
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

CONFERENCIA DADA EN EL INSTITUTO DE INGENIEROS

POR

MR. A. F. NOGUÉS (INGENIERO DE MINAS)

EL 25 DE NOVIEMBRE DE 1890

SOBRE LA INDUSTRIA DEL FIERRO

SEÑOR PRESIDENTE:

SEÑORES Y AGRACIADOS COLEGAS:

Antes de empezar como siempre esta conferencia, voy á pedir vuestra indulgencia, por la forma de mi discurso.

Es evidente, señores, que al tratar una cuestión industrial ante un auditorio tan ilustrado, como el que con su interés habitual me hace hoy el honor de escucharme, no puedo entrar en los detalles minuciosos de una fabricación. No haré, pues, una conferencia sobre la metalurgia del fierro, por más interesante que ella me parezca, más adelante volveremos sobre las operaciones de esta fabricación; hoy sólo me he propuesto estudiar la cuestión compleja, á la vez económica y técnica: *Cómo puede desarrollarse la industria del fierro en Chile.*

Como ya os lo he dicho, comencé mi carrera de ingeniero explotando minerales de fierro y fabricando fierro y acero, y sería feliz si la terminase instalando la elaboración de fierro en

Chile. En la variedad de los trabajos de ingeniero que he tenido que emprender ó dirigir en mi larga carrera técnica jamás ha dejado de interesarme una cuestión relacionada con ésta. Mis estudios sobre el fierro han sido publicados en revistas especiales tales como *la Metalurgie, le Fer, le Journal de mines, L'echo industriel, les annales du Genie civil, la Réforme économique, le crédit National, etc.*

Vosotros sabéis, señores, que ninguna rama de la metalurgia ha experimentado en los últimos años tantas variaciones como la que se refiere al fierro y al acero. Así mi artículo sobre el acero publicado en 1877 en el *DICIONAIRE ENCYCLOPÉDIQUE* no está hoy día ya en lo corriente de la ciencia.

El eje mismo de la metalurgia del fierro ha cambiado en Francia. Antiguamente se colocaba siempre el establecimiento de la elaboración del fierro vecino á las carboneras, hoy la tendencia es contraria y los industriales construyen sus altos-hornos aproximándose á los puntos en que abundan los minerales de fierro; desde 1877 y 1878 hemos venido demostrando la ventaja de este cambio y nuestras indicaciones han sido atendidas.

La química ha venido en ayuda de esta industria, la termoquímica explica aún las reacciones metalúrgicas más complejas; á la lista ya larga de aceros debemos agregar aún: el acero tungstanado, cromado, níquelado, etc. Cada día marca un nuevo progreso en la elaboración del fierro ó agrega una modificación ó variedad de acero ó de fierro; tal como la fabricación industrial del fierro manganesiano.

Pero, señores, esta introducción nos ha apartado algo de nuestro tema, volvamos á él.

Un célebre químico, J. B. Dumas, ha dicho que la riqueza manufacturera de un país se mide por la cantidad de ácido sulfúrico que consume. A este factor yo agregaré otros dos y diré

que la potencia industrial de una nación es fusión de tres variables diferentes ó mejor depende de tres factores:

- 1.º La cantidad de carbón que explota ó consume.
- 2.º La cantidad de fierro que fabrica ó consume.
- 3.º La cantidad de ácido sulfúrico que consume.

Los dos primeros factores son correlativos ó están evidentemente ligados, pues para elaborar fierro es necesario carbón.

En cuanto al ácido sulfúrico, Chile posee todos los elementos de una fabricación industrial. Pero posee Chile yacimientos de fierro explotables ventajosamente y carbón para satisfacer á las necesidades de la industria siderúrgica?

Examinemos primeramente esta cuestión, que es la cuestión previa.

Aunque son muy pocos, señores, los hechos que he podido observar personalmente, pues aún no he visitado vuestros yacimientos de fierro, sin embargo, estoy en posesión de algunos hechos que aunque de escasa importancia prueban, sin embargo, que el fierro existe en Chile.

En la última exposición de París he visto en las colecciones de Chile amonitas (*amonitus fenibriatus* y *cornucopia*) del lías superior transformadas en fierro; el segundo es un guijarro rodado, de la provincia de Tarapacá, que me ha mostrado mi colega el Dr. Schultz y que, dividido en dos trozos por un golpe de martillo, ha dejado ver en su interior amonitas subarmatus del terreno jurásico inferior transformado en óxido de fierro. Estas dos muestras, cuya procedencia es tan auténtica, no dan una alta idea de los minerales de fierro de este país, pues estas amonitas ferruginosas, materias orgánicas primitivas transformadas en minerales de fierro, son ciertamente fosforados y no es ciertamente sobre estos minerales, que tienen cierta analogía con nuestros minerales oolíticos, sobre los cuales debemos fundar nuestras esperanzas sobre el porvenir de la industria siderúrgica de Chile.

Felizmente vuestro país contiene otras especies y variedades de minerales de fierro, he visto en la colección de la Universidad óxidos magnéticos, peróxidos anhidros é hidratados que me han demostrado la existencia de masas ferruginosas de buena calidad en diversos yacimientos.

Consultando los trabajos de Domeyko, de Pissis y las investigaciones más recientes de Mr. Vattier, he encontrado una estadística importante de los yacimientos ferruginosos, que me dan un buen augurio del valor industrial de vuestros yacimientos ferruginosos, allí encontré una enumeración de muchísimas vetas que contienen además de las cualidades y variedades más estimadas, manganesianas ó nó hasta las variedades comunes; luego pues los minerales de fierro, la materia prima de la fabricación del acero, de la fundición y del fierro en general existe en Chile en calidad explotable. Veamos ahora su riqueza.

Como prueba de la bondad y riqueza de los minerales de fierro de Chile, citaré algunos análisis tomados de Mr. Ch. Vattier (*L'avenir de la Métalurgie du fer au Chili*).

Resultado del análisis.	Mineral de Coquimbo.	Mineral del Tofo.
Peróxido de fierro...	94.35	96
Agua .....	.....	0.200
Materias volátiles...	.....	1.500
Materias insolubles...	2.40	2.300
	96.75	100.000
Fierro metálico %...	66.65	67.200

ANÁLISIS DE LOS MINERALES DE FIERRO DEL DEPARTAMENTO DE ILLAPEL

RESULTADO DEL ANALISIS	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	5. ^a	6. ^a	7. ^a	8. ^a
Peróxido de fierro	88.75 %	72.61	85.43	86.07	76.65	87.41	78	92.21
Sílice ó silicatos.....	8.50	26.50	11	10.50	22	10.50	20.56	.....
Fierro metálico	62.13 %	50.83	59.80	60.25	53.66	61.10	54.60	64.62

ANÁLISIS DE LOS MINERALES DE FIERRO DE LAMPA, MAIPO Y QUILLOTA								
RESULTADO DEL ANALISIS	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	5. ^a	6. ^a	7. ^a	
Peróxido de fierro.....	92	89	97	97	90	87	66.57	
Sílice ó silicatos.....	3.20	7.40	12	.....	.....	.....	12.15	
Fierro metálico	61	60	68	68	63	61	46.60	

Los análisis que hemos citado no indican si estos minerales contienen manganeso, lo que, sin embargo, sería importante anotar.

Como podéis verlo, señores, los minerales de Chile tienen en término medio, una ley de 60% en fierro metálico. Mas con los datos estadísticos y estatigráficos de que dispongo, son incompletos, no me ha sido posible formar una idea exacta de la composición general de las vetas, de su poder, de su naturaleza, de las facilidades ó dificultades de su explotación, ni por consiguiente de la cantidad de mineral que se puede explotar en un tiempo dado, ni por consiguiente adquirir nociones exactas absolutamente necesarias para trazar una marcha comercial.

Pero supongamos que su explotación sea posible y remuneratriz ó que en un tiempo determinado se pueda obtener una cantidad dada de mineral.

La industria metalúrgica del hierro no admite interrupciones en la explotación, ni retardos en sus salidas, un alto horno encendido debe marchar sin intermitencias y un retardo en sus entregas sería grandemente perjudicial al dueño de la fábrica.

¶ Pero una de las cuestiones que se presentan inmediatamente á nuestra vista, es el modo ¿cómo una explotación instalada ya puede utilizar los minerales de fierro?

Vosotros sabéis, señores, que se ha pensado explotar los minerales de fierro por la explotación y que se han dado algunos pasos en Europa para encontrar allí especuladores ó compradores. Veamos, señores, si esta hipótesis de la exportación es realizable y he aquí las razones económicas que justifican mi opinión. Ya os lo he dicho que conozco las condiciones de fabricación de un establecimiento metalúrgico tanto en Francia como en los países vecinos, he estudiado y descrito los minerales que emplean y las condiciones económicas de su fabricación y extracción y voy á concentrarlas en pocas palabras.

Los establecimientos de elaboración del fierro de Francia, Bélgica, Inglaterra, etc., además de los minerales del país emplean en gran cantidad minerales extranjeros, que provienen de España, Algeria, islas italianas (Cerdeña y Elba), Pirineos y Alpes. Desde la transformación de la metalurgia del fierro y de la fabricación de fierros especiales, aceros Ciemens, Bessemer, Martín, Martín-Ciemen, aceros trabajados especialmente para la marina, para las armas, etc. Los minerales abundantes y conocidos, oolíticos, pisolíticos jurásicos y terciarios esparcidos en Francia han perdido su antigua reputación y han sido en gran parte abandonados. Sin embargo se les explota, aún en algunas regiones del centro, del norte y del nor-este, pero se les mezcla con minerales extranjeros ó de los pirineos.

Los minerales que tienen de 22 á 30% de fierro cuestan de 5 á 6 francos la tonelada y se venden á la fábrica por 10 á 12 francos.

En la hoya del Loira y en Creusot los minerales maganesíferos del Pirineo y de las islas italianas, de Algeria y de España son mezcladas en el lecho de fusión como los minerales del país. En las costas del Mediterráneo los altos-hornos son alimentados por los minerales de Algeria, de Italia y de España. En las costas del océano Atlántico, en las del Norte, del nor-este y en Bélgica los minerales de Bilbao son mezclados con los minerales oolíticos de la rejión del Luxemburgo. Todos los minerales extranjeros, óxidos magnéticos, peróxidos anhidros ó hidratados, oligistos, hematitas, carbonatos, son más ó menos manganesíferos y dán un rendimiento en fierro de 50 á 60%

Voy á colocar en una tabla, para hacer más notable, la composición de los principales minerales de fierro empleados en los establecimientos metalúrgicos de la Europa occidental y el precio de estos mismos minerales por tonelada tanto en la mina como vendidos al establecimiento de fundición. Estos serán los términos de comparación que nos servirán para determinar el oprecio máximo que deberán tener los minerales de fierro de Chile para poder ser exportados á los establecimientos europeos.

PROCEDENCIA	RENDIMIENTO EN FIERRO $\frac{v}{10}$	COMPOSICIÓN						PRECIO DE LA TONELADA EN LA MINA		PRECIO DE LA TONELADA EN EL Establecimiento		PRECIO DEL TRANSPORTE POR TONELADA DE LA MINA AL ESTABLECIMIENTO	
		SÍLICE	ALUMINIO	CAL	PERÓXIDO DE FIERRO	PROTÓXIDO DE FIERRO	ÓXIDO DE MANGANESO	Francos	Pesos	Frs.	Ps.	Francos	Pesos
Mineral de Soumah (Algeria).....	58 á 65	2.60	.....	0.66	87.	...	1.60	23.	9.20	45.	18.	22.	8.70
Magnetito de Mokta (Algeria).....	58 á 60	3.83	1.75	4.30	85.	...	2.20	20.	8.	45.	18.	25.	10.
Clijisto (Isla del Elba).....	55 á 58	10-11	1.50	.....	80.	...	...	13	5.20	37.	14.80	24.	9.60
Clijisto (de los Pirineos).....	45 á 50	25-30	.....	.....	90.	...	...	16.	6.40	34.	19.60	18.	7.20
Carbonato manganesífero (idem).....	31 á 40	21.	1.15	0.25	...	59.	4.	18.	7.20	36.	14.40	18.	7.20
Carbonato id. (Cartagena. España)....	40 á 45	4.5 á 6.7	2.9 á 6.2	0.26 á 3.70	...	60.	6.	12 á 16	4.80 á 6.40	43.	17.	27. á 31.	10.80 á 12.40
Olijisto (Doubs. Francia).....	23 á 25	9.	5.	21.	...	...	...	3.65	1.40	13.50	4.90	8.35	3.60
Olijisto (Villebois D'pt. Ain. Francia).	21 á 24	14.	8.	24.	...	...	...	5 á 6	2. á 2.40	11 á 12	4.80	6.	2.40

Esta tabla nos muestra que los minerales de Aljeria, de los Pirineos, de España y de Italia están gravados por los gastos del transporte que eleva considerablemente su precio inicial de extracción. El precio de transporte de la mina al establecimiento de fundición varía de 18 á 27 francos por tonelada, es decir, que el transporte dobla el precio de la mercadería.

Cuadro de los precios por tonelada.

<i>Precio de la tonelada en la mina.</i>		<i>Precio de la tonelada del transporte.</i>	
Francos.	Pesos.	Francos.	Pesos.
23	9.20	21	8.40
20	8	27	10.80
13	5.20	21	8.40
16	6.40	18	7.20
18	7.20	18	7.20
16	6.40	27 á 31	10.80 á 12.20

El precio actual del fierro es 170 á 175 francos la tonelada, á 58 á 60 francos la fundición blanca y 70 á 80 francos la fundición fina: precios que tienen por causa la competencia que se hacen las fábricas para obtener la colocación de sus productos y no es posible á los fundidores franceses comprar los minerales de fierro de 50 á 60 % á precios superiores de 45 francos ó sea 18 pesos la tonelada de mineral transportado al establecimiento.

Veamos ahora, señores, si los propietarios de minerales de fierro en Chile pueden explotar con ventaja las vetas ferrugino-

sas por la exportación á Europa. Pondremos como precio máximo por tonelada de mineral de fierro de 50 á 60 % colocado en el establecimiento, 45 francos ó sea 18 pesos. No tengo datos para estimar el precio de extracción y transporte en Chile tomados personalmente, pero citaré algunos tomados de la memoria de Mr. Vattier, aunque no puedo verificar su exactitud, sin embargo tengo confianza en el criterio del ilustrado ingeniero mi paisano y amigo.

Cerca de Taltal á 6 kilómetros de la costa y á 2 kilómetros de una línea férrea, se encuentra, dice Mr. Vattier, un filón de minerales de fierro cuyo gasto por tonelada puesto en la costa sería de 5 pesos ó sea de 12.50 francos.

El mismo ingeniero cita otros yacimientos de minerales de fierro en que la tonelada oscilaría entre 5 y 6 pesos puesta en la costa. En la provincia de Coquimbo se encuentran minerales de fierro en que el precio total de una tonelada puesta en el puerto de embarque sería 5 pesos.

En resumen del costo de una tonelada de mineral sería de 5 á 6 pesos en las provincias del Norte y de 7 á 8 pesos ó sea 17.50 á 20 francos para los procedentes de los alrededores de Santiago. Si entretanto ponemos 7 pesos como precio de la tonelada de buen mineral de fierro colocada en Valparaíso, equivalente á 17.50 francos y agregamos el transporte, pérdidas y otros gastos hasta un establecimiento metalúrgico en Francia ó Inglaterra, me parece imposible vender este mineral á un establecimiento europeo á un precio de 45 á 50 francos la tonelada.

Otra consideración, señores, que es necesario no perder de vista, es que como los establecimientos tratan sus compras a largo tiempo para beneficiar grandes cantidades recibidas en épocas fijas y en tiempos determinados, la explotación debe obligarse:

- 1.º A establecer en sus minerales un rendimiento mínimo ó determinado en fierro.

2.º A entregar una cantidad fija.

Ahora bien, quien puede prever las inexactitudes que puede haber en una explotación y las variaciones que puede sufrir la ley en las profundidades. Los mineros en su precio de venta tienen que tomar en consideración la pérdida que sufre el mineral bajo un clima caliente; así cuando se envía 1,000 kilogramos de una mina del Norte no encontrará casi más que 750 kilogramos en el puerto de embarque.

Los fundidores por su parte exigen que el rendimiento convenido sea siempre constante, de aquí conflictos de intereses difíciles de arreglar á grandes distancias. En general cuando la ley descende más bajo que el mínimo estipulado, los dueños de fundición hacen una rebaja al precio de compra, rebaja que varía de 20 á 40 céntimos de franco sobre un descenso de 1% de rendimiento en fierro: así por ejemplo, en un establecimiento, la tonelada de mineral de fierro se paga á 25 francos, el valor de cada 10 kilogramos de fierro por tonelada es de $\frac{2500}{10}$ ó 50 céntimos, admitiendo un rendimiento de 58% pues á su turno una tonelada de mineral de ley da 58 c/u encierra 580 kilogramos de fierro metálico.

Las observaciones precedentes me parece, señores, que nos permiten concluir que la explotación de minerales de fierro de Chile en Europa no podrían sensiblemente desarrollar la industria ó explotación del fierro en este país, pues los mineros é industriales tendrían numerosas pérdidas que sufrir.

Busquemos pues por otro medio el desarrollo de la industria del fierro, busquémoslo en la fabricación de fierro, fundición y acero.

Chile por su constitución geográfica y geológica, con una inmensa extensión, de costa, debe ser en el porvenir un país manufacturero. Los productos naturales ó fabricados no tendrán que recorrer más que distancias relativamente cortas para llegar á los puertos de embarque y de aquí ser exportados á toda la

América del Sur. Chile está llamado á ser el primer país manufacturero de la América Meridional, así lo hacen preveer su porvenir y su prosperidad, su porvenir, su prosperidad estan en relación con su poder de exportación; su marina y su comercio con su industria manufacturera, tales son los elementos esenciales de la prosperidad futura de este país.

La producción de fierro bajo todas las formas, en condiciones de buen mercado y calidad, es ciertamente una de las primeras y mayores industrias que hay que implantar en este país: no solamente para el consumo nacional sino también para la exportación. Pero la primera condición es fabricarlo en condiciones tan ventajosas que puedan hacer competencia á los productos semejantes de Europa y de los Estados Unidos, y asegurar su mercado entre las repúblicas sud-americanas por medio de tratados comerciales.

La industria del fierro no puede esperar su desarrollo sinó del esfuerzo nacional, ya venga del Estado ó de los particulares; la instalación de establecimientos metalúrgicos para beneficiar minerales de fierro debe hacerse con capitales chilenos. Los nacionales de la Europa Occidental abandonan sus centros de población para venir á explotar oro, plata, cobre, mercurio, y algunos otros metales poco comunes ó raros en el viejo mundo; pero para qué ir á buscar en otros países y otros mares á distancias de 3,000 á 4,000 leguas, minerales que encuentran en las inmediaciones de sus establecimientos y á qué venir á implantar establecimientos y fábricas que harían competencia á sus productos. En Europa la metalurgia del fierro, metalurgia muy costosa, está en manos de algunos cuantos industriales y repartidos en ciertas regiones especiales, en que la fragua se trasmite como una herencia de honor. Los industriales y metalurgistas europeos no vendrán pues á vosotros, ni os traerán sus capitales á Chile para fabricar fierro.

Puesto que en el país el gobierno hace todos los esfuerzos

posibles, se podría instalar una fábrica nacional, como existe en Europa. Sin embargo según mi modo de pensar, preferiría la industria de fierro creada por la iniciativa individual.

Para crear de un golpe la industria del fierro en Chile, las materias primas indispensables son: minerales de buena calidad y á buen precio, carbón igualmente á un precio relativamente bajo y materias refractarias. Las materias refractarias, arcillas de todas clases, para construir los altos-hornos, el país las posee y se puede fácilmente fabricar ladrillos refractarias de calidad superior y que podrían mantener la competencia á los más estimados de Inglaterra, Francia y Alemania.

Pero el factor más importante de la industria del fierro es el carbón. Permitidme, señores, que me detenga algunos instantes en este elemento de la metalurgia.

Hasta el presente en Chile no se conocen yacimientos del verdadero terreno hullero y los carbones que hasta aquí se han explotado parecen relativamente nuevos, estoy léjos de creer que en esta larga cadena de montañas que atraviesa al país en toda su longitud y en sus ramificaciones en diversos puntos, la Naturaleza no haya depositado algunos trozos del terreno hullero, cuando ha depositado los otros terrenos de la serie primitiva y aún de épocas posteriores: creo más bien que no se han hecho las investigaciones en este sentido y que los estudios han sido ejecutados por personas que desconocen la geología y la paleontología.

En la industria del fierro se pueden tratar los minerales en altos hornos con coke, con carbón de leña ó con hulla. Los carbones minerales actualmente explotados en Chile no dan por la

carbonización un coke bastante duro, bastante compacto, ni bastante denso para el tratamiento en los altos hornos. No es menester pensar en pedir el coke al extranjero, es necesario encontrar el combustible en Chile mismo ó renunciar á fabricar fierro.

Hay algunos de nuestros colegas que me han dicho que en Arauco se han encontrado capas de carbón que parecían ser mejores que las que se explotan en Lota, Coronel, Lebu, etc.

En Europa misma, señores, la cuestión del coke metalurgista, antes no se admitía para la fabricación del coke ha preocupado mucho á los metalúrgicos más que las hullas grasas, de corta llama ó hullas de coke; despues se fabricaba coke con hullas grasas y semi-grasas y por último hoy día para fabricar coke se aprovecha los trozos pequeños y se mezclan con hullas semi-grasas y hullas magras.

Un establecimiento que produzca fierro fundido tiene un enorme consumo de coke, se estima en término medio que cada tonelada de fundición producida por un alto-horno exige 1,000 ó 1,400 kilógramos de coke, cantidad que corresponde respectivamente á 1,400 y 2,000 kilógramos de hulla. Aun más, la transformación de una tonelada de fundición en fierro ó en acero reclama cuatro ó cinco toneladá de hulla. Demodo que una tonelada de mineral de fierro que rinde 58% exige el gasto siguiente en materias primas (en Europa).

1,000 kils. de minerales y fundentes....	40 francos ó 16 pesos
1,000 " de coke.....	35 " ó 14 "
5,000 " de hulla.....	75 " ó 30 "

150 francos ó 60 pesos

Los 580 kilogramos de fierro consumirían pues un número de 150 francos ó 60 pesos en materia prima de reducción ó sea 0.25 francos el kilogramo de fierro.

En resultado final cada tonelada de fierro metálico ó de acero fabricado ha exigido cerca de 7 toneladas de hulla para su preparación. En Francia la metalurgia del fierro consume ella sola más de la cuarta parte del consumo total del país en hulla, en Inglaterra se consume la tercera parte de la extracción total de la comarca.

Aún podemos precisar más la cuestión tomando las cifras dadas por la experiencia: con el empleo del aire caliente la cantidad de coke para producir una tonelada de fundición gris es de 1,000 kilogramos de coke por 1,000 kilogramos de fundición con minerales ricos, 1,300 kilogramos de coke por 1,000 de fundición con minerales de 45% y 1,800 kilogramos de coke por 1,000 de fundición con minerales pobres, con fundición blanca el consumo es siempre inferior á 150 ó 200 kilogramos. Con el carbón de leña el consumo será de 650 á 700 kilogramos por cada tonelada de fundición gris.

Cantidades de carbón que necesita una tonelada de fierro colado

1.^{ER} CUADRO.—SEGÚN LA NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE

Naturaleza del combustible	Combustible en kilos por una tonelada	Combustible en kilos por 40 toneladas
Coke.....	1,000	40,000
Hulla de Escocia.....	2,200	81,000
Hulla de Staffordshire....	3,000	120,000
Hulla del País de Gales..	2,000	80,000
Antracita de Gales.....	1,800	72,000
Antracita de Pensilvania..	2,000	80,000
Carbón de leña.....	600 á 700	24 á 28,000

2.º CUADRO.—SEGÚN LA NATURALEZA DEL FIERRO COLADO

NATURALEZA DEL FIERRO	CON MINERAL. RICO	CON MINERAL DE 45 %	CON MINERAL. POBRE
Fundición gris.....	1,000 Kgs. coke	1,300 Kgs. coke	1,600 Kgs. coke
Fundición blanca.....	800 á 900 Kgs.	1,100 Kgs. «	1,600 Kgs. «

3.º CUADRO.—CAPACIDAD Y COSTO DE UN ALTO-HORNO
PARA 40 TONELADAS

		Capacidad	Horas	Costo
Con coke.....	3 a 6 metros cúb.	120 á 240 m. ³	12 á 24 horas	20-30 á 50,000 frs.
Con carbón de leña...	2 á 4 metros c. c.	80 á 180 m. ³	12 á 24 horas	150 á 200,000 frs.

Permitidme, señores, que llame vuestra atención hacia otro combustible que parece ser muy abundante en el sur de Chile, la leña ó el carbón de leña.

En Europa la fundición y el fierro fabricado con leña son superiores en calidad á la fundición y al fierro fabricado con coke ó con hulla y por consiguiente su precio es más elevado. La vieja reputación de los fierros de la Conté de los Pirineos es debida á su fabricación con carbón de leña. Se fabrica aún en los Pirineos fundiciones finas y fierros especiales, para aceros cromados que son enviados enseguida á los establecimientos Unieux de Loira y principalmente al establecimiento de Mr. Holzer.

El carbón de leña en los Pirineos cuesta por lo menos 60 francos la tonelada, casi el doble del precio del coke y cien partes, en peso, de coke equivalen á 80 partes, en peso, de carbón de leña.

En el estado actual de cosas la metalurgia del fierro debería ejecutarse en Chile por medio del combustible vegetal; los altos hornos convenientemente arreglados admiten muy bien la madera seca. Por otra parte se podría fabricar carbon de leña sin destruir los bosques por medio de cortas parciales y convenientemente arregladas. Todas las clases de maderas duras y semi-duras pueden servir para la carbonización en pilas, y la cantidad de carbón depende del modo de llevar dicha carbonización de modo que sea completa. Se tiene la preocupación de creer que sólo algunos árboles sirven para fabricar carbón, el roble, y en general la mayor parte de los vegetales pueden ser carbonizados.

No tengo ninguna duda de que en Chile la metalurgia del fierro debe ser hecha con combustible vegetal, al menos hasta que se encuentre hulla para fabricar.

Reasumiendo las condiciones precedentes, vemos que Chile encierra en su territorio los elementos de la industria metalúrgica del fierro: encontramos aquí en cantidad suficiente los principales factores de la fabricación del fierro, el mineral y el combustible. Seguramente que la explotación de los bosques daría un carbón vegetal y más barato que la hulla y coke extranjero.

Nos queda que hablar de otro factor muy importante y ante el cual los otros dos son secundarios, vamos á hablar del capital.

La instalación de una fábrica de fundición de fierro y acero exige un capital considerable, en construcciones, talleres, maquinarias, herramientas, hogares, altos hornos, etc., etc., y un capital importante en movimiento para satisfacer las necesidades de una fabricación que consume gran cantidad de materias primas.

Encerrándose en los límites de una modesta instalación un

establecimiento metalúrgico costaría de 200,000 á 600,000 francos ó sea 80,000 á 240,000 pesos.

Un alto horno para leña cuesta de 30,000 á 50,000 francos, y uno para coke de 150,000 á 200,000 francos.

Un establecimiento de dos altos hornos con todos los materiales necesarios costaría de 1.500,000 á 2.000,000 francos. En fin una instalación completa con horno Siemens, convertidores Bessemer, martilletes, alumbrado, pisones, laminadores, etc., costaría muchos millones de francos.

La instalación de un establecimiento de elaboración de fierro debería estar necesariamente en relación con la importancia del mercado de venta: las dimensiones de los altos hornos en relación con su capacidad que varía con las cantidades y la riqueza del mineral: fundiendo minerales con una ley de 45 á 65% de fierro, un alto horno alimentado con coke, debería tener una capacidad por tonelada de fundición, que varia de 3 á 6 metros cúbicos, y con carbón de leña de 2 á 4 metros cúbicos. Con un mineral rico de 40% para producir 50 toneladas de fundición en 24 horas es necesario un alto horno de una capacidad de 250 á 350 metros cúbicos.

La altura varía con la naturaleza del combustible, ella es tanto mayor cuando el combustible y el mineral son tanto más duros: los extremos son 61 á 30 metros y el diámetro del vientre es igual á $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{5}$ de la altura total.

La carga de coke es constante, para un alto horno de 4 metros de diámetro en el vientre es de 900 kilogramos, para uno de 3 metros de 200 á 300 kilogramos, tomamos como ejemplo una fábrica apta para producir diferentes clases de fundición y en que la desforforación es practicada. Los altos hornos de coke de Micheville, que funden minerales con una ley de 40% en fierro, tienen una capacidad de 475 metros cúbicos, una altura de 20 metros, diámetro del crisol, 2 metros, diámetro de vientre, 6.75 metros; la boca 5.50 metros la carga de uno de estos altos hor-

nos se componen de 12,000 kilogramos de mineral y de 4,000 kilogramos de coke.

El mineral pobre queda 24 horas en el alto horno y el rico sólo 12 horas. La producción del alto horno es muy variada tanto más cuanto que ella depende también en gran parte de la naturaleza del combustible. Un alto horno de hulla, muy elevado y de gran diámetro produce hasta 40 toneladas de fundición en 24 horas: en Escosia se consume 2,200 kilogramos de hulla por 1,000 kilogramos de fundición gris ó sea por 40 toneladas.

En Escosia.....	2,200 kilogramos		$2,200 \times 40 = 88,000$ kilogramos.
En Staffertshire.....	3,000 »		$3,000 \times 40 = 12,000$ »
En el País de Gales.	2,000 »		$2,000 \times 40 = 80,000$ »
De Gales.....	1,800 »	(Antracita)	$1,800 \times 40 = 72,000$ »
En Pensilvania.....	2,000 »	(»)	$2,000 \times 40 = 80,000$ »

En general se cuenta 1 kilogramo de coke para 2 kilogramos de fundición y escorias. Los establecimientos que emplean leña seca producen 2 ó 3 toneladas de fundición por día, esta leña es mezclada con carbón de leña, pero no puede entrar más que $\frac{1}{10}$ ó $\frac{1}{15}$ de la carga; la experiencia enseña que se puede reemplazar 1 metro cúbico de carbón de leña por 1.60 metro cúbico de leña tostada y 2 metros cúbicos de leña seca.

El precio de costo del producto fabricado varía considerablemente:

Costo de una tonelada de fierro.

Fierro colado (fabricado con coke).....	80	francos.
» » (fabricado con carbón de leña)	217	»
» » Fierro colado (Prusia).....	77 á 90	»
» » Follonica (Italia).....	98	»

Costo de fabricación de una tonelada de fierro.

Por el procedimiento (Contois) carbón de leña en..... 1863: 465 francos.

Por el procedimiento (Contois) carbón de		
leña en.....	1885:	375 »
Por el procedimiento (lombard).....		450 »
Fierro de Puddlé.....en	1863:	154 »
» » » » »	1885:	116 »
Metal Bessemer.....en	1863:	272 »
» » » » »	1885:	153 »
Por el procedimiento (Catalán).....		400 »
Fierro colado (Aleman).....		38 á 60 »
Fierro colado (Inglés).....		78 á 80 »
Precio del tamis.....		170 á 171 »

según la naturaleza del combustible: así una tonelada de fundición varía en Francia, por termino medio de 80 á 90 francos, en este precio el combustible entra para 30 ó 35 francos. Una tonelada de fierro fabricado con carbón de leña llega á venderse hasta á 375 francos, mientras que una tonelada de fierro Puddlé llegará sólo á 117 ó 118 francos, es decir menos de la mitad; la tonelada de acero Bessmer vale 153 á 155 francos, menos que algunas clases de fierro.

Del análisis que acabamos de hacer resulta que en Europa donde el carbón mineral es vendido á precios relativamente bajos, la industria del fierro emplea como combustible ordinario hulla y coke y sólo excepcionalmente el carbón de leña, mucho menos aún la leña misma. Pero aquí en Chile las hullas puras y el coke metalúrgico que vienen del extranjero llegarán á los establecimientos á precios que son el doble y aún el triple de su precio ordinario en el país origen.

Atendiendo á que descubrimientos futuros nos pondrán en posesión de carbones minerales propios para la fabricación de fierro, la industria del fierro encontrará combustible abundante

en los grandes bosques del sur, que permiten establecer un carbón cuyo precio será mucho menor que el de la hulla y coke que vienen del extranjero; cada 600 ó 700 kilogramos de carbón de leña producen el mismo efecto que 1,000 ó 1,200 kilogramos de coke.

Si se quiere establecer de un solo golpe una elaboración en grande hay que fijarse que ni los minerales de fierro, ni las minas, ni los combustibles han pasado por el yugo de la experiencia, y así no conocemos más que los afloramientos de las vetas, ni conocemos el rendimiento en carbón de nuestras maderas. Teniendo que hacer estos estudios no sería prudente ejecutarlos en grandes establecimientos con todos sus altos hornos, máquinas, sopletes, hogares, martilletes, etc., experiencia que saldría muy costosa en vista que todos sus materiales tienen que venir del extranjero. La prudencia aconseja pues comenzar por una pequeña escala, es decir por la instalación de un alto horno.

Si yo fuese capitalista, y para esto no es necesario sino un pequeño capital, entraría inmediatamente en una asociación semejante.

He aquí como comenzaría la industria de fierro en Chile. Establecería un horno para preparar directamente fierro y acero de cementación, fierro y acero para los instrumentos de mina y para los útiles de agricultura. Comenzaría por hacer una pequeña fabricación, fabricaría fierro y acero para el consumo del país, fabricando fierro superior al fierro extranjero y á precios muchos más inferiores á los que tienen los productos semejantes de Europa y Estados Unidos. Una vez que la experiencia haya confirmado el resultado, que los minerales de fierro hayan sido conocidos, que los combustibles hayan sido bien estudiados, se aumentaría con una fabricación más desarrollada y por último con una gran industria para la exportación.

En resumen, señores, es necesario que Chile que está llamado

á ser un país manufacturero entre en este rol, por la introducción de la industria del fierro, que es la base de todas las otras, y para cuya instalación nada le falta, pues tiene: yacimientos de minerales de fierro ricos, pues tienen en termino medio más de 60% en metal; 2.º combustibles vejetales abundantes con los cuales puede fabricar carbón en los bosques del sur; 3.º fuerzas hidráulicas que se pueden utilizar en una instalación en pequeño.

Concluiré poniéndome á disposición del que quiera instalar una fabricación en pequeña escala, fabricando fierro y acero tanto para la agricultura, para el laboreo de las minas, y para el abastecimiento del ejército y armada.

