0	76,6	84,3	85,3	14,7	0,83	1,92	57		
13	65 % Schwager + 35 % Wyoming	4,2	29,7	76,5	92,0	95,0	96,9	91,7	2,3	1,5	1,9	36,9	68,1	89,7	96,6	3,4	62,9	88,6	94,8	97,7	2,3	0,9	12,4	38,0	64,8	68,0	32,1	43,8	78,8	86,0	87,3	12,7	0,82	1,89	57		
14	65 % Schwager + 35 % Jewel Ridge	7,4	34,5	77,0	89,0	95,4	97,0	91,8	2,2	1,5	3,6	33,4	65,9	89,2	97,1	2,9	46,0	85,8	93,4	96,7	3,3	0,0	11,9	38,9	63,9	66,4	33,6	30,1	76,2	85,8	86,9	13,1	0,85	1,82	53		
15	65 % Lota + 35 % Pocahontas	10,1	38,5	74,8	88,3	95,8	97,7	98,6	1,4	—	6,8	48,6	75,8	91,5	96,4	3,6	41,3	81,6	93,2	96,6	3,4	1,8	11,9	41,6	63,4	65,6	34,4	31,1	74,8	85,7	86,7	13,3	0,82	1,84	55		
16	65 % Lota + 35 % Wyoming	4,0	24,2	66,4	83,3	94,4	96,8	91,7	2,3	1,6	2,4	31,6	66,7	89,8	97,1	2,9	48,2	82,6	94,5	97,6	2,4	0,8	10,9	43,0	66,6	69,1	30,9	28,8	74,5	88,1	89,0	11,0	0,81	1,86	56		
17	65 % Lota + 35 % Jewel Ridge	—	7,1	60,6	80,5	94,0	96,8	91,7	2,3	1,7	0,0	25,8	58,8	87,8	97,4	2,6	38,2	79,7	93,3	96,2	3,8	0,4	10,6	44,9	69,1	70,9	29,1	32,3	74,3	88,7	89,2	10,8	0,81	1,86	56		
18	50 % Schwager + 50 % Pocahontas	13,7	—	79,9	—	—	97,4	—	2,0	—	—	47,4	—	—	—	2,9	—	—	—	—	—	—	—	37,0	63,0	65,9	—	—	—	—	—	—	—	0,87	1,90	54	
19	50 % Schwager + 50 % Wyoming	12,2	42,8	79,4	89,9	95,9	97,4	98,1	1,9	1,2	0,0	48,0	69,1	90,2	96,4	3,6	—	—	—	—	—	—	2,7	14,2	42,3	66,5	69,2	30,8	—	—	—	—	—	—	0,86	1,88	54
20	50 % Schwager + 50 % Jewel Ridge	13,0	39,9	76,2	88,1	95,8	97,4	98,1	1,9	1,2	2,9	39,2	65,7	90,7	97,4	2,6	—	—	—	—	—	—	1,4	16,2	46,2	65,2	67,1	32,9	—	—	—	—	—	—	0,86	1,91	55
21	50 % Lota + 50 % Pocahontas	3,2	28,5	70,8	84,6	94,9	96,9	97,8	2,2	1,5	0,0	36,9	65,0	88,3	97,1	2,9	—	—	—	—	—	—	4,7	15,8	43,0	66,0	68,4	31,6	—	—	—	—	—	—	0,84	1,86	55
22	50 % Lota + 50 % Wyoming	2,2	29,2	71,9	86,9	96,2	97,6	98,2	1,8	1,2	0,0	36,6	63,9	90,8	97,0	3,0	—	—	—	—	—	—	0,5	11,5	45,8	72,8	74,7	25,3	—	—	—	—	—	—	0,83	1,85	55
23	50 % Lota + 50 % Jewel Ridge	3,3	26,5	66,8	85,9	95,6	97,2	97,8	2,2	1,6	0,0	50,7	73,0	92,4	97,6	2,4	—	—	—	—	—	—	5,6	23,9	51,5	68,6	69,6	30,5	—	—	—	—	—	—	0,81	1,85	56

SECURITY MAT. CENTRAL

PROPIEDADES FISICAS DEL COKE PRODUCIDO POR MEZCLAS DE CARBON SCHWAGER, VETA N.º 5, Y CARBON LOTA, VETA ALTA, CON CARBONES POCAHONTAS (MINAS NUMEROS 7 Y 31), WYOMING Y JEWEL RIDGE

Ensayos en horno piloto experimental.
Tiempo de cocción promedio: 19 hrs. 32 min.

N.º	CARBON	ANÁLISIS DE HARNEO								ENSAYO DE CAIDA (SHATTER TEST) A. S. T. M.						ENSAYO DEL TAMBOR (TUMBLER TEST) A. S. T. M.						Peso	Peso	Por-	
		+ 4"	+ 3"	+ 2"	+ 1 1/2"	+ 1"	+ 3/4"	+ 1/2"	- 1/2"	+ 3"	+ 2"	+ 1 1/2"	+ 1"	+ 3/4"	- 1/2"	+ 2"	+ 1.5"	+ 1.06"	+ 0.53"	+ 0.265"	- 0.265"	esp.	esp.	si-	
																						ap.	real	dad	
24	50% Schwager + 50% Pocahontas.	43,8	74,5	92,0	91,4	96,6	97,2	97,8	2,2	1,6	24,6	66,4	84,6	93,2	97,1	2,9	7,8	28,3	49,1	61,1	62,6	37,4	0,86	1,91	55
25	50% Schwager + 50% Wyoming...	61,0	80,1	93,4	91,6	96,8	97,2	97,6	2,4	1,8	32,0	72,6	86,0	94,9	97,7	2,3	14,0	38,2	58,4	65,2	66,1	33,9	0,85	1,84	54
26	50% Schwager + 50% Jewel Ridge	50,3	78,8	92,7	91,7	96,8	97,3	97,9	2,2	1,5	15,3	70,2	89,4	95,5	97,9	2,1	9,4	36,1	56,7	65,2	66,3	33,7	0,87	1,87	54
27	50% Lota + 50% Pocahontas	48,8	75,9	92,3	91,5	96,7	97,3	97,9	2,1	1,6	17,6	68,7	85,5	93,7	96,6	3,4	10,2	32,9	56,8	65,0	65,9	34,1	0,88	1,85	52
28	50% Lota + 50% Wyoming	39,9	70,6	90,2	91,5	96,5	97,1	97,7	2,3	1,7	15,0	62,4	87,5	95,6	98,1	1,9	8,9	36,8	62,0	69,0	69,9	30,1	0,84	1,89	56
29	50% Lota + 50% Jewel Ridge	18,5	52,5	88,0	91,7	96,7	97,1	97,6	2,4	1,7	6,4	59,9	84,5	95,3	98,0	2,0	14,5	38,8	62,6	69,2	70,0	30,0	0,79	1,87	58

Comparando los resultados de esta Tabla con los indicados para las mezclas de 50% carbón chileno y 50% carbón importado, pero con tiempo de cokificación promedio de 10 horas 52 minutos de la Tabla 10, se puede apreciar que el tiempo más largo de cokificación representó un evidente aumento de los valores del análisis de harneo. Por ejemplo, el producto de + 2" subió de 70-80% a más de 90%. También se registró un aumento apreciable del «factor de estabilidad» (+ 1,06" en el ensayo del tambor, método de A. S. T. M.).

La práctica actual de la planta de Huachipato para la producción de coke de fundición es emplear una mezcla de 50% carbón chileno, 50% carbón importado, cokificándola por 24 horas y harneando el coke sobre una malla de 2".

IV.—*Ensayos de cokificación de carbones de las Vetas N.º 3, de Schwager, y Arriba, de Lota.*

Se ha dicho más arriba que estos carbones tienen un contenido muy alto de azufre y que la eliminación de éste por lavado del carbón no ofrecía perspectivas favorables.

A fin de agotar el estudio de estos carbones desde el punto de vista de sus propiedades cokificantes, se realizaron los ensayos del caso. En general, se comprobaron las conclusiones ya conocidas, esto es, que dichos carbones producen un coke de propiedades claramente inferiores a los de Veta N.º 5 de Schwager y Alta de Lota, lo cual, agregado a su alto contenido de azufre, aconsejaba su no empleo en la Planta de Huachipato.

V.—*Efecto de oxidación atmosférica de los carbones de Schwager, Veta N.º 5 y Lota, Veta Alta, en la calidad del coke.*

Un problema que preocupó a la Cía. de Acero del Pacífico desde el comienzo, fué el probable deterioro de las propiedades cokificantes de los carbones chilenos por oxidación atmosférica durante el tiempo de su almacenamiento.

Por comparación con otros carbones de alto contenido de oxígeno, se temía que los efectos de la oxidación podían ser tan severos como para obligar a la planta a mantener stocks reducidos que no se compadecen con las condiciones de seguridad de abastecimiento de toda planta industrial.

Con el objeto de obtener datos sobre el particular, se realizaron en el horno experimental diversos ensayos de cokificación en muestras de carbón harneado, «run-of-mine» y carboncillo de las Vetas N.º 5 de Schwager y Alta, de Lota. Se efectuaron también ensayos de plasticidad en el plastómetro de Gieseler modificado, similar al empleado en laboratorios de Estados Unidos (11, 12).

Para este estudio, cada uno de los carbones indicados fué almacenado por un largo período de tiempo a la interperie y se fueron ensayando muestras a intervalos de tiempo determinados.

Un resumen de las conclusiones obtenidas indicó que, en general, dichos carbones pueden tolerar una exposición atmosférica de al menos 90 días, y aún más, sin mostrar deterioro en sus propiedades cokificantes. En el caso de carbón harneado, un período aún más largo de exposición atmosférica no indicó efecto desfavorable en las propiedades cokificantes del carbón.

De todas maneras, como medida de seguridad, es la práctica de la Cía. de Acero del Pacífico recibir de las Compañías de Lota y Schwager carbón fresco

recién explotado, el cuales cargado directamente en carros sin pasar por el sistema de almacenamiento de la mina misma. Por otra parte, se ha arreglado en la planta de Huachipato un sistema de rotación de pilas que asegura que el máximo período de almacenamiento de un determinado cargamento de carbón chileno no sea superior a dos meses.

VI.—*Efecto del grado de pulverización del carbón sobre la calidad del coke.*

Se realizaron estudios comparativos empleando diversos grados de pulverización que variaron de 50% a 90% bajo malla de $1/8''$.

La molienda se efectuó en un molino de martillos, escala piloto, con lo cual se trató de duplicar las condiciones de distribución de tamaños de la planta, en donde se emplea un molino primario de anillos («Ring-Mill Crusher», de la American Pulverizer Co.) para la molienda de los carbones individuales, y un molino de martillos (Pennsylvania Crusher Co.), para la molienda fina de los carbones ya mezclados.

Los resultados de los ensayos de cokificación realizados en el horno experimental no indicaron una apreciable variación en las propiedades del coke para los diferentes grados de pulverización del carbón, aunque se estimó, por inspección visual, que pulverización muy gruesa afectó la calidad del mismo.

Se supone que el aumento del tamaño de los granos, que, hasta cierto límite, significa un aumento de la densidad bruta de la carga, con su consiguiente efecto benéfico en la calidad del coke, compensa el factor negativo de la menor homogenización, en el caso de mezclas, derivada de una menor pulverización.

BREVE DESCRIPCION DE LA PRACTICA INDUSTRIAL EN LA PLANTA DE COKE Y SUBPRODUCTOS DE HUACHIPATO

La Planta de Coke y Subproductos de Huachipato opera con 57 hornos Koppers-Becker, del tipo «underjet». Además se están construyendo 13 hornos más que entrarán a funcionar en 1953. Estos hornos han sido ya descritos en la literatura de la firma Koppers Co. y en otras publicaciones (15). Los hornos se calientan normalmente con gas de alto horno, pero han sido diseñados para consumir también gas doméstico (mezcla de gas de los hornos de coke con gas de alto horno, 4.000 cal./m.³).

Los hornos son del tipo angosto, con $13''$ de ancho en el lado de empuje («Pusher side») y $15\ 1/2''$ en el lado del coke («Coke side»), con un promedio de $14\ 1/4''$, y tienen una capacidad de 13 T. M. de carbón.

El tiempo normal de cokificación está determinado por los requerimientos de coke del alto horno. Actualmente el programa de producción de la Planta comprende 79 hornadas por día, lo que equivale a 15,8 hrs. tiempo bruto de cokificación, para la producción de coke de alto horno, y 5 hornadas por día, con 24 hrs. tiempo bruto de cokificación, para la producción de coke de fundición. El consumo actual de carbón en los hornos es de 1.100 T. M. diarias.

Para la producción de coke de alto horno se han empleado mezclas que han variado de 50% a 80% carbón chileno (Schwager, Veta N.º 5, y Lota, Veta Alta), y 50% a 20% carbón norteamericano (Pocahontas N.ºs 7 y 31 y, últimamente, Wyoming). El carbón chileno es del tipo harneado (+ $1''$ limpiado a mano en

Lota, y $+ 3/4$ limpiado en un separador Ferrisford, en Schwager), y carboncillo («slack coal»), lavado en instalaciones en las minas mismas. El producto importado es recibido como carboncillo.

El carbón mezclado es molido en un molino de martillos, de tipo reversible, de la Pennsylvania Crusher Co., para una pulverización de alrededor de 80% bajo una malla de $1/8''$.

El coke obtenido es enviado por sistema de transportadoras a dos tolvas ubicadas en el Departamento del alto horno, y sometido a harneo en mallas rectangulares de $1/2''$ en su dimensión más angosta.

El producto que pasa los harneros es clasificado como cokecillo, el cual, de acuerdo con la demanda, es reharneado posteriormente sobre harneros de $1/8''$ por $3''$ para la producción de coke arveja ($+ 1/8''$) y cokecillo fino ($- 1/8''$).

Debido a insuficiencia de la producción nacional, se emplea actualmente en Huachipato una mezcla de 60% carbón chileno y 40% carbón importado, pero se han empleado con éxito mezclas de hasta 80% carbón chileno. La producción nacional aumentará en cierto grado en los próximos años debido a aperturas de nuevos frentes y mayor mecanización de las minas. Por otra parte, la Cía. de Acero del Pacífico se encuentra desarrollando un programa de sondajes en la zona de Arauco, al sur de las pertenencias de la Cía. Carbonífera e Industrial de Lota. Los resultados obtenidos hasta ahora son halagadores, y se espera que en el futuro ello pueda significar un importante aumento en la producción carbonífera del país.

A modo de ilustración se detallan algunos de los valores indicativos de las propiedades físicas del coke obtenido en Huachipato de la mezcla de 60% carbón chileno (Vetas N.º 5 y Alta) y 40% carbón norteamericano (Pocahontas Nos. 7 y 31).

Condiciones de operación:

Tiempo de cokificación (bruto)	15 hrs. 48 min.
Tiempo de cokificación (neto) ..	15 hrs. 30 min.
Temperatura promedia de los «flues»	1.275 °C
Temperatura promedia del coke	1.080 °C

Análisis de harneo del coke cargado en el Alto Horno:

$+ 2''$	75-85%
$+ 1 1/4''$	95-97%
Ensayo de caída («shatter test», A. S. T. M.) $+ 2''$..	60-70%
Ensayo del tambor («tumbler test», A. S. T. M.):	
Factor de estabilidad, $+ 1.06''$	40-45%
Factor de dureza, $+ 0,265''$	66-68%

La planta abastece también las necesidades de coke de fundición de Chile, con lo cual el país ha suprimido este rubro de importación existente antes de la instalación de la Planta de Huachipato. Como ya se ha dicho, el coke fundición se obtiene de mezclas de 50% carbón chileno y 50% carbón importado, con un tiempo de cokificación de 24 hrs. El coke obtenido se harnea sobre malla de $2''$.

El gas de los hornos de coke se diluye con gas de alto horno a un poder calorífico de 4.000 cal./m.³, para atender los consumos domésticos de la zona que, previo a la instalación de la usina de Huachipato, usaba gas de retortas de dicho

poder calorífico. La usina emplea parte de este gas en usos internos. Con el resto se abastece la totalidad de los consumos domésticos de la región, así como a algunas industrias.

Otros subproductos son el alquitrán, que actualmente se consume en los hornos de acero Siemens-Martin («Open Hearths») y, eventualmente, en la producción de creosota para despachos a una planta impregnadora de maderas en la provincia de Valdivia. De los aceites livianos recuperados del gas por absorción en aceites de lavado, se obtiene carburante («motor fuel»), que se emplea en Chile para mezclarlo con gasolina, o se exporta para su posterior refinación en productos varios (benzol, toluol, xilol), y aceites semipesados («intermediate light oils»), que se emplean en los hornos Siemens-Martin junto con el alquitrán.

Damos a continuación los rendimientos promedios de coke y subproductos correspondientes a una mezcla de 60% carbón chileno (Vetas N.º 5 de Schwager y Alta de Lota) y 40% carbón Pocahontas.

Rendimientos por T. M. carbón:

Coke Alto Horno.....	600 Kgs.
Cokecillo (— 1 1/2")	68 Kgs.
Gas de Hornos de Coke	300 m³.
Alquitrán	38 Lts.
Aceites livianos	11 Lts.

Rendimiento de los aceites livianos:

Carburante (Benzol, Toluol, Xilol)	91,5%
Aceites semi-pesados	3,8%

RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se hace una relación de las investigaciones realizadas por la Cía. de Acero del Pacífico, S. A., y otras organizaciones, tendientes a la obtención de coke metalúrgico a partir de carbones chilenos.

De estas investigaciones se llegó a la conclusión de que los carbones de las Vetas N.º 5, de la mina Schwager, y Alta, de la mina Lota, son los que tienen propiedades cokificantes claramente superiores a las de carbones procedentes de otras vetas. Dichos carbones son del tipo bituminoso, de alto contenido de materias volátiles, grado A, y se caracterizan además por su bajo contenido de azufre (en general, alrededor o poco superior a 1%) y cenizas. Por ensayos de «float-and-sink», se pudo establecer que, desde el punto de vista de las cenizas, estos carbones son de fácil lavado debido a la pequeña proporción de producto de peso específico intermedio entre el carbón propiamente tal (p. e., 1,30-1,35) e impurezas (p. e., + 1,70).

La práctica de la Planta de Huachipato de la Cía. de Acero del Pacífico ha sido mezclar dichos carbones con carbones Pocahontas Nos. 7 y 31 (contenido de materias volátiles, medio), en proporciones de hasta 80% carbón chileno, obteniéndose resultados satisfactorios. Ultimamente se ha empleado con éxito carbón Wyoming (veta Sewell, West Virginia). Los resultados favorables de estas mezclas confirman los obtenidos en escala de laboratorio, de los cuales se presentan en este trabajo los datos correspondientes.

REFERENCIAS

- 1.—AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS STANDARDS. Part. III-A.; A. S. T. M. Designation 8-388-38, pp. 1-6 (1946).
- 2.—FENNER, R.: *Situación Actual de la Industria Carbonera Nacional*. Boletín de la Sociedad Nacional de Minería, Santiago, Chile, pp. 574-582, septiembre, 1936; pp. 672-684, octubre, 1936.
- 3.—RUSSELL, C. C.: *Trans. Am. Inst. Mining Met. Engrs.* V. 139, pp. 313-27 (1940).
- 4.—REYNOLDS, D. A. y HOLMES, C. R.: *Procedure and Apparatus for Determining Carbonizing Properties of American Coals by the BM-AGA Method*. U. S. Bureau of Mines Technical Paper 658 (1946).
- 5.—GAUGER, A. W. y ALBALA, AMERICO: *Petrographic Characteristics Plastic and Carbonizing Properties of Chilean Coals*. The Pennsylvania State College, Mineral Industries Experiment Station Bulletin 49 (1948), 90 pp.
- 6.—GAUGER, A. W. y ALBALA, AMERICO: *Propiedades de Cokificación de los Carbones Chilenos*. IV Congreso Sudamericano de Química, Santiago, Chile, Vol. 2 Conferencias, pp. 7-35 (1948). Editado por Stanley, Santiago, Chile.
- 7.—RAMSAY, G. D.: *The Fontana Steel Plant and Its Raw Material Supply*. Min. and Met., V. 25, pp. 423-26 (1944).
- 8.—*Report of Coal Mission on Coals of Chile*, Technical Report. Part. 1.—DAVIS, J. D. y REYNOLDS, D. A.: *Carbonizing Properties of Chilean Bituminous and Sub-Bituminous Coals Sampled by the U. S. Bureau of Mines*. Part. 2.—FRASER, T. F., CRENTS, W. L. y ALBERNETHY, R. F.: *Washing Characteristics of the Chilean Coals* (1945). (Private report).
- 9.—FIELDNER, A. C. y DAVIS, J. D.: *Gas, Coke, and By Product. Making Properties of American Coals and Their Determination*. Monograph 5, Bureau of Mines (1934), 164 pp.
- 10.—REED, F. H., JACKMAN, H. W. y HENLINE, P. W.: *Coke from Illinois Coals. An Experimental Slot-Type Oven*. Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 37, pp. 560-566, junio, 1945.
- 11.—BREWER, R. E. y TRIFF, J. E.: *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, V. 11 pp. 242-7 (1939).
- 12.—BREWER, R. E.: *Plastic, Agglutinating, Agglomerating and Swelling Properties of Coals*. Capítulo 6 de Chemistry of Coal Utilization, Editado por H. H. Lowry, John Wiley and Sons, V. 1, pp. 227-8 (1945).
- 13.—AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS STANDARDS. Part III-A; A. S. T. M. Designation D-441-45, pp. 54-57 (1946).
- 14.—Ibid. A. S. T. M. Designation D-167-24, pp. 85-88 (1946).
- 15.—DENIG, F.: *Industrial Coal Carbonization*, Capítulo 21 de Chemistry of Coal Utilization, Editado por H. H. Lowry, John Wiley and Sons, V. 1, pp. 804 (1945).