

Primer Congreso

de la

Agrupación de Ingenieros de Minas del Noroeste de España

(Diciembre de 1931)

Trabajos presentados



Madrid
Gráficas Reunidas, S. A.
Hermosilla, 96
1932

Primer Congreso

de la

Agrupación de Ingenieros de Minas del Noroeste de España

(Diciembre de 1931)

Trabajos presentados



Madrid
Gráficas Reunidas, S. A.
Hermosilla, 96
1932

F. ARANGUREN

ESTADO ACTUAL DE ALGUNAS CUESTIONES SOBRE CARRILES

PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN A LAS COMPAÑÍAS FERROVIARIAS

Las dos cuestiones fundamentales que, en relación con los carriles, se presentan a las Compañías Ferroviarias, son:

- a) La rotura de los carriles en la vía.
- b) El desgaste prematuro de los carriles.

La rotura de los carriles.

De un modo general puede decirse que en Europa no hay problema grave de rotura de carriles, aun habiendo en la vía carriles fabricados por los procedimientos *Bessemer*, *Thomas* y *Siemens*, y siendo el mayor tanto por ciento de carriles *Thomas*.

En América, sin embargo, el problema de la rotura de carriles es agobiador.

Según las estadísticas, la rotura de carriles, en Norteamérica, desde el año 1911 a 1925, pasa de más de 15.000 roturas en vías.

Hacia el año de 1907, todavía la producción de carriles en Norteamérica era exclusivamente *Bessemer*, pero las numerosas roturas en la vía, hicieron creer que la causa era el fósforo del acero, y que haciendo los carriles por el procedimiento *Martin Siemens* y disminuyendo el fósforo, el problema presentaría una rápida mejora.

Ya hacia el año de 1910 se hicieron, casi en la misma proporción, los carriles *Bessemer* y *Siemens*, y ya hace bastantes años que la proporción de carriles *Bessemer* es insignificante.

Sin embargo, el problema de la rotura de carriles sigue, no sólo sin resolver, sino agudizado, y por muchos se recuerdan los antiguos carriles *Bessemer*.

Clases de rotura.

Un tanto por ciento elevado de las roturas de carril, procede de material previamente defectuoso, siendo los defectos principales:

- a) Existencia de rechupe.
- b) Existencia de segregaciones.
- c) Fragilidad por causas varias.

En esta categoría habría que añadir la elección de perfil poco apropiado, así como juntas defectuosas, material móvil en malas condiciones, etc., pero no teniendo éstas como causa la naturaleza del metal, no las consideramos.

Otra parte importantísima de roturas se produce en material, al parecer, completamente sano, y, por tanto, estos casos son los que pueden producir mayores inconvenientes.

Las dos series más importantes de estos accidentes, son las roturas producidas por grietas transversales superficiales y por grietas transversales internas.

La existencia del primer grupo de roturas queda demostrada al ver en las estadísticas que el tanto por ciento de barras de cabeza de lingote que se rompen en vía es el mayor con gran diferencia.

La existencia de roturas por grietas transversales superficiales, es frecuente, aunque no grave, en Europa; en cambio, en América el problema grave lo constituyen las roturas por grietas transversales internas, que constituyen más del 20 por 100 del total.

Desgastes de carriles.

Aunque este problema no puede conducir a resultados tan desastrosos como la rotura de carriles en la vía, constituye una grave preocupación de las Compañías, sobre todo en cuanto el perfil de la vía es accidentado y los pesos por eje grandes, así como la circulación de importancia.

Este problema se presenta en muchas ocasiones por falta de acuerdo entre las características del acero de carril y del acero de bandajes, y otras por mal entretenimiento del carruaje móvil, patinazos, carruajes frenados, grandes velocidades, grandes cargas por ejes, etc.

De todos modos, y aunque en el asunto de los desgastes haya a veces culpabilidad por parte de las Empresas ferroviarias, la cuestión que le presentan al siderurgista es la de hacer carriles que resistan al desgaste y que no se rompan por ninguno de los conceptos apuntados más arriba.

Es de señalar que las soluciones naturales a estos problemas son con-

trapuestas, pues mientras la sola consideración de roturas en la vía nos llevaría a carriles en general blandos, con un gran alargamiento y stricción, la consideración de los desgastes nos conduciría, por el contrario, a emplear un material duro.

LA CUESTIÓN VISTA DESDE EL LADO DE LOS SIDERURGISTAS

Para el siderurgista es necesario resolver los anteriores problemas, teniendo, además, en cuenta la producción en gran escala, y con el mayor rendimiento y economía posibles, con objeto de producir los carriles a un precio conveniente.

Influencia del procedimiento de fabricación del acero.

La primer duda que se presenta es, si existirá esa influencia, si habrá algún proceso de fabricación que muestre ventajas sobre los demás.

En gran escala se han hecho carriles *Bessemer*, *Thomas* y *Siemens*, y con características de ensayo en grande, carriles de acero eléctrico, sin que se haya podido demostrar ventaja específica de ningún procedimiento, si han sido todos ellos bien conducidos.

Sin embargo, ha corrido durante bastante tiempo la especie de que el carril *Siemens*, hecho sin necesidad de oxidar de un modo importante el baño, era superior, por mejor desoxidación, a los carriles *Bessemer* y *Thomas*, hechos con soplado hasta eliminación del C hasta 0,10 por 100 de C para el *Bessemer* y hasta 0,04 por 100 para el *Thomas*.

Los resultados obtenidos en la vía, no han demostrado ninguna superioridad de los carriles *Siemens*, ni eléctricos, bajo ningún aspecto, y los ensayos hechos con todo detalle por los señores Schulz y Wimmer, en Dormund, y publicados por Joe Wagner en la *Revue de Métallurgie* de junio de 1929, sobre oxígeno contenido en coladas de carriles *Thomas* y *Siemens* y sobre comparación de ensayos mecánicos, han demostrado:

1.º Que el oxígeno contenido después de la desoxidación del acero *Thomas*, es prácticamente el mismo que el contenido en las coladas *Siemens*; y

2.º Que para fósforo aproximadamente igual, los resultados de los ensayos son comparables, notándose, para igualdad de carga de ruptura, mayor alargamiento y stricción en los *Thomas*.

Si esto sucede en relación con el *Thomas*, menos ventajas en este aspecto ha de llevar sobre el *Bessemer*, que no necesita el sobresoplado para la eliminación del fósforo y que termina el soplado cuando todavía

hay C suficiente para impedir una fuerte oxidación del baño; además que es posible en este procedimiento parar el soplado con C próximo a la composición que ha de tener el carril.

La pretendida superioridad del carril *Siemens* sobre los demás, queda, pues, más bien dentro del terreno de la propaganda comercial.

La ventaja que presenta el *Siemens* sobre sus rivales, aparece únicamente cuando se pretende hacer carriles de composición tal en C (fuera de lo normal hoy en Europa), que, si se hiciesen con dicha composición en el *Bessemer* y *Thomas*, tendrían una excesiva fragilidad.

La diferencia en C a que puede llegarse en relación con el *Bessemer* y *Thomas*, depende exclusivamente de la ley en P que tenga el metal.

En el *Bessemer*, si los minerales son apropiados, se llega a una regularidad de P perfecta, y si éste no es excesivo, puede aproximarse el C del metal hasta el de la calidad *Siemens* sin inconveniente.

Para el *Thomas*, la irregularidad en el fósforo hace que se deba ser más prudente.

Por tanto, sólo en el caso en que se llegase a la conclusión de que la solución del problema de los carriles está en subir todo lo posible el C , el *Siemens* podrá llegar a producir calidades que no deban producirse por los otros dos sistemas; pero esta solución del problema, puesta ya en práctica por los americanos, no parece ha producido los resultados que de ella se esperaban.

MEDIOS QUE TIENE EL SIDERURGISTA PARA AMINORAR LOS DEFECTOS EN LOS CARRILES

Ante todo es necesario que los carriles suministrados no tengan defectos.

De éstos, vamos a examinar los defectos de *rechupe*, *segregaciones*, *fragilidad* y *defectos superficiales*; e iremos viendo el modo de compaginar los procedimientos de eliminación o disminución de estos defectos con la rapidez necesaria en una fabricación de gran tonelaje y con el precio de los productos.

Rechupe y segregación.

Ambos defectos no ha encontrado todavía medio el siderurgista de eliminarlos de los lingotes, aunque sí de los productos, mediante la concentración, en la cabeza del lingote, de todos los defectos y despunte subsiguiente de toda la parte defectuosa.

El empleo de lingoteras con conicidad invertida y mazarota, resuelve de modo práctico esta cuestión, y su uso se ha generalizado para los aceros de calidad.

Por un lado, la inversión de conicidad suprime el peligro de rechupe secundario; por otro, la mazarota, manteniendo el acero al estado líquido, en la parte superior del lingote, después que el resto se ha solidificado, garantiza el que el rechupe y la segregación queden localizados en la parte superior del lingote.

En la fabricación de carril podría recurrirse a este procedimiento, pero ello ocasionaría serias dificultades en la marcha de la acerería.

En primer lugar, el desmoldeo es mucho más engorroso y produce retrasos, si la conicidad de la lingotera está invertida; en segundo término, al haber mazarota y tardar el acero mucho más en solidificarse, es necesario tenerle más tiempo en la lingotera y en los hornos de recalentar.

Estas pérdidas de tiempo son importantes en talleres que deben hacer 1.000 ó 1.500 toneladas al día y han hecho que ninguno de estos procedimientos sea de uso corriente en la fabricación de carriles, siendo pequeño el número de fábricas que lo han adoptado.

En la fabricación corriente de carriles hay que arreglarse, pues, con lingoteras normales y sin mazarota.

En este caso los recursos que tiene el siderurgista para dar un material exento de rechupe y segregación son:

- a) Emplear material con poco *S* y con poco *P*.
 - b) Reposar el acero en la cuchara.
 - c) Elegir apropiadamente la lingotera.
 - d) Llenar las lingoteras con velocidad apropiada, mediante la elección de un buen tipo de buza.
 - e) Colar a temperatura relativamente baja.
 - f) Hacer un despunte suficiente, sobre todo en cabeza.
- a) Las ventajas de emplear material bajo en impurezas, son enormes, ya que bajando lo suficiente las impurezas puede suceder que la segregación no llegue a producir concentraciones que rebasen de los límites peligrosos de *S* y *P* principalmente, ya que la segregación en *C* es inevitable.
- b) El tener el acero reposando en la cuchara, es una práctica que beneficia al acero, por permitir que se realice de un modo más completo la desoxidación y porque se produce una mejor separación del acero y de las inclusiones no metálicas, al mismo tiempo que baja algo la temperatura de colada.
- c) La elección de lingotera es importantísima desde el punto de vista del rechupe.

Una lingotera con poca conicidad, o demasiado larga en relación con las dimensiones transversales, produce rechupe de gran longitud o rechupes secundarios.

Una lingotera de paredes demasiado débiles, puede producir grietas en el lingote por enfriarse lentamente éste y no resistir la costra solidificada la presión ferrostática interior, siendo, además, el rechupe más largo:

El fondo sobre el que se coloca la lingotera, deberá estar frío y ser de un espesor suficiente para producir rápidamente la solidificación del acero en contacto con él, haciendo que el vértice de la pirámide de cristales normales al fondo, y que marca una zona de debilidad y cavidades posibles, esté lo más bajo posible del lingote.

Para darse cuenta de la importancia que tiene el asunto lingoteras en la producción de lingotes sanos, recomendamos la lectura del libro de Brearley, *Lingotes y Lingoteras*.

Lo esencial es que el lingote se solidifique de abajo para arriba sin que se produzca un cierre en la cabeza antes de que se haya solidificado la parte inferior, pues si queda encerrado acero líquido, como al solidificarse se produce una contracción, se producirán cavidades en el eje del lingote.

Las figuras adjuntas ilustran el proceso de la solidificación.

Al crecer los espesores solidificados desde la pared de la lingotera hasta el centro y al ir contrayéndose a medida de producirse la solidificación, se termina por producir en todos los casos, aun con lingotera invertida, la cavidad r , y en los casos de lingotera normal mal estudiada, por cerrarse en b antes de que el acero a se haya solidificado, al solidificarse este último y contraerse, se producen las cavidades axiales.

d) Una circunstancia que actúa en el mismo sentido que una lingotera bien elegida, es la velocidad de colada.

Si ésta es excesiva, por muy bien pensada que haya estado la lingotera, se producirá el hecho de no solidificarse el acero en el orden debido por no darle materialmente tiempo.

Al mismo tiempo, la producción de grietas, debido a lo débil de la costra solidificada en relación con la presión ferrostática, es de gran importancia

La velocidad admisible de colada debe fijarse para cada tipo de acero y de lingoteras, pero por regla general, es excesiva y una norma de conducta suele ser el colar cada tonelada en un minuto de tiempo.

e) La cuestión temperatura de colada es también de mucha transcendencia para disminuir el efecto del rechupe y de las segregaciones, pues cuando más cerca está esta temperatura del punto de solidificación,

produzcan, y aunque ya se han hecho ensayos poco más que de laboratorio, empleando lingoteras refrigeradas con agua, no hay ensayos en grande que hagan ver dificultades de orden práctico.

De todos modos, es éste quizá otro camino destinado a tener importancia en siderurgia.

Fragilidad.

Para coladas de una misma composición química y las dos bien conducidas, dando, por tanto, material sano, se obtienen, sin embargo, resultados en los ensayos mecánicos a que se someten los carriles completamente diferentes.

La razón de estas diferencias no es otra que el tamaño del grano, siendo tanto mayor la fragilidad cuanto mayor es éste.

La circunstancia que más directamente influye en el tamaño del grano y, por tanto, en la fragilidad del metal, es la temperatura final de laminado.

En una fabricación bien conducida, desde el punto de vista de la calidad del carril, debe ser ésta una preocupación de primer orden y debe acabarse la laminación del carril a temperatura ligeramente superior al punto de transformación, siendo en la práctica dicha temperatura de acabado comprendida entre los 950 y 1.000 grados C.

Sin embargo, aquí se presenta un problema al siderurgista, y es que el consumo de cilindros y de fuerza, así como el tanto por ciento de barras de carril que resultan con defectos superficiales, es tanto mayor cuanto la temperatura final de laminado es menor; de donde nace, por parte del siderurgista, la tendencia a laminar caliente.

La influencia que sobre las propiedades mecánicas del carril tiene la temperatura final de laminado, ha sido objeto de serios estudios por Oberhoffer, Wüst, Meyer, etc., habiéndose llegado a las conclusiones siguientes:

El límite elástico, la relación límite elástico a carga de ruptura, el alargamiento, la stricción, la resiliencia, la resistencia al desgaste y a la prueba de choque se encuentran aumentadas laminando a temperatura baja.

Las barras con defectos superficiales aumentan.

Como indicación damos un gráfico en el que, según Meyer, se expresan la proporción de material rechazado en función de la temperatura de laminado.

En dicho gráfico se ve que se pasa de un 12 por 100 de material rechazado acabando a 1.000 grados C a un 5 por 100 acabando a 1.150 grados C.

De todos modos, aunque creemos exagerados los datos anteriores, ya

que conocemos casos en que acabándose el laminado en los alrededores de 950 grados C, el material rechazado no ha pasado del 5 por 100, no deja de ser un dato impresionante que debe hacer pensar a las Compañías ferroviarias en la importancia económica que representa la rigurosidad extremada en la percepción de los defectos de superficie y los perjuicios que para ellas mismas pueden derivarse.

Otras causas de fragilidad.

El mantener los lingotes en *Pitts* calentados tiempo excesivo, aumentando el tamaño del grano y produciendo probablemente como efecto el que se acabe el laminado a temperatura excesiva.

El tener los lingotes en atmósfera oxidante, provocando una decarburación de la superficie y falta de homogeneidad en el lingote.

El tener los lingotes en los *Pitts* poco tiempo, laminándose cuando todavía el interior del lingote está al estado líquido, encontrándose al ensayar macrográficamente la característica mancha blanca y produciendo falta de homogeneidad en el carril.

Defectos de superficie.

La rigurosidad de las Compañías sobre los defectos de superficie, al mismo tiempo que las grietas y demás defectos que pueden originar un rechazo de material, son la preocupación del siderurgista, que al menor descuido ve aumentado el tanto por ciento de material rechazado y, por tanto, aumentado el número de kilogramos de material necesario para hacer una tonelada de carril vendido.

Ya hemos hablado de la influencia de la temperatura sobre los defectos de superficie y también hemos indicado la influencia que sobre la formación de grietas tiene el tipo de lingotera, la velocidad de colada y el espesor y estado más o menos frío del fondo de la lingotera.

Además de estos factores, influyen de un modo importante los siguientes:

El estado de limpieza de las lingoteras que se usen, las cuales, tratándose de carril, ha de procurarse, no sólo que sean prácticamente nuevas sin rugosidades en la superficie interna, sino que deben ser cepilladas con brocha metálica y pintadas con algún producto alquitranado exento de humedad.

Si las lingoteras están rugosas, esta rugosidad se comunica al lingote.

Si no se les quita los restos de acero más o menos oxidado que tengan adheridos a las paredes, se produce también rugosidad en el molde,

y al mismo tiempo el oxígeno de dichos trozos de acero, reacciona con el acero líquido y produce sopladuras en el acero, para evitar lo cual es conveniente el baño interior de la lingotera con alquitrán sin humedad o algún producto equivalente.

También es necesario, para disminuir los defectos superficiales, el evitar todo lo posible que el acero al empezar a colar cada lingote salpique a las paredes y las deje llenas de gotas que se enfrían rápidamente.

Para disminuir este defecto, ya que no sea posible evitarlo, se coloca en el fondo de las lingoteras un dispositivo que contenga virutas de madera seca, para que el chorro de acero caiga sobre la madera y no sobre el fondo metálico.

Aparte de estas precauciones necesarias para obtener un lingote limpio, es preciso seguir teniendo mucho cuidado al lingote en los hornos Pitts, prefiriendo que éstos no sean calentados y llevando un control exacto del tiempo que permanecen los lingotes en ellos, así como la atmósfera más o menos oxidante que reine en los mismos, en caso de ser calentados.

Luego, es económico en casi todos los casos, sacrificar la capacidad de producción del *blooming*, dando más pasadas y a menos presión a los lingotes, sobre todo en las primeras pasadas, con objeto de no producir grietas en el lingote.

Con este conjunto de precauciones se llegan a cifras de rechazo de un 5 por 100 que pueden ser sobrellevadas por las Empresas siderúrgicas.

Pasada revista a los defectos que se producen por mala conducción de fabricación, vamos a ocuparnos de los que aparecen sobre los carriles, al parecer sanos, después de haberlos puesto en la vía, eliminando todos los que puedan proceder del mal estado del carruaje o de la vía.

Por tanto, nos ocuparemos exclusivamente de las roturas por grietas o fisuras transversales superficiales e internas y de los caminos que pueden seguirse para aminorar estos trastornos tan peligrosos y que algunos autores han llegado a llamar *epidemias*.

LAS FISURAS TRANSVERSALES SUPERFICIALES

Son una serie de grietas perpendiculares al eje de la vía, que aparecen en la cabeza del carril, pero llegan a profundidad importante, propagándose con rapidez hacia el interior de la cabeza, por encontrarse sometida la cabeza del carril a esfuerzos alternados de tensión y compresión al paso de los trenes.

La fragilidad que producen al carril, en el momento en que la cabeza es puesta en tensión, es tan formidable, que es frecuente la rotura simultánea del carril en muchos pedazos, al paso de un tren.

Quitados de la vía estos carriles, y puesta la cabeza hacia abajo, rara es la barra que resiste el golpe producido por maza de 300 kilogramos cayendo de 0,50 metros de altura, cuando el material sin grietas resiste sin romperse el golpe de la maza de 1.000 kilogramos desde cinco metros de altura.

Origen.

La primera vez que se observó la rotura de un carril en esta forma, fué en el año de 1908, en un accidente ferroviario en la estación de Grisolles, en que descarriló el rápido Cette-Bordeaux por romperse un carril en 21 trozos.

No pudo observarse ningún defecto de composición del acero y sólo fueron sorprendentes los resultados a la flexión, ya que el carril en posición de cabeza comprimida resistió sin romperse una carga de 107 toneladas y en posición de cabeza en tensión se rompió con la carga relativamente débil de 48 toneladas, pudiendo observarse que siempre se rompía por alguna de las grietas existentes.

Eliminada con cepillo la parte fisurada y sometido el carril nuevamente a flexión con la cabeza tendida, los resultados vuelven a ser los correspondientes a la resistencia del material sano.

La explicación que dieron los técnicos al observar que la capa superficial era más dura, menos dúctil y maleable que el resto del carril, y al observar que dicho carril estaba colocado sobre una fosa de limpieza, donde los patinazos de las locomotoras eran frecuentes, que a consecuencia de estos patinazos estaba agrio el material en su capa superficial, lo que había dado origen a las fisuras y éstas, finalmente, a la rotura del carril.

Esta hipótesis fué rebatida por Osmond el año de 1911, el cual explicaba la formación de las fisuras por un fenómeno de autotemple de la capa superficial a causa de los patinazos de las locomotoras.

La explicación consiste en que a consecuencia de la elevación de temperatura, producida por el patinazo en la zona superficial, se eleva la temperatura de dicha capa superficial por encima del punto crítico, e inmediatamente, por efecto de conductibilidad, la gran masa de carril provoca un enfriamiento rápido y un temple del acero de la capa superficial.

A consecuencia de este hecho, este material tiene una gran dureza y un pequeño alargamiento, y como, por otra parte, se ve sometido a esfuerzos alternados de tensión y compresión, se agrieta y termina por producir la rotura del carril.

Para poner en claro este asunto, al mismo tiempo que para observar el modo de comportarse con referencia a la resistencia del carril de diferentes calidades y modos de tratamiento a fisurarse, se han hecho pruebas estos últimos años en Francia, colaborando estrechamente Ingenieros de las Compañías ferroviarias y siderurgistas.

Adoptado el tratamiento térmico de la cabeza de los carriles como medio de luchar contra el desgaste de los carriles, se hicieron también ensayos para ver cómo se comportaba el carril tratado con respecto a la fisuración.

En los números de septiembre, octubre y noviembre de 1927 de la *Revue de Métallurgie*, se publica detalladamente, por el señor H. Vitteaux, la serie de experiencias que se hicieron, sometiendo a patinazos frecuentes por un tren de pruebas, en una vía recta y en horizontal, donde se colocaron diferentes calidades de carriles, sin tratar y tratados por el procedimiento de Neuves-Maison.

Se ensayaron aceros Thomas dulce (45 kilogramos carga de ruptura), Thomas de 65 kilogramos, Thomas de 72 kilogramos, tratados y sin tratar, y acero Bessemer de 87 kilogramos y Siemens de procedencia americana de 80 kilogramos, estos dos últimos al estado natural de laminado.

Era evidente que si la formación de fisuras era debida a un fenómeno de autotemple, el material dulce estaría exento de este peligro.

Por otra parte, para tener en cuenta la influencia de la segregación, se pusieron carriles de cabeza y de pie de un mismo lingote y se emplearon carriles cepillados en la cabeza de una profundidad de 10 milímetros, para que la zona más fácilmente segregada estuviese en la superficie de rodadura.

Con el procedimiento experimental citado, se llegaron a producir fisuras superficiales en absolutamente todos los carriles, quedando por tanto descartada la hipótesis del autotemple de la capa superficial como único proceso en la formación de fisuras superficiales.

De un modo general, en los carriles tratados fueron menores en número y profundidad las fisuras producidas, siendo, además, los resultados de la prueba al choque después de la fisuración muy superiores en los carriles tratados.

El carril Martin, de procedencia americana, se portó particularmente mal, y la única excepción, en la que se obtuvo fisuras más pequeñas (3/10 de milímetro, contra 12/10 de milímetro, en el carril Thomas tratado situado enfrente), fué el carril Bessemer, si bien el autor hace observar que en este caso se trataba de carril de perfil de cabeza doble, lo que ha podido influir en los resultados, necesiándose hacer nuevas experiencias antes de llegar a conclusiones definitivas.

Otro hecho observado es la poca influencia de la segregación en la formación y propagación de las fisuras, siendo desde luego preferible el

metal sano, pero teniendo bien en cuenta que la mayor o menor resistencia a la fisuración es producida según la textura del carril, siendo la más conveniente la sorbítica, y de aquí la ventajosa influencia del tratamiento térmico de la cabeza del carril, que, aunque no impide en absoluto la formación de grietas, sí hace que éstas se propaguen menos y sean en fin de cuentas menos peligrosas.

Sin embargo, por nuestra cuenta debemos añadir que el tratamiento térmico de la cabeza de los carriles es una operación no exenta de dificultades.

1.º La falta de regularidad en el tratamiento cuando se trata de grandes producciones con desiguales temperaturas de acabado y distintas velocidades de enfriamiento, puede hacer que las propiedades de los carriles sean muy diferentes en un mismo lote y de un día a otro.

2.º A causa del enfriamiento rápido de la cabeza en relación con el patín, se produce una curvatura en los carriles, que hace difícil el enderezado posterior.

Por esta misma causa, y por lo que veremos más adelante al tratar de las grietas internas, es posible que lo que se gane en evitar la tendencia a la producción de fisuras superficiales, se pierda en la mayor facilidad con que pueden producirse las grietas internas.

3.º Siendo la producción de grietas debida a patinazos sobre la vía, es preciso estudiar el modo de evitar estos patinazos, o señalar especialmente los sitios de patinazos frecuentes para montar sobre ellos una vigilancia rigurosa.

4.º Siendo la tendencia a la producción y propagación de grietas, función de la textura del carril, falta ensayar los carriles laminados, especialmente a temperaturas bajas, de textura fina, los cuales es posible se porten tan bien como los tratados, con respecto a la fisuración; siendo su fabricación sencillísima en comparación con la de los carriles tratados.

5.º No hay todavía experiencia sobre cómo se portan en la vía estos carriles, pues bien pudiera ocurrir que sobre ellos se presenten nuevas dificultades.

6.º Parece aventurado de momento el lanzarse por el camino del tratamiento térmico de las cabezas de los carriles, tanto desde el punto de vista de las Compañías ferroviarias como de las siderúrgicas, con el exclusivo objeto de hacer frente a las fisuras superficiales, pudiendo tener, quizá, interés este procedimiento, o todos los que han seguido, desde el punto de vista de hacer frente a los desgastes de los carriles.

GRIETAS TRANSVERSALES INTERNAS

Este fenómeno es frecuentísimo en las redes americanas y casi desconocido en Europa.

Se caracteriza por aparecer en la sección de ruptura una mancha oval, producida, al parecer, al choque de las paredes de la grieta primitiva una contra otra, al paso de los trenes, y hallarse sometida la cabeza a esfuerzos alternados de tensión y compresión.

Origen.

La explicación de este fenómeno no ha sido tan clara como la de la producción de las grietas superficiales; sin embargo, analizando las diferencias que se observan en las redes americanas y europeas se advierte:

a) La intensidad de tráfico, las velocidades de los trenes y los pesos por eje son mayores en Norteamérica.

b) Los carriles americanos, en su casi totalidad, son carriles Siemens, excesivamente duros, siendo frecuente el que contengan 0,80 de *C* contra 0,50 de *C* los europeos.

Indudablemente puede ocurrir que baste sólo una de las anteriores circunstancias, o que sean las dos combinadas las que produzcan el estado actual de cosas.

Con objeto de poner esto en claro, se han hecho investigaciones en estos últimos tiempos en Norteamérica, siendo notables los estudios de John R. Freeman, R. L. Dowdell y William J. Berry, sobre *Endurance and other properties of Rail Steel*, y de W. C. Cushing, sobre *Rail and Wheel*.

En el primero de los citados trabajos se estudia con todo detalle la duración de los aceros de carril, antes y después de colocados en la vía, con carriles que han resistido bien en la vía y con carriles de la misma colada que se han roto.

Había la impresión de que, a consecuencia de las características particularmente severas de las redes americanas, los carriles estaban sometidos con frecuencia a esfuerzos que sobrepasaban el límite elástico, y sabido es que la repetición, muy frecuente, de esfuerzos relativamente pequeños, puede llegar a producir la rotura.

Con objeto de realizar los ensayos, se sometieron las barretas de diferentes carriles a esfuerzos repetidos y alternados y se contó el número de veces que es necesario que dicho esfuerzo actúe para llegar a la rotura de la probeta.

Posteriormente, en el número de junio de 1930 del *Bureau Standards Journal of Ressearch* se publica un trabajo sobre *Endurance Properties of some special rail steels*, por John R. Freeman y R. D. France, en cuyo trabajo se estudia la fatiga de aceros de carril con manganeso elevado hasta 1,5 de *Mn*, con acero al *C* templado (30 segundos en agua); carril corriente, según los usos americanos, con 0,82 de *C*; carril alto en *Mn* (1,70) y con 0,40 de *Mo* y carril alto en *Mn* (1,60) y con *Zr*.

Además se ensayaron carriles quitados de la vía y que habían sufrido, por tanto, el mismo trabajo, pero que unos se habían roto por fisura interna y los otros no.

Los resultados de estos trabajos pueden resumirse así:

- a) Los carriles tratados.
- b) Los carriles con 1,5 de *Mn*.
- c) Los que además de esto, tienen *Mo* o *Zr*.

Tienen un límite de duración superior a los carriles al *C*.

No se nota aumento en el límite de duración por la adición de *Mo* y *Zr*.

Los carriles rotos en la vía por fisura interna, han dado un límite de duración análogo a los carriles no rotos, y ambos un límite análogo a carriles nuevos.

Esta última conclusión es de una importancia extraordinaria, ya que descarta, como verosímil, la hipótesis de estar sometidos los carriles en la vía a esfuerzos superiores al límite elástico, ya que esto se traduciría en que dichos carriles hubiesen dado un límite de fatiga bajísimo.

Por otro lado, queda descartada la posibilidad de corregir los defectos producidos por las grietas internas, elevando el límite de fatiga; llegándose a la conclusión de que la rotura por fisuras internas es debida a pequeñas grietas existentes en el carril, aun antes de su colocación en la vía.

HIPÓTESIS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LAS GRIETAS INTERNAS EN LOS CARRILES

En el número de abril de 1930 del *Bureau Standards Journal of Ressearch*, aparece un notable trabajo sobre *Tensile Properties of rail and some other steels at elevated temperatures*, por John R. Freeman y G. Willard Quick.

Los autores demuestran que casi todos los aceros, y entre ellos los de carril, sometidos a ensayos de tracción a temperatura elevada, muestran una fragilidad secundaria (poco alargamiento y stricción) a temperaturas diferentes, según los aceros, pero comprendidas entre 400 y 700 grados C.

En especial los aceros de carril muestran dicha fragilidad a temperaturas comprendidas entre 500 y 650 grados C.

Por otra parte, los autores ponen de manifiesto las diferentes velocidades de enfriamiento que se producen en un carril de 130 libras, entre el patín, la superficie de la cabeza y el interior de ésta, deduciendo que en el proceso de enfriamiento de todo carril deben producirse, cuando el interior de la cabeza pasa por la temperatura en que existe una marcada fragilidad, grandes esfuezos internos, siendo éstos tanto mayores cuanto la velocidad de enfriamiento es mayor.

Como consecuencia de estos dos hechos, en coladas que tengan una marcada tendencia a la fragilidad secundaria y en que la velocidad de enfriamiento de los carriles haya sido propicia, se producen grietas internas, pequenísimas, que son los gérmenes que, propagándose con el trabajo en la vía, han de terminar por la rotura del carril.

Sería, pues, conveniente fabricar, para carriles, coladas en que la fragilidad secundaria no fuese muy acentuada y procurar que el enfriamiento sea lento.

El fabricar coladas en que no sea grande la fragilidad secundaria, no entra dentro de las actuales posibilidades, pues se desconoce la causa de dicha fragilidad, habiendo sólo indicios de que es debida a la presencia de MnO o de carburos libres en el acero.

De todos modos, se observa que un recocido disminuye dicha fragilidad.

El actuar sobre la velocidad de enfriamiento entra dentro de las posibilidades de la práctica, siendo la homogeneización de la temperatura y el enfriamiento lento procedimientos que han de conducir a evitar, o por lo menos disminuir la formación de grietas internas.

Consecuencias.

Las consecuencias que se deducen de este trabajo son:

1.º Las de que un material con mayor alargamiento y stricción, es decir, más bajo en C , resistiría mejor los efectos de la fragilidad secundaria sin producirse grietas en su interior.

2.º Que el tratamiento de la cabeza de los carriles puede producir una mayor tendencia a la formación de grietas internas.

3.º Que sólo debe ser admisible, de hacerse algún tratamiento, el tratamiento integral de los carriles, recociéndolos, templándolos y haciendo a continuación un revenido.

El desgaste prematuro de los carriles.

Este es un problema, que se manifiesta, sobre todo, en las redes con grandes pendientes y curvas y con el empleo de locomotoras pesadas, sobre todo con tracción eléctrica y bandajes duros.

El desgaste de los carriles en determinadas condiciones ha llegado a ser tal, que se cita, por ejemplo, el caso del túnel de San Gotardo, donde en un año tenían que cambiar los carriles por quedarse éstos prácticamente sin cabeza.

En España no ha habido problema de desgaste de carriles hasta época muy reciente y sólo en una red, en la del Norte.

Esta Compañía ha tenido que quitar con cuatro años de servicio carriles de la rampa de Pajares, después de la electrificación de ésta, por excesivo desgaste. (Al final damos algunas fotografías de dichos carriles.)

Origen del desgaste.

Es el efecto de fricción de los bandajes sobre los carriles, e indudablemente, cuanto mayor sea la diferencia de calidades, con respecto al desgaste de bandajes y carril, tanto mayor será el desgaste del elemento de más débil resistencia; es, pues, ante todo, independientemente del perfil de la vía y de todas las demás circunstancias que puedan agravar los resultados, el pensar en el carril cuando se elige un tipo de bandaje y recíprocamente.

Sin embargo, en muchísimas ocasiones no tienen en cuenta las Compañías ferroviarias el conjunto del problema, y por afán de que no se estropeen los bandajes, fuerzan la dureza de éstos, no consiguiendo en fin de cuentas economías.

Procedimientos siderúrgicos para disminuir el desgaste.

De todos modos, en cuanto se halla uno frente a este problema real, lo que se pide al siderurgista es que fabrique carriles resistentes al desgaste.

En el estado actual de la cuestión hay tres procedimientos de disminuirlo:

- 1.º Haciendo el carril de composición química más alta en *C*, o más alta en *Mn*, o las dos cosas simultáneamente.
- 2.º Haciendo un tratamiento térmico de las cabezas de los carriles o el tratamiento integral de todo el carril.
- 3.º Mediante el empleo de aceros especiales, particularmente de *Gr*.

Primer procedimiento.

Indudablemente, fué el primer recurso que se le ocurrió emplear al siderurgista; se consiguió con ello mejorar el desgaste de los carriles y se llegó, como en Norteamérica, a emplear aceros con 0,80 de C a 0,90 de C, conservando el Mn en los alrededores de 0,70, o por el contrario, conservando el C de 0,50 a 0,60 se pasó a leyes en Mn de 1,50 a 1,70.

Sin embargo, se presentó la dificultad importantísima de la fragilidad del material y las numerosas roturas en la vía por fisuras internas.

La fragilidad no sólo es debida a la composición química, sino también a que al elevar el C del metal el punto de transformación baja, y como la temperatura de fin de laminado no puede bajar por temor a roturas de cilindros, sobre todo tratándose de material tan duro, resulta que termina el laminado del carril a temperatura muy superior a la de transformación, siendo, por tanto, este hecho motivo de fragilidad.

Sin embargo, por ser éste el procedimiento más sencillo de obtener carriles resistentes al desgaste, puede recurrirse a él, siempre que las condiciones de tráfico no sean tan severas que pongan en peligro la vida del carril por rotura, y no forzando nunca la dureza del carril, sino llegando por tanteos en relación con las Compañías ferroviarias a un límite, por encima del cual no es prudente pasar.

Segundo procedimiento.

Este procedimiento, uno en su esencia, ha sido objeto de numerosas pequeñas variantes, que han dado origen a un sinnúmero de patentes y de discusiones.

Al parecer, se obtiene además de una mayor resistencia al desgaste, una mayor resistencia a la propagación de las fisuras superficiales.

Un breve resumen de las patentes en uso con mayor o menor éxito son:

Patente Sandberg.

Practicado en la fábrica de Hagondance, consiste, en esencia, en lanzar contra la cabeza del carril una emulsión atomizada de agua y aire, en forma de fina neblina.

Patente de Neuves-Maisons.

El carril que sale del laminador se coloca con la cabeza hacia la parte inferior; por medio de un aparato, se sumerge dicha cabeza en un recipiente con agua, de un modo intermitente.

La duración de cada inmersión y el intervalo de éstas son regulables.

Con este procedimiento se obtiene principalmente carril de estructura sorbítica.

Patente de Nadiejinsky

El autor, encontrando poco eficaz el procedimiento Sandberg y excesivamente complicado el de Neuves-Maisons, ha ideado un procedimiento simplificado, que consiste en lanzar sobre la cabeza del carril, agua a presión saliendo por una estrecha abertura, produciendo una especie de riego muy fino.

Este procedimiento parece debe conducir a grandes irregularidades de temple.

Patente Maximilian-Hütte.

Tiene el mismo fundamento que el procedimiento de Neuves-Maisons.

Los carriles, con la cabeza hacia abajo, se sumergen en depósitos de agua, dejando al aire el alma y el patín, pero la inmersión es continua, de duración según la calidad del acero, pero la suficiente para producir una textura martensítica y para que la profundidad de temple sea de 10 á 12 milímetros.

Los carriles obtenidos por este procedimiento son más resistentes al desgaste que los obtenidos por el procedimiento de Neuves-Maisons, pero más frágiles.

Patente Kenney.

En Norteamérica ha nacido la idea de realizar el tratamiento integral de los carriles, vistas las severas condiciones a que allí es sometido el carril.

El tratamiento, partiendo de carriles fríos, sometiéndoles a un recorrido por encima de los puntos críticos, seguido de temple y revenido, se realizó ya en 1909 en la Bethlehem Steel y Co. y en la Carnegie Steel Co.

Después se ha llegado a aprovechar el calor de los carriles a la salida del laminador, y de aquí ha nacido el procedimiento Kenney, practicado desde 1929 en la Bethlehem Steel y Co.

En este procedimiento, los carriles, al salir de la sierra, son conducidos a un depósito de agua, donde ésta es mantenida a una temperatura de 15 grados C. y se espera para empezar el tratamiento a que el carril baje la temperatura hasta las proximidades del punto crítico.

En cuanto esto se produce, lo que se observa porque el acero se hace magnético, se introduce todo el carril en el agua, con la cabeza en la parte inferior y conservando el patín en posición absolutamente horizontal.

La inmersión dura unos treinta segundos, al cabo de los cuales, es introducido en un horno de revenido a una temperatura de 450 a 550 grados C., donde se mantiene unas dos horas. A continuación el carril se enfría al aire.

Tercer procedimiento.

Es el menos generalizado, no teniéndose, en realidad, datos concretos de los resultados más que en ensayos parciales.

En Norteamérica parece se han ensayado carriles *NiCr* sin que, al parecer, se hayan obtenido ventajas importantes.

También se han hecho ensayos con carriles con *Mo* y con *Zr*, pero sólo desde el punto de vista de la fatiga, habiéndose aumentado notablemente ésta, pero sin tener experiencia sobre el modo de portarse estos carriles en la vía.

Sin embargo, éste es quizá el procedimiento del porvenir, si las condiciones del tráfico llegan a adquirir caracteres excesivamente severos.

Pero es muy posible que la solución más económica fuese el poner un alto en la marcha hacia los aumentos en las velocidades y en los pesos por eje del material móvil, o por lo menos, en este último aspecto, mediante el empleo para el material móvil de materiales de construcción ligeros, aumentando así el margen de utilización del aluminio y sus aleaciones.

Algunos ensayos hechos en España.

Como hemos dicho anteriormente, actualmente hay en España problema de desgaste en la rampa de Pajares.

Con objeto de estudiar una solución que aminore los efectos del desgaste, se han hecho en Altos Hornos de Vizcaya diferentes pruebas y ensayos.

Una recopilación de éstos la damos a continuación.

Los materiales que han sido objeto de ensayo son:

Carriles Bessemer normales, levantados de la rampa de Pajares, con cuatro años de servicio y muy desgastados.

Material de bandajes empleados por la Compañía del Norte.

Carril Siemens, duro.

Carril Bessemer, duro.

Carril al cromo, hecho en horno eléctrico.

NOTA.—Los análisis de estos materiales y los resultados de los ensayos, se verán en el siguiente cuadro.

CLASE DE MATERIAL	C	Mn	Si	P	S	Cr	R Kgs. m/m ²	E Kgs. m/m ²	A % en 100 m/m	OBSERVACIONES
B-1 normal.....	0,54	0,64	0,12	0,08	0,01	»	71,4	84	18	
B-2 normal.....	0,59	0,95	0,22	0,07	0,06	»	77	40	15,5	
B-3 normal.....	0,58	0,91	0,21	0,03	0,05	»	78	40	16	
Bandaje normal.....	0,78	0,74	0,27	0,081	0,015	»	(1)	»		Todos los carriles han sido en sayados al choque con maza de 1.000 kilogramos, cayendo de cinco metros de altura.
Siemens, duro.....	0,63	0,95	0,155	0,022	0,022	»	88	43	9	
Bessemer, duro.....	0,64	0,90	0,20	0,070	0,050	»	87	44,1	10,5	
Carril Cr.....	0,60	0,46	0,12	0,085	0,043	1,052	84,6	49,2	5	

(1) No se han hecho ensayos mecánicos del material de bandajes, pero salta a la vista el que su carga de ruptura ha de ser muy fuerte y no bajar en ningún caso de 90 kilogramos.

Todos los ensayos se han hecho en la máquina *Amsler* y en doble, es decir, poniendo alternativamente las probetas para que trabajen bien en la posición superior o en la inferior, ya que el desgaste es mayor para materiales iguales en la posición superior.

La duración de cada ensayo ha sido de cuatro horas, parándose cada treinta minutos para pesar las probetas.

La sensibilidad de la máquina es de 50 kilogramos y la presión de trabajo inicial ha sido de 30 kilogramos.

Los ensayos se han conducido a comparar:

1.º Las zonas diferentes de carril, es decir, probetas de cabeza con probetas de pie, a fin de determinar la homogeneidad del material.

2.º Los diferentes carriles con el bandaje.

3.º Los carriles Bessemer normales con el Siemens duro.

4.º El Siemens duro con el Bessemer duro.

1.º Todos los carriles han dado cifras de desgaste comparables, cuando se ensaya la cabeza y el patín del mismo carril.

La única excepción es el carril al *Cr*, que da una mayor resistencia al desgaste en el patín, debido, sin duda, a que siendo mayor la velocidad de enfriamiento del patín, el efecto del temple ha sido más acentuado en el patín. (Véase el siguiente cuadro.)

CARRIL AL <i>Cr</i>	Desgaste total al cabo de cuatro horas	OBSERVACIONES
Probeta de cabeza superior.	0,1508 gramos	
Probeta-patín inferior.....	0,1284 —	
Probeta-patín superior.....	0,1791 —	
Probeta-cabeza inferior.	0,2118 —	

2.º a) Comparación entre bandaje y el carril B-2 normal.

El ensayo en la misma forma que el anterior.

Los resultados se resumen en el siguiente cuadro:

	Desgaste total al cabo de cuatro horas	OBSERVACIONES
Bandaje superior.....	0,1334 gramos	Dada la enorme diferencia entre los dos desgastes, no se hicieron más pruebas.
Carril inferior.....	0,6802 —	
Carril superior.. ..	No se hizo el ensayo.	
Bandaje inferior.....	Idem id.	

b) Comparación entre bandaje y carril Siemens, duro.

	Desgaste total al cabo de veinticuatro horas.	OBSERVACIONES
Bandaje superior.....	0,1742 gramos	
Carril inferior.....	0,4584 —	
Carril superior.....	} No se ensayó en vista de los resultados.	
Bandaje inferior.....		Idem id. id.

c) Comparación entre bandajes y carril al Cr.

	Desgaste total al cabo de cuatro horas.	OBSERVACIONES
Carril Cr (parte superior).....	0,1894 gramos	Aunque situado el carril Cr en la posición peor, se desgasta menos que el bandaje, aunque la diferencia no es muy grande.
Bandaje (superior).....	0,2226 —	

3.º Comparación entre los carriles Bessemer normales y el Siemens duro.

a) Carril B-1 normal y Siemens duro.

	Desgaste total al cabo de cuatro horas.	OBSERVACIONES
Carril Siemens (superior).....	0,2810 gramos	
B-1 normal (inferior).....	0,7566 —	
Carril B-1 (superior).....	2,794 —	
Carril Siemens.....	0,8480 —	

b) Carril B-2 normal y Siemens duro.

	Desgaste total al cabo de cuatro horas.	OBSERVACIONES
Carril Siemens (superior).....	0,2534 gramos	
Carril B-2 (inferior).....	0,6260 —	
Carril B-2 (superior).....	2,3702 —	
Carril Siemens (inferior).....	0,7832 —	

c) Carril B-3 normal y Siemens duro.

	Desgaste total al cabo de cuatro horas	OBSERVACIONES
Carril Siemens S.....	0,0886 gramos	Este carril B-3 es el que da mejores resultados, pero todavía muy distantes del carril Siemens.
Carril B-3 In.....	0,2040 —	
Carril B-3 Su.....	0,2070 —	
Carril Siemens In.....	0,0614 —	

4.º Comparación del carril Bessemer duro con el Siemens duro.

	Desgaste total al cabo de cuatro horas	OBSERVACIONES
Carril Bessemer duro superior.	0,2782 gramos	
Carril Siemens duro inferior..	0,2626 —	
Carril Siemens duro superior..	0,2432 —	
Carril Bessemer duro inferior.	0,2040 —	

Las conclusiones que se sacan de los anteriores ensayos son:

1.º Las calidades de bandajes y carril son tan dispares y tan a favor de los bandajes, que no es extraño se produzca el fenómeno de desgaste prematuro de los carriles en cuanto haya circunstancias favorables (pendientes, curvas, intensidad de tráfico, etc.).

2.º Los carriles Bessemer para la misma composición química o para la misma carga de ruptura, tienen un alargamiento y una stricción sensiblemente mayor que los carriles Siemens.

3.º Los carriles Bessemer para leyes en *C* y *Mn* comparables con las del Siemens, se comportan ligeramente mejor al desgaste, debido seguramente a la mayor proporción de *P*.

4.º El ensayo sobre carril *Cr* ha dado resultados muy superiores a todos los demás, desde el punto de vista del desgaste, pero es necesario hacer dos observaciones:

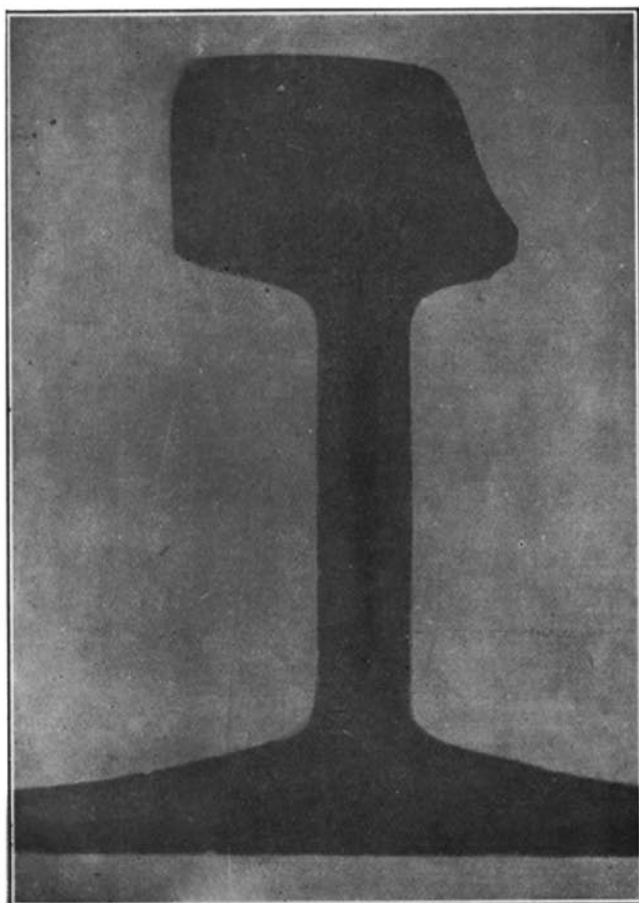
a) Que el carril *Cr* empleado era excesivamente carburado y que su alargamiento es, por lo tanto, tan pequeño, que sería excesivamente frágil, por lo que sería interesante volver a hacer otro ensayo con carril menos carburado, ya que en este caso se obtendrán resultados, quizá no ya tan satisfactorios en relación con el desgaste.

b) Que el carril *Cr* presenta mayor dureza en el patín y, por tanto, hay falta de homogeneidad y tendencia a fisuras internas, como consecuencia de grandes tensiones internas.

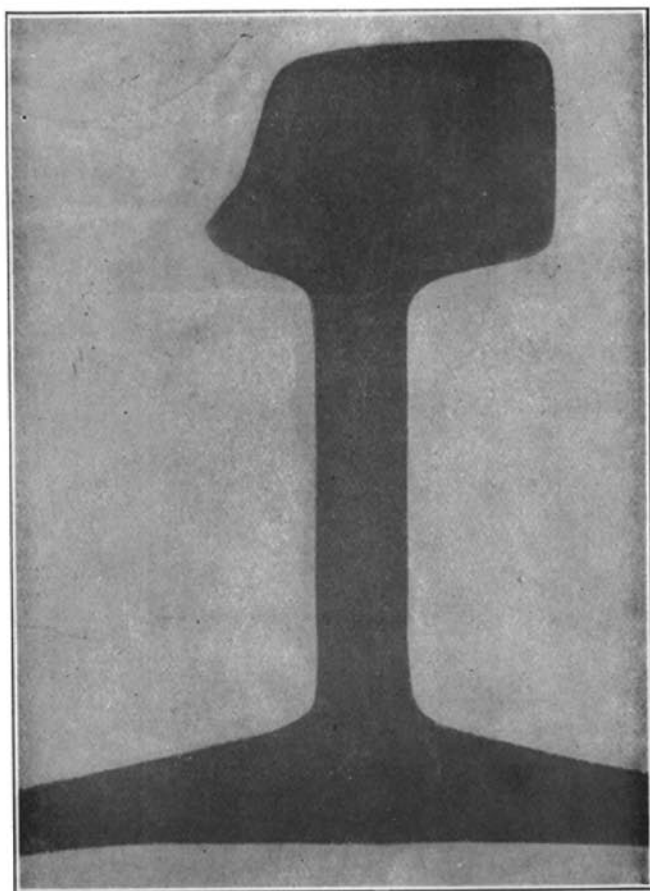
Resumen.

Queremos hacer constar, al terminar este trabajo, lo necesaria que es una colaboración entre el personal técnico de las Compañías ferroviarias y siderúrgicas para llegar en cada caso a la solución conveniente, que en el caso actual de la cuestión, unas veces será sacrificando la fragilidad para tener más dureza o al revés, pero siempre dependiendo del total de circunstancias que se presentan en cada caso, no debiendo, por tanto, cambiarse las calidades de los carriles, etc., sin estudiar todas las variables del problema.

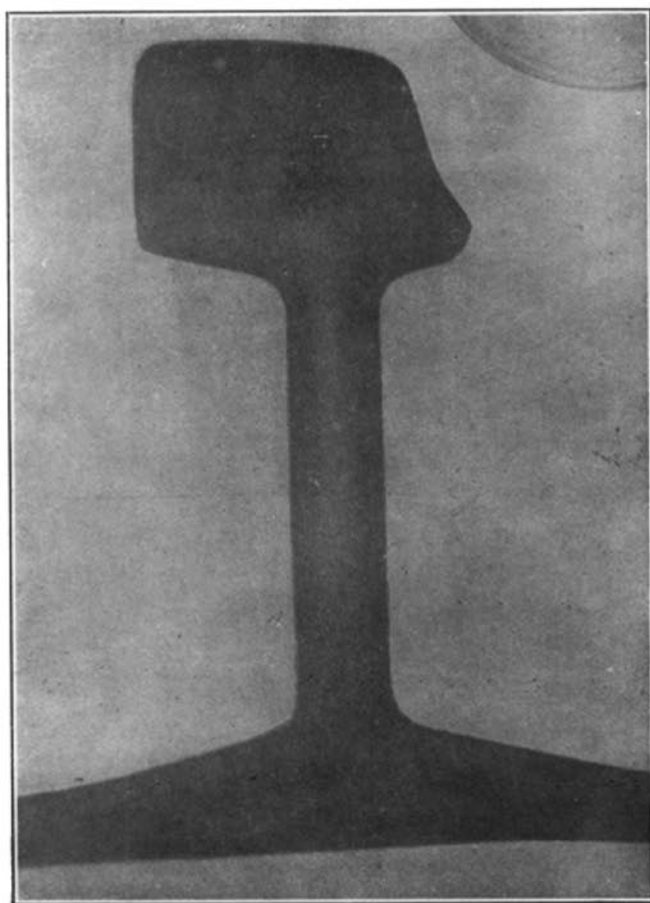
Como orientaciones para el futuro, se deberá estar atento a lo que sucede con los carriles tratados y especiales, bien entendido que en España no existen problemas que deban hacer generalizarse ninguna de las anteriores soluciones, ya que los casos particularísimos que se presentan, deben resolverse con abstracción del resto de las redes.



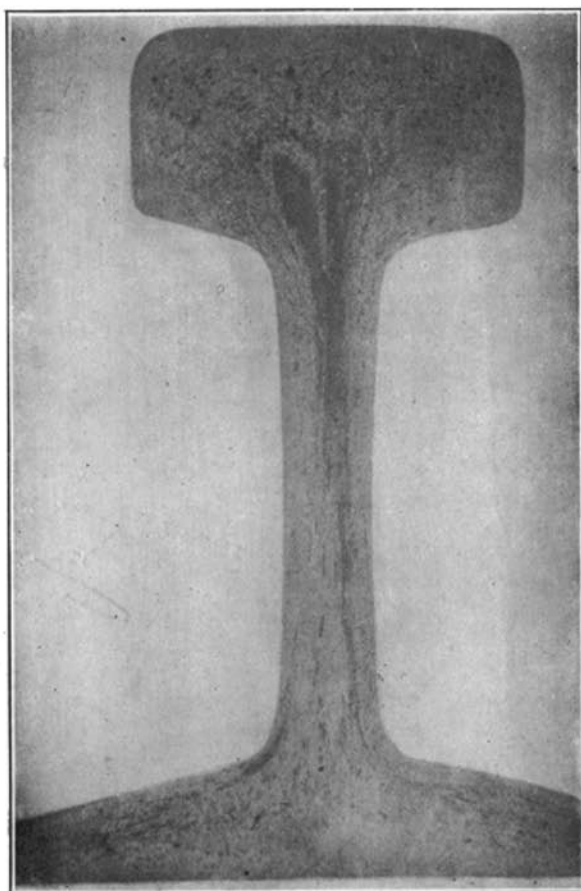
Carril levantado de Pajares, después de cuatro años de servicio
(ligeramente segregado).



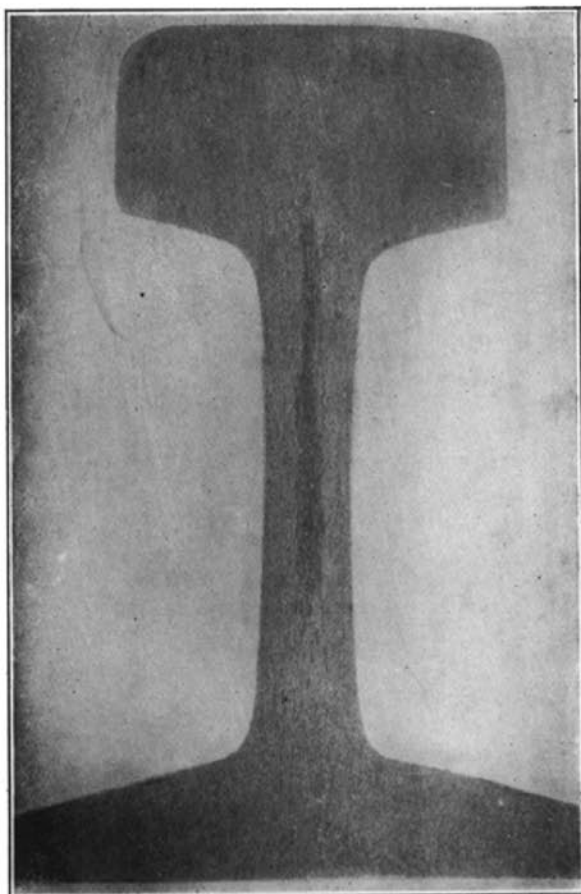
Carril levantado de Pajares, después de cuatro años de servicio
(limpio de segregación y rechupe).



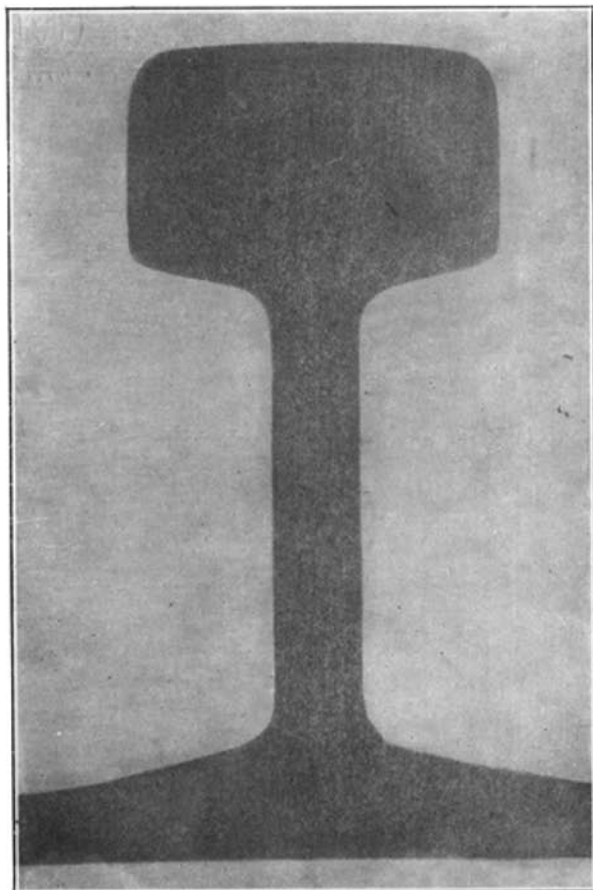
Carril levantado de Pajares, después de cuatro años de servicio (ligera segregación invertida, probablemente por ser de pie de lingote).



Macrografía de carril segregado y deficientemente calzado
(poco despunte).



Macrografía de carril calzado, pero con ligero rechupe
(poco despunte).

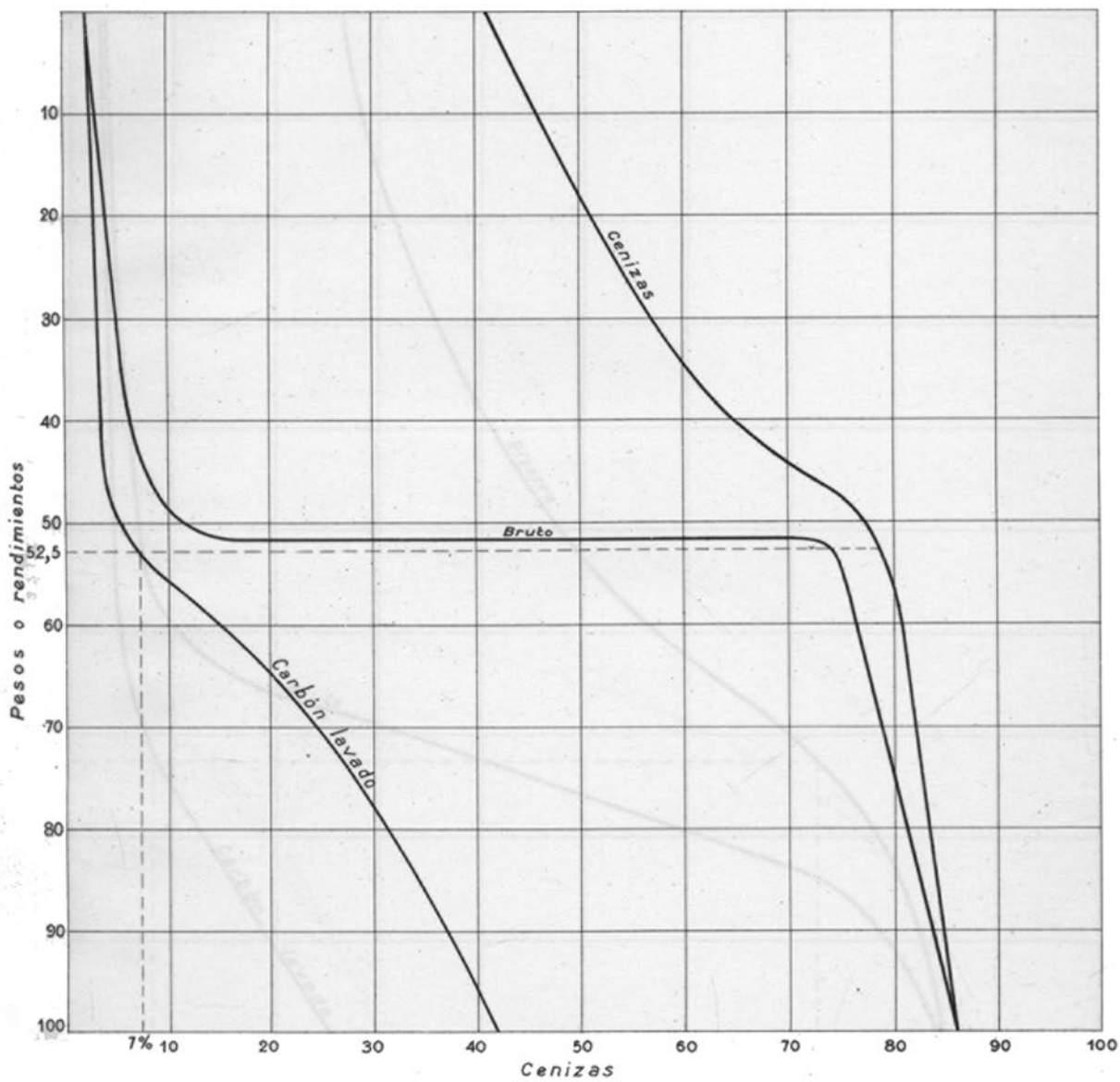


Macrografía de carril completamente sano.

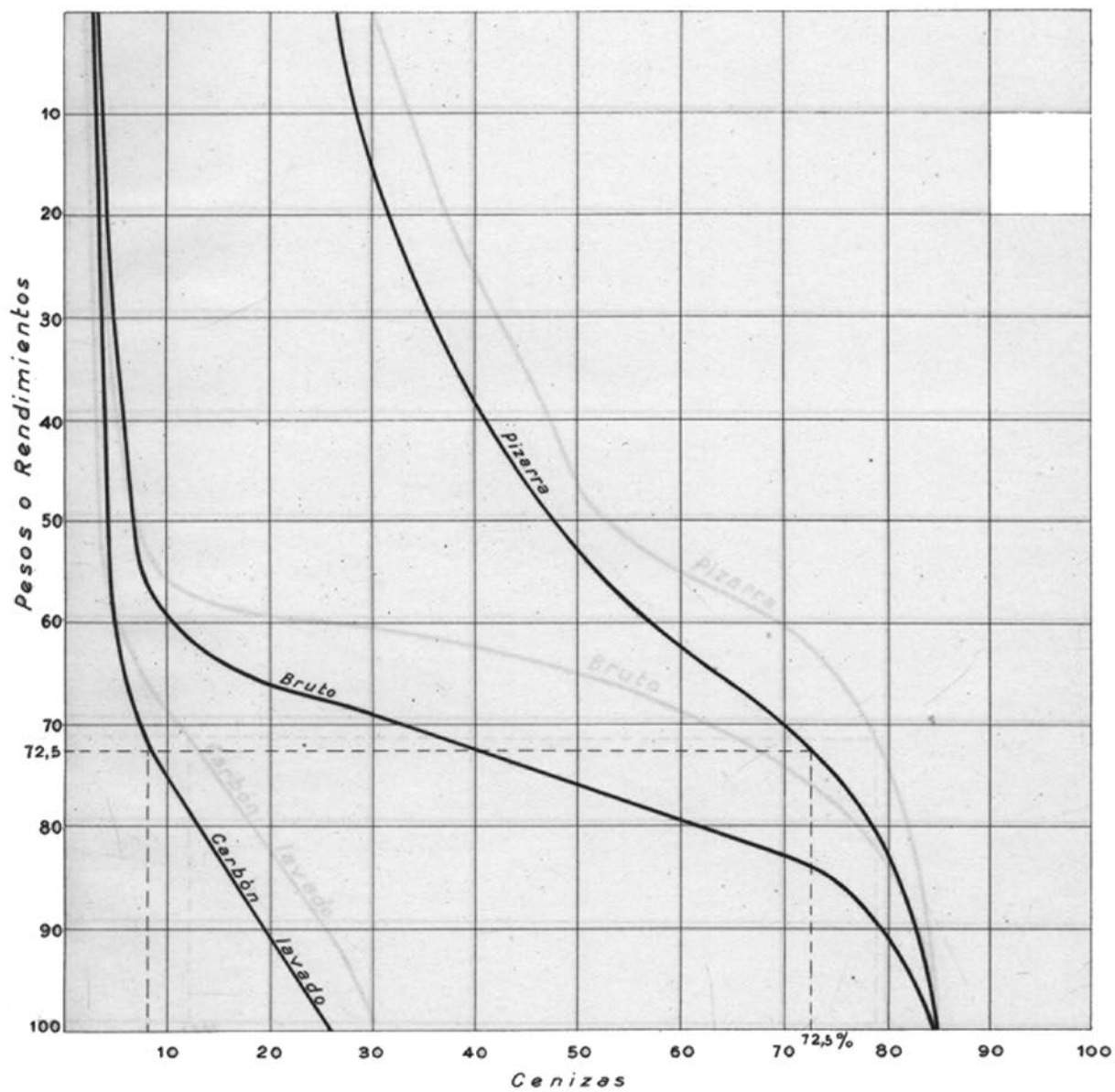
MINAS DE ALLER

CURVAS DE LAVABILIDAD

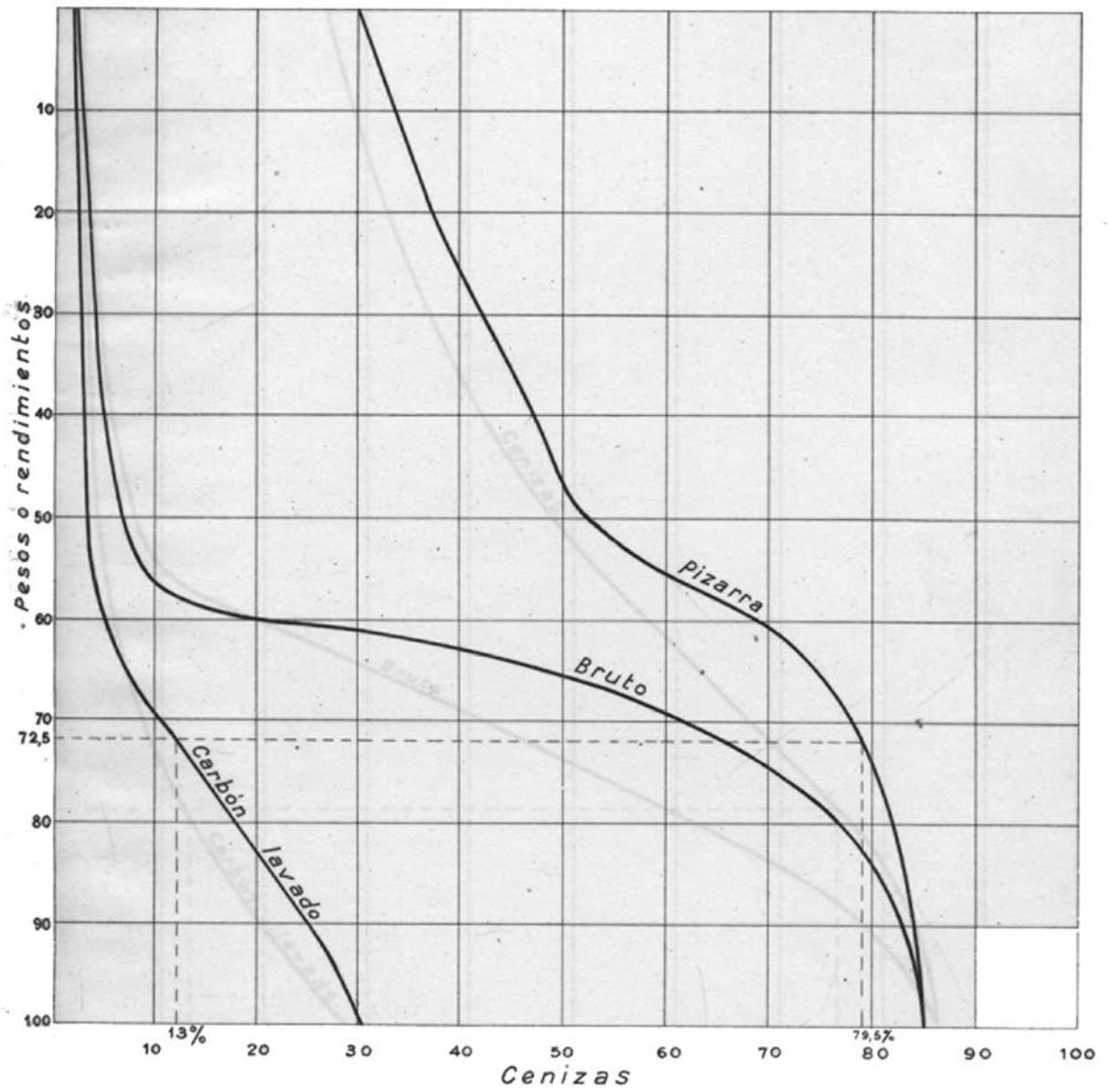
60/25 ^m/m
Cenizas 41,70 %



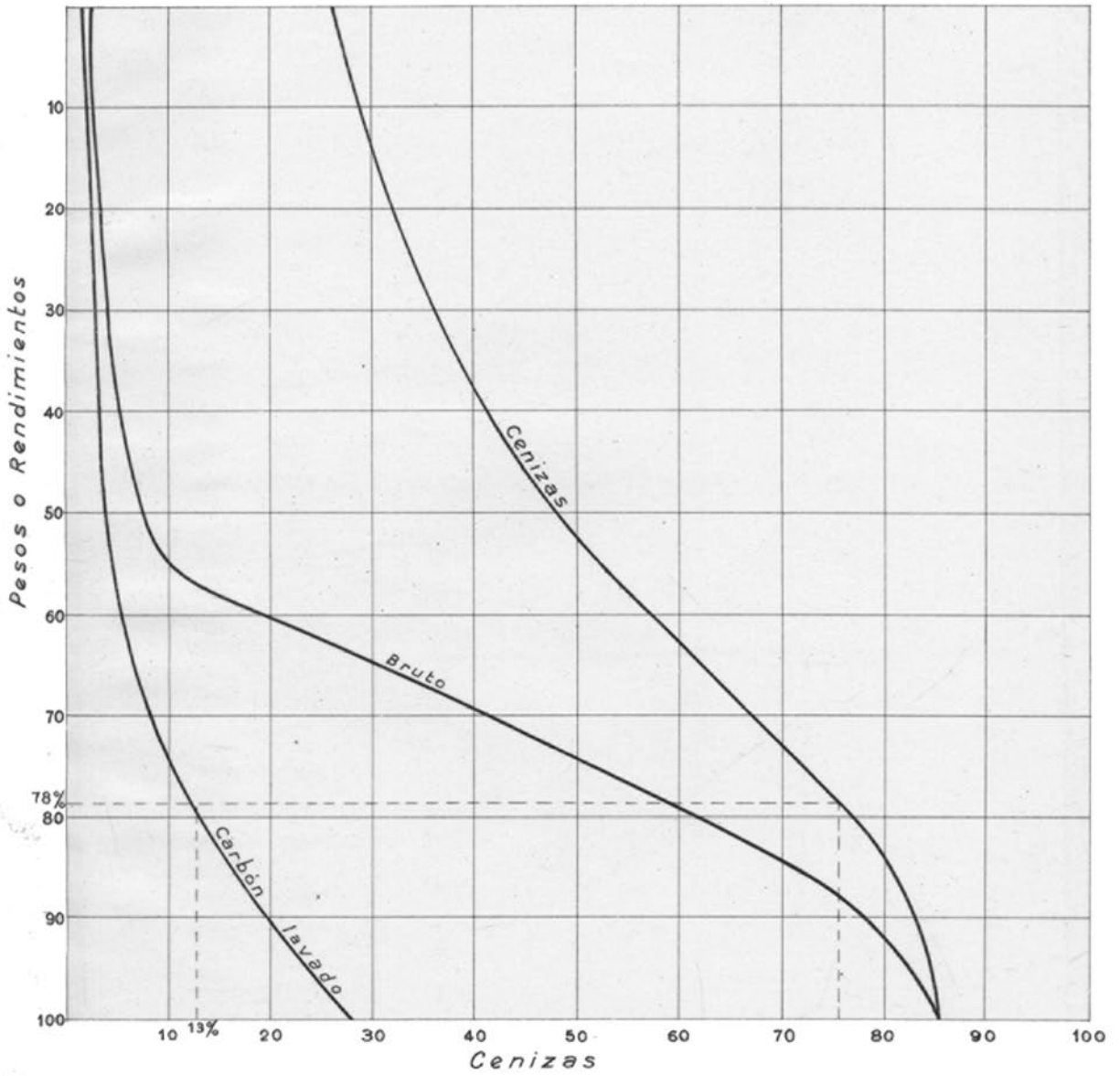
25/15 m/m
Cenizas 28,13 %

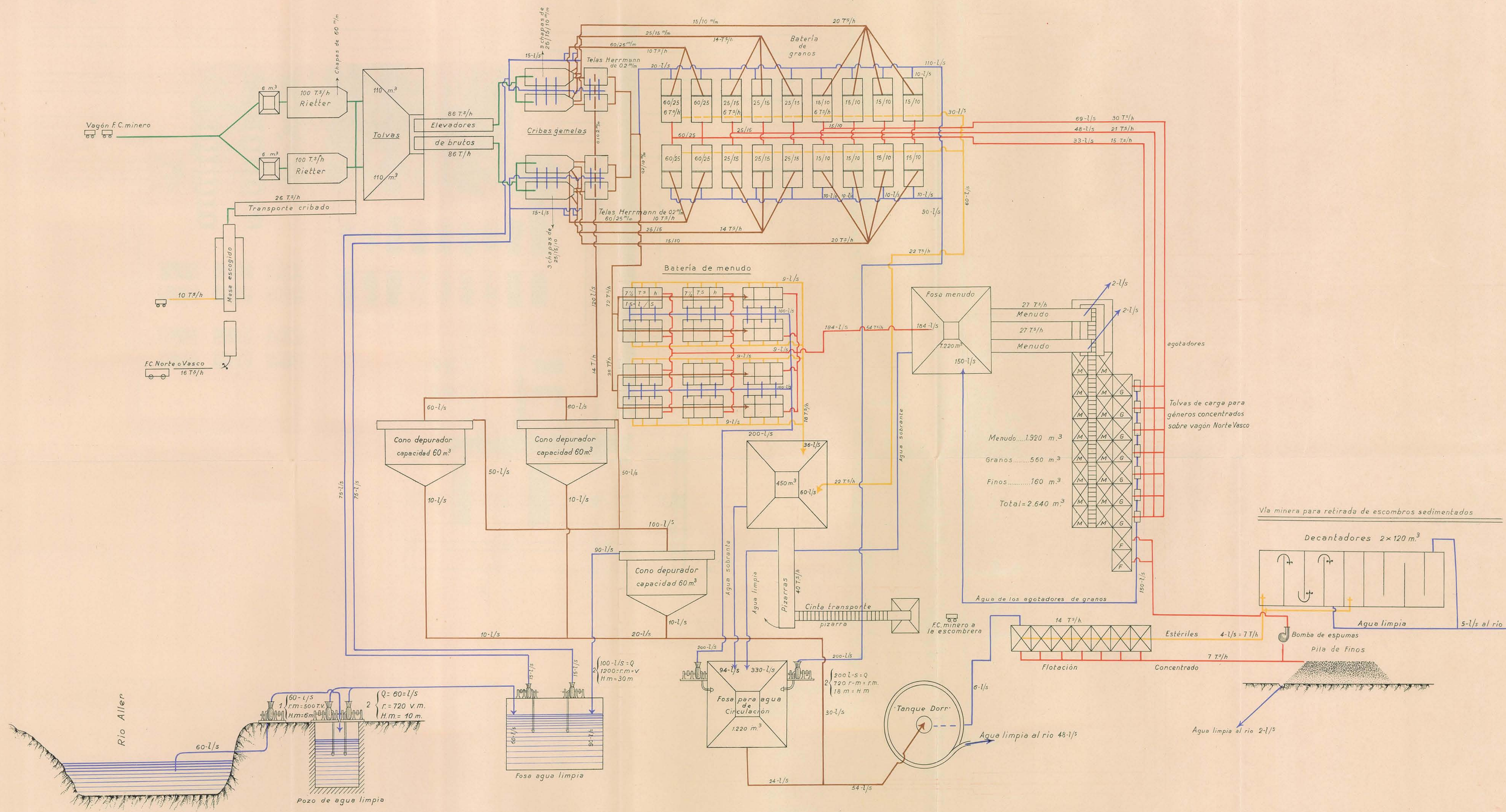


15/10 m/m
Cenizas 32,00 %



10/0,317 m/m
Cenizas 25,30 %



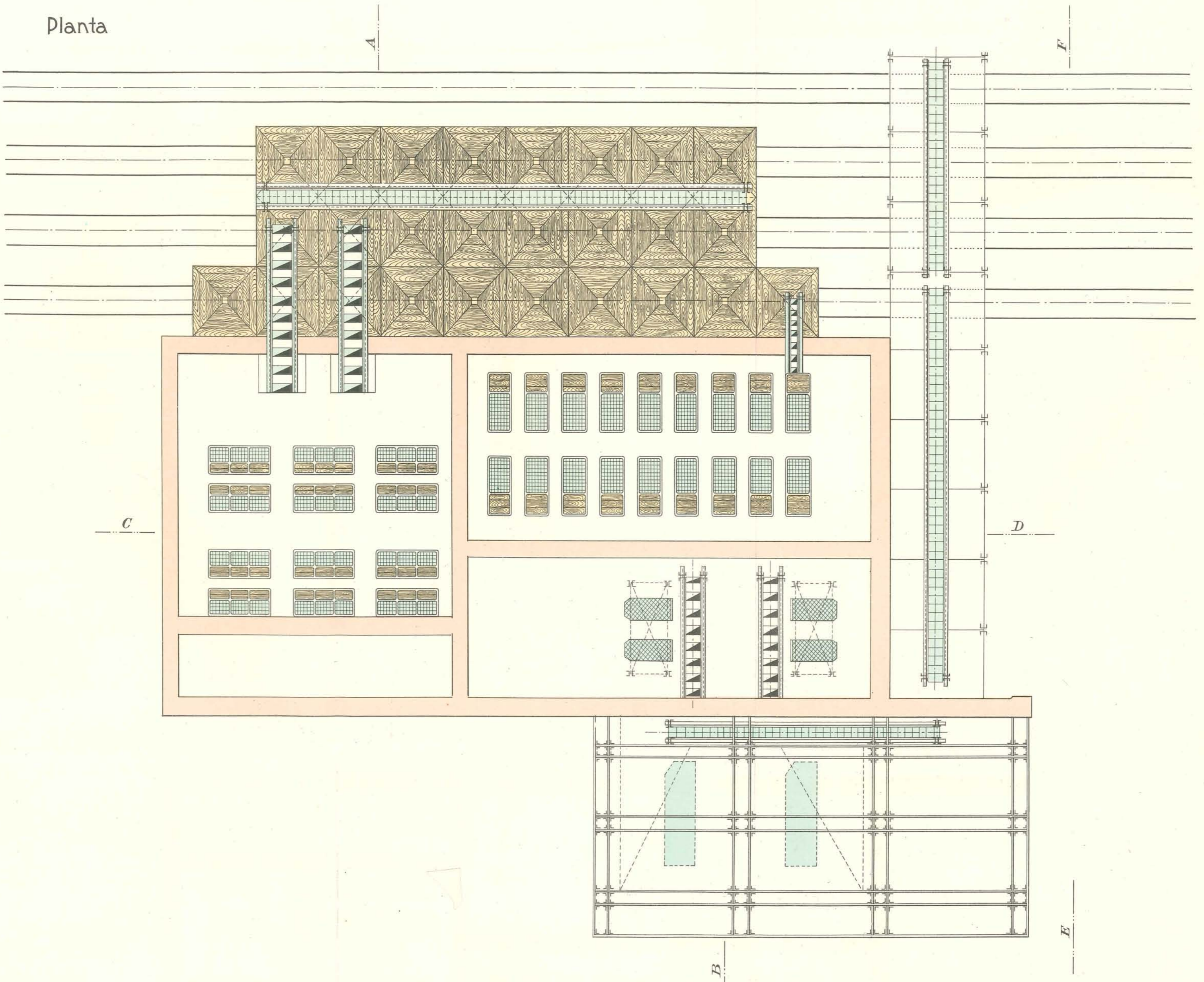


Entrada 60 l-s

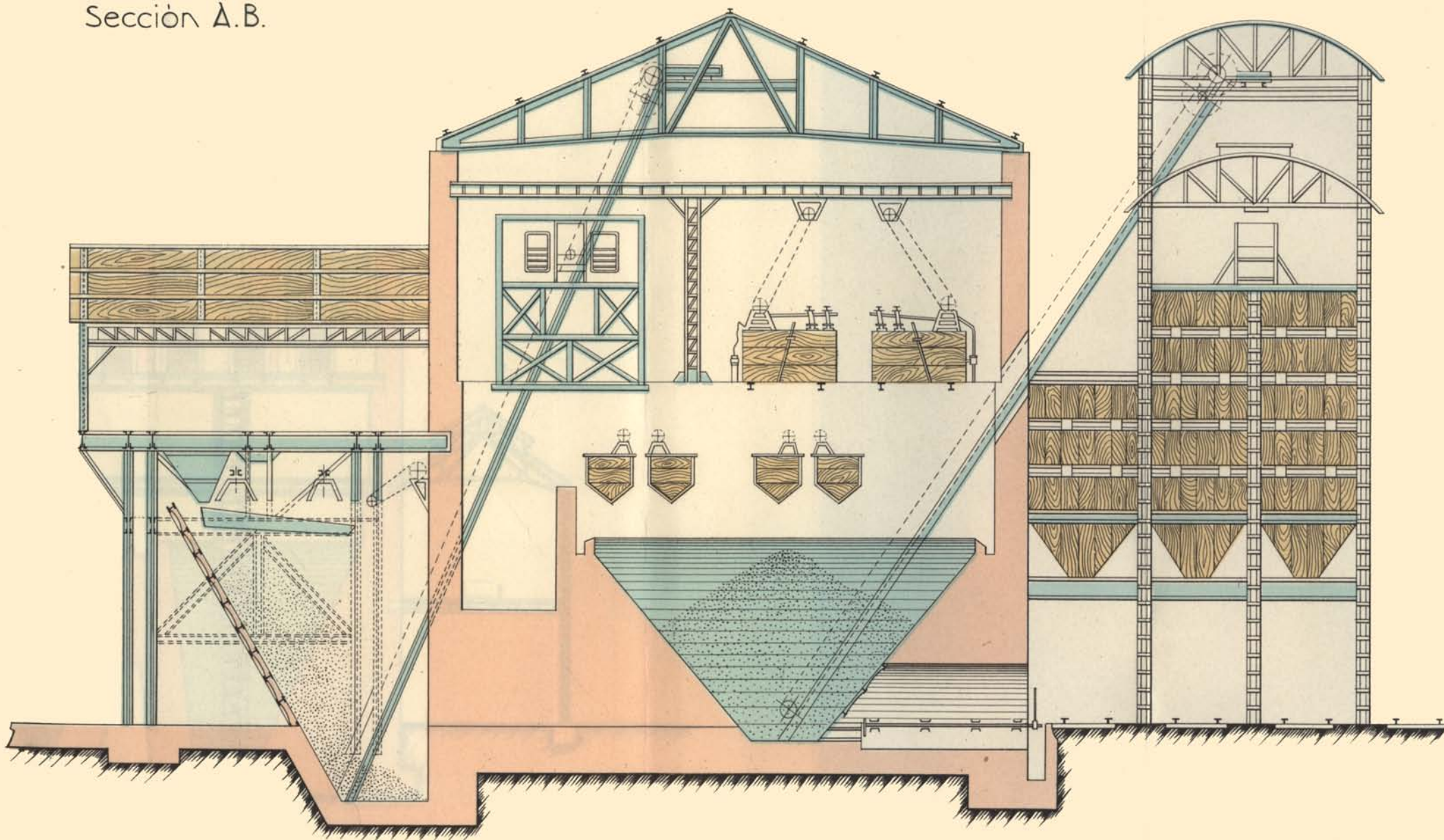
Salida	Pila Finos.....	2 l-s
	Purga Finos.....	4 l-s
	Tanque.....	48 l-s
	Cadenas.....	6 l-s
	Total:	60 l-s

- Explicación
- Carbón bruto
 - Agua
 - Carbón con agua
 - Estériles
 - Carbón bruto con agua

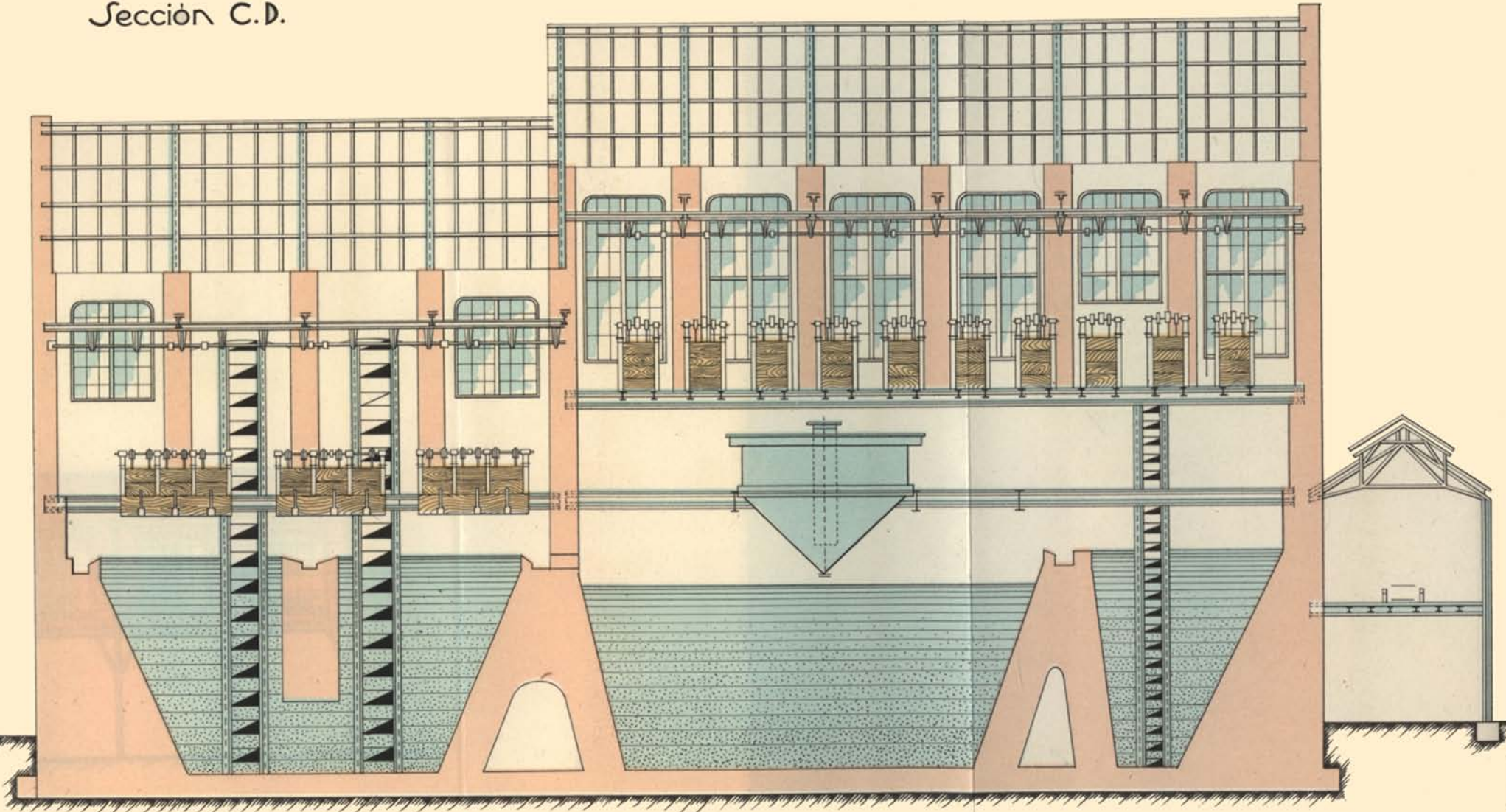
Planta



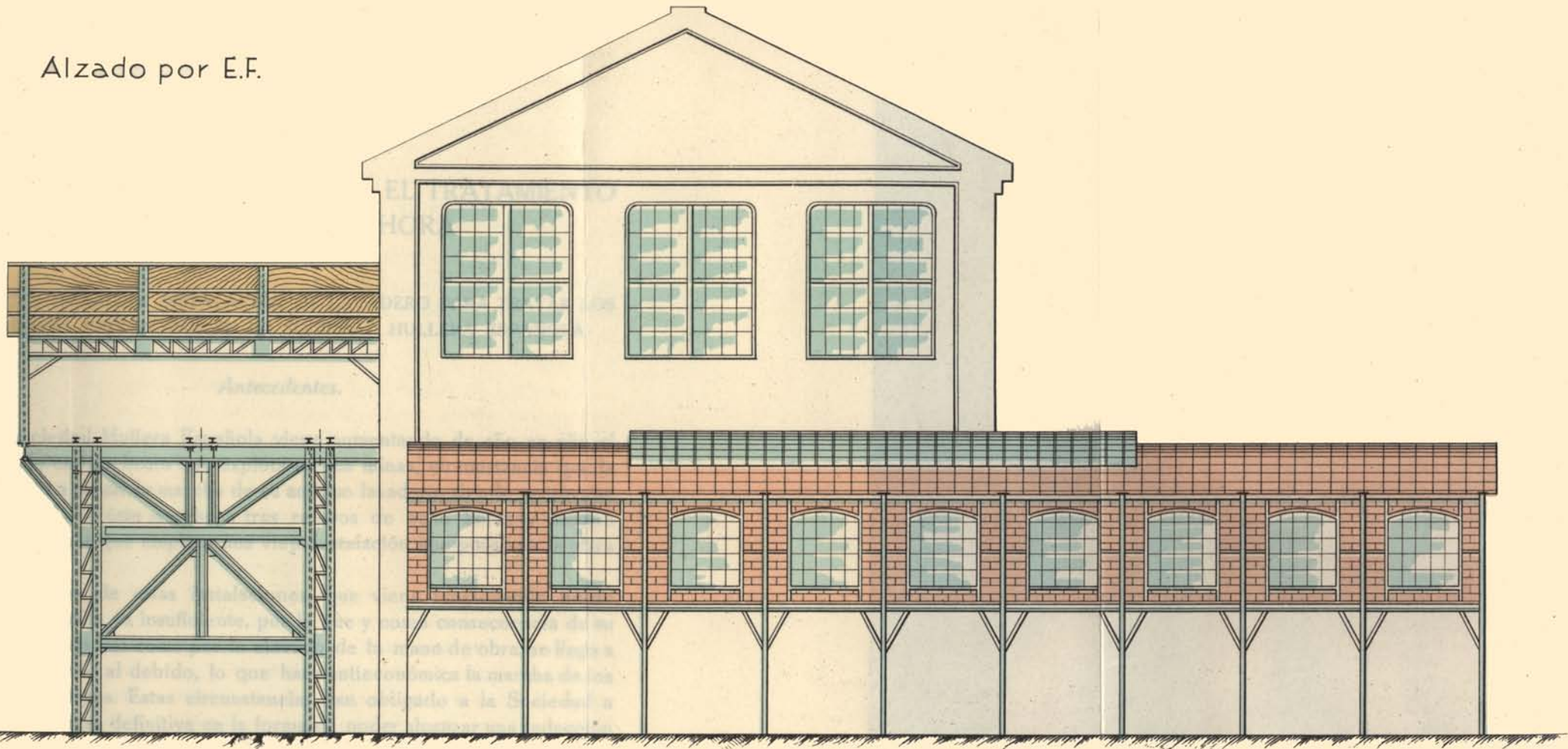
Sección A.B.



Sección C.D.



Alzado por E.F.



R. BELLOSO

PROYECTO DE LAVADERO PARA EL TRATAMIENTO DE 200 TONELADAS-HORA

PROYECTO DE NUEVA INSTALACIÓN DE LAVADERO PARA TRATAR LOS
CARBONES PRODUCIDOS EN LA SOCIEDAD HULLERA ESPAÑOLA

Antecedentes.

La Sociedad Hullera Española viene aumentando de año en año el tonelaje de carbón bruto que explota en sus minas, circunstancia que la ha obligado a forzar la marcha de su antiguo lavadero, siendo preciso en la actualidad que éste marche a tres relevos de ocho horas y forzoso también el tener que emplear una vieja instalación que posee en la plaza de Estrada.

El conjunto de estas instalaciones, que viene funcionando desde hace años, resulta ya insuficiente, por lo que y como consecuencia de su mal rendimiento, así como por lo elevado de la mano de obra, se llega a un costo superior al debido, lo que hace antieconómica la marcha de los actuales lavaderos. Estas circunstancias han obligado a la Sociedad a pensar de manera definitiva en la forma de poder alcanzar una reducción en los costos y para ello se propone instalar un nuevo lavadero para sus carbones.

El lavadero ha de poseer una capacidad y un rendimiento tal, que por medio de él se pueda llegar a alcanzar el fin indicado, que, como digo, no es otro que el de producir en consonancia con los costos que hoy tienen otras empresas similares de Asturias. Este fin nos proponemos conseguirlo con la nueva instalación cuya descripción se hace en esta Memoria, instalación en la que no se desechan los antiguos procedimientos de concentración, sancionados por la práctica, teniendo en cuenta también todas aquellas otras modificaciones modernas introducidas en los lavaderos de carbón que tiendan en conjunto a aumentar su capacidad y

rendimiento. Las principales condiciones que se tienden a mejorar en la nueva instalación, son las referentes al tratamiento de los géneros finos, *schlamms*, a disminuir en lo posible el consumo del agua y a obtener una separación de estos finos, con objeto de eliminarlos del género menudo, a fin de que este último se pueda concentrar debidamente en sus respectivas cajas de tratamiento.

Todo este plan redundará en beneficio del costo, fin primordial que ha de llenar toda instalación que tienda a reemplazar a las que actualmente tenemos en funcionamiento.

Ventajas que ha de reportar la nueva instalación.

Para determinar el aumento de rendimiento que la nueva instalación nos va a proporcionar, y así poder deducir la economía que se puede alcanzar, voy a estudiar por medio de las curvas de lavabilidad, las características de estos carbones y el posible rendimiento de su concentración y lavado.

El carbón de la Hullera Española se viene entregando en el lavadero con un porcentaje medio de cenizas no superior al 29 por 100. Para poder apreciar el mínimo rendimiento alcanzado en el lavado de estos carbones, voy a partir del ensayo de una muestra tomada de la producción de las minas en fin de mes, fecha en que éstas explotan más sucio, lo que me permitirá determinar el límite inferior de rendimiento en peso a que actualmente se puede llegar con estos carbones.

Desde luego, y como consecuencia de este demuestre, el porcentaje de las distintas clases a obtener será bastante diferente del verdadero, pues indudablemente el aumento de pizarras en el carbón bruto, y por lo tanto en este demuestre, corresponderá principalmente a los géneros gruesos, viniendo por lo tanto disminuída la proporción de menudo, afectando el aumento de pizarras principalmente a los géneros cribado, galleta y granza, ya que los inferiores a estos tamaños, no vienen a aumentar el porcentaje de pizarras, caso que se ha podido comprobar en demuestras sucesivos que se han venido haciendo.

Como consecuencia de estos razonamientos, voy a partir de los resultados alcanzados en el demuestre antes indicado, referidos a las curvas de lavabilidad de los diferentes tamaños, y los resultados acusados por estas curvas los referiré a los porcentajes de cenizas que son normales en la entrada del lavadero, para poder determinar así el rendimiento correspondiente a una entrega normal, respecto a cenizas, del carbón suministrado al lavadero.

Por los resultados alcanzados en el demuestre de referencia, se llega a las conclusiones siguientes:

Las distintas minas que integran la producción de la Hullera Española en la actualidad son las siguientes:

«Marianas», con un tonelaje sobre el total del.....	18,88	por 100
«Cutrífera-Moreda».....	14,74	—
«Legalidad».....	11,58	—
«Melendreras».....	10,74	—
«Conveniencia».....	11,55	—
«Cutrífera».....	7,86	—
«Bóo».....	7,00	—
«Dos Amigos».....	5,84	—
«Vanguardia».....	6,51	—
«Turca».....	5,90	—

Para la clasificación de estos carbones tomaré el tipo comercial que se emplea en Asturias, o sea:

Cribado mayor de..	60	milímetros
Galleta.....	60/25	—
Granza.....	25/15	—
Grancilla.....	15/10	—
Menudo.....	10/0,2	—
Finos.....	0/20	—

Con arreglo a esta clasificación, los carbones de las minas antes indicadas arrojan por clases los porcentajes siguientes, con relación al total:

GRUPOS	Cribado	Galleta	Granza	Grancilla	Menudos	TOTAL
«Marianas».....	8,16	2,28	2,72	1,82	8,95	18,88
«C.-Moreda».....	1,10	1,86	1,55	1,21	9,52	14,74
«Legalidad».....	2,59	1,57	1,08	0,80	5,54	11,58
«Melendreras».....	2,13	1,26	1,06	0,87	5,42	10,74
«Conveniencia».....	2,00	1,73	1,56	0,87	5,39	11,55
«Cutrífera».....	0,73	0,61	0,69	0,61	5,22	7,86
«Bóo».....	1,83	0,84	0,78	0,57	3,48	7
«Vanguardia».....	0,94	0,89	0,78	0,52	3,38	6,51
«Dos Amigos».....	1,13	0,88	0,68	0,52	2,68	5,84
«Turca».....	0,82	0,77	0,47	0,32	2,92	5,90
TOTAL.....	15,93	12,09	11,87	8,11	52,50	100,00

Tratado el carbón 0,10 milímetros sobre tamiz de 0,317 milímetros (único del que se disponía para el ensayo), se separa el 18,68 por 100 de género inferior a este tamaño, quedando, por lo tanto, para el 0,317/10 milímetros, el 42,70 por 100 del total, y del 0,0317, el 9,80 por 100.

Según las curvas de lavabilidad que acompañan a este estudio, se puede determinar:

Galleta.—Cenizas del carbón bruto, 41,70 por 100. Tipo de ceniza en

el carbón concentrado, el 7 por 100. Rendimiento en carbón limpio, 52,50 por 100.

Granza.—Cenizas del carbón bruto, 28,13 por 100. Tipo de ceniza en el carbón concentrado, 8 por 100. Rendimiento en carbón limpio, 72,50 por 100.

Grancilla.—Cenizas del carbón bruto, 32 por 100. Tipo de ceniza en el carbón concentrado, 12 por 100. Rendimiento en carbón limpio, 72,50 por 100.

Menudo.—Cenizas del carbón bruto, 25,30 por 100. Tipo de ceniza del carbón concentrado, 13 por 100. Rendimiento de carbón limpio, 78 por 100.

Finos.—Para este género no he determinado las curvas de lavabilidad, mas a base de lo que viene ocurriendo en la marcha actual de su concentración, es de presumir que tenga en peso un rendimiento aproximado a un 50 por 100.

En resumen, teniendo en cuenta que del tonelaje de carbón cribado bruto sólo se saca de carbón comercial el 8,32 por 100 del total general, tendremos:

Cribado...	Entrada	31.860	toneladas.	Carbón industrial..	15.220	toneladas
Galleta...	—	24.180	—	—	15.694	—
Granza...	—	22.740	—	—	16.486	—
Grancilla..	—	16.222	—	—	11.759	—
Menudos..	—	85.400	—	—	66.612	—
Finos.....	—	19.600	—	—	9.800	—
TOTAL..	—	<u>200.000</u>	—	—	<u>132.571</u>	—

Rendimiento total de la instalación a base de alcanzar las curvas de lavabilidad, $132.571/200 = 66,28$ por 100.

Se ve, por lo tanto, que para un carbón bruto que corresponda al demuestre de referencia, se puede alcanzar un rendimiento teórico del 66,28 por 100.

Ahora bien, la muestra ensayada da un porcentaje medio de cenizas, para el carbón bruto, del 30,78 por 100, cuando la media normal de entrada de carbón bruto en el lavadero no suele pasar del 29 por 100. Por lo tanto, a base de que el carbón a tratar no ha de cambiar respecto a sus condiciones de lavabilidad, al disminuir las cenizas de las entradas, los rendimientos aumentarán, por lo menos, en la misma relación que disminuyan aquéllas, o, lo que es lo mismo, que si para un carbón de 30,78 por 100 de cenizas tenemos un rendimiento teórico del 66,28 por 100, para esta misma clase de carbón bruto entregado al lavadero con sólo el 29 por 100 de cenizas, el rendimiento en peso será:

$$66,28 \times 30,78/29 = 70,25 \text{ por } 100$$

cantidad que permite tomar para rendimiento de la instalación una cifra aproximada al 70 por 100.

Por otra parte, los porcentajes de géneros en la muestra tomada no son los verdaderos, ya que repetidos demuestres nos han permitido el poder fijar éstos en los siguientes:

C L A S E S	Tamaños — Milímetros	Porcentajes	Tonelaje bruto a tratar por por hora
Cribado	60	6,91	13,82
Galleta	60/25	7,34	14,68
Granza	25/15	6,87	13,74
Grancilla	15/10	14,11	28,82
Menudos	10/0,2	50,70	101,40
Finos	0,2/0	14,07	28,14
TOTAL..		100	200

porcentajes con relación a los cuales deberán determinarse los elementos necesarios para el tratamiento de cada género en la instalación que se proyecta.

Partiendo de estos datos se llega a los siguientes resultados respecto a la mejora que esta instalación ha de reportar a la Hullera Española.

Rendimiento medio alcanzado en la actualidad. Un vagón del ferrocarril de 1.760 kilogramos de carbón bruto viene produciendo una media de 1.080 kilogramos de carbón concentrado, lo que supone un rendimiento industrial en la actualidad de un 61,36 por 100.

Rendimiento mínimo determinado en relación con la muestra ensayada. Se puede fijar en un 66 por 100, lo que representa un aumento de carbón limpio por vagón basculado, con relación a la media actual, de

$$1.760 \times 0,66 - 1.080 = 81 \text{ kilogramos}$$

en el caso más desfavorable.

Tomando para rendimiento, que estimamos como normal para la nueva instalación, la cifra de 69 por 100, el aumento de carbón limpio por vagón basculado se podrá fijar en:

$$1.760 \times 0,66 - 1.080 = 135.$$

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

En líneas generales, cuyos detalles se concretarán a medida que se trate de los distintos elementos que han de formar la nueva instalación, ésta estará constituida de la forma siguiente:

Emplazamiento.

La instalación que se proyecta estará situada en una amplia zona de terreno despejado, casi horizontal, en la cual irá instalado el nuevo edificio, que estará formado por dos amplias naves adosadas entre sí, formando en total una planta de 46,75 metros de largo por 21,60 metros de ancho, dividida en dos partes, una con altura de 21,50 metros y la otra de 17 hasta la cornisa de arranque de las respectivas armaduras que han de formar las cubiertas de los edificios. En la primera de estas naves irán instaladas las fosas de aguas sucias, o de circulación; fosas de estériles; gran depósito de agua limpia, situado por debajo de la planta inferior; instalación de conos depuradores destinados a la clasificación de las aguas sucias; planta de concentración de los géneros galleta, granzas y grancilla; espacios destinados a las torres de clasificación secundaria e instalación de cribas Herrmann destinadas a la separación de finos. Dispone también sobre la bóveda del depósito de aguas limpias, de una gran sala destinada a la instalación de bombas para el agua de circulación, así como también de otras destinadas a efectuar el riego en las cribas de clasificación secundaria y dotar del agua necesaria para el arrastre de los géneros gruesos por las canales que han de conducir éstos a sus cajas de concentración. Esta planta, al igual que la adosada a ella, estará ejecutada en hormigón en masa la parte referente a las zonas de almacenamiento de aguas y estériles, siendo la parte relativa a paredes o entrepaños del edificio construída sólidamente por fuertes entramados metálicos revestidos de hormigón, construcción que ofrece una gran resistencia y, al mismo tiempo, gran masa a fin de absorber las vibraciones, a las que todo edificio de esta índole tiene que estar sometido.

La segunda nave del edificio se la destina a planta de concentración de menudos, fosas para éstos una vez concentrados, espacio destinado a elevadores, escaleras de acceso, almacenes para material de repuesto y cuadro para el mando de la fuerza eléctrica destinada a transformadores y motores que han de ser destinados a la nueva instalación.

Independiente de esto y a fin de poder salvar una zona falsa de te-

rreno, por la cual, de no haberse adoptado este procedimiento, debían tener acceso los carbones destinados a la nueva instalación, se ha tenido que proceder al trazado de un ramal de ferrocarril que, partiendo de un empalme en Pomar sobre la antigua vía al actual lavadero, sirva para conducir los carbones a la nueva instalación, salvando un desnivel de unos 10 metros que existe entre la plataforma de basculación de los carbones brutos y la correspondiente a la salida de los concentrados.

Este ramal de ferrocarril ha exigido la perforación de un túnel de unos 100 metros, con sección para doble vía, y la formación de un fuerte terraplén de unos 10 metros de cota, terraplén que está contenido, por uno y otro lado, por fuertes muros de mampostería.

En las proximidades del lavadero, la gran plataforma destinada a formar la plaza de basculación, descansa en su mayor parte sobre fuertes bóvedas de hormigón armado, destinadas a dejar espacio en su interior para poder disponer en el mismo las instalaciones de energía, central transformadora, servicio de eliminación de escombros y, en el día de mañana, fosas de regulación de la general de brutos destinadas a acumular durante el día el carbón producido en los grupos para ser tratado en el segundo relevo del lavadero. La parte central de esta plataforma está construída con fuerte entramado metálico reforzado con bovedillas de hormigón, bajo las cuales está a su vez situada la clasificación primaria formada por dos grandes reTERS, que descargan los géneros clasificados en las fosas de brutos destinadas a regular la marcha del lavadero. Bajo esta plataforma está también instalada la parte inferior de los grandes elevadores de brutos y la cinta de escamas metálicas que se destina al transporte de los cribados brutos a la de concentración a mano de esta clase de carbón.

En la fachada opuesta a la de basculación existe una gran fundación a todo lo largo del edificio, destinada a soportar la batería de torres para concentrados.

Normal a esta fachada y hacia la parte Este de la misma, arranca la alcantarilla general destinada a dar salida a las aguas sobrantes del lavadero, alcantarilla que va dividida en dos secciones, una para alcantarilla en sí, y la otra destinada a alojar la tubería que deberá surtir de agua a la instalación.

En la fachada Este del lavadero está adosado un tinglado de construcción mixta de acero y ladrillo, destinado a alojar la cinta de escogido del género cribado.

Esta instalación lleva anexas otras dos edificaciones, una destinada al tratamiento de los carbones finos por flotación, y la instalación de bombas que han de surtir de agua al lavadero.

Instalación de flotación.

Para la depuración de las aguas empleadas en el lavadero, así como para la recuperación y beneficio de las partículas de carbón arrastradas por las mismas, se dispondrá de una instalación de flotación provista de elementos de concentración, por este procedimiento, de la patente «Minerals Separation Ltd.»

La marcha de la instalación será la siguiente: las aguas residuales salen del lavadero por una canal general de desagüe pasando a un tanque Dorr, del que son aspirados por el fondo del mismo los géneros a tratar, los cuales son entregados a la instalación con la dosificación conveniente para su tratamiento.

El tanque Dorr es de 16 metros de diámetro y en él tiene lugar la decantación de las partículas en suspensión, y las aguas sobrantes, ya depuradas, van al río o retornan al lavadero para ser empleadas de nuevo en éste. Los fangos carbonosos son elevados a la instalación por intermedio de cuatro bombas de diafragma, pasando a la máquina de concentración por flotación.

Esta máquina, como queda indicado, es del tipo *standard* de la «Minerals Separation» y consta de ocho compartimientos con ejes de agitación verticales accionados por ruedas y piñones dentados.

Los concentrados producidos en esta máquina son recogidos en forma de espumas y elevados por medio de una bomba de tres pistones buzos, a tolvas o balsas de sedimentación, donde pierden el agua que los acompaña a la salida de la máquina, quedando en condiciones para su cargue sobre vagón ferrocarril.

La instalación se compone, pues, de una bomba de pistones para los concentrados, la máquina de flotación, el tanque Dorr con sus cuatro bombas de diafragma, todo ello accionado por motores eléctricos, destinándose uno de 60 HP. para el movimiento de la batería y las dos bombas de concentrados, y otro motor de 7 1/2 HP. para el tanque.

La batería de flotación, las bombas y el motor de 60 HP. irán instalados en un edificio de 8 × 24 metros de planta por cinco de altura, en el que se reserva una parte para almacén, oficina y laboratorio.

La disposición puede observarse en el plano que se acompaña.

Esquema referente a la circulación del carbón dentro de la instalación.

El carbón vendrá de la mina en vagones de unos 3.550 litros de capacidad, los cuales se pretende empiecen a funcionar cuando la nueva instalación se inaugure. Dichos vagones serán basculados por su fondo

sobre unas tolvas de cinco a seis metros cúbicos de capacidad cada una, de las que, por intermedio de unas compuertas de entrada del carbón bruto a los reters, se regulará la marcha de éstos. El carbón tratado en los reters se dividirá en dos partes: una mayor de 60 milímetros, que irá directamente a un transportador o cinta de mallas metálicas que recogerá el género producido en ambos, para depositarlo, a su vez, sobre otra mesa idéntica en la cual ha de efectuarse el escogido a mano, y otra que atraviesa las telas y cae en las fosas. La mesa de transporte está formada por dos trozos que irán instalados normales entre sí, estando provisto el último de una parte rígida de inclinación variable destinada a facilitar el cargue sobre vagón Norte o Vasco.

Las pizarras separadas del carbón cribado se tirarán por unos tragantes dispuestos a lo largo de la mesa y sobre ambos lados o pasillos, cuyos tragantes verterán estas pizarras sobre unas pequeñas tolvas que, en número de cinco, irán colocadas en la parte inferior de la mesa, las cuales, a su vez, darán salida al género por su fondo y será cargado directamente sobre vagones destinados a este objeto.

Los géneros que han pasado por el reter, es decir, aquellos cuyo tamaño es inferior a 60 milímetros, caen en las fosas de brutos, en el fondo de las cuales existen unas compuertas de regulación que permiten la entrada de estos géneros a los elevadores de brutos.

La parte superior de los elevadores verterá sobre unos canales que conducirán al carbón de cada elevador a dos torres metálicas sobre las que están montadas las cribas gemelas de clasificación secundaria, destinadas a separar los géneros comprendidos entre los tamaños 50/25, 25/15, 15/10 y 10/0 milímetros, siendo este último género, es decir, el correspondiente al tamaño inferior a 10 milímetros, el que irá por unas canales a la instalación de telas Herrmann, las cuales estarán montadas de tal forma, que se facilite el poder variar la pendiente de las mismas, estando provistas de un sistema de racletas destinadas a alargar el recorrido del género sobre las telas, aumentando así la capacidad de clasificación de éstas.

Los géneros separados por las telas de 25 milímetros serán los comprendidos entre los tamaños 60 y 25, y por sus canales respectivas irán a las cuatro cajas destinadas a la concentración de estos géneros, pasando el carbón concentrado por canales a sus torres correspondientes, depositándose en ellas por intermedio de canales espirales o toboganes que tienen por objeto evitar, en la caída, el desmenuzamiento de estos géneros. El agua necesaria para el arrastre de este carbón concentrado, será separada, antes de su entrada en las torres, por unos agotadores de tela metálica e irá directamente, con el carbón menudo que se haya podido formar en el arrastre del carbón grueso, a la fosa de menudo lavado.

Marcha parecida llevarán los distintos géneros gruesos producidos en las cribas gemelas, y respecto al menudo 0/10 milímetros, pasará directamente por las telas Herrmann, en donde será regado intensamente con agua a presión, cayendo en una canal, que utilizando agua para el arrastre de los géneros, irá por gravedad a sus cajas respectivas de lavado, en las que se concentrarán, cayendo el género ya concentrado arrastrado por parte del agua de las cajas, a la gran fosa de menudos, de donde será extraído por dos grandes elevadores de cangilones que a su vez lo depositarán sobre unos pequeños tolvinos, que regulan la carga de la cinta de transporte destinada a distribuir el carbón en las distintas torres de almacenamiento.

El género que pase a través de las telas Herrmann, o sea el comprendido en 0/0,2, irá a espesarse en unos conos decantadores, de donde este género una vez sedimentado, saldrá en marcha continua, por acción de gravedad, por unas tuberías que los conducirán a la instalación de flotación.

Circuito del agua necesaria para la instalación.

En el esquema que acompaña a este trabajo se puede seguir perfectamente la marcha general del agua, y está también indicado el número de litros que se precisa tomar del río, según el gasto necesario para la marcha de la instalación.

El circuito del lavadero está asegurado por intermedio de las bombas necesarias, en la siguiente forma:

Se ha perforado un pozo de captación de agua por filtración en las proximidades del río Aller, estando equipado este pozo con dos bombas idénticas de 60 litros de capacidad, destinadas, una para estar en servicio continuo durante el tiempo de marcha del lavadero, y la otra de reserva para el caso de que la anterior se inutilice. Por separado y para prever el caso en que el pozo no diese el agua suficiente, existe una tercer bomba que toma el agua directamente del río, destinada a alimentar el pozo anterior en caso necesario.

Por tubería de fundición, colocada en el compartimiento de la alcantarilla de salida de aguas sobrantes del lavadero, destinada también a este objeto, se conduce el agua de estas bombas a la instalación que las recibe en su depósito de agua limpia.

Del depósito de agua limpia toman el agua las dos bombas destinadas por separado a suministrar la que necesitan las torres de clasificación secundaria, así como también la que se precisa para el arrastre por los canales de los géneros ya clasificados, galletas, granza, grancilla, y también las que vertiendo en los canales destinadas al género bruto de cada una de estas clases, sirven para facilitar el arrastre del carbón por las mismas.

El riego que se efectúa sobre las telas Herrmann también se hace por intermedio del agua suministrada por las indicadas bombas.

El agua proporcionada por estas bombas pasa a través de las telas de clasificación y, salvo la que va por las canales a las cajas de concentración, que viene a ser la destinada a reposición del agua del lavadero, va a dos conos depuradores, de donde vierten por la canal superior de cada uno de ellos en la entrada del tercer cono, que funciona en serie con los anteriores y, saliendo por la canal superior de este último cono, ya clarificada, va directamente al depósito de agua limpia. Las purgas de los sedimentos obtenidos en los tres conos depuradores, son conducidas por medio de tubería, como ya se ha indicado, a la instalación de flotación.

Independientemente del agua limpia proporcionada a la clasificación por las bombas anteriores, existen las llamadas bombas de circulación, que en número de dos y con gasto de 200 litros por segundo cada una, están destinadas a surtir del agua necesaria las cajas de las baterías de menudos, así como también las de granos, siendo destinadas parte de las aguas que se dedican al lavado de estos últimos, a surtir de la necesaria a la canal en que se depositan los géneros menudos después de separar el género 0/0,2, para ser arrastrado a las cajas de concentración o lavado.

Las aguas de circulación que entran en la batería de menudo, en unión de la que para el arrastre del carbón por las canales ha sido proporcionada del circuito de granos, se divide en dos circuitos distintos después de la concentración del carbón, uno que sigue el recorrido de los carbones concentrados y va con éstos a la fosa de menudos, y otro que, acompañando a las purgas de este género, va por sus respectivas canales a las fosas de estériles. Las aguas de ambos circuitos, por rebose sobre vertedero de largo recorrido, van a parar a la fosa de agua sucia. El agua correspondiente al circuito del lavado de granos se divide también en dos partes que acompañan igualmente a los géneros concentrados y a los estériles; las primeras, al llegar a las tolvas o torres correspondientes a los diferentes tamaños, pasan a través de un decantador que las separa de los géneros por ellas arrastrados, yendo por canales convenientemente instaladas y arrastrando el carbón menudo producido en el transporte, a parar en las fosas de menudo lavado, uniéndose así al circuito general de aquellas aguas. El agua que escapa con las purgas, va directamente con éstas a la fosa de estériles y sigue también el circuito indicado ya para estas últimas.

De la fosa general de aguas sucias y por la purga de la misma, sale el sobrante de las aguas del lavadero, sobrante que sumado a las pérdidas que se experimentan por la instalación de flotación y las producidas por escurrimiento y por la que acompaña al carbón concentrado, dan el total de agua de que habrá que dotar al lavadero para conseguir una buena y normal marcha de la instalación.

Elementos de concentración, clasificación y transporte de que constará la nueva instalación.

Se destinarán para la concentración de los menudos doce cajas tipo Coppée de superficie de concentración de 1,90 metros cuadrados, y de émbolos de 2,10 y dimensiones de $4,095 \times 1,715 \times 1,60$ y capacidad cada una para un tratamiento horario de 8,50 toneladas.

Para la concentración de grancilla se destinan ocho cajas, las cuales tienen una superficie de concentración de $1,5 \times 1$ metros cuadrados y superficie de émbolo de 1,20 metros cuadrados.

El movimiento de estos émbolos se hace por intermedio de bielas con discos reguladores de la amplitud de la pistonada. Estas cajas tienen una capacidad de 7,50 toneladas-hora.

Para la concentración de la granza se destinan seis cajas de idénticas características a las de grancilla.

La concentración de la galleta se efectúa por intermedio de cuatro cajas idénticas también a las anteriores.

Clasificación.

Clasificación primaria. — Para esta clasificación se emplearán dos reters de superficie de 2×6 metros cuadrados con las características ya indicadas y accionados por árboles cigüeñales que les proporcionarán una carrera de 150 milímetros, con doble correa de mando y volantes compensadores, eje cigüeñal con seis soportes y engrase por anillo. La capacidad de cada uno de estos elementos será de 100 toneladas-hora.

Clasificación secundaria. — Para separar la galleta, granza y grancilla del menudo 0/10 milímetros se emplean dos baterías de cribas gemelas, de sacudidas laterales, las cuales van montadas en dos castilletes metálicos independientes y accionadas por ejes cigüeñales forjados, de doble biela, equipados por parejas, con volantes compensadores, trabajando a razón de 160 oscilaciones por minuto.

Para la separación del género 0/0,2 milímetros del último obtenido en las cribas gemelas, se emplean cuatro telas del tipo Herrmann antes indicado, cada una de las cuales presenta una superficie de clasificación de dos metros cuadrados, estando todas provistas de un sistema de raquetas en forma de persianas que no tienen otro objeto que obligar al género que hemos de clasificar a recorrer sobre la superficie de la tela clasificadora un mayor recorrido y procurar así una mejor clasificación.

Elevadores.

De las fosas de carbón bruto de 0/60 milímetros partirán dos elevadores de longitud total de 33 metros, los cuales a la velocidad de 0,25 metros por segundo elevarán cangilones de 80 kilogramos de capacidad; los elevadores estarán formados por doble tren de engranajes en la parte superior, compuerta inferior de regulación de carga, guionaje por medio de rodillos en la rampa cargada y de angular en la de vacío. Tendrá cada uno un peso aproximado a los 37.000 kilogramos, teniendo solamente un gasto de fuerza de unos 10 HP. por elevador.

Se dispondrá también de dos elevadores para conducir el menudo por intermedio de una cinta transportadora a las torres. Estos elevadores de cangilones tienen capacidad adecuada al servicio que han de prestar, estando equipados con cangilones perforados de 72 litros, dotados de una velocidad de 0,15 metros por segundo y equipados en forma parecida a los anteriores, con consumo aproximado de unos 7 a 8 HP. por elevador. La longitud de estos elevadores es también de 33 metros en total.

Para la evacuación de pizarras de la fosa de estériles se emplea un elevador de capacidad horaria de unas 60 toneladas, estando equipado en forma parecida a los anteriores.

Transportadores horizontales.

El transportador o cinta horizontal para el cribado bruto, está formado de dos trozos que funcionan instalados a 90 grados, estando dispuesto el primero, de longitud total de 22 metros, para recoger el género de tamaño mayor de 60 milímetros, que separan los dos reters, teniendo por misión conducir los géneros en él depositados a la segunda cinta a 90 grados con la anterior y de longitud de 25 metros, sobre la cual se ha de efectuar el escogido a mano de esta clase de carbón. Estas cintas van montadas sobre rodillos y están formadas por escamas de chapa de hierro que hacen un conjunto continuo. La velocidad de ambas será de 0,25 metros y su ancho de 0,70 metros. El consumo de fuerza se eleva a unos 7 u 8 HP. Al final de la última mesa o cinta de escogido existe una parte de ella de cinco metros de longitud, accionada por un cabrestante destinado a modificar el ángulo que forma ésta con la horizontal, evitando con ello que por la caída desde gran altura se triture el carbón cribado que irá directamente sobre vagón del Norte o del Vasco.

Cinta para la distribución del menudo concentrado a las distintas torres de almacenamiento.— Esta cinta está accionada de forma parecida a la del cribado, mas las escamas están reemplazadas por racletas que se

deslizan a lo largo de un cajón con compuertas de salida encima de cada torre de menudo. Esta cinta está provista de unos tolvinos, uno por elevador, que tienen por objeto regular la entrada del carbón en la cinta transportadora.

Transporte de pizarras.— En la parte superior del elevador de estériles y en la desembocadura del mismo, existirá un tolvin regulador de carga, que verterá los estériles elevados sobre una cinta con escamas en forma de U encargadas de transportar los mismos hasta la tolva que recibirá estos estériles para darles salida por medio del ferrocarril general a la escombrera.

Fosas de que constará la instalación.

Fosa de brutos.— Serán dos, una por reter, estando colocadas debajo de éstos y construidas por fuerte entramado metálico y bovedillas de ladrillo, permitiendo una capacidad por fosa de 110 toneladas cada una.

Fosa de carbón menudo concentrado.— La capacidad de esta fosa es de 1.200 metros cúbicos. Está provista, para la mejor decantación de los finos que arrastre el menudo, de un largo vertedero y una canal de sección suficiente y longitud de 60 metros.

Fosa colectora de aguas sucias.— Posee una capacidad parecida a la fosa anteriormente enumerada y tiene por objeto reunir en ella las aguas procedentes de los sobrantes de las fosas de tierra y menudo.

Fosa de pizarras.— Destinada a recoger las aguas que proceden del arrastre de los estériles a esta fosa, dándose salida a los sobrantes por unos vertederos y canales de rebose que sirven para conducirlos a la fosa general de aguas sucias anteriormente indicadas.

Independientemente existe también un gran depósito de aguas limpias situado a nivel inferior a la planta del lavadero, destinado a recibir el agua que desde el pozo de captación de ésta lo envían las bombas destinadas a este objeto. Tiene una capacidad aproximada de unos 500 metros cúbicos.

Torres destinadas al depósito de los géneros concentrados.

Estas torres están colocadas en batería sobre la gran fundación de hormigón situada en la fachada Norte del lavadero, fachada que corresponde a la salida de los géneros concentrados. Consta de 16 torres para el almacenamiento de los menudos con capacidad total para almacenaje de éstos de 1.920 toneladas, disponiendo además de siete tolvas o torres de almacenamiento para depositar los granos, con capacidad total para

éstos de 560 toneladas. Independientemente existen también otras dos torres con capacidad de 160 toneladas que han de ser destinadas a depositar en ellas, mezclados en parte con menudo, los géneros finos concentrados en flotación.

Dotación de agua para la marcha normal de esta instalación.

Uno de los elementos modernos de que irá dotada la nueva instalación es el correspondiente a los llamados conos depuradores de aguas sucias, patente Miguel de Prado, consistentes en unos grandes depósitos circulares, de cinco metros de diámetro los dos más pequeños, instalados en número de tres y que funcionarán recibiendo los dos más pequeños, independientemente cada uno, el agua y el carbón que haya pasado por las telas Herrmann, vertiendo a su vez la canal superior de salida de aguas depuradas de cada uno de ellos al tercer cono, de mayor capacidad, en donde se verifica una mayor depuración y del que salen ya las aguas en condiciones tales de pureza que pueden ser incorporadas al circuito general de aguas para la concentración de los carbones.

Estos conos, al depurar las aguas que arrastran los géneros finos, concentran éstos, los cuales son eliminados por las purgas de los conos por intermedio de tuberías que los conducen para su tratamiento a la batería de flotación.

Estos aparatos de concentración se están empleando con resultados francamente notables en la instalación que el mismo constructor, talleres de Miguel de Prado, de Valladolid, ha puesto en marcha en las minas de Turón.

Según datos tomados de un notable estudio que tiene hecho el director de estas minas, Sr. Riego, con los conos de referencia, se ha llegado a conseguir los resultados que se especifican en el siguiente cuadro:

DESIGNACIÓN DE LA MUESTRA	Con-	Cenizas
	centración — Por ciento.	— Por ciento.
Entradas en los conos números 1 y 2.....	6,79	28,12
Salida inferior, ídem íd.....	21,49	19,50
Salida superior, ídem íd.....	2,97	25,25
Entrada, cono número 3.....	3,88	25
Salida inferior, cono número 3.....	0	0
Salida superior, ídem íd.....		

La salida del cono número 3, dice en su estudio el Sr. Riego, es de agua prácticamente pura, por cuya razón las cenizas del residuo de

entrada son prácticamente iguales al de la salida, sedimentándose la casi totalidad de materias sólidas en suspensión.

Con estos antecedentes, y por medio de estos conos, pretendemos conseguir que el agua de recuperación se reduzca al mínimo, con lo cual sólo necesitaremos para la nueva instalación un gasto, para reponer este agua, de unos 60 litros por segundo, según se puede apreciar en el esquema del lavadero que se acompaña a este estudio.

Debido a este moderno dispositivo, podremos reducir la instalación referente a la captación de aguas del río a las siguientes proporciones:

Se dispone un pozo de filtración equipado con dos bombas de las características que se indican en el plano de referencia, una para servicio del lavadero y la otra de repuesto. Esta instalación está también equipada con una bomba independiente que permitirá tomar directamente el agua del río en el caso que el pozo, en las épocas de estiaje, no proporcione el agua suficiente para la puesta en marcha de la instalación. Esta bomba será del mismo gasto que las otras dos, o sea de 60 litros por segundo.

El agua que se devuelve al río, según se puede apreciar en el esquema, es la siguiente:

Por la pila de finos.....	2	litros por segundo
Por la balsa de decantación.....	4	—
Por el tanque Dorr.....	48	—
EN TOTAL.....	<u>54</u>	litros por segundo

cantidad que, comparada con los 60 litros por segundo de entrada, arroja una diferencia de seis litros por segundo, que corresponde al agua que acompaña al carbón después de la concentración y a la que se reintegra al río por escurrimiento de los géneros concentrados.

Servicio eléctrico del nuevo lavadero.

El servicio eléctrico de la nueva instalación estará asegurado por el suministro de energía que nos proporcionará la Electra del Viesgo. Se dispondrá de dos estaciones de transformación que modificarán la tensión en las líneas de 5.000 a 220. Una de estas estaciones proporcionará fuerza al lavadero e irá instalada en el interior de las bóvedas de la plataforma de basculación, estando equipada con dos transformadores de 800 y 200 kilovatios respectivamente, y la segunda, a proporcionar la fuerza ya transformada a los motores de toma de agua del río, que tendrá una potencia de 100 kilovatios. Ambas instalaciones estarán provistas de sus aparatos de protección y medida correspondientes.

Los motores que han de proporcionar la fuerza a la instalación, serán los siguientes:

Las baterías de concentración de granos, las bombas de riego para la clasificación, y la fuerza para el accionamiento de las cribas gemelas estará proporcionada por dos motores de 125 HP.....	250	HP.
Las bombas de circulación estarán movidas por dos motores de 80 HP.....	160	—
La batería de cajas para el menudo está accionada por un motor de 50 HP..	50	—
Los elevadores de menudo trabajarán con un motor de 40 HP.....	40	—
La cinta de raquetas de las torres de menudo funcionarán con un motor de 30 HP.....	30	—
La cinta de transporte de los escombros deberá ser accionada por un motor de 20 HP.....	20	—
La cinta de escogido de cribado llevará un motor de 15 HP.....	15	—
Para accionamiento de las bombas del río se destinan dos motores de 30 HP.....	60	—
Para la bomba de reposición de agua en el pozo de filtración se destina un motor de 20 HP.....	20	—
Para accionamiento de la batería de flotación y bombas se destina un motor de 60 HP.....	60	—
Para el tanque Dorr, un motor de 7,5 HP.....	7,5	—
<i>En total la instalación completa constará de.....</i>	<u>712,5</u>	<u>HP.</u>

Conclusión.

Por lo que en este estudio se proyecta, se puede ver de manera clara que se pretende, con la puesta en marcha de la nueva instalación de lavado, alcanzar un beneficio que redundará en bien de la comarca en general y contribuirá al mejoramiento de la industria hullera, que vendrá a beneficiar de manera general a todos, sin perjuicio de tercero, por lo que es de esperar que la Superioridad se digne autorizar la puesta en marcha de la instalación que se proyecta.

E. CUETO Y RUI-DÍAZ

LA TECTÓNICA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

GENERALIDADES

La tectónica de la Península Ibérica fué estudiada, en el curso de los últimos cincuenta años, por diversos geólogos nacionales y extranjeros. Entre los españoles se hallan Macpherson, Calderón, Hernández-Pacheco, Dantín Cereceda y Patac. Los trabajos más importantes de Macpherson son los titulados *Breve noticia acerca de la especial estructura de la Península Ibérica* (1879), *Estructura uniclinal de la Península Ibérica* (1880) y *Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica* (1901). Calderón dedicó a este asunto la monografía titulada *Ensayo orogénico sobre la Meseta central de España* (1884). Los resultados de las investigaciones de Macpherson fueron aceptados, con algunas modificaciones, por E. Suess, cuyo concepto de la estructura geológica de la Península Ibérica está basado en aquellos resultados (*Das Antlitz der Erde*, II, 1888). T. Fischer, en su trabajo *Versuch einer wissenschaftlichen Orographie der Iberischen Halbinsel* (1894), propugna una teoría que se acerca mucho a la que, diez años antes, había sido dada a conocer por Calderón. Hernández-Pacheco y Dantín Cereceda, el primero, en su discurso de ingreso en la Academia de Ciencias (1922), y el segundo, en el *Resumen fisiográfico de la Península Ibérica* (1912), aunque introducen algunas innovaciones en las ideas de su maestro Macpherson, siguen coincidiendo con él en los puntos esenciales. Por fin, Patac, en sus conferencias sobre la Meseta Ibérica, pronunciadas en 1927 en la Academia de Ciencias y en la Sociedad Geográfica de Madrid, da acerca de la formación de la Cordillera Carpetana, de la falla del Guadalquivir y de otros puntos oscuros de la orogenia hispana, explicaciones originales e ingeniosas.

Ya se ha hecho mención, en el párrafo precedente, de dos de los geólogos extranjeros que hicieron estudios importantes sobre la tectónica de España. En estos últimos años atrajo la atención de otros el mismo

asunto, mereciendo, entre ellos, ser citado Argand, quien en su trabajo titulado *La tectonique de l'Asie* (1924), hace referencia en repetidas ocasiones a nuestro país, y Staub, por su extensa memoria *Gedanken zur Tectonik Spaniens* (1926). Ambos autores desarrollan teorías que difieren profundamente de las que han sido expuestas por los que los han precedido en esta investigación.

La explicación de la orografía y tectónica de la Península Ibérica ofrece dificultades que no se encuentran en ningún otro país de Europa. Si se compara a España con Suiza (que es la nación que, por lo quebrado de su suelo y por su altura media sobre el nivel del mar, es la que más se le asemeja), se encuentra entre una y otra grandes diferencias. Los Alpes están formados, en su mayor parte, por zonas exóticas curvas sensiblemente paralelas. Los macizos centrales autóctonos también describen un arco concéntrico con las expresadas zonas. Todas las montañas de Suiza están subordinadas, como consecuencia de esta disposición, a un mismo plan general. En España no se encuentra nada análogo a esto. La variada y aparentemente contradictoria dirección de sus principales cordilleras, algunas de las cuales parecen cortarse casi en ángulo recto (como las cordilleras Carpetana e Ibérica), es la nota característica de la orografía española. Otro rasgo distintivo de la configuración de nuestra Península, es la existencia de una planicie central que se eleva considerablemente sobre las zonas periféricas. Las concepciones sobre la tectónica ibérica, ideadas hasta el presente, tienen como fin primordial la explicación de estos dos hechos capitales, siendo, a mi juicio, la de Macpherson la que lo ha realizado en mayor grado, mientras que las modernas de Argand y Staub son las que se hallan más distantes de conseguir aquel objeto.

Todo estudio sobre la estructura geológica de la Península Ibérica debe ir precedido de un examen crítico de las teorías elaboradas por los autores citados. Como esto exigiría un desarrollo completamente desproporcionado con la extensión que es permitido dar a este trabajo, me voy a limitar a reseñar, ciñéndome a las líneas generales, la tectónica de España tal como yo la concibo, dejando para más adelante la publicación de un estudio completo del asunto.

PRINCIPALES UNIDADES TECTÓNICAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

En el adjunto mapa han sido trazadas las líneas directrices de las grandes unidades tectónicas de la Península Ibérica. El arco que describen los terrenos paleozoicos de Asturias ya fué observado, a causa de la

claridad con que se destaca en los mapas geológicos, por los primeros geólogos que estudiaron el suelo de aquella provincia. En un trabajo anterior he hecho una prolija descripción de las principales fajas de rocas que lo componen, las cuales comienzan en la costa cantábrica con dirección SO. o SSO., se doblan después hacia el S., y entran, por fin, en la provincia limítrofe de León con rumbo SE. o ESE. Todas las unidades tectónicas del paleozoico de Asturias, incluso aquellas que en el extremo oriental de la provincia se arrumban casi de E. a O. (como los pliegues de caliza carbonífera de la Cordillera de Cuera, las hiladas de cuarcita que originan las «sierras planas», etc.), terminan por su extremo N. en la costa del mar Cantábrico. En la margen meridional del macizo cántabro-astur se ve a dichas unidades desaparecer (perdiendo gradualmente altura y la aspereza de sus formas de relieve) bajo las formaciones más modernas de la Meseta, algunas de ellas bajo el manto cuaternario de la llanura leonesa. En las ramas meridionales de las fajas de caliza carbonífera se advierte una marcada tendencia a converger hacia el N. de la provincia de Palencia, en las inmediaciones de Cervera de Pisuerga. La Sierra del Brezo, encumbrada montaña de la región de que hablo, termina brusca-mente cerca del pueblo antes citado; pero en su prolongación surgen inmediatamente (separadas de las montañas paleozoicas por el portillo de Vado) una serie no interrumpida de sierras y páramos de caliza cretácea que se prolonga, siempre en dirección SE., hasta la Sierra de la Demanda, la cual sobresale entre las provincias de Burgos y Logroño. Siendo esta sierra uno de los principales grupos del Sistema Ibérico, no puede haber dudas respecto a que éste está ligado, orográfica y tectónicamente, con las montañas cántabro-astures por un grupo de pliegues de éstas que, con muy atenuado relieve entre Cervera de Pisuerga y Pancorbo, donde el paleozoico no es visible y el cretáceo forma páramos de 1.000 a 1.400 metros de elevación, recobran después su pérdida importancia, manifestada en el macizo antes nombrado, constituido casi en su totalidad por pizarras silurianas sobre las que descansa un potente tramo de pudinga hullera.

El terreno paleozoico de la Sierra de la Demanda se oculta por su extremo S. bajo una extensa mancha de formaciones secundarias, cuyo contorno meridional pasa próximo a Soria y Cervera de Río Alhama, mancha caracterizada, en concepto orográfico, por incluirse en ella el macizo de Urbión, que es uno de los más elevados del Sistema Ibérico.

Al SE. de la mancha secundaria citada reaparecen los terrenos paleozoicos, formando dos fajas, entre las que se abre la cuenca terciaria de Calatayud, dirigidas de NO. a SE., la más oriental de las cuales se extiende desde cerca de Agreda hasta Montalbán. Paralelamente a ellas corren fajas triásicas y jurásicas de menor longitud y con algunas interrupciones. Hacia el extremo N. de la más oriental de las hiladas triási-

cas se yergue el Moncayo, como culminante de la cordillera que separa la Meseta castellana del valle del Ebro. Dichos afloramientos de rocas paleozoicas (principalmente silurianas), debidos indudablemente a haces de pliegues hercinianos de igual dirección, dan lugar a importantes grupos orográficos, siendo los principales las Sierras de Tablado, de la Virgen, de Vicor y de Algairén. Los asomos paleozoicos desaparecen bajo el terreno cretáceo del S. de Montalbán.

Las sierras silurianas enumeradas forman, a mi juicio, el núcleo antiguo del Sistema Ibérico, no siendo otra cosa que retazos (renovados en su relieve por los movimientos orogénicos alpinos) de una rama de la cordillera herciniana, rama que acaso estuviera ya enlazada con las montañas cántabro-astures de igual época geológica. Indaguemos ahora cuál es la prolongación hacia el SE. del mencionado núcleo antiguo. Como ya se ha expresado, los terrenos paleozoicos desaparecen al S. de Montalbán bajo la mancha cretácea, de gran amplitud y espesor, que cubre una parte considerable de las provincias de Teruel y Castellón de la Plana. No ocurre lo propio con el triás y el liás que los acompañan en toda su longitud, los cuales, en forma de retazos irregulares, asoman a lo largo de la orilla N. de la mancha cretácea citada. Agrupados dichos jirones de triásico y liásico forman una curva, con la concavidad vuelta hacia el N., que es concéntrica con la que describe el Ebro entre Zaragoza y el horcajo del Cinca (si se prescinde de las muchas sinuosidades que en esta sección de su curso presenta el río). Sobre dicho pliegue en arco, que verosímilmente corresponde al que hizo asomar la banda de siluriano situada más a Levante (de las dos de que se ha hablado), se hallan las importantes cumbres nombradas Encanadé, Puertos de Beceite y Espina. Peñarroya y Peña Golosa tal vez se encuentren sobre otro arco más meridional, que corresponde a la faja de siluriano situada más a Poniente. El arco que trazan los terrenos mesozoicos de esta región le considero un efecto del que, en profundidad, describe el núcleo paleozoico de la cadena, el cual reaparece al otro lado del Ebro (cerca de Falset); esto es, donde se inicia la cordillera costera de Cataluña, la que, según esta interpretación, es la prolongación del Sistema Ibérico, el cual, en la sección comprendida entre Agreda y Montalbán, muestra una asociación de terrenos análoga a la que se observa en la Cordillera Catalana. Esta se prolonga paralelamente a la costa hasta la cuenca terciaria de Olot, donde, desviándose ligeramente hacia el E., se pierde en el Mar Mediterráneo. La posición sistemática de la Cadena Catalana, tan discutida por geógrafos y geólogos, queda de este modo establecida sobre bases que ofrecen algún grado de solidez. Staub admite la expresada conexión, pero suponiéndola resultado de una plegadura del *vorland* alpino, transversal a las dislocaciones hercinianas, lo cual está en completo desacuerdo con los hechos.

Se ve, por lo tanto, que el arco o rodilla astur, formado exclusivamente por terrenos de la serie primaria y constituido por un haz de pliegues debidos a diversas fases orogénicas (principalmente a las denominadas caledoniana y hercínica), queda, en parte, cortado al S. por la cuenca terciaria de Castilla la Vieja, pero un grupo de sus pliegues se prolonga en dirección SE. a través de las provincias de Palencia y Burgos, donde da origen a páramos de escasa elevación, continuando después, como ponen de relieve los repetidos asomos de rocas paleozoicas, por las provincias de Burgos, Soria, Zaragoza, Teruel, Castellón de la Plana, Tarragona, Barcelona y Lérida, describiendo en las de Castellón y Teruel una amplia curva vuelta hacia el N., cuya rama oriental tiene su término en la cuenca miocena de Olot, donde se sumerge bajo las aguas del Mar Mediterráneo.

En el trabajo antes citado he analizado la probable prolongación hacia el NE. y ENE. de las ramas septentrionales del arco astur, inclinándome a admitir la conexión de las cordilleras de la mitad oriental de Asturias con los Pirineos, pero no a lo largo de la costa cantábrica, como suponen algunos geólogos, sino penetrando en el mar y doblándose después hacia el E., para tomar la dirección de las montañas que separan a España de Francia. En cuanto a los pliegues y ramas orográficas de las Asturias occidentales, así como los que radican en Galicia, juzgo lo más verosímil, que después de la interrupción producida en ellos por el Mar Cantábrico, reaparezcan en la Meseta central francesa y en el macizo armoricano.

En la complicada alineación que acaba de ser descrita se destaca, en primer término, el arco elíptico de las formaciones primarias de Asturias, el cual, por la perfecta forma que en la actualidad conserva, no obstante la remota época en que se inició su formación (acaso anterior, como creía Macpherson, a los tiempos cambrianos), no parece que pueda ser considerado como un mero hecho local, sino más bien como el resultado de la adaptación de la estructura de Asturias a la general de España, y acaso a la de Europa. El arco astúrico, y, en general, la extensa unidad tectónica y orográfica de que es parte integrante, será, si esta hipótesis es cierta, la reproducción más o menos fiel de los elementos tectónicos del centro y sur de la Península Ibérica. Voy a considerar si los hechos confirman o no esta suposición.

En primer lugar, se observa que los pliegues de los terrenos que integran el suelo de Galicia, formados principalmente por rocas graníticas y agnostozoicas, dibujan curvas concéntricas con las de los pliegues de Asturias. La mayor parte de ellos están interrumpidos al N. por la costa cantábrica, y al S. por la cuenca terciaria de Castilla la Vieja. Las ramas meridionales de las curvas más externas penetran en Portugal con dirección SE., la que conservan hasta llegar cerca de los límites de la

provincia de Salamanca, dando lugar, dentro de la nación vecina, a sierras de moderado relieve, siendo las principales las denominadas Sierras de Arge, Oural, Amaroya, Citanias, Monte Mouro, Sao Cornelio, Leonil, Estrella, etc. Algunas de estas montañas se orientan, bajo el aspecto morfológico, de NE. a SO., pero todas están constituidas por estratos que se arrumban de NO. a SE., lo que indica que ésta es su verdadera dirección tectónica, y que la perpendicular a ésta que algunas de ellas tienen, es el resultado del trabajo de la erosión.

La investigación del enlace de las sierras del N. de Portugal con las montañas de Castilla, plantea uno de los problemas más interesantes de la orogenia española, a saber: el de la prolongación hacia el O. de la gran línea de relieve que divide a la Meseta en dos partes casi iguales. Macpherson, que hizo de este asunto un profundo estudio, dice que desde Peña Gudina, en la provincia de Salamanca, donde la Cordillera Carpetana entra en la depresión hispanolusitana, la divisoria entre el Duero y el Tajo se dirige al SO., por las Sierras de Peña de Francia y Gata, siendo de notar, añade, «que mientras la línea de aguas vertientes de estas sierras corre de SO. a NE., al modo como la depresión hispanolusitana, sus estratos se hallan arrumbados de preferencia de NO. a SE., como todos los de la zona que corresponde a la antigua cordillera hercyniana». Dicho geólogo escribe después lo siguiente: «Desde la extremidad SO. de la Sierra de Gata, tuerce la divisoria al O. por la Sierra de las Mesas, e incorporándose a las masas graníticas de Portugal, e inclinándose al N., llega hasta las cercanías de Guarda. Desde aquí se une la divisoria a la Sierra de Estrella; alcanza otra vez alturas de cerca de 2.000 metros, y sigue entonces la divisoria por granito y cambriano al SO., hasta que se incorpora a los terrenos secundarios al N. del estero del Tajo, paralelamente al cual sigue la divisoria, y termina en el Cabo de Roca...» En las líneas transcritas existe alguna confusión. El criterio que parece aplicar Macpherson para fijar la prolongación de la Cordillera Central, es considerar como eje de ésta la divisoria hidrográfica del Duero y del Tajo. Esta divisoria coincide con la descrita por Macpherson hasta Guarda, pero la Sierra de Estrella no forma parte de ella, puesto que esta montaña vierte aguas al Tajo y al Mondego, y este último río no desagüa en el Duero, sino directamente en el Océano, y tiene más analogía con el Tajo que con el Duero. Choffat no cree a la Sierra de Estrella, que es el más importante macizo de Portugal, continuación de las montañas de Castilla, por estar su independencia orográfica, con relación a éstas, claramente acusada en el mapa hipsométrico de F. de Botella. La incluye, sin embargo, en el sistema lusitano-castellano, por razones de proximidad y paralelismo. Para dicho autor la continuación en Portugal de la Sierra de Gata, es la línea divisoria de aguas que pasa al S. de las cabeceras de los ríos Goa y

Meimoa, línea bien definida en el mapa hipsométrico por las cotas 1.065, 1.003, 713, 801 y 575. La dirección de esta divisoria es la OSO., y se liga directamente con la Sierra de Garduña. Tampoco es admisible la opinión de Choffat, porque la línea de alturas de que habla, no constituye una divisoria de aguas; pues el río Coa es afluente del Duero, y el Meimoa se une al Zezere, el cual es tributario del Tajo; es decir, que aquella línea de cumbres vierte aguas por su flanco NO. a dos cuencas hidrográficas distintas.

La verdadera divisoria hidrográfica entre el Duero y el Tajo tiene, en la región de que hablo, dirección NO., la cual conserva hasta más allá de Guarda, donde, con el mismo arrumbamiento, se torna en la divisoria entre el Duero, de un lado, y el Vouga y el Mondego, de otro. Ya he dicho que este último río, por su dirección y otras circunstancias, tiene más semejanza con el Tajo que con el Duero. Las sierras que forman la expresada divisoria (Sao Cornelio, Leonil, Monte Mouro, etc.), con sus estratos dirigidos al NO., son, en mi sentir, la continuación de las sierras de Castilla. La constitución de dicha divisoria ha tenido que influir necesariamente en la morfología del país, pues las aguas meteóricas, dirigiéndose hacia el SO. y el NE., labraron en las rocas blandas valles profundos, como el del Zezere. Esta dispersión fluvial modeló sierras arrumbadas de SO. a NE., modificando con ello profundamente la primitiva fisonomía orográfica. Esta, sin embargo, lejos de haber sido completamente borrada, se conserva patente en las montañas constituídas por materiales duros, como la cuarcita siluriana, la cual forma sierras (como las de Busaco, Argamil, Muradal, etc.) con clara orientación herciniana.

La configuración e hidrografía de la porción de Portugal situada al N. del Duero (llamada por los geólogos lusitanos región galaico-durense), es el resultado de un proceso análogo al que acaba de ser descrito, estando, en primer término, condicionado el relieve por la tectónica de las montañas cántabro-astures. Esta, como es sabido, está caracterizada por la existencia de fajas concéntricas escalonadas, encontrándose las montañas más elevadas en las zonas orientales más modernas, que son las que, en la fase orogénica alpina, fueron estrujadas con mayor violencia contra el zócalo rígido occidental. La misma ley ha regido la formación del macizo galaico-durense, en el cual, los macizos más elevados (Sierra de Peñas Negras, de la Culebra, etc.) se encuentran en la porción oriental y están formados por rocas silurianas y cambrianas. Sobre estas sierras, orientadas en general de NO. a SE., se encuentra la divisoria hidrográfica de la región, lo que ha determinado, en combinación con abras transversales producidas en el bloque antiguo por los últimos movimientos del terciario, la dirección general SO. de los ríos. Esta distribución de las corrientes modeló montañas, cuyos ejes van también

de NE. a SO., pero estando todas integradas por pliegues de genuina dirección herciniana.

Aunque entre el Duero y el Tajo existan en Portugal, como queda dicho, montañas que, morfológicamente, están arrumbadas de NE. a SO., estando todas ellas integradas por pliegues que corren de NO. a SE., esta es su verdadera dirección tectónica. Un potente haz de los pliegues que las forman, al penetrar en la provincia de Salamanca, cambia de dirección, tomando primero la E.-O. y después la NE.-SO., y da lugar, envuelto en grandes extensiones por masas de granito, a las Sierras de Gredos y Guadarrama, en la segunda de las cuales se aprecia con toda claridad la dirección que en ella tienen las dislocaciones hercinianas. A esta inflexión, que guarda notable paralelismo con el arco astur, le fué asignada por los autores distinta significación geológica. Fischer no la admite, pues considera a la Cordillera Central, no como el efecto de un proceso de plegamiento, sino debida a grandes fallas que determinaron movimientos verticales relativos de grandes trozos del suelo de la Meseta. Para Macpherson la curva de que hablo es una «dirección derivada» de las plegaduras hercinianas, las cuales, al aproximarse al macizo carpetano, originado por pliegues precambrianos arrumbados de SO. a NE., cambian de dirección para ajustarse a la de estos últimos, los que, no obstante su antigüedad, se grabaron en el suelo de la región de modo indeleble, e imprimieron su carácter a todas las dislocaciones posteriores. La opinión de Suess se aproxima mucho a la de Macpherson, puesto que interpreta la Cordillera Carpetana como una rama desviada hacia el E. de la cadena herciniana. Hernández-Pacheco atribuye las Sierras de Gredos y Guadarrama (a cuyo conjunto califica de accidente tectónico transversal a la cadena herciniana) a fenómenos de descompresión posteriores a la fase orogénica herciniana, los cuales produjeron fracturas que determinaron importantes movimientos radiales. Finalmente, Patac explica la particular posición de la Cordillera Central suponiéndola «una especie de esquirra desprendida del cuerpo principal de la cadena caledoniana y que ha sufrido un movimiento de rotación de unos 40 grados sexagesimales de SE. a NO.»

Según mi modo de ver, el arco que trazan al penetrar en España algunos de los pliegues de gneis y micacita que recorren en sentido diagonal la mitad norte de Portugal, no es otra cosa que un fenómeno correlativo de la curva astur y debido a la misma causa que ésta; hecho tectónico primordial que esclarece todos los acontecimientos importantes de la historia geológica de la región. Las intensas presiones tangenciales que doblaron los estratos, produjeron necesariamente grupos de fracturas, tanto transversales como longitudinales, a las que, a mi juicio, se deben los dos rasgos fisiográficos más característicos del centro de la Meseta Ibérica, es a saber: la denominada por Macpherson depresión

hispano-lusitana, que fué originada por fallas transversales, y el pronunciado relieve de las Sierras de Gredos y Guadarrama, al que en grado tan importante han contribuído los magmas graníticos inyectados a lo largo de las fracturas longitudinales.

La prolongación tectónica de la Cordillera Central hasta el Cabo de Roca, admitida por muchos autores, y debida, en el sentir de Macpherson, al influjo de los pliegues precambrianos, no la juzgo verosímil; porque las montañas que se citan, ya dentro de Portugal, como la continuación de las sierras castellanas (Sierras de la Estrella, Garduña, Louza, etc.), aunque morfológicamente se orientan de SO. a NE., sus estratos están arrumbados perpendicularmente a aquella dirección, lo que demuestra que su configuración es obra de los agentes de la dinámica externa. En cuanto al grupo de sierras del N. de la nación vecina (enumeradas anteriormente), y consideradas por mí como la continuación de la Cordillera Carpetana, están formadas, sin duda alguna, por el mismo paquete de pliegues que, después de doblarse hacia el NE., engendraron las Sierras de Gredos y Guadarrama, por lo que la conexión tectónica de éstas con aquéllas es indiscutible.

Hecho el análisis orogénico que precede, voy a continuar la descripción de la unidad tectónica a que pertenecen las montañas que separan las dos Castillas. Los pliegues de estratos arcaicos que entran en la composición petrográfica de aquéllas, desaparecen, en el extremo NE. de la Sierra de Guadarrama, bajo las rocas silurianas de la Sierra de Ayllón, las que a su vez se ocultan bajo los estratos cretáceos de Sierra Pela, pasada la cual se encuentran sedimentos más antiguos (singularmente triásicos) que dan lugar a la Sierra Ministra y a los Altos de Barahona. En esta región, en que se inicia la divisoria de Tajo y Duero, se observa que las montañas pasan, describiendo un arco cuya convexidad mira al NE., de la dirección propia de la Cordillera Central a la SE. que caracteriza el Sistema Ibérico, estando ya orientadas conforme a esta última Sierra Ministra y los Altos de Barahona. El triásico que, en bancos muy poco inclinados, forma estas dos montañas, se extiende al SE., casi sin solución de continuidad, formando una faja de perímetro muy irregular que tiene su remate a poniente de Teruel, circundando dicha formación, juntamente con el jurásico, algunos angostos asomos de siluriano (ligados verosímilmente a igual terreno de la Sierra de Ayllón) arrumbados también al SE. En esta banda de terrenos primarios y mesozoicos se encuentran las montañas que, según Dantín Cereceda, forman una de las alineaciones (la del lado de la Meseta) en que se divide, al S. del río Jalón, el Sistema Ibérico, y a la cual ya he hecho referencia; alineación que, por razones tectónicas y orográficas, entiendo que debe ser incluida en la Cordillera Central divisoria. Pertenecen, por lo tanto, a esta última, de acuerdo con este modo de ver, las Parameras de Molina, la Sierra de

Albarracín y la extensa Serranía de Cuenca, rama orográfica separada de la paralela a ella, y perteneciente a la Cordillera Ibérica (ya mencionada al reseñar a ésta), por la cuenca terciaria de Teruel.

La faja de triásico de que antes he hablado, se interrumpe al S. de Teruel, adquiriendo de nuevo gran desarrollo aquel terreno en la provincia de Castellón, donde forma una extensa mancha que incluye cuatro pequeños asomos de siluriano, situados sobre una curva concéntrica con la que, más al N., he supuesto que traza el Sistema Ibérico. Sobre dicha curva, que parece internarse en el Mar Mediterráneo al N. de la ciudad de Castellón de la Plana, se hallan situados Jabalambre, Peña Golosa y otras encumbradas cimas de la región.

Entre la segunda gran unidad tectónica de la Península Ibérica, que acaba de ser descrita, y la primeramente reseñada, no existe completo paralelismo, aproximándose en unos puntos y alejándose en otros las dos alineaciones; pero entre las principales inflexiones de ambas se aprecia notable concordancia, lo que indica que son obra de las mismas fuerzas tectónicas, las cuales no produjeron en todas partes reacciones orogénicas idénticas, por razón de las diversas condiciones locales, pero sí muy semejantes, correspondiendo tanto los tramos rectos como las secciones curvas de la primera a otros de igual forma de la segunda. Entre las dos grandes zonas de plegamientos antiguos mencionadas se formó, ya en época remota, la cuenca de Castilla la Vieja.

La curva, con la convexidad vuelta hacia el E., que, a juicio de Staub, trazan los *Hispanides* en torno del macizo arcaico de la Sierra de Guadarrama, no puede, en mi opinión, ser admitida, por no haber un solo hecho que demuestre su existencia.

Las bandas irregulares de terrenos graníticos, arcaicos y paleozoicos de la Meseta meridional española, corren todas de NO. a SE., quedando cortadas la mayor parte de ellas por el valle del Guadalquivir. Se nota, sin embargo, en algunas de ellas, que su extremo meridional tiende a orientarse hacia el E., y en otras hacia el NE., como, por ejemplo: la faja de siluriano (desprendida de la gran mancha de igual terreno que cubre parte de las provincias de Toledo, Ciudad Real y Albacete), que termina cerca de Alcázar de San Juan; el diminuto asomo del mismo terreno que hay al N. de la población nombrada y que forma un grupo orientado al NE.; y, por fin, la larga manga de rocas silurianas que, paralela a la Sierra de Alcaraz, penetra en el triás de la provincia de Albacete. Igual tendencia se observa en el terreno carbonífero de Huelva.

Un grupo de las expresadas fajas de terrenos antiguos da lugar al accidente orográfico conocido con el nombre de Montes de Toledo, grupo de sierras de escasa elevación (Sierra de los Yébenes, Montes de Toledo, Sierra de Guadalupe, etc.), la mayor parte de las cuales se dirigen de E. a O. En algunas de las situadas más a Poniente (Sierras

Deleitosa y de Zapata), se observa clara tendencia a orientarse al NO., como las fajas de terrenos en que se elevan. Estos, después de cruzar el Tajo, ya dentro de Portugal, dan origen a varias sierras, las que, a mi juicio, deben ser consideradas como la continuación hacia Poniente de los Montes de Toledo. En la unidad tectónica a que pertenecen éstos deben, por lo tanto, ser incluidas las Sierras de Peña García, Estrella y otras. La prolongación hacia el E. de los Montes de Toledo se muestra mucho más oscura. En algunas de las montañas de esta parte de la Cordillera (Sierra de Yébenes, por ejemplo), se advierte un cambio de dirección en el sentido de arrumbarse paralelamente a la Cordillera Carpetana. La misma dirección tienen los pliegues del terciario del O. de la Sierra de Altomira, lo cual, juntamente con la curva que describe el Tajo en la última parte de su curso, parece indicar que los Montes de Toledo, en su prolongación oriental, forman una alineación desprovista de relieves orográficos caracterizados, paralela a la Cordillera Central divisoria, siendo, por lo tanto, aquéllos el resultado de un proceso orogénico semejante al que formó a esta última.

De este modo concibo el sistema de sierras que forman la divisoria entre el Tajo y el Guadiana, sistema que, en el sentir de Macpherson, constituye uno de los enigmas de más difícil solución de la orografía y tectónica españolas, no atreviéndose dicho geólogo a resolver la cuestión de si los Montes de Toledo son una derivación en pequeño, semejante a la Cordillera Carpetana, o han estado en otro tiempo en conexión lateral con ésta, siendo el valle del Tajo una bóveda hundida y rellenada después por los sedimentos terciarios. Fischer supone a los Montes de Toledo obra exclusiva de la erosión, y Hernández-Pacheco los explica por un proceso análogo al que, a su juicio, dió origen al Sistema Carpetano.

La Sierra de Montánchez, agregada por algunos autores al Sistema de Toledo, es un accidente orográfico transversal, cuyo origen puede estar en relación con la fractura, o sistema de fracturas, que ocasionó la cuenca terciaria de Badajoz, la cual, así como el curso del Guadiana, en la proximidad de aquella montaña, son paralelos a ella. La Sierra de Montánchez establece el enlace lateral de los Montes de Toledo con otra unidad orográfica más meridional, cuyos eslabones principales, enumerados de NO. a SE., son los siguientes: Sierras de Louza, Albellos, Muradal, Sao Mamede, San Pedro y Alcudia. La faja de terrenos paleozoicos en que se elevan las montañas mencionadas, la cual tiene en Portugal y Extremadura el rumbo SE., se inflexiona después hasta orientarse al ENE., tomando una dirección paralela al río Guadalquivir y a la Sierra de Alcaraz, quedando soldada por su extremo a la Cordillera Bética, de la que ya forma parte la sierra últimamente nombrada.

Las hiladas de terrenos arcaicos y paleozoicos situadas al SO. de la

que acabo de describir, originan también alineaciones de sierras orientadas de NO. a SE., las cuales, en su mayor número, terminan bruscamente en la línea tectónica del Guadalquivir, al S. de la cual se extienden terrenos que difieren profundamente, tanto por su edad como por la dirección de sus dislocaciones, de los que asoman en la Meseta. Los segmentos más meridionales de todas estas cadenas, es a saber, las Sierras de Cambrón, Madrona, Almadén, Alcuía, Córdoba, Tentudia, etc., cuyas alturas oscilan entre 580 y 1.160 metros, han sido agrupadas por los geógrafos bajo la denominación de Cordillera Mariánica. Pertenecen aquellos segmentos, como queda dicho, a paquetes autónomos de pliegues antiguos, que en general se orientan transversalmente al eje del conjunto orográfico formado por las sierras nombradas. No siendo dicho eje, por esta circunstancia, una verdadera «línea directriz», los pequeños macizos que enlaza no constituyen una unidad tectónica. Tampoco integran una cordillera en el sentido morfológico del término, porque existiendo entre ellos cierta independencia orográfica, su agrupación carece del grado de continuidad que debe tener toda cadena de montañas. La denominación citada no es, por esta razón, adecuada, pareciéndome más propio el nombre de «Montañas del borde meridional de la Meseta» con que las designa Fischer.

Al acercarse al valle del Guadalquivir, los terrenos antiguos de la Meseta se interrumpen bruscamente, como ya se ha dicho, extendiéndose al S. de aquel río una región que ofrece vivo contraste con las altiplanicies de Castilla la Nueva y Extremadura; pues no sólo está constituida en su mayor parte por formaciones secundarias y terciarias, sino que sus características tectónicas son antagónicas, aparentemente al menos, de las de la Meseta, estando en ésta los pliegues orientados de NO. a SE., mientras que en la región bética las dislocaciones se arrumban de ENE. a OSO. La interpretación de Suess acentúa aún más el mencionado contraste, convirtiéndole en un verdadero enigma, pues a juicio de aquel geólogo, los pliegues alpinos de la región bética forman un arco que en cierto modo es la reproducción del que describen en Asturias los pliegues hercinianos; pero ofreciendo la notable particularidad de oponer su rama septentrional, integrada por pliegues empujados hacia el NO., no a la rama de igual estructura del arco astúrico, sino a su porción meridional, caracterizada por pliegues caídos hacia el SO. Groth ve en este cruce de pliegues una simple submersión o *ennoyage* de los pliegues hercinianos de la Meseta, bajo el manto de sedimentos más modernos de la depresión del Guadalquivir. La mayor parte de los autores, sin embargo, explican este hecho extraordinario por la existencia, al N. de aquel río, de una gran línea tectónica, consistente en una falla (o sistema de fallas) que limita por el S. el pilar herciniano ibérico.

El primero que emitió esta opinión (aceptada después por Suess), ha

sido Macpherson, quien en el trabajo publicado en 1879, ya citado, se expresa en los siguientes términos: «La Sierra Morena es el resultado de dislocaciones y plegamientos que han tenido lugar en el terreno en época remota, y orientados casi siempre de NO. a SE.; pero roto el suelo desde comienzos de la época secundaria, por una falla que corre de OSO. a ENE., ha resultado que mientras una de las partes descendía en la vertical, y forma hoy la izquierda del Guadalquivir, la más septentrional quedaba constituyendo parte de la Meseta actual, y ofrece en la actualidad en su desgajado borde meridional la serie de desfiladeros y barrancos que constituyen la actual Cordillera Mariánica.» Se infiere del párrafo transcrito, que, en aquella época, Macpherson consideraba la formación de la depresión bética posterior a los movimientos orogénicos hercinianos, pero en el trabajo publicado al fin de su vida, se inclina a asignar al fenómeno un origen mucho más antiguo. Como ya he dicho, aquel geólogo admitió la existencia de una fase orogénica precambriana, la cual determinó, dentro del ámbito de la Península Ibérica, la formación de tres grandes zonas de plegamiento orientadas de NE. a SO., siendo residuos de la más meridional de ellas Sierra Nevada y otras montañas andaluzas, constituidas en su mayor parte, como aquella, por rocas agnostozoicas. «Quizás desde aquella remota época (escribe Macpherson) quedaron iniciadas las dos grandes áreas de hundimiento que tan importante papel desempeñan en la economía de la actual Península, cuales son: la llamada depresión hispano-lusitana, y la del valle del Guadalquivir...» Más adelante añade, que, desde remota época, la depresión bética estuvo separada de la actual Meseta «por una serie de fallas más o menos continuas, y orientadas aparentemente de SO. a NE., o sea, paralelas al gran plegamiento precambriano». Macpherson parece, según esto, atribuir a movimientos muy antiguos del suelo hispano la iniciación del sistema de fallas de que se habla. Pero si esto fuera cierto, como las dislocaciones de la Cordillera Bética, producidas principalmente en la fase orogénica alpina, se arrumban también, como la expresada falla y los pliegues precambrianos, de SO. a NE., habría que concluir que en la región andaluza, las fuerzas tectónicas actuaron a lo largo de todos los tiempos geológicos en una dirección constante (de SE. a NO., o inversamente). Como, por otra parte, los pliegues de la Meseta forman con los de la comarca andaluza un ángulo de cerca de 90 grados, parece como si en la proximidad del río Guadalquivir existiera una dislocación que dividió a la Península en dos fragmentos que han estado regidos, desde fecha muy antigua, por leyes geológicas antitéticas. Esta aparente contradicción desaparece si se admite que los pliegues antiguos de la Meseta, al acercarse al valle del Guadalquivir, se doblan violentamente, tomando primero la dirección E.-O. y después la NE.-SO., esto es, describiendo un arco análogo al que otras fajas de

terreno de igual edad geológica trazan en el centro de la Península para dar origen a las Sierras de Gredos y Guadarrama, y también semejante al que, más al N., forma el paleozoico de Asturias y León. Este fuerte doblez, iniciado en edad geológica muy antigua, y progresivamente acentuado en sucesivas épocas, sería la causa del sistema de fracturas conocido con el nombre de «falla del Guadalquivir». Esta suposición, sin embargo, sólo podrá ser admitida si los hechos la confirman; para esclarecer lo cual, voy a examinar lo que ocurre tanto al N. como al S. de la falla.

No todos los pliegues antiguos de la Meseta de Extremadura se dirigen al valle del Guadalquivir con dirección SE., pues, como ya hice notar, uno de los más orientales, al acercarse a aquel valle, cambia de dirección, tomando primero la E.-O., en la parte correspondiente a Sierra Madrona, y después la NE.-SO., que es la propia de la Sierra de Alcuía. En esta parte, por lo tanto, la falla del Guadalquivir no corta bajo un ángulo de 60 grados a las hiladas paleozoicas de la Meseta, sino que se trueca en una verdadera fractura longitudinal que separa las plegaduras hercinianas de la Meseta de sus paralelas alpinas de las Montañas Béticas. Un doblez análogo existe en las fajas paleozoicas y agnostozóicas de la provincia de Huelva, donde la Sierra de Aracena está arrumbada casi de levante a poniente. Inmediatamente al S. del Guadalquivir, no asoman los terrenos estrato-cristalinos y paleozoicos de la Meseta por lo que las conexiones de éstos con los de igual edad de Sierra Nevada y otras montañas andaluzas no pueden ser directamente observadas. Pero se puede llegar al conocimiento de las relaciones que hay entre unos y otros por la marcha que siguen, en las provincias occidentales de Andalucía, los pliegues de las formaciones mesozoicas y terciarias, por encontrarse éstos, en general, en la Península Ibérica (como luego se verá) adaptados a las dislocaciones caledonianas y hercinianas. El mapa tectónico de la provincia de Cádiz, trazado por Gabala (*La Geología del Estrecho de Gibraltar*, 1929), es muy instructivo en lo que a esto respecta. Se ve en él claramente que al SO. del término del macizo antiguo bético existe un conjunto de montañas, comprendidas bajo la denominación genérica de Sierras del Campo de Gibraltar, que están formadas principalmente, en la proximidad de aquel macizo, por estratos de arenisca pliocena arrumbados casi de N. a S.; pero a partir de la línea que une a San Roque con Alcalá de los Gazules «cambia radicalmente (dice aquel geólogo) la dirección de los estratos de la Arenisca del Aljibe, y con ella la orientación de las cumbres de los montes, quedando alineadas las cadenas de NO. a SE.» Este hecho pone de relieve que los pliegues alpinos de la región bética, lejos de doblarse hacia el S., como admitía Suess, se inflexionan en sentido inverso, tomando en la provincia de Cádiz la dirección NO., o sea el rumbo de las dislocaciones

hercinianas de la Meseta. Como el cambio de dirección de los estratos oligocenos de las Sierras del Campo de Gibraltar verosíblemente obedece a igual inflexión del *substratum* paleozoico, los hechos que se observan, tanto el S. como al N. de la falla del Guadalquivir, no sólo no contradicen la hipótesis antes formulada, sino que más bien parecen confirmarla plenamente. Con esta interpretación desaparece el antagonismo de las características tectónicas de la Meseta y de la región bética, porque con arreglo a ella, el conjunto de las sierras antiguas de Andalucía (Sierra Nevada, Sierra de los Filabres, Serranía de Ronda, etc.), pertenecen a paquetes de pliegues que en Portugal y Extremadura corren de NO. a SE., pero que, al acercarse al Guadalquivir, se doblan primero hacia el E. y después hacia el NE., arrumbándose su extremo, que es el que dió origen a las sierras nombradas, paralelamente a la Cordillera Carpetana. Esta fuerte combadura ocasionó un sistema de fracturas, coincidente con el curso del Guadalquivir (y paralelo a la depresión hispano-lusitana), merced al cual, al final del paleozoico, la región bética quedó desasida de la Meseta castellana.

Hasta ahora me he referido, casi exclusivamente, a las zonas de la Península Ibérica que han sido estrujadas en mayor grado por movimientos orogénicos ocurridos en la era paleozóica (ciclos caledoniano y herciniano). Entre dichas zonas se formaron, dentro del perímetro de la Meseta, extensas cuencas que, durante el mesozoico y el terciario, constituyeron áreas de sedimentación más o menos activa. Los estratos acumulados en ellas fueron afectados, en proporción mayor o menor, por las presiones alpinas, las que, en general, determinaron pliegues que se ajustan, en cuanto a la dirección, a los que componen los macizos hercinianos a que quedaron adosados. Estos últimos, consolidados en las fases orogénicas antiguas, llenaron durante el movimiento alpino función de pilar resistente; pero no de un modo absoluto, puesto que la rigidez que habían adquirido no fué lo bastante elevada para evitar que la fuerza plegante no modificara sus formas de un modo sensible. Estas deformaciones recientes de los macizos antiguos, o plegaduras del *vorland* (como las denomina Staub), que en algunas regiones han sido muy intensas, lejos de haber producido, como supone aquel geólogo, dislocaciones transversales a las líneas tectónicas preexistentes, consistieron más bien en un plegamiento póstumo, cuyo efecto principal fué acentuar el fruncimiento antiguo, con lo que el relieve de los macizos hercinianos, ya muy atenuado por la acción de las fuerzas exógenas, fué en gran parte reconstituído.

En las fases alpinas anteriores al mioceno, la Cordillera Ibérica, consistente a la sazón en una serie grupos hercinianos aislados, situados sobre una línea de dirección NO.-SE., comenzó a adquirir la forma, constitución geológica y posición geográfica que tiene en la actualidad. La

fuerza orogénica hizo surgir nuevos pliegues que fueron hacinados contra los flancos de los pilares paleozoicos, los cuales, como consecuencia de esto, perdieron su primitiva fisonomía orográfica, y se transformaron en los «macizos centrales» de la nueva línea de relieve. Las demás cordilleras hercinianas de la Meseta experimentaron, en la misma época, modificaciones parecidas. Los espacios comprendidos entre la Cordillera Ibérica, que comenzaba a destacarse, y la rama principal de la herciniana, que sobresalía a poniente, fueron ocupados por los lagos en que se depositó el mioceno continental de Castilla.

Al S. de la falla del Guadalquivir los primeros movimientos alpinos obraron de un modo análogo. El primer efecto de aquella línea tectónica fué hacer perder su solidaridad con la Meseta a un trozo muy extenso de la Península Ibérica, el cual, separado de la parte rígida a que hasta entonces había estado unido, quedó sujeto a un régimen de movilidad que persistió, con vicisitudes diversas, desde el final de la época paleozoica hasta la edad actual; régimen que estuvo caracterizado por el hundimiento de una gran parte de la región bética, en la cual, una vez cubierta por el mar, se acumuló un enorme espesor de sedimentos, los que, plegados después, dieron lugar, sumados a las porciones no derrumbadas de la cadena herciniana, a la gran Cordillera Bética. Suess supone, como ya se ha dicho, que esta parte de España fué comprimida por la presión orogénica alpina contra el borde meridional de la Meseta, a cuya circunstancia se debe el estar orientados sus elementos tectónicos de ENE. a OSO. Hay un hecho, sin embargo, que contradice esta hipótesis, el cual es la existencia en la proximidad de la falla, de porciones de terreno terciario (y aun triásico), cuyos estratos se encuentran en posición sensiblemente horizontal. Dichos terrenos están, en ciertos parajes, cortados por fallas que derminaron movimientos verticales importantes, a consecuencia de los cuales, las dos porciones en que quedaron divididos, se hallan a muy diferentes niveles, conservando, no obstante, su horizontalidad. Esto demuestra que las presiones alpinas ocasionaron, en las márgenes del Guadalquivir, fracturas y movimientos del mismo género que los que se habían producido en épocas más antiguas. El papel de *horst* en el terciario no ha correspondido, según esto, a la orilla meridional de la Meseta, sino a los fragmentos estables de cadena herciniana que se levantaban al S. de la región bética.

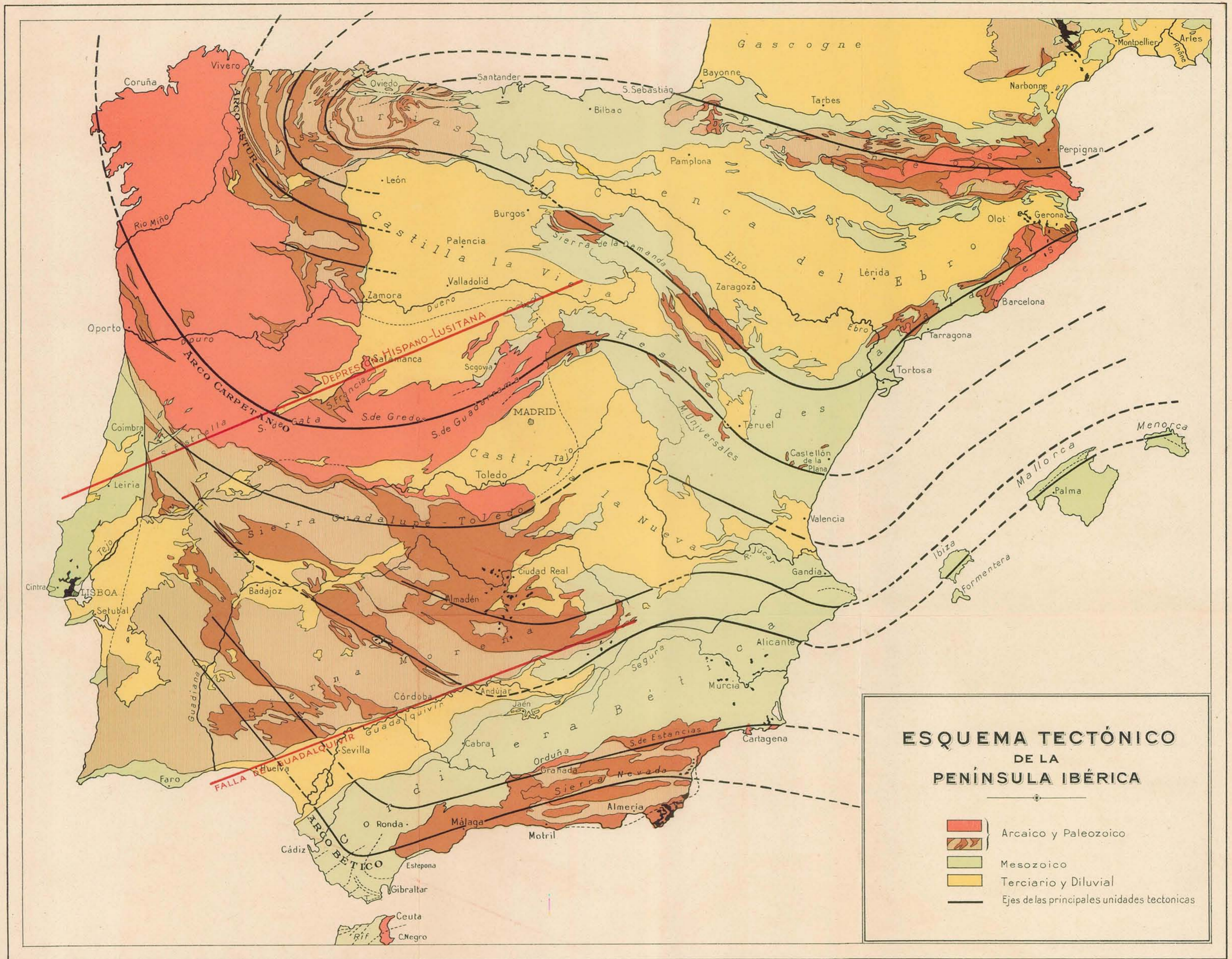
Los últimos movimientos alpinos que dieron a las montañas españolas (singularmente a las Cordilleras Bética e Ibérica) su máximo relieve, imprimieron también sus huellas, aunque débilmente, en el terciario continental de la Meseta. Hasta hace poco tiempo se admitió que los estratos de este terreno se encontraban por todas partes en posición casi horizontal; pero los estudios de Royo Gómez (*Tectónica del terciario continental ibérico*, 1927), demuestran que el mioceno está en muchas partes

más o menos ondulado. He aquí las conclusiones a que, en cuanto a los pliegues del terciario superior, ha llegado aquel geólogo: «Observada en conjunto la distribución de estos pliegues se nota que se presentan con mayor intensidad precisamente allí en donde las cuencas terciarias se estrechan y se rodean de zonas montañosas elevadas. Enteramente parece como si los terrenos más antiguos, paleozoicos y mesozoicos, fueran los que se hubiesen plegado más intensamente y los que al surgir para dar origen a aquellas zonas montañosas o elevarlas más de lo que estaban, hubieran roto el manto de sedimentos terciarios y del cretácico superior que en parte los cubría y lo hubieran aprisionado contra ellas, plegándoles y originando las cuencas actuales.» En el terciario superior de la Meseta observó Royo Gómez las mismas particularidades que en el paleógeno, aunque más atenuadas que en éste. Señala el hecho notable «de que estando fuertemente plegado el mioceno contra los terrenos más antiguos, inmediatamente que se aleja de ese contacto le encontramos sensiblemente horizontal o con anchas ondulaciones». El mencionado trabajo pone de relieve que los pliegues del terciario, como los del cretáceo, están siempre más o menos subordinados a los pliegues más antiguos, y el no haber entre unos y otros completo paralelismo acaso sea debido a que las presiones alpinas no actuaron sobre el mioceno de la Meseta con la persistencia y duración necesarias para llegar a aquel resultado.

Además de los efectos de que se acaba de hablar, los movimientos postmiocenos determinaron otros de suma importancia (según todas las probabilidades), en la región occidental de la cordillera herciniana. El principal de ellos, a mi juicio, fué abrir hendiduras transversales en las montañas antiguas del O. de la Península, por las que se vaciaron los lagos de la Meseta, la cual quedó con esto reducida a dos grandes llanuras, de contornos irregulares, rodeadas por altas cordilleras. De esta dislocación del macizo herciniano, por los movimientos postmiocenos, existen pruebas en Portugal. Impugnando Chofatt (*Noticia sobre la Carta Hipsométrica de Portugal, 1907*) la opinión que atribuye el sentido occidental de la corriente de los ríos de la Meseta a la emersión de ésta al final del carbonífero, dice: «... el canal del Tajo atraviesa estratos miocénicos inclinados; no data, por lo tanto, de la época herciniana, y con todo es bastante estrecho y profundo». En otra parte de su trabajo afirma el mismo autor que dicho canal es debido «a una fractura que cortó el mioceno del flanco S. del anticlinal de Lisboa. En sus márgenes se observan algunas fallas paralelas, efectos secundarios de la expresada rotura, que no puede ser más antigua que el levantamiento de los estratos miocénicos». El plegamiento del mioceno de Portugal fué, en ciertos lugares, bastante intenso, pues las montañas de Serrinha, Palma y otras, formadas por el devoniano, están rodeadas de aquel terreno, cuyos

estratos alcanzan inclinaciones hasta de 45 grados. Las presiones que estos hechos revelan han podido ser lo bastante poderosas para abrir las hendiduras que vaciaron los lagos miocenos y que sirven en la actualidad de cauce a los principales ríos de la Meseta.

Las rías del litoral de Galicia y Portugal pudieron ser originadas por fracturas (radiales en la costa occidental y longitudinales en la septentrional) producidas por los últimos movimientos alpinos. La reapertura, por éstos, de abras antiguas rellenadas, pudo conducir al mismo resultado. Estos serían los últimos efectos de la orogenia alpina en la Península Ibérica. El trabajo demoledor de las fuerzas oxógenas se inició inmediatamente después, modificando el relieve hasta darle la forma que tiene en la actualidad.



ESQUEMA TECTÓNICO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

- Arcaico y Paleozoico
- Mesozoico
- Terciario y Diluvial
- Ejes de las principales unidades tectónicas

F. DÍAZ-CANEJA

LOS MINERALES DE HIERRO DE ASTURIAS EN EL HORNO ALTO

ESTUDIO COMPARATIVO DEL DE LLUMERES CON LOS DE BILBAO

Conocidas son de todos las grandes cantidades de mineral de hierro que poseemos en Asturias y su fácil explotación por ser por lo general capas limpias, de gran potencia y bien situadas, a pesar de lo cual han sido muy poco explotadas y siguen siéndolo actualmente debido a las muchas dificultades que presentan para su tratamiento en los hornos altos.

Los únicos que hasta ahora han sido explotados con alguna intensidad para su reducción en dichos hornos han sido los devonianos, por lo que a ellos nos referiremos en este estudio, y de una manera especial al de Llumeres, que es el único que hoy se trata regularmente.

En épocas anteriores se trataron también en las distintas fábricas asturianas los de otras minas, como los de Naranco, Carreño y Quirós, aunque siempre mezclados con otros minerales de Bilbao y Santander, con objeto de mejorar la marcha de los hornos y reducir el consumo de cok.

Pero por lo interesante que sería para todas estas fábricas trabajar con sólo minerales y carbones asturianos, todas ellas se esforzaron siempre por disminuir el consumo de aquellos que había que traer de otras provincias, llegando a conseguir la de Mieres una marcha continua con sólo minerales asturianos de Quirós y Naranco, obteniendo un buen lingote, pero a expensas de un gran consumo de cok, disminución del rendimiento del horno y bruscos cambios de marcha y producto, con los consiguientes perjuicios económicos.

Debido a estos inconvenientes se vuelve a abandonar el empleo de nuestros minerales en todos los hornos asturianos, menos en los de la

Duro-Felguera en que se emplea hasta un 80 y 85 por 100 del mineral de Llumeres en marchas continuas y aceptables, aunque siempre con los inconvenientes antes indicados.

Con el fin de contribuir a la solución de estos inconvenientes, vamos a tratar de aclarar y separar las distintas reacciones que tienen lugar en los hornos altos y sus efectos sobre los resultados obtenidos, comparando el de Llumeres con otros minerales universalmente reconocidos como buenos, para deducir las condiciones o forma en que se deben de tratar los nuestros, a fin de evitar o disminuir, por lo menos, los trastornos que suelen producir e inconvenientes señalados.

Por ser el mineral de Llumeres del que hasta la fecha tenemos datos prácticos bastantes, aunque no completos, sobre los que basar este estudio, a él nos referiremos particularmente, extendiendo luego las consecuencias que saquemos a los otros minerales de esta formación, considerando las diferencias que hay entre ellos.

Descripción del mineral de Llumeres.

Es rojo violáceo, untuoso al tacto, con brillo metalóideo, estando formado por granos aplastados de cuarzo de tamaño pequeño como laminillas brillantes, agrupadas en forma que da a los trozos estructura pizarrosa y cimentados por una pasta de óxido de hierro anhidro, apareciendo como una arenisca laminar fácilmente exfoliable y muy densa (Adaro).

Observado al microscopio se presenta formado por una masa de pequeños trozos de cuarzo esquinados envueltos en concreciones de óxido de hierro rojo formando hasta tres y cuatro capas concéntricas sobre el corazón de cuarzo, ligados entre sí estos regodoncitos por detritus aun más pequeños de cuarzo y laminitas o escamas brillantes, probablemente de hierro oligisto (Adaro).

Es el mineral más rico de los devonianos asturianos, pasando su riqueza normalmente del 50 por 100 y estando el hierro siempre bajo la forma de óxidos anhidros.

Por su constitución es muy denso, fácilmente escorificable formando silicato de hierro y sin agua de combinación ni gases que al desprenderse en el horno alto le hiciesen poroso, por lo que los gases reductores le penetran muy difícilmente.

Para su estudio como mena de hierro nos basaremos en datos recogidos en el horno alto número 1 de la Duro-Felguera, en el cual se tratan alternativamente, según la clase de lingote que se desee obtener, minerales de Bilbao solos, o una mezcla de éstos en un 10 a 15 por 100, con el de Llumeres en un 80 a 85 por 100, y algo del de Covadonga para aumentar el contenido en manganeso del lingote, comparando los resul-

tados obtenidos en una y otra marcha para tratar de investigar las causas de las diferencias observadas.

Por esta razón, al indicar a continuación la composición química del mineral de Llumeres indicamos también la de un mineral de Bilbao, tipo con el cual haremos las comparaciones:

ELEMENTOS	Llumeres	Bilbao
Óxido férrico	74,00 %	73,00 %
— ferroso	2,50 »	0,00 »
Sílice	16,00 »	10,00 »
Óxidos de manganeso	0,18 »	1,42 »
— fosfórico	1,40 »	0,05 »
— de calcio y magnesio	2,20 »	1,50 »
Alúmina	2,00 »	1,20 »
Pérdida por calcinación	1,60 »	12,00 »
Hierro metálico	53,75 %	51,00 %
Manganeso metálico	0,10 »	0,90 »
Fósforo	0,61 »	0,02 »
Humedad media	2,00 %	8,00 %

Los análisis se refieren al mineral seco.

De los 12 por 100 de pérdida por calcinación del mineral de Bilbao, 1 ó 2 por 100 son de CO₂ y el resto es el agua de constitución o hidratación del óxido de hierro. La pérdida del de Llumeres la podemos suponer, dada su poca importancia, debida por partes iguales a ambas causas.

La mayor humedad media del de Bilbao es debida a su mayor porosidad.

En Llumeres hay también minerales de otras composiciones, como el del Rucao, pero por el momento estudiaremos sólo el antes indicado por la razón dicha, refiriéndonos a aquél cuando lo hagamos a los otros minerales devonianos.

Plan de este estudio.

Siendo tantos y tan variados los factores que influyen en los resultados obtenidos en el trabajo de un horno alto, al mismo tiempo que se influyen entre sí, no se pueden sacar consecuencias de un estudio ligero de este asunto sin exponerse a grandes errores y resultados contradictorios, sino que, por el contrario, para hacerlo de una manera segura o por lo menos aproximada a la verdad, es preciso hacer previa-

mente un estudio detenido de los resultados obtenidos después de largo tiempo de observación, estudiando todas las operaciones que tienen lugar en cada caso y descendiendo a toda clase de detalles, por insignificantes y despreciables que parezcan.

Así, por ejemplo, parece a primera vista, observando las distintas composiciones de los dos minerales indicados en el cuadro anterior, que el mayor consumo de cok que necesita el mineral de Llumeres será debido a su mayor proporción de sílice, que le hace necesitar mayor proporción de caliza, con lo cual son mayores las cantidades de escorias que hay que fundir y de carbonatos que hay que disociar, por lo que el número de calorías necesarias para la producción de una tonelada de fundición será mayor; y sin embargo no es así, resultando de los balances térmicos que las calorías consumidas por tonelada de fundición son iguales o muy poco diferentes en ambos casos.

¿A qué será, pues, debido el mayor consumo de cok del mineral de Llumeres? A la peor utilización del mismo que hace que para obtener el mismo número de calorías necesitamos emplear mayor cantidad de cok.

Y ¿a qué será debida esta peor utilización del cok? A la calidad y estructura del mineral.

Vamos, pues, a estudiar, en primer lugar las calorías que son necesarias en cada uno de los dos casos considerados para la producción de una tonelada de fundición, indicando la distribución de las mismas, para pasar luego a calcular las suministradas por el viento, y por diferencia ver las que tiene que producir la combustión del carbono del cok y por lo tanto, lo que habrá de consumir de éste según su mayor o menor aprovechamiento, calculado por la composición de los gases resultantes, estudiando las causas que en él influyen como es la reductibilidad de los minerales, y terminar por indicar las condiciones que debe reunir un horno para el mejor y más económico aprovechamiento de nuestros minerales.

Calorías necesarias por tonelada de fundición.

Consideraremos comparativamente dos casos, uno en que se trata una mezcla de mineral de Bilbao con un 85 por 100 del de Llumeres y otro en que se trate sólo minerales de Bilbao, produciéndose lingote de moldería con 3 por 100 de Si, en el primer caso fosforoso y en el segundo no fosforoso, y empleándose cok de Langreo con 15 por 100 de cenizas y 5 por 100 de agua en el aforo de los carros de carga, aunque en realidad tiene por lo menos doble.

Tratados estos minerales en períodos suficientemente largos y regulares en el horno alto número 1 de la Duro-Felguera, hemos podido re-

coger datos de los resultados obtenidos en distintas marchas y producciones, comparar unos con otros y sacar promedios que creemos se pueden considerar como bastante aproximados a los promedios verdad, siempre teniendo en cuenta, como es natural, las oscilaciones inevitables en resultados en los que influyen tan variados factores como intervienen en un horno alto.

Con estos datos podemos establecer el siguiente cuadro de consumo de primeras materias y su humedad por tonelada de lingote que nos ha servido de base para nuestros cálculos:

	Mineral seco — Kilogramos	Caliza seca — Kilogramos	Cok con 5 por 100 H ₂ O — Kilogramos	Aire soplado seco — Metros cúbicos	Humedad total. — Kilogramos
<i>1e</i> Llumeres.....	1.780	770	1.300	3.540	880
Bilbao.....	1.850	500	1.150	3.320	566

Y como resultado de las reacciones que entre estos elementos tienen lugar en el horno alto, tenemos los siguientes productos:

	Lingote — Kilogramos	Escorias y polvo — Kilogramos	Gases secos — Metros cúbicos	Vapor de H ₂ O — Kilogramos
Llumeres	1.000	960	5.015	260
Bilbao	1.000	690	4.540	500

calculados fundándonos en la siguiente composición media en volumen de los gases obtenidos en cada caso:

	C ₂ O — Por 100	CO — Por 100	H ₂ — Por 100	N ₂ — Por 100	CO ₂ CO
Llumeres. ...	9,5	31,5	3	56	0,30
Bilbao... ..	12	27	3	58	0,45

Conocidos los resultados indicados y teniendo en cuenta la composición de los distintos elementos, deducimos los siguientes consumos de calorías por tonelada de producción, en cada uno de los trabajos y pérdidas que tiene el horno, teniendo en cuenta que con los minerales de

Bilbao tenemos normalmente unos 100 grados menos de temperatura en el viento soplado, debido al menor poder calorífico de los gases:

	Llumeres — Calorías	Bilbao — Calorías
Reducción de los minerales.	1.851.000	1.888.000
Calor arrastrado por la fundición.	310.000	310.000
— — — escoria.	492.000	350.000
Disociación de los carbonatos.	350.000	282.000
Calor sensible de los gases a 200 grados..	320.000	296.000
Deshidratación y vaporización de H ₂ O....	177.000	379.000
Disociación de la humedad del aire.	100.000	100.000
Radiación y refrigeración.	700.000	700.000
TOTAL CONSUMIDO.	4.300.000	4.200.000

Como se ve, el consumo de calorías en este caso es de sólo 100.000 más con el mineral de Llumeres, lo que representa un aumento en el consumo de cok de unos 37 kilogramos, cantidad muy pequeña y a apreciar la cual es muy difícil llegar en el cálculo de los datos medios que nos han servido de base. Además, si en lugar del mineral de Bilbao indicado hubiésemos considerado otro con 12 por 100 de SiO₂, como hay muchos, el consumo de calorías hubiese sido exactamente igual.

Luego, como hemos dicho en un principio, el número de calorías necesarias por tonelada de producción es próximamente igual en ambos casos y, por lo tanto, no es debido a dicho número el mayor consumo de cok del de Llumeres.

Calor aportado por el aire.

El calor necesario en el horno se suministra a éste de dos maneras: por el aire soplado a elevadas temperaturas y por la combustión del carbono del cok.

Hay otras reacciones, como la incorporación del manganeso y los metaloides al hierro y la combinación de la sílice a las bases, que desprenden algún calor, pero que no consideramos aquí por ser poco importante y poco conocido y porque en fin de cuentas sólo contribuiría, en el balance térmico calculado, a tener que aumentar las calorías señaladas como pérdidas por radiación y refrigeración.

El aire soplado introduce en el horno alto un número de calorías dependiente de su volumen y de su temperatura y que es de 260 calorías por cada metro cúbico (a 0° y 76 centímetros Hg) a 800 grados. Por

cada 100 grados de más o de menos este calor aumenta o disminuye en 33 calorías.

Aunque parece ser que esta temperatura tiene un cierto límite más conveniente, dependiente de las condiciones de cada caso, en el nuestro no hemos apreciado la existencia de dicho límite, como no sea con el fin de reducir el silicio de la fundición, antes bien, parece conveniente tener una temperatura lo más elevada posible, tanto que se ha observado que una disminución de ésta en 200 grados por ejemplo, origina un aumento en el consumo de cok de bastantes más kilogramos de los necesarios para compensar las calorías perdidas por dicha causa.

De todas maneras, la temperatura del aire está limitada por la temperatura de combustión de los gases que lo calientan, y en nuestros casos por la capacidad de las estufas, por lo cual no se pasa normalmente de los 900 grados y es por término medio de 800 grados en el de Llumeres y de 700 grados en el de Bilbao.

Teniendo en cuenta estas temperaturas y los volúmenes de aire sopladados en cada caso, podemos calcular las calorías suministradas por el aire y por diferencia con las que son necesarias, las que tiene que producir la combustión del carbono del cok:

	Calorías necesarias	Aportadas por el aire — Calorías	A producir por el cok — Calorías
Llumeres	4.300.000	920.000	3.380.000
Bilbao	4.200.000	758.000	3.447.000

Como se ve en este cuadro, no sólo el consumo de calorías por tonelada de fundición es casi igual en ambos casos, sino que todavía son menos las que tiene que producir el cok en el caso de Llumeres, debido a la diferencia de las aportadas por el aire.

Siendo esto así, veamos a qué es debido el mayor consumo de cok con el mineral de Llumeres:

Cok necesario por tonelada de fundición.

Habiéndose demostrado que las calorías que tiene que suministrar el cok, en los casos considerados, son menos en el de Llumeres, no cabe duda de que el mayor consumo de cok en este caso es debido a su peor aprovechamiento, o sea el menor número de calorías producidas por kilogramo de cok.

Este número depende, en primer lugar, de la proporción de carbono

que aquél contenga y, en segundo lugar, de que la combustión de éste sea más o menos completa.

En efecto: un kilogramo de carbono quemado a CO_2 produce 8.080 calorías, mientras que si se quema a CO produce sólo 2.473 calorías, con lo que se ve la gran diferencia que puede haber en las calorías producidas por kilogramo de carbono y, por lo tanto, en el cok necesario para producir una cierta cantidad de calor, según las proporciones de aquél que se quemen en una u otra forma.

Del balance de materias de los dos casos considerados deducimos las proporciones de CO_2 y de CO formadas por la combustión del cok, descontando en los gases el CO_2 procedente de la carga, y de ahí deducimos las cantidades de carbono quemado en una y otra forma, las calorías producidas en cada caso por un kilogramo de C y, como consecuencia, los kilogramos necesarios para producir las calorías que hay que suministrar al horno:

	C a CO_2 Por 100	C a CO Por 100	C a CO_2 C a CO	Calor por kg. de C Calorías	Kilogramos de C necesario
Llumeres...	15,98	84,02	0,190	3.367	1.000
Bilbao...	25,85	74,15	0,349	3.918	880

Estas cantidades de carbono necesario, más los 40 kilogramos que pasan a la fundición, representan los 1.300 y 1.150 kilogramos de cok que hemos supuesto se consumían por tonelada de lingote.

Causas que influyen en el aprovechamiento del cok.

Se ve, por lo dicho, que para tener un pequeño consumo de cok hay que procurar su buen aprovechamiento en el horno alto, en el cual influyen la naturaleza de los óxidos a reducir, la estructura de los minerales, la calidad del cok, la proporción de caliza empleada y las condiciones del horno.

En el estudio comparativo que estamos haciendo no tendremos en cuenta la calidad del cok ni las condiciones del horno, ya que al tomar los datos que nos han servido de base, hemos partido de fabricaciones con la misma clase de cok y en el mismo horno alto, con producciones poco diferentes. No obstante esto, al estudiar el perfil de horno más conveniente y sus condiciones, hay que tener muy en cuenta el ataque del cok por el CO_2 , tanto más cuanto que el procedente de carbones de la cuenca del Nalón parece ser fácilmente atacable.

En cuanto a la influencia de la caliza empleada, se comprende que

una mayor proporción de CO_2 en la carga contribuye a hacer que el formado en el horno sea menor, pues hace a los gases menos reductores y aumenta como consecuencia el ataque del cok, pero veamos la importancia que esto puede tener.

De los balances de materias hemos deducido las proporciones relativas en volumen de CO_2 y CO contenidas en los gases, considerando solamente estos dos elementos, formando el siguiente cuadro con indicación del CO_2 que procede de la carga y el formado en el horno:

	CO — Por 100	CO_2 total — Por 100	CO_2 de la carga — Por 100	CO_2 formado — Por 100
Llumeres.....	76,85	23,15	8,65	14,50
Bilbao.....	69,70	30,70	6,70	24,00

Como se ve, no es el CO_2 de la carga lo único que influye sobre el formado, ya que si así fuese la proporción del CO_2 total sería próximamente la misma en ambos casos, y como el formado en el caso de Llumeres es mucho menor que el del otro, mientras que el de la carga es poco mayor, deducimos que aparte de esta influencia indicada hay otra mucho más importante que impide la formación de más CO_2 .

Esta otra influencia es la difícil reductibilidad del mineral, ya que la naturaleza de los óxidos a reducir es casi la misma, y en nuestro caso tenemos en todo momento suficiente exceso de CO en los gases para reducir cualquier clase de óxido de hierro.

Esta dificultad de reducción de nuestros minerales se ha atribuido por los autores que han estudiado este asunto a su compacidad y fácil escoriación, que los hace muy difícilmente penetrables por los gases. Según Alexander, el Fe_2O_3 de la superficie del mineral se reduce fácilmente por el CO a FeO , el que, en contacto con la SiO_2 , se funde y escorifica con tanta más facilidad cuanto más menudos son los cristales de cuarzo, siendo esta capa superficial escoriada en los trozos de mineral la que impide la penetración de los gases.

Sin embargo, hay que observar que la reducción del mineral con formación de CO_2 no puede realizarse si no es a temperaturas inferiores a los 1.000 grados, temperatura a la cual ya no puede existir dicho gas, mientras que la temperatura inferior de fusión de los silicatos de hierro es de 1.085 grados, con lo que se ve que la indicada escoriación del mineral tiene lugar cuando ya es inútil toda penetración de éste por los gases. Por lo tanto, no es a esta causa a la que se pueda atribuir la poca formación de CO_2 , aunque sí contribuye a que la reducción directa, única ya posible, tenga lugar en zonas más bajas del horno.

En efecto, mientras que la reducción directa del FeO por el C se

verifica teóricamente por encima de los 850 grados, y prácticamente de los 1.000 grados, la del SiO_2Fe no tiene lugar, según la ecuación de Clapeyron, sino a más de 1.180 grados, o sea a unos 300 grados más de temperatura.

Podemos, pues, decir que la difícil reducción de nuestros minerales es debida a su gran compacidad y pequeña pérdida por calcinación, que le hace difícilmente penetrable por los gases reductores, con lo que llegan los trozos a la zona de fusión sin haber sido reducidos en su interior.

Por lo tanto, las causas de que con el mineral de Lluernes sea peor el aprovechamiento del cok son, en pequeña parte, el mayor consumo de caliza, y, principalmente, la difícil penetrabilidad de aquél por los gases por las causas señaladas.

Reducción indirecta.

Para el conocimiento de las condiciones y forma que debe tener el horno en relación con los fenómenos que en él se realizan, es necesario saber la distribución de los distintos consumos de calor en sus diversas zonas. Por esto es interesante estudiar, además del calor consumido en cada trabajo, lo que ya indicamos en el balance térmico, la importancia de las reducciones directas o indirectas en cada caso, lo que se puede averiguar por el balance de materias.

En efecto, todo el carbono del cok que se carga en el horno, menos el que se disuelve en la fundición, se transforma en CO por el oxígeno del aire soplado, por el de la humedad de éste, por la reducción directa de los minerales o por el ataque del CO_2 , como luego veremos, y después parte de este CO pasa a CO_2 por la reducción indirecta del mineral.

Si esto se realizase así simplemente, no habría más que separar del CO_2 de los gases el que procediese de la carga, que conocemos, para tener el que procede de la reducción indirecta del hierro, la mitad de cuyo oxígeno será el procedente de dicha reducción; pero hay dos reacciones que pueden alterar la composición final de los gases, aunque, como vamos a ver, se puede prescindir de ellas en cuanto a consumo de carbono.

Una de ellas es el ataque del cok por el CO_2 , reacción que hace desaparecer parte de este gas para aumentar la proporción de CO a expensas del C del cok. Las dos moléculas de óxido resultantes se pueden considerar como producto de la reducción directa, ya que aunque un átomo de oxígeno procede de reducción indirecta, al combinarse luego con otro de carbono se puede considerar como reducido por éste directamente. Únicamente tiene por efecto esta reacción hacer que la dismi-

nución de temperatura que por la reducción directa se hubiese producido en los etalajes por encima de los 1.000 grados, se produzca en la parte baja de la cuba entre esta temperatura y los 630 grados, o sea en una zona más alta del horno.

Por lo demás, siendo el mismo el cok en los dos casos considerados, el ataque será igual en ambos, pues si bien el CO_2 es más en el de Llu-
meres, en cambio el descenso de temperatura de los gases es más rápido y su contacto con el cok más breve.

La otra reacción es la disociación del CO en la parte alta del horno, la que hace aumentar el contenido en CO_2 de los gases; pero como el C depositado vuelve a bajar con la carga y es atacado por el CO_2 desde los 400 grados con formación de CO que sustituye al antes disociado, el único efecto que produce es disminuir la temperatura en la parte media de la cuba y calentar el tragante.

Por lo tanto, prescindiendo de estas reacciones, aparte de sus efectos térmicos que hay que tener en cuenta respecto a la distribución del calor en la cuba, podemos tener una idea relativa de la importancia de la reducción indirecta en los dos casos estudiados suponiendo que la mitad del oxígeno contenido en el CO_2 formado en el horno, procede de dicha reducción.

Por otra parte, de los cuerpos a reducir para formar la fundición, solamente lo pueden ser indirectamente los óxidos de hierro y el MnO_2 a MnO , por lo que conociendo el grado de oxidación de éstos y las proporciones en que entran en la fundición, podremos calcular fácilmente la cantidad de oxígeno que como máximo puede ser separado del mineral por el CO .

Con estos datos podemos formar el siguiente cuadro:

	O_2 que se puede reducir indirectamente — Kilogramos	O_2 reducido indirectamente — Kilogramos	O_2 reducido indirectamente O_2 que se puede reducir indirectamente	O_2 reducido indirectamente por metro cúbico de gas — Kilogramos
Llu- meres	388	218	0,550	0,0424
Bilbao	396	308	0,765	0,0667

Según se ve, la proporción de oxígeno reducido indirectamente respecto al que se podría reducir, es mucho menor en el caso de Llu-
meres, así como el reducido por metro cúbico de gas, por lo cual, suponiendo que las otras dos reacciones indicadas sean iguales, el consumo de calor debido a la reducción será en el caso del Llu-
meres mucho mayor en los etalajes y menor en la cuba.

Causas que influyen en la reducción indirecta.

Como se observará, lo que antes hemos llamado aprovechamiento del cok, o sea la proporción de CO_2 formado en el horno, es consecuencia de la reducción indirecta, por lo que las causas que allí hemos indicado se oponían a su mejor aprovechamiento en el caso del Llumeres, son las mismas que se oponen a esta reducción.

Pero hay también otras causas que influyen en la mayor o menor reducción indirecta, como es la cantidad de gases formados por tonelada de fundición, la velocidad de paso de los gases por el horno, o sea el tiempo de contacto con el mineral, la presión y la temperatura.

La temperatura influye puesto que sabemos que la reducción indirecta de los óxidos de hierro naturales empieza a verificarse a los 200 grados y es intensa a los 400 grados, variando luego en relación con la composición de los gases y las temperaturas, según indican las curvas de Boudard y de Baur y Glaesner.

La presión también ejerce influencia, por una parte porque cuanto mayor sea la del gas, tanto más fácilmente penetrará éste al mineral, y por otra, porque sabemos, por la ley de Le Châtelier, que un aumento de presión disminuye el ataque del cok por el CO_2 .

En cuanto a la velocidad de paso, se comprende que, como estas reacciones son relativamente lentas, cuanto mayor sea el tiempo de contacto entre los gases y el mineral, mayor será el efecto útil de aquéllos, hasta un cierto límite de equilibrio que sería muy interesante investigar, y a partir del cual ya no se conseguiría más que disminuir la producción específica del horno.

Hay que observar también que un mayor tiempo de contacto de los gases con la carga aumenta el ataque del cok, reacción que se opone al fin que perseguíamos con ello.

Comparando el caso del mineral de Llumeres con el de los hornos de Caen, en Normandía, que tratan minerales parecidos a los nuestros en marcha mucho más rápida, se observa que aunque tienen mayor volumen de gas por tonelada, los minerales son más fácilmente reductibles y el cok mejor, el oxígeno reducido indirectamente por metro cúbico de gas es menor que en nuestro caso, así como también es algo menor la proporción de dicha reducción, lo cual seguramente es debido a la mayor velocidad a que pasan los gases por el horno.

Sin embargo, este inconveniente de la mayor rapidez de los gases queda, en parte, oculto cuando se trata de un aumento de producción, por el hecho de que al aumentar ésta y disminuir como consecuencia la reducción indirecta, hay que aumentar la proporción de cok y, como

resultado de esto, se aumenta el volumen de gases por tonelada, lo que vuelve a aumentar dicha reducción.

Cuando el aumento de gases es debido a otra causa distinta, como en el caso de un horno de la Staveley Coal & Iron C^o Ltd., de Chesterfield, en que por emplear minerales ingleses muy pobres se tienen hasta 1.300 kilogramos de escorias, lo que unido a la mala calidad del cok da unos 7.500 metros cúbicos de gas por tonelada, se ve que aunque es poco el oxígeno reducido por metro cúbico de gas, el reducido indirectamente es el 95 por 100 del que lo podía ser, a lo cual contribuye también, como es natural, el ser fácilmente penetrado por los gases.

Resultando, pues, que la reducción indirecta es tanto mayor cuanto más reductores son los gases, mayor su volumen por tonelada y menor su velocidad, deducimos que el mineral de Bilbao mezclado con el de Llumeres se reducirá en la cuba mucho más completamente que cuando se emplea solo, siendo ésta acaso la razón por la cual es tan conveniente su empleo en la mezcla, aunque sea en pequeñas proporciones. Suponiendo que su reducción indirecta sea total, la del mineral de Llumeres será de sólo el 47 por 100 del que se podría reducir indirectamente.

Por último, una causa muy importante de mala reducción indirecta y que se deduce de las anteriores, es la mala distribución de la carga en el horno y la mala clasificación por tamaños de sus materiales, pues si los gases pasan principalmente, debido a esto, por una zona en que predomina el cok y en muy pequeña proporción por otra en que predomina el mineral, a lo cual tienden naturalmente, el cok será muy atacado y el mineral muy poco reducido.

Condiciones que debe tener un horno alto para tratar estos minerales.

Estudiadas y detalladas las diferencias que hay entre el trabajo de un horno, según se empleen minerales de Bilbao solos o con un 80 u 85 por 100 del de Llumeres, podemos deducir fácilmente las condiciones que debe tener el horno alto destinado a tratar estos minerales, atendiendo a las diferencias que hay entre ambos casos en cuanto a distribución de los consumos de calor y a las condiciones especiales de los mismos.

Como se ha visto, hay en el caso de Llumeres un mayor consumo de calor en el trabajo final, o sea en el de los etalajes y crisol, mientras que ese consumo es menor en el trabajo preparatorio o de la cuba, por lo que estudiaremos cada una de estas partes por separado.

Crisol y etalajes.

El crisol debe ser grande, por la gran cantidad de escorias producidas, pero no profundo, porque como la marcha ha de ser lenta, se revestiría y subiría el piso, tomando él, naturalmente, la profundidad correspondiente a su producción. Por lo tanto, ha de ser más ancho de lo normal, en relación a la producción, resultando como buena, según datos prácticos recogidos, la sección de 1 metro cuadrado por cada 10 toneladas de producción, a la que corresponde una profundidad, desde el nivel de las toberas, de 1,30 a 1,40 metros.

En los etalajes se consume mucho más calor en nuestro caso que con los minerales de Bilbao, debido a la mayor reducción directa de los óxidos de hierro, a tener más fósforo que reducir y a la mayor cantidad de escorias que fundir. Además, esta escoria ha de ser muy calcárea, y, por lo tanto, muy refractaria, por dos razones: porque llegando a la zona de fusión mucho hierro sin reducir y escorificado con la SiO_2 , es necesaria mucha cal para reducirlo y evitar que pase el silicato de hierro a la escoria, y porque siendo el lecho de fusión rico en azufre y pobre en manganeso, hace falta también mucha cal para desulfurarlo.

En estas condiciones el silíceo que se reduzca y pase a la fundición ha de ser notable, y esto mismo aumenta también el consumo de calor en el crisol.

Observando las temperaturas a que estas reacciones tienen lugar y sus consumos de calor, se comprenderá la altísima temperatura que es necesaria en la zona de combustión, para lo que es preciso que ésta sea lo más enérgica posible, y, para ello, se debe soplar el aire muy caliente, muy dividido y a gran presión y velocidad. Es decir, que convendrá el aire a muy alta temperatura, soplado por gran número de toberas de poca sección y a presión relativamente alta.

Como la presión la determina la altura del horno y el tamaño de los materiales de carga, trataremos de esta cuestión al hablar de la cuba y carga del horno.

También sería interesante para aumentar la temperatura de combustión, tener aire lo más seco posible, sobre todo en nuestro clima en que normalmente está muy cargado de humedad, con lo que tendríamos además una importante economía en las calorías necesarias por tonelada de fundición.

Para conseguir esto sería conveniente, por lo menos, que las soplan-tes aspirasen el aire de lugar seco, alejado de toda fuga o escape de vapor, y estudiar el empleo de una instalación desecadora de aire que, aunque poco generalizada aún industrialmente, se va extendiendo en

algunas regiones y que es posible que en nuestro caso fuese económicamente conveniente por los beneficios que produciría.

Las altas temperaturas de combustión que hemos visto son precisas en nuestros hornos, hacen que el lingote obtenido sea siempre alto en silicio, lo que es un inconveniente para su ulterior tratamiento en los hornos Martín básicos. Para aminorar en lo posible este inconveniente se debe disminuir o suprimir la parte de crisol que suele haber sobre las toberas, ya que según Anglès D'Auriac, dicha zona tiende a aumentar el Si de la fundición, así como también puede convenir limitar un poco la temperatura del aire.

Debido al gran consumo de calor que hay en el crisol y atalajes, el descenso de temperatura de los gases a medida que ascienden en el horno, tiene que ser mucho más rápido que en el caso de minerales de Bilbao, llegando aquéllos a los 1.200 grados, temperatura a que empiezan a fundirse las cargas, en menor espacio que en dicho caso, por lo cual, la distancia vertical desde las toberas al vientre debe ser menor, pues si no las cargas se encontrarían con el estrechamiento de los etalajes antes de empezar a fundirse, comprimiéndose lateralmente y tendiendo a formar bóvedas.

Estas bóvedas dificultan el descenso de las cargas, dando lugar a frecuentes atascamientos del horno, y dejando debajo, en los etalajes y frente a las toberas, huecos que perjudican a la buena distribución del aire y hacen subir el fuego en el horno por quemarse el cok en sus bóvedas en vez de hacerlo junto a las toberas.

Todo esto está conforme con los hornos de Caen, en Normandía, anteriormente citados, en los que la altura del vientre sobre las toberas es de 3,70 metros a pesar de su gran tamaño, mientras que en la generalidad de hornos que tratan otras clases de minerales, dicha altura es por lo menos de 4,50 a 5 metros, aunque sean de tamaños menores. Las toberas en estos hornos están en los etalajes unos 45 centímetros más altas que el borde del crisol y su número es de 16, aunque según las reglas de Anglès D'Auriac y de Bicheroux no les correspondía tener más que 12 ó 13. La presión normal de soplado es de 50 a 60 centímetros de Hg.

Haciéndose la fusión de la carga en poco espacio y con objeto de que no resulte un crisol demasiado ancho o un vientre demasiado estrecho, se puede dar a los etalajes un ángulo un poco menor de lo normal, no conviniendo, sin embargo, exagerar esto para no dificultar el descenso de las cargas. Parece ser muy aceptable un ángulo de 76 a 78 grados.

Vientre y cuba.

Teniendo nuestros minerales mayor proporción de SiO_2 que la generalidad de los de Bilbao, la castina que se carga en el horno y que se

disocia en el vientre y parte baja de la cuba a más de 800 grados, será más que con éstos, por lo cual el calor absorbido por esta operación será mayor, así como el consumido por el ataque del cok por el CO_2 desprendido, en igualdad de las demás condiciones. Como consecuencia, el descenso de temperatura de los gases será también en nuestro caso más rápido en esta zona.

Por otra parte, el ataque del cok por el CO_2 es una reacción relativamente lenta y que se realiza entre los 700 y 1.000 grados de temperatura, por lo que en la zona comprendida entre estas temperaturas es conveniente que los gases pasen rápidamente a fin de disminuir dicho ataque.

Resulta que, disminuyendo rápidamente el volumen de los gases por efecto de su enfriamiento, y conviniendo que pasen de prisa a través de la carga, el vientre debe de ser relativamente estrecho y corto para que la sección de paso en la zona de las temperaturas indicadas sea lo menor posible.

También convendría que en esta zona, lo mismo que en el resto de la cuba, la presión fuese grande, pues si bien retrasa esto la disociación de la caliza, en cambio disminuye el ataque del cok en virtud de la ley de Châtelier y favorece la penetración del mineral por el gas y, por lo tanto, la reducción indirecta, como hemos dicho en otra ocasión. Para conseguir este aumento de presión hay que aumentar la altura de la cuba o la presión en el tragante, lo que tiene el inconveniente de aumentar las pérdidas de gas.

Desde los 850 hasta los 300 grados se verifica la reducción indirecta, para favorecer la cual conviene extenderla todo lo posible en altura y que en ella los gases pasen lentamente, lo que se conseguirá aumentando la sección del horno en esta parte. Resulta, pues, que conviniendo un vientre estrecho y una cuba ancha en su parte media y superior y teniendo que conservarse la forma troncocónica general por las causas que así lo imponen, la cuba debe ser de esta forma, pero con un ángulo de inclinación grande. Parece se le puede dar unos 88 grados.

Siendo grande, en nuestro caso, el volumen de gases producidos por tonelada, tiene relativa importancia el calor sensible arrastrado por los mismos, por lo que sería conveniente disminuir su temperatura dando altura a la carga.

Como se ve, es muy conveniente tener una gran altura en la cuba por distintos motivos, pero esta altura está limitada por la calidad del cok, de modo que éste no sea aplastado y triturado al llegar a la parte baja del horno, por la carga que pesa sobre él. Sería muy interesante averiguar cuál es la altura máxima que permiten nuestros coks para dársela a los hornos; según D. Pío Portilla, esta altura es de 22 metros sobre el piso del crisol.

Siendo esto así, no queda más solución para aumentar el tiempo de contacto de los gases con la carga que ensanchar la cuba, pero esto presenta dificultades para la buena distribución de la carga y no es fácil, una vez determinadas las medidas de la parte baja del horno, si bien es verdad que éstas se pueden modificar.

Capacidad del horno.

En cuanto a la producción del horno ya se sabe que conviene sea la mayor posible dentro de las necesidades de la industria y cualquiera que sean los minerales tratados, pues menores serán los gastos de explotación y las pérdidas de calor por radiación y refrigeración por tonelada producida; pero hay que tener en cuenta, una vez fijada aquélla, la capacidad específica del horno con estos minerales para fijar su capacidad total.

Desde luego se ve que teniendo que ser lenta la marcha del horno, su capacidad específica tiene que ser grande, y así resultan, de las medidas señaladas en los apartados anteriores, algo más de 3 metros cúbicos por tonelada de producción, con una altura total de horno de 20 metros, lo cual está conforme con lo observado en la práctica.

No obstante esto, en algunos casos se ha llegado a bajar hasta 2,50 metros cúbicos sin gran aumento de consumo de cok, y en Caen se llega a 1,50 metros cúbicos, si bien es verdad que sus minerales son más reductibles que los nuestros.

Como creemos que el volumen específico se puede reducir aumentando la velocidad de la marcha, con el aumento de la altura de la cuba por las razones antes indicadas, nada se puede definir sobre este asunto mientras no se conozcan con seguridad, mediante un estudio especial, la altura máxima que resiste el cok y el tiempo que tardan los minerales en alcanzar su mayor reducción posible por el CO.

Carga.

Vamos a dedicar también unas líneas a este asunto por ser de capital importancia para obtener una buena reducción indirecta. Como ya hemos dicho en otro lugar, sería conveniente, si posible fuese, que los gases pasasen más en contacto con los minerales que con el cok, pero como esto no es posible por tener que ser el mineral menudo, hay que disponer la carga de manera que los gases pasen lo más uniformemente repartidos que se pueda.

Para conseguir esto sería lo mejor, ya que el mineral debe estar

en trozos muy pequeños para que tenga mucha superficie de contacto con los gases, triturarlo completamente y aglomerarlo en trozos relativamente grandes para que ofrezcan poca resistencia al paso de aquéllos.

De no ser así, se deberá cargar el mineral todo lo más menudo que permita una buena distribución de la carga, procurando que su tamaño sea lo más uniforme posible, pero sin estar reducido a polvo, que impediría el paso del gas por las zonas en que él dominase.

La caliza debe ser troceada al mismo tamaño próximamente que el mineral, para que al cargarla se distribuya uniformemente sobre él, pues si no se hace así, quedará en el horno predominando en zonas distintas que aquél, haciéndose difícil e irregular la escorificación de las gangas.

También sería conveniente al disponer las cargas, mezclar nuestros minerales con otros calizos a fin de disminuir la proporción de escorias producidas, con lo que economizaríamos calorías en su formación, así como en la disociación de la caliza, obteniendo al mismo tiempo un gas con menos CO_2 y, por lo tanto, más reductor, pero para esto se tropieza en general con la dificultad de encontrar minerales ricos en hierro y cal, de condiciones físicas apropiadas para el horno alto y a precios aceptables para tener un lecho de fusión económico.

Otros minerales devonianos.

Vamos a terminar este estudio indicando brevemente las diferencias que con el de Llumeres tienen, para su tratamiento en el horno alto, otros minerales asturianos que, como los de Carreño, Naranco, etc., fueron explotados y tratados en otros tiempos y sustituidos hoy por los de otras provincias, de más fácil reducción.

Estos son más pobres en hierro y más ricos en SiO_2 que los de Llumeres, por lo que forman mayor cantidad de escorias por tonelada de fundición, y como consecuencia tienen mayor consumo de calorías.

Resulta, pues, que aparentemente no es recomendable su empleo, pero según Adaro, por tener estos minerales los granos de sílice más gruesos y en contacto menos íntimo con el óxido de hierro, son menos escorificables y más fáciles de reducir indirectamente. En efecto, los minerales indicados son menos densos que el de Llumeres, menos compactos y su pérdida por calcinación llega a ser hasta seis veces mayor que en éste, por todo lo cual es natural que sea más fácilmente reducido por los gases y, por lo tanto, mejor aprovechado el cok empleado.

Llegando el mineral, por esta razón, más reducido a la zona de fusión y siendo sus granos de cuarzo mayores, la formación de silicato de hierro será menor y, como consecuencia, se necesitará para reducirlo una esco-

ria menos calcárea y, por lo tanto, menos refractaria y que consumirá menos calorías por kilogramo para su fusión.

Además, teniendo alguno de ellos, como el de Rucao, una fuerte proporción de FeO , el calor consumido en la reducción del hierro será menor, pudiendo reducirse lo mismo indirectamente por haber siempre suficiente proporción de CO en los gases, a no ser que aquél esté en forma de silicato, como opina Portilla, pues entonces la reducción tendría que hacerse como indicamos en otro lugar.

Resulta de lo dicho que, aunque estos minerales tienen peor composición que el estudiado, no sería extraño que su tratamiento se pudiese hacer en iguales o acaso mejores condiciones, siempre que se escogiesen y combinasen los de estructuras convenientes y se tratasen en hornos apropiados a sus condiciones, después de un detenido estudio experimental de las mismas.

LUIS FELGUEROSO

TRABAJOS REALIZADOS POR LA SOCIEDAD «FELGUEROSO» PARA RECONOCER LOS TERRENOS HULLEROS QUE SE EXTIENDEN BAJO LOS ESTRATOS TRIÁSICOS DEL CONCEJO DE GIJÓN Y NOTICIA SOBRE LA PROFUNDIZACIÓN DEL POZO DE «LA CAMOCHA» CONSECUENCIA DE AQUELLOS TRABAJOS

ANTECEDENTES GEOLÓGICOS.

Los estratos primarios de Asturias han estado incesantemente sometidos a la acción de los movimientos orogénicos, lo que ha contribuido a dar a nuestras cuencas hulleras una estructura atormentada.

Los estratos carboníferos inferiores descansan sobre la caliza carbonera, la que, a su vez, bien directamente o por la interposición de rojas fajas devonianas, se recuesta sobre el Siluriano.

Para buscar los límites de lo que fué mar carbonífero, debemos orientarnos por los jalones que señalan las emergencias del Siluriano y Devoniano. Siguiendo este método, descubrimos que estos terrenos determinan una enorme concavidad, con los límites siguientes: hacia el Oeste, Cabo Torres, Monte Areo, Sierras de Sama y Proaza; hacia el Sur, Cordal de la Mesa, Sierra de Almagrera, Busdongo, Brañacaballo y Vegarada; hacia el Este, San Isidro, Tarna, Sobrescobio, Picos Verdes y El Fito.

Conocemos con suficiente detalle las cuencas carboníferas de Langreo y Mieres, y sabemos también que, aisladamente, asoman, dentro de los límites antes señalados, las manchas carboníferas de Santo Firme, Ambás, Latores, Naranco, San Julián de Box, Vigil, Lieres, Torazo, Viñón y La Riera.

Teniendo en cuenta lo que antecede, era interesante reconocer en profundidad la prolongación de estas cuencas. Esta carga fué la que se tomó la Sociedad «Felgueroso Hermanos».

Hemos de advertir que, por otras Sociedades y con el mismo fin, se dieron varios sondeos, que citamos a continuación:

Sondeos de Amandi, Sariego y Lieres, ejecutados por la Sociedad de Sondeos de Villaviciosa.

Sondeos de Pruvia (Llanera), de Verguera y Marcenado (Siero), ejecutados por la Sociedad Catalana de Minas y Sondeos.

Otra Sociedad dió también un sondeo en Tacones, cerca de Serín, y demasiado próximo a la falda de Monte Areo.

Estos sondeos, o atravesaron espesores considerables de terrenos estériles, o llegaron a tocar el Carbonífero en la caliza de montaña.

Lo importante era situar los sondeos en aquellos puntos en que el espesor de los terrenos secundarios o terciarios que recubren el Carbonífero fuera el mínimo.

Es natural que para cumplir con esta condición se eligieran aquellos sitios en que asoma el Triás, pues en el Cretáceo, aunque apoye directamente sobre el Carbonífero, es muy aventurado lanzarse a sondear, por la inconstancia de los espesores, según señala D. Luis Adaro; y por lo que respecta al Lías, puede asegurarse que en Asturias los sondeos emplazados en tal terreno atravesarán todo el Triás antes de llegar al Carbonífero, lo que ocurriría asimismo en el Jurásico.

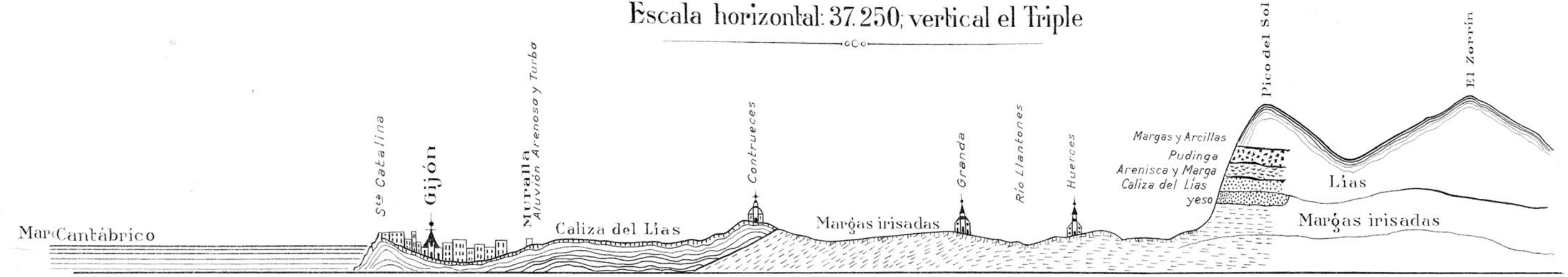
Quedaba sólo para resolver el problema señalar en el terreno triásico los puntos en que el espesor de los estratos que recubren el hullero fuese el menor posible.

Recordemos la división que corrientemente se hace del Triás: tramo inferior de la *arenisca abigarrada* (Buntersandstein), es una facies litoral con flora terrestre; tramo medio de *caliza cavernosa conchífera* (Muschelkalk), formación marina; tramo superior de *margas irisadas*, formación litoral, margosa yesosa, pudingas cuarzosas y calizas (Keuper). Según la mayor parte de los geólogos que se han ocupado de Asturias, la formación triásica de esta provincia pertenece al tramo superior, es decir, al Keuper.

La orientación geológica más completa que se conocía antes de fijar el emplazamiento de los sondeos era la de D. Guillermo Schulz, y en su corte geológico de Langreo a Gijón se ve que un sitio muy indicado para aquel emplazamiento es el valle triásico de los Concejos de Gijón y Siero. Efectivamente, en la ladera Norte del Pico del Sol puede observarse la formación liásica, y después, bajo una veta de yeso que marca el contacto del Lías y el Keuper, comienza un tramo de *margas irisadas*, con buzamiento próximamente horizontal. Teniendo en cuenta este buzamiento y que el Triás aparecía en la ladera del Pico del Sol, emplazando los sondeos en el valle no es menester atravesar con la sonda los estratos triásicos antes indicados (croquis núm. 1).

CORTE GEOLÓGICO DE GIJÓN

Escala horizontal: 37.250; vertical el Triple



COMIENZO DE LOS TRABAJOS.

En noviembre del año 1900 se eligió como más adecuado para situar el sondeo número 1 el lugar denominado «La Camocha», en la parroquia de San Martín de Huerces, del Concejo de Gijón. En esta elección intervino D. Lucas Mallada, Ingeniero entonces de la Sociedad Española de Sondeos y Alumbramiento de Aguas. Para fijar este punto se tuvieron en cuenta las normas indicadas anteriormente.

En agosto del año 1901 se comenzó el sondeo, ejecutándolo a contrata la Sociedad Española de Sondeos y Alumbramiento de Aguas. El éxito fué inmediato, pues a los 160 metros se encontraron los estratos hulleros, con un buzamiento de 65°.

En este sondeo se cortaron tres capas de carbón, una de ellas con más de un metro de espesor, mostrando los análisis hechos que se trataba de un carbón excelente.

Se abandonó este sondeo a los 287 metros, juzgando que los datos recogidos eran suficientes para aconsejar la profundización de un pozo.

Se comenzó este pozo en el año 1902, pero a los 40 metros comenzó a afluir agua en tal cantidad que, no obstante trabajar con campana neumática, fué preciso suspender los trabajos al alcanzar la profundidad de 62 metros.

Por si se trataba de una corriente de agua local, se repitió la profundización en otro lugar de la misma parroquia, distante 1.000 metros de «La Camocha», y nuevamente el agua impidió las labores.

Estos dos pozos mostraron la existencia de un manto acuífero, calculándose que afluían al pozo unos 60 litros de agua por segundo, cantidad que aumentaría a medida que se descendiese por debajo del nivel hidrostático del manto.

Ante este inconveniente tan grave, decidieron los prospectores hacer una visita a Francia, Bélgica y Alemania, con objeto de estudiar en qué forma se hacían las profundizaciones de casos análogos. No encontraron los visitantes ningún pozo en el que se registrase caudal tan elevado como en el de «La Camocha», y el procedimiento más eficaz entonces, que era el de congelación previa de los terrenos, resultaba muy costoso.

Antes de aplicar procedimiento alguno, que por eficaz sería costoso, se tomó el acuerdo de hacer un mayor número de sondeos, con objeto de estudiar si la importancia de la cuenca merecía tales gastos.

SONDEOS DE CALDONES.

En abril del año 1914 se empezó el sondeo número 2, en Caldones, en el Concejo de Gijón, cuya ejecución corrió a cargo del Instituto Geológico de España, contribuyendo la Sociedad «Felgueroso Hermanos» con 65 pesetas por metro de sondeo, con la condición de que el sondeo se realizase dentro de sus concesiones, como así se hizo, y comprometiéndose a suministrar gratuitamente agua y terrenos. Este sondeo fué el primero que hizo el Instituto Geológico con material adquirido por el Estado español para la investigación de criaderos minerales.

Se atravesaron 330 metros de terreno triásico, y se reconoció a continuación un espesor de 234 metros de pizarras y calizas carboníferas, las que buzaban al NO. con 26 grados y tenían una dirección NE. a SO.

A los 563 metros, un desprendimiento súbito de gases combustibles puso fin al sondeo, pues quedó inutilizado el castillete y parte de la maquinaria por un violento incendio.

Con objeto de estudiar la aplicación industrial de los gases descubiertos, y ante la posibilidad de que fueran emanaciones petrolíferas, se decidieron los Sres. Felgueroso, con material de su propiedad a dar dos sondeos más, empezándose el número 3 en mayo de 1920 y el número 4 en agosto de 1922. En ambos sondeos se encontraron los gases citados anteriormente.

LOS GASES DE CALDONES.

M. Ruiz Falcó, en su obra titulada *El sondeo de Caldones*, nos describe con minuciosidad la forma en que se desprendieron los gases de Caldones. Recogemos esta descripción por juzgarla muy interesante y por ofrecer además una solución satisfactoria de este fenómeno.

«En la noche del 20 de enero, estando el trabajo en marcha normal, observó el sondeador que el agua ascendía del interior del pozo en mayor cantidad que la normal, y que al mismo tiempo la sonda giraba fácilmente, como si no encontrara resistencia, por lo cual supuso que se había roto el varillaje y procedió a la extracción del mismo. Durante esta operación, y cuando todavía quedaban en el pozo 260 metros, la salida del agua fué en aumento, hasta que, súbitamente, se elevó en forma de surtidor, llegando hasta las poleas del castillete y obligando al personal a retirarse y a suspender la maniobra. Gracias a esto no ocurrió desgracia alguna, pues a los pocos momentos una gran explosión incendió el castillete y la fragua, quedando la boca del sondeo convertida en una enorme hoguera.

POZO Y SONDEO DE VEGA (Nº 1)

(HUERCES)



Pozo en perforación

29 de Agosto de 1901

Mts Cts

1	90	Tierra vegetal
7	60	Arcillas
2	90	Marga roja
5	40	Marga gris
5	50	Marga roja con vetas gris
15	30	Marga roja
3	35	Marga roja con vetas gris
4	00	Marga roja
2	85	Marga roja con vetas gris
2	40	Marga roja
2	80	Marga roja con vetas claras
0	80	Arenisca porosa muy clara
3	10	Marga roja con vetas claras
22	60	Marga roja
4	17	Caliza
7	22	Caliza y arenisca
17	14	Caliza
28	06	Marga roja
4	41	Marga roja con vetas claras
0	40	Marga negra
17	57	Conglomerado de cuarzo
159	57	Total de terreno triásico
4	90	Pizarra
0	40	Arenisca
8	40	Pizarra
0	65	Arenisca
2	85	Pizarra
2	00	Arenisca
4	16	Pizarra
13	86	Arenisca
2	60	Pizarra
1	00	Carbón
8	07	Pizarra
0	50	Arenisca
6	25	Pizarra
0	70	Arenisca
3	50	Pizarra
0	85	Arenisca
13	77	Pizarra
0	23	Carbón
0	51	Pizarra
2	09	Carbón
18	80	Pizarra
0	21	Arenisca
30	31	Pizarra
286	18	Profundidad total

Altura

máxima de las aguas

Permeable

Terreno Triásico

Terreno Carbonífero

AUDACIA TERCERA
CONCEJOS DE GIJÓN Y SIERO

ESCALA DE 1:400

12 de Noviembre de 1901

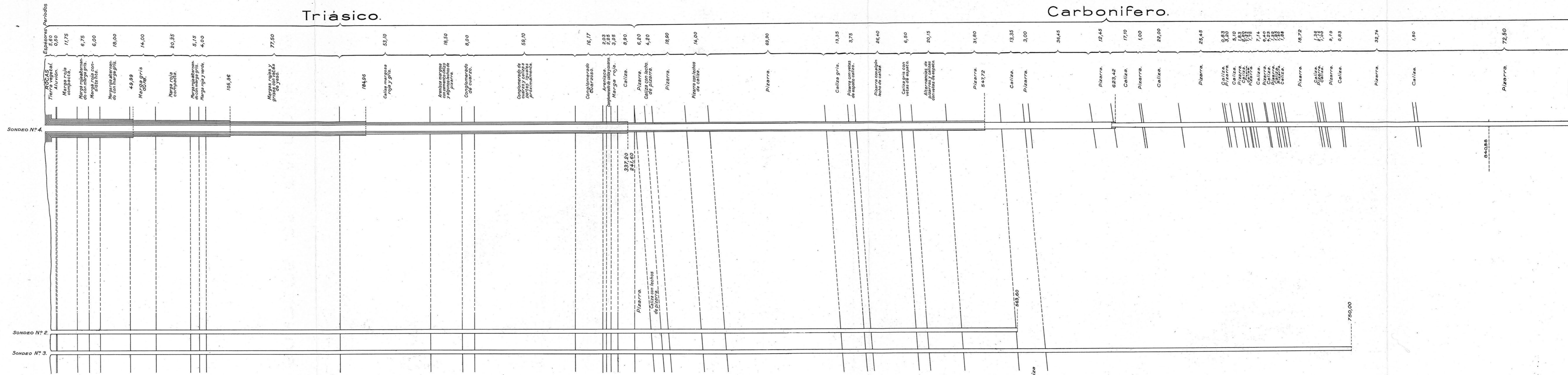
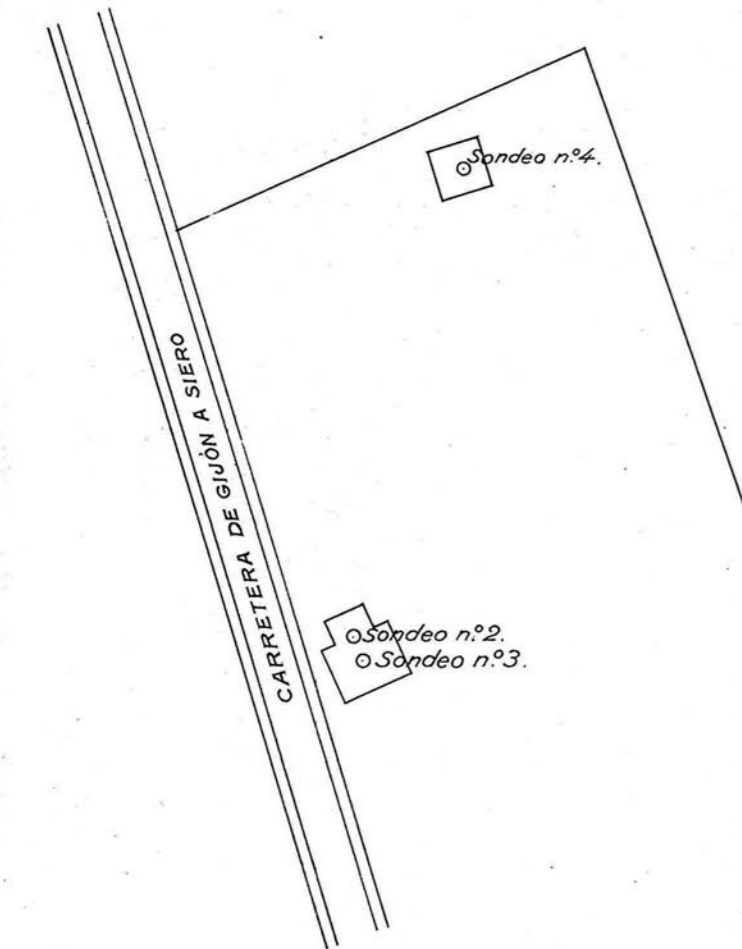
1º de Diciembre de 1901 (199,29)^m

22 de Diciembre de 1901 (234,67)^m

23 de Marzo de 1902

SONDEOS DE CALDONES (23Y4)

Escala 1:1000.



Caliza

750,00

»Según pudo comprobarse después, cuando apagado el incendio se extrajo el varillaje, éste se encontró roto, conforme había sospechado el sondeador, quedando en el pozo un trozo de 60 a 70 metros.

»El accidente puede explicarse del modo siguiente: la sonda, que ya había atravesado anteriormente terrenos muy fracturados, alcanzó a los 563 metros un banco de caliza en el que existían grietas abiertas y en comunicación con un depósito de gas natural almacenado en el terreno; en este momento, y por efecto de una resistencia extraordinaria encontrada por la corona (probablemente el enganche en los bordes de la grieta de las puntas de la escotadura que deja el paso a la granalla), se rompió el varillaje, al mismo tiempo que el gas empezaba a escaparse por dicha grieta. Este gas, cuya presión no alcanzaba las 55 atmósferas que próximamente representaba la columna de agua contenida en el sondeo, empezó a burbujear a través de ella durante la operación de sacar la sonda, emulsionando el agua y produciendo un desborde por la boca del agujero, hasta que la presión de la columna líquida no fué suficiente para contrarrestar la del gas, en cuyo momento fué lanzada en masa, produciéndose el surtidor que obligó al personal a retirarse del castillete; una vez expulsada el agua los gases salieron libremente, llenando el interior del castillete y siendo la causa de la explosión su contacto con el hogar de la caldera.

»El castillete fué rápidamente consumido por las llamas, así como la fragua, y los esfuerzos en los primeros momentos se dirigieron a evitar que el incendio se propagase al taller y almacén, retirándose la maquinaria contenida en ella y los barracones.

»Salvado este material se procedió a extinguir las llamas de gases inflamados que salían por la boca del sondeo, y, para ello, se rodeó la boca por una pared de tierra, formando así una especie de cazuela que habría de llenarse con ácido carbónico y, de este modo, los gases, a su salida, se apagarían al encontrarse con una atmósfera no comburante. Se empleó para el objeto el ácido carbónico que suministra el comercio, almacenado a gran presión en frascos de acero, haciendo llegar el gas al interior de la cavidad limitada por la pared de tierra por medio de tubos que la atravesaban.

»La extinción de las llamas se consiguió al primer intento, y una vez conseguido el resultado apetecido, retirada la maquinaria que aun quedaba, se procedió a montar en la boca del sondeo, sobre los tubos del mismo, una chimenea, que debía desprender el chorro de gases a cierta altura evitándose así el peligro de un nuevo incendio por imprudencia, tanto más de temer encontrándose el sondeo al lado de una carretera. Esta chimenea tenía unas ventanillas en su parte inferior por las cuales podía introducirse un anemómetro, con objeto de hacer medidas de velocidad a la salida de los gases y calcular la producción del pozo.»

Los gases fueron analizados por el Sr. Hauser y su composición es la siguiente:

Metano.....	95,51	por 100
Etano.....	2,14	—
Hidrógeno.....	0,46	—
Nitrógeno.....	1,89	—
TOTAL.....	100	por 100

Este gas tiene una potencia calorífica de 9.553 calorías con condensación del vapor de agua formado. Sin condensación de dicho vapor aquella potencia es igual a 8.590 calorías por metro cúbico.

La densidad del gas con relación al aire es igual a 0,575.

Los gases que se desprenden en la mayor parte de los yacimientos petrolíferos o en sus proximidades son bastante parecidos en su composición a los de Caldones, y aunque existía la posibilidad de encontrar petróleo no hubo ningún dato que confirmase esta existencia.

El análisis de los gases que se desprenden de los yacimientos petrolíferos de Norteamérica, en comunicación con el carbonífero inferior, es el siguiente:

Metano.....	70	por 100
Etano.....	1	—
Hidrógeno.....	20	—
Otros gases.....	9	—
TOTAL.....	100	por 100

De Patagonia se recibieron noticias sobre la composición de los gases que se desprenden en los yacimientos petrolíferos de aquel país, semejante casi a la del gas de Caldones.

El volumen de gas desprendido fué muy variable, llegando a registrarse hasta 30.000 metros cúbicos por día.

ENSAYOS PARA LA UTILIZACIÓN INDUSTRIAL DE LOS GASES.

Transporte.

En muchos países se conducen los gases desde los sitios en que se desprenden hasta los lugares de consumo.

En China, en la provincia de Setchouan, los gases naturales se empleaban hace varios siglos para la calefacción.

A tres kilómetros de Pisa se desprende del suelo una mezcla de hidrocarburos gaseosos, en la que el metano entra con el 85 por 100. Los gases se han captado y conducido al gasómetro de Pisa, donde se

reduce su presión y se distribuyen luego para alumbrado y calefacción. Los consumidores pudieron así disfrutar de un gas de mayor potencia calorífica que el del alumbrado y con un coste igual al 33 por 100 del de este.

En el yacimiento que existe a 52 kilómetros de Torda, en Hungría, se conducen los gases naturales por una tubería de acero de 25 centímetros de diámetro, y se distribuyen para el consumo doméstico, fábricas de cementos, fábricas de cerveza, etc. Se intenta llevar el gas a Budapest, no obstante distar unos 500 kilómetros del yacimiento.

En Norteamérica se utilizan los gases naturales en cantidades enormes. Las canalizaciones tienen más de 200 kilómetros de recorrido, pues los desprendimientos tienen lugar en sitios muy deshabitados. Anualmente se consumen miles de millones de metros cúbicos.

Los gases de Caldones están relativamente próximos a los lugares de consumo, teniendo en cuenta la longitud de las canalizaciones en otros países, pero esta utilización ha de ser a base de una gran producción, que exige a su vez un número elevado de sondeos. Su elevado poder calorífico y el precio reducido a que podría suministrarse, le asegurarían un consumo inmediato.

Obtención de gasolinas.

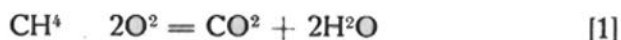
Los intentos para obtener gasolina por condensación del gas no dieron resultado, pues la proporción de metano es demasiado elevada. Las pruebas se hicieron con un compresor de 150 atmósferas, adquirido *ad-hoc*.

Recorte de chatarra y soldadura autógena.

Igualmente fracasaron los intentos realizados en este sentido.

Negro de humo.

Cuando la combustión del metano se verifica de una manera completa, utilizando toda su potencia calorífica al quemarle con la adecuada proporción de aire, se descompone formando agua y anhídrido carbónico, con arreglo a la siguiente ecuación:



Esta reacción es exotérmica y desprende 8.700 calorías por metro cúbico de metano. Por ella vemos que se necesitan dos volúmenes de oxígeno, y por tanto 10 de aire, para quemar uno de metano.

Si la combustión es incompleta, es decir, si la cantidad de oxígeno es insuficiente para que se verifique la anterior ecuación [1], nos resulta la siguiente ecuación:



Esta reacción es exotérmica, desprendiendo unas 6.000 calorías por metro cúbico de metano, es decir, cerca de 3.000 calorías menos que si la combustión fuese completa. Por ella vemos que nos hacen falta seis volúmenes de aire por cada uno de metano quemado.

El carbono que se forma como consecuencia de la combustión incompleta, se deposita bajo la forma de negro de humo. El negro de humo se emplea mucho para la fabricación de barnices y pinturas, betunes, etcétera.

Veamos el rendimiento teórico en negro de humo que nos da la reacción [2].

Se depositan cinco moléculas de negro de humo por siete de metano, es decir, teniendo en cuenta los pesos atómicos, 60 gramos de carbono para 154 litros de metano, lo que representa el 70 por 100 del carbono contenido en el metano.

Extrayendo agua de los sondeos fácilmente se pueden obtener 1.000 metros cúbicos de gas por día, los cuales, con el rendimiento teórico apuntado, suministrarían 390 kilogramos de negro de humo, ya que casi la totalidad del gas es metano.

Para cubrirnos de la disminución del rendimiento, suponíamos que en la práctica alcanzaríamos un efecto, por lo menos, equivalente al 50 por 100 del rendimiento teórico, es decir, que obtendríamos unos 195 kilos por día, de negro de humo, que valorado con prudencia a unas tres pesetas kilogramo, supondría un valor anual para el producto de unas 200.000 pesetas, siendo insignificantes los gastos de producción, pues serían menester pocos brazos para recoger y envasar el negro de humo formado.

Animados con estos datos preparamos un horno de ensayo de varios compartimentos, construido casi en su totalidad con ladrillo ordinario, salvo en las regiones próximas al mechero, donde la temperatura es muy elevada, que se construían con material refractario.

En este sencillo horno, los gases hacían un recorrido sinuoso, encontrando a su paso una serie de bastidores con tela metálica muy fina, destinados a retener el negro de humo que llevaban los gases de la combustión.

El gas, quemado en un mechero especial, era medido con un contador de gas, y el aire de la combustión se regulaba con un pequeño inyector de fragua, cuya velocidad y gasto eran constantes.

Después de varios tanteos, encaminados a obtener el mayor rendimiento posible, observamos que éste se diferenciaba bastante del previsto, pues sólo obtuvimos unos 19 gramos por metro cúbico de metano, es decir, que se recogía solamente el 3,5 por 100 del carbono contenido en el gas.

Este rendimiento se refiere al conjunto de las diversas calidades de negro de humo depositadas en los diferentes sitios del horno. Las clases más finas se depositan cerca del mechero, donde la temperatura es más elevada; en cambio, las clases inferiores se depositan en los sitios más fríos del horno, pues los alquitranes que se condensan con el negro pardean éste, quitándole mucho de su valor.

Hay aquí, pues, dos factores que determinan la proporción de aire que ha de suministrarse para la combustión. Si el horno marcha frío, con la proporción de aire que indica la teoría, se obtiene el máximo de rendimiento, pero las calidades obtenidas son inferiores. Por el contrario, si se regula el aire en forma tal que la marcha sea más caliente, es decir, alejándose de la combustión incompleta y acercándonos a la completa, el rendimiento es menor, pero las clases obtenidas son más selectas, de un color negro mucho más intenso y, por tanto, su precio es más elevado.

Nuestras deducciones tuvieron confirmación cuando recibimos datos sobre la fabricación de negro de humo en Norteamérica, partiendo de los gases naturales, pues la instalación de Granstville marcha con un rendimiento aun inferior al citado por nosotros. Claro es que se queman cantidades enormes de gas, la marcha es muy caliente y las calidades obtenidas son muy puras.

La consecuencia que sacamos de este ensayo es que la fabricación del negro de humo es sencilla y económica, pero hace falta disponer de una gran cantidad de gases.

* * *

En resumen: todos los ensayos hechos para la utilización industrial de los gases vinieron a demostrar, que en unos casos no eran apropiados para los fines que se perseguían, y en otros, la cantidad de gas de que se disponía era insuficiente.

La Sociedad «Felgueroso» debía decidir en este instante si le convenía aumentar el número de sondeos en Caldones, con objeto de disponer de un gran volumen de gases, o proseguir el reconocimiento de la cuenca hullera, en uno de cuyos bordes se habían encontrado los gases, y si el resultado de este reconocimiento era satisfactorio, profundizar un pozo, ya que en esta fecha el procedimiento de cementación para atravesar terrenos acuíferos se empleaba mucho, era eficaz y relativamente económico.

Optaron los prospectores por lo segundo, y emprendieron una nueva campaña de sondeos, con material de su propiedad y bajo su dirección, empleando personal autóctono, con lo que se consiguieron avances muy satisfactorios.

NUEVOS SONDEOS.

Una vez averiguado que Caldones era un borde de la cuenca que se estudiaba, los nuevos sondeos a realizar deberían estar situados sobre una línea normal a la dirección de los estratos, alejándose de los bordes. Con arreglo a estas consideraciones se situaron los sondeos números 5 y 6.

Sondeo número 5.

El sondeo número 5 se perforó en el barrio de Aroles, parroquia de Vega, del Concejo de Gijón. Está situado entre los de Caldones y el de Huercas, formando con todos ellos próximamente una línea recta.

Los trabajos dieron comienzo el día 16 de agosto de 1929 y se terminaron el 9 de noviembre del mismo año.

El Triás tenía aquí un espesor de 145 metros, compuesto de margas rojas y grises, calizas, areniscas y conglomerado de base. Después de estos 145 metros de terreno triásico, empieza el Carbonífero, abandonando el sondeo a los 285 metros, pues dada la gran inclinación de los estratos, era preciso profundizar muchos metros para reconocer un pequeño espesor. El terreno carbonífero reconocido en este sondeo estaba constituido, en su mayor parte, por una pizarra fuerte, muy bien estratificada. También se encontró un conglomerado rojizo y una caliza con abundantes fósiles. A veces aparecían delgados lechos de carbón.

Sondeo número 6.

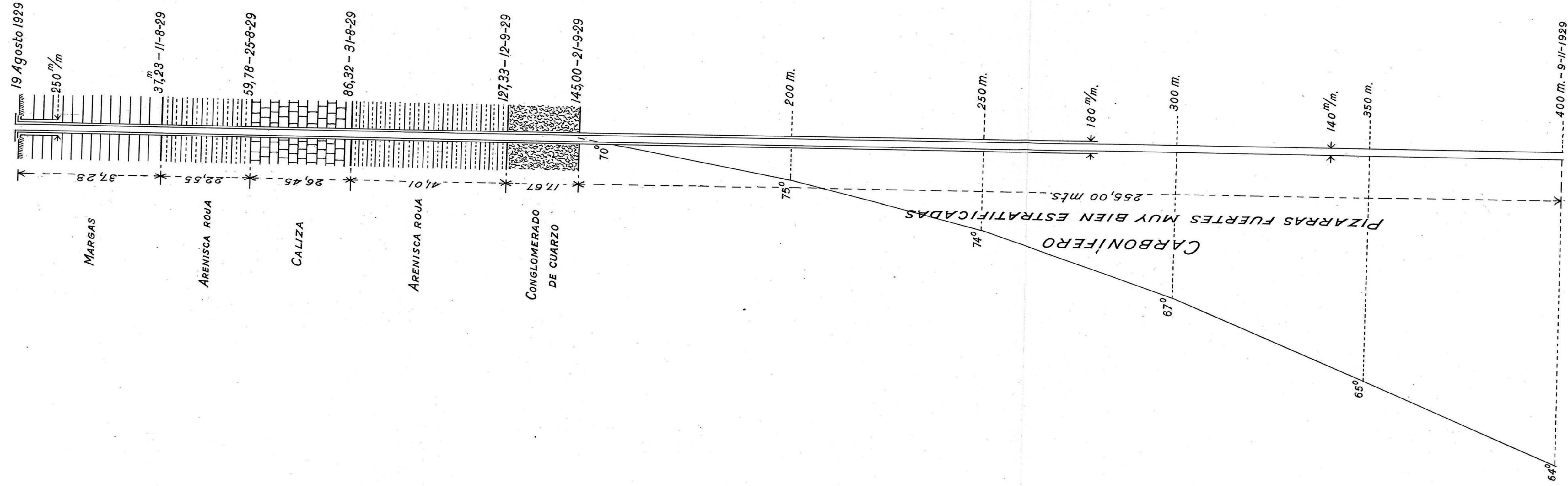
En vista del resultado del sondeo de Aroles, el número 6 se situó en Leorio, dentro también del Concejo de Gijón, próximamente sobre la alineación de los demás sondeos, pero al NO. del número 1. Este sondeo está casi situado «a las puertas de Gijón», como dice el Sr. Patac en un artículo publicado en un diario gijonés.

La perforación se comenzó el 1 de diciembre de 1929 y se concluyó el 2 de abril de 1930.

De todos los sondeos es éste el que menos recubierto de terrenos triásicos acusó, pues sólo se perforaron 126 metros de margas rojas y

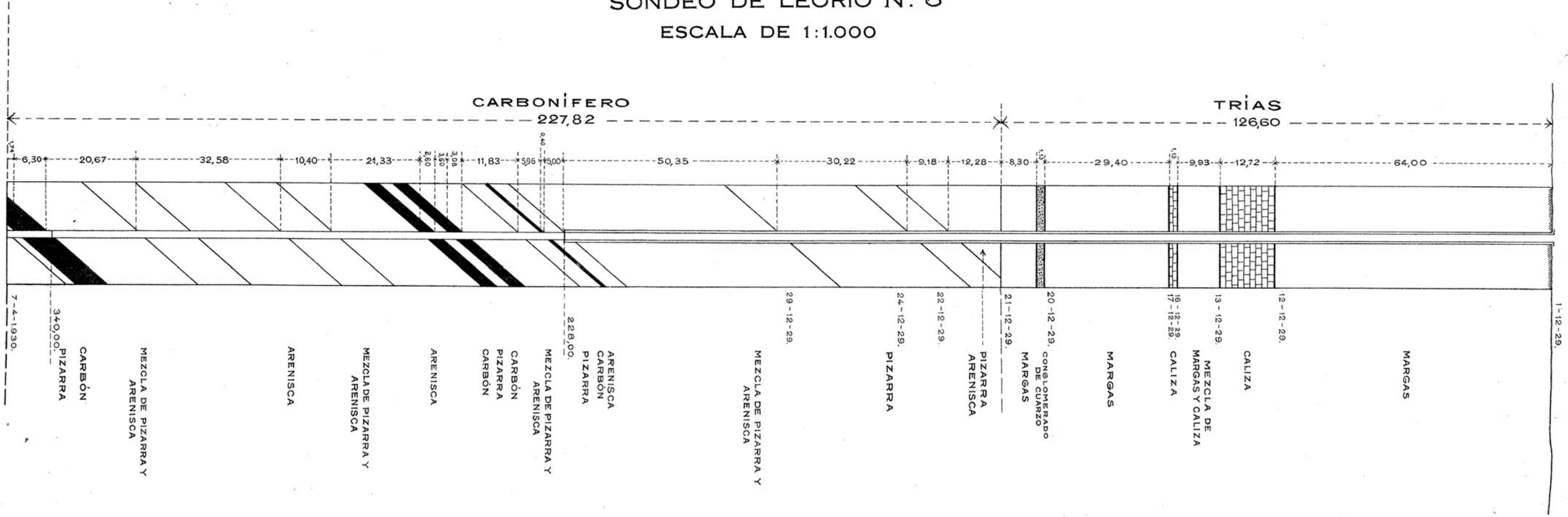
SOCIEDAD ANÓNIMA "FELGUEROSO"
 CORTE ESQUEMÁTICO DEL SONDEO N.º 5 SITUADO EN
 AROLES - GIJÓN

Escala: 1/1.000



GIJÓN, DICIEMBRE 1929

S. A. FELGUEROSO HERMANOS
 SONDEO DE LEORIO N° 6
 ESCALA DE 1:1.000



grises, areniscas y caliza, para llegar al Carbonífero. El conglomerado de la base del Trías no existe en este punto.

En el Carbonífero se atravesaron 227 metros, cortando tres capas de carbón, con espesores de 0,30, 1,40 y 3 metros, y presentando una inclinación de 50 grados.

En este sondeo se recogió una gran cantidad de carbón, pues cuando se perforaban las capas, las aguas salían muy cargadas, y antes de devolverlas al río, se decantaban para separar los finos. El análisis de este carbón dió un resultado excelente, resultando ser un buen carbón de gas.

Sondeo número 7.

Este éxito dió nuevos ánimos a los prospectores, y desmontando el castillete y la maquinaria, traspusieron con ellos las colinas liásicas que separan los valles de Llantones y Pinzales, instalándose audazmente en inmediaciones del pueblo que lleva este último nombre, donde la carretera y el ferrocarril de Langreo se cruzan para llegar a los puertos de Gijón y Musel.

Esto fué el 13 de abril de 1930. A los once días se empezaba la perforación, batiendo el *record* de montaje, el cual es muy dificultoso, pues hay que tener en cuenta que el castillete tiene 24 metros de altura y su armazón está constituida por vigas de gran peso, para formar un todo sólido apropiado a la naturaleza de su trabajo.

Empezó el sondeo con margas abigarradas, continuando con dolomías, margas rojas y verdosas, areniscas deleznableles con gran cantidad de mica, y, finalmente, con un gran tramo de margas rojas, pero de un rojo más claro que las margas atravesadas en los otros sondeos y con una fractura también distinta.

Se suspendió el sondeo a los 425 metros, hasta donde se llegó, no con el convencimiento de que el recubrimiento de terrenos estériles permitiría una explotación económica, sino para acumular datos y luces sobre los terrenos atravesados.

Suspendido este sondeo, como consecuencia de la persistencia de la marga roja, diéronse por terminados los estudios de investigación, y se comenzó el 1 de julio la profundización del pozo de «La Camocha» para reconocer de un modo definitivo el terreno.

NATURALEZA DE LOS SEDIMENTOS HULLEROS RECONOCIDOS.

La naturaleza de los sedimentos hulleros reconocidos por la sonda, ha dado lugar a opiniones muy encontradas.

Don Luis Adaro parte de la base de que la formación hullera del

Concejo de Gijón tiene un origen simultáneo y común con la cuenca de Langreo, aunque reconoce que pueden encontrarse hiladas del hullero superior.

Don Lucas Mallada, a juzgar por el único fósil perfectamente claro que él recogió entre los testigos del sondeo número 1, opinaba que estos sedimentos hulleros pertenecían al hullero superior, lo cual confirmaba también el espesor de las capas.

El Sr. Alvarado, en una *Nota sobre fósiles vegetales de Caldones*, de noviembre de 1923, dice:

«Las impresiones vegetales están en general mal conservadas y son demasiado pequeñas para permitir una exacta determinación de las especies.

»Con reservas puede atribuirse a hojas de *Lepidodendron* la impresión señalada con rectángulo rojo en el trozo pequeño de testigo.

»En el trozo grande, el fósil señalado con círculo rojo puede atribuirse a *Diplothnema (Sphenopteris) furcata* (Stur) del hullero medio, y la impresión señalada con triángulo rojo puede atribuirse, en mi opinión, a *Seftembergia cremata* (Schulz) o *Pecopteris dentata*, del hullero superior.

»Otras impresiones que destacan en los diversos trozos de testigo, son aún menos clasificables y pudieran corresponder a trozos o radículas de *Stigmarias*.

»En mi opinión, alguno de estos fósiles dudosos, muy semejante, si no exacto, al *Pecopteris dentata*, parece indicar el tramo hullero superior.»

Don Manuel Ruiz Falcó, después de hacer un detallado estudio de los fósiles recogidos, dice: «podemos asimilar el tramo cortado en el sondeo de Caldones, al designado con el nombre de «Pola de Lena», aunque no se hayan encontrado las *Fusulinas* que le caracterizan; es decir, es un tramo comprendido entre la caliza de montaña y el tramo medio».

Respecto a los fósiles que recogimos en Aroles, poseemos un informe del Instituto Geológico del 5 de diciembre de 1930, poco preciso, aunque en él se saca la conclusión de que se trata de la parte alta del Carbonífero inferior.

Don Ignacio Patac nos ha prometido dar a la luz un estudio completo sobre este asunto, relacionando todos los datos recogidos en los distintos sondeos. Su laboriosidad es bien conocida de todos y sólo quisiéramos que los organismos oficiales mostraran un interés como el del ilustre geólogo, a quien únicamente los impulsos del porvenir de nuestra ciencia y de nuestra industria mueven.

Muchos conocerán su estudio sobre *La formación uralense Asturiana*, editado en el año 1920. En él nos dice el autor que sus estudios le han llevado a la original conclusión de que, después de los primeros

movimientos hercinianos del final del Westfaliense, que modelaron vigorosamente el relieve de la Cordillera Cantábrica y dejaron aisladas por esta barrera montañosa las depresiones Astúrica y Santanderina del resto del Continente, el mar uraliense invadió las ensenadas paleográficas determinadas por estos movimientos. Sus límites están determinados por un gran banco de pudinga silícea de base que se descubre en varios puntos de las provincias de León y Asturias. La cuenca central westfaliense quedaría formando un islote, el cual, por no haber hecho presa aún en ella las fuerzas erosivas, ofrecería, por tanto, un relieve muy superior al que actualmente presenta.

Puesto que se ha confirmado la existencia del Permiano en Lieres, nada de particular tendría, en opinión del Sr. Patac, que la formación carbonífera de Gijón sea permocarbonífera. Los conglomerados rojizos que se hallan pegados a la vertiente Norte de las Peñas de Careses son probablemente permianos.

Los numerosos fósiles recogidos por el Sr. Patac en los sondeos parece que han confirmado sus estudios.

De un modo o de otro, en fecha no muy lejana podremos salir de dudas sobre este problema tan interesante, no sólo en su aspecto científico, sino también en el industrial, pues del nivel geológico de los tramos dependen muchas de sus características y espesores. Con los abundantes fósiles que en breve recogeremos y con los cortes estratigráficos que compondremos, llegaremos a una conclusión categórica.

PROFUNDIZACIÓN DE UN POZO EN «LA CAMOCHA» Y EMPLEO DEL PROCEDIMIENTO DE CEMENTACIÓN.

Estudiada mediante siete sondeos la cuenca hullera que se extiende bajo los terrenos triásicos de los Concejos de Gijón y Siero, la Sociedad «Felgueroso» se decidió a reconocerla de un modo definitivo, mediante un pozo. La explotación, en su día, de las capas de esta cuenca será de gran transcendencia, por la proximidad de los puertos de Gijón y Musel y por la naturaleza del carbón hallado.

Los sondeos citados vinieron a confirmar que el Trías se extiende en estratos próximamente horizontales, con ligero buzamiento al NE., que se acentúa a medida que avanza hacia la costa, y que estos estratos, que pertenecen al Keuper, son margas rojas y grises, calizas y un conglomerado de base formado de cantos silíceos, siendo también silíceo el cemento del mismo. Este conglomerado tiene un espesor variable, llegando en ocasiones, como ocurrió en el sondeo de Leorio, a desaparecer prácticamente.

El lugar elegido para el pozo no es precisamente aquel en que el es-

pesor del terreno triásico es menor, y si a primera vista parece esto inconsecuente, no lo es en realidad, pues este sitio reúne otras condiciones muy esenciales dignas de tener en cuenta.

El pozo tiene un diámetro útil de 3,10 metros, y ningún interés tendría esta Memoria si se tratase de una profundización corriente; pero hemos de dar cuenta del empleo del procedimiento de inyección previa de cemento a presión en unos estratos acuíferos, que permite continuar la profundización por los procedimientos ordinarios.

En alguna ocasión el caudal de las aguas que afluyen al pozo llegó a alcanzar la cifra de 200 metros cúbicos hora, y teniendo en cuenta el diámetro de aquél, juzgamos muy difícil, si no imposible, la profundización por los métodos ordinarios, pues se necesitaría un grupo motor-bomba colgado, de gran diámetro y peso, que impediría una marcha normal de los trabajos. Aunque técnicamente fuese posible esto, supondría un costo elevadísimo del metro de pozo, pues a los gastos ocasionados necesariamente por la excesiva lentitud de los trabajos, habría que añadir el costo del grupo motor-bomba. Téngase presente que con una sola bomba no está asegurado el servicio, pues si llega a sobrevenir una interrupción, puede haber consecuencias graves. El costo del grupo motor-bomba, cable armado e instalación eléctrica especial es muy de tener en cuenta, pues el manto acuífero sólo tiene 40 metros de espesor y empleándose el grupo únicamente en estos metros, hay que prever una amortización rápida, ya que no tiene aplicación más que en estos especialísimos casos.

Hemos dicho que sería necesaria una instalación eléctrica especial, y así sería, pues con objeto de reducir el diámetro y peso de la bomba sería menester elegir cuidadosamente clase de corriente, voltaje, etc.

Las aguas aparecen a los 47 metros de la superficie, en una mezcla de marga roja y gris, pero el nivel asciende hasta los 45 metros, es decir, dos más, correspondiendo este nivel al hidrostático del manto acuífero. A partir de los 47 metros siguen afluyendo las aguas por una serie de fisuras sin dirección fija, y que, según parece, comunican todas entre sí. Algunas grietas llegan a medir 50 milímetros. Imagínese la afluencia por tales grietas, con una presión tanto mayor cuanto más se descende.

A los 85,50 metros sustituye la caliza a la marga roja y en este punto desaparece la red de grietas, constituyendo el nivel inferior del manto acuífero. El espesor de éste es, pues, 40,50 metros.

El procedimiento de cementación empleado hoy corrientemente consiste en inyectar una lechada de cemento a través de seis u ocho sondeos, dispuestos sobre una circunferencia concéntrica con la del pozo. No obstante, nosotros hemos empleado frecuentemente la inyección por un sondeo central de gran diámetro, y por esto hablaremos separadamente de los dos procedimientos.

INYECCIÓN DE LA LECHADA DE CEMENTO, HACIENDO USO DE UN SOLO SONDEO CENTRAL.

Puesto que la red de grietas de las margas de La Camocha establece una comunicación entre todas ellas, es lógico suponer que una sola inyección de cemento, abundante y a presión suficiente, lo hará llegar a todas las fisuras próximas al pozo, obstruyendo de este modo los huecos, e impidiendo el acceso de las aguas dentro de un cierto radio de acción. Nos hemos guiado por esta consideración alcanzando el éxito que esperábamos. Una vez cementado un tramo continuamos la profundización como en un caso corriente, empleando una bomba colgada de 15 HP, para elevar el agua de filtración de todo el pozo y la que vaya brotando en los sondeos.

El empleo de un sondeo de gran diámetro tiene la ventaja de ser más rápido que el método de varios sondeos de pequeño diámetro. Efectivamente, en el primer caso se puede calcular que la velocidad de perforación, que se hace con trépano, es prácticamente constante para una misma clase de terreno. En el segundo método, que consiste en realizar sondeos de pequeño diámetro con martillos perforadores, se observan al principio velocidades medias de avances mayores; pero a partir de los cuatro metros la velocidad disminuye bastante, pues se acuñan las barras de forma tal que, a veces, es imposible extraerlas. Esto es provocado por la altura de la columna de agua que va expulsando los detritus, pues, si hay interrupciones, se depositan en gran cantidad en el fondo del sondeo. Por esto se recomienda hacer la perforación con lentitud, para que se limpie mejor el sondeo. Creemos que en las interrupciones interviene también la torcedura de los sondeos, que es provocada por la inevitable flexibilidad de las barrenas largas.

Aparte de estas consideraciones, la Sociedad «Felgueroso» aplicó, preferentemente, el método de un solo sondeo central, por disponer de maquinaria apropiada y por juzgar, según indicamos, que las grietas comunican entre sí.

La marcha de este procedimiento es como sigue:

Se bajaron los primeros 45 metros como en un caso corriente, pues ya de antemano se conocía el nivel en que debían aparecer las aguas, y al llegar a esa profundidad se comenzaron las inyecciones de cemento.

La primera operación es la colocación de un tubo-guía. En nuestro croquis número 3 está señalado por *TG*. Este tubo es de acero estirado y sirve para guiar el sondeo y para inyectar el cemento a través de él. Termina en sus extremos por bridas y tiene las siguientes dimensiones: Diámetro, 260 milímetros; altura, 2,17 metros. Lateralmente lleva un tubo

al que se adoptará la tubería de retroceso *R* en el momento de inyectar el cemento. Para colocar el tubo-guía se hace un sondeo de 40 centímetros de diámetro y se introduce en él, fijándolo luego a las paredes con cemento y cuidando que quede perfectamente vertical con objeto de que el sondeo vaya bien guiado.

Se procede entonces a construir el falso fondo de hormigón, el cual tiene por objeto impedir que el cemento inyectado por el tubo-guía busque las grietas próximas al fondo del pozo y filtre a través de él. Por este mismo motivo, una vez concluido el falso fondo, se reviste el pozo apoyando el revestimiento sobre el hormigón. A este falso fondo se le da una altura de unos 50 centímetros, quedando el tubo-guía envuelto por él y asomando en una longitud de 67 centímetros.

Concluidas estas operaciones se empieza a sondear a través del tubo-guía, con trépano de 22 centímetros. No se puede mover el trépano mecánicamente porque el tren que se destinase a este objeto sería preciso montarlo sobre la pataforma que cierra el pozo, lo cual acarrearía un gran consumo de tiempo en el montaje y desmontaje. Es preferible emplear un balancín manejado por seis obreros y no nos detenemos a describir el dispositivo por suponerlo conocido. Únicamente apuntaremos que este balancín va instalado en el exterior y su movimiento se comunica al trépano por varillas. La profundidad que se ha de dar a este sondeo, destinado a descubrir las grietas por las que se introducirá la lechada de cemento, es consecuencia de algunos tanteos. Interesa que se llegue a la mayor profundidad posible, pues se invierte menos tiempo en cementar un tramo, por ejemplo, de 20 metros que dos de 10; en este último caso habría que hacer dos falsos fondos, dos inyecciones y sería menester dejar transcurrir dos veces el tiempo de consolidación del cemento en las fisuras. En nuestro caso hemos llegado a la conclusión de que la cementación no se hace en buenas condiciones cuando se da al sondeo *S* una profundidad mayor de 10 metros. Creemos que este límite está impuesto por la siguiente consideración: la lechada de cemento al ser inyectada en el sondeo encuentra el paso que le dejan las secciones de las grietas, y la velocidad del líquido en ellas será tanto menor cuanto mayor sea la sección total ofrecida, por lo tanto, cuanto mayor sea el número de grietas descubiertas por el sondeo. Puesto que el número de ellas depende de la profundidad de éste, se comprende que pueda llegar un momento en que la velocidad del líquido disminuya en forma tal, que el cemento comience a depositarse en las proximidades del sondeo, formando tapones que impiden el relleno de los huecos. Puede, pues, estarse en la creencia de que se ha hecho una inyección perfecta y al profundizar el pozo se descubran grietas que no están obturadas. Este dato de la profundidad que haya de darse al sondeo es particular para cada caso.

Concluido el sondeo es preciso limpiarlo bien, pues si se dejan lodos en el fondo, son arrastrados por la lechada inyectada y pueden depositarse en las grietas, formando tapones que entorpecen la cementación. La limpieza ha de hacerse con agua limpia y preferentemente por aspiración. En nuestro caso, el agua, por su presión en el pozo, expulsaba los lodos.

El cemento que se emplee en las inyecciones ha de ser fino y no debe estar apelmazado. El tiempo de fraguado es de capital importancia. Si el fraguado es muy lento tarda en depositarse el cemento en las grietas y es arrastrado a gran distancia, aumentando el consumo y la duración de la operación. Si el fraguado es demasiado rápido se corre el riesgo de que se verifique en las tuberías de conducción de cemento al pozo. Nosotros hemos empleado un cemento que empieza a fraguar a los veinte minutos de ser preparado en lechada.

Hemos dicho que el tubo-guía *TG* juega un papel en la inyección. Efectivamente, sobre él se coloca un cono de reducción, con bridas en ambos extremos, y sobre éste cono va dispuesta una llave de paso, de guillotina, de 70 milímetros de diámetro interior (*V'*). Esta última pieza se relaciona con la tubería *T* de entrada del cemento. El tubo de retroceso *R* se empalma con el lateral del tubo-guía. Todas estas piezas quedan perfectamente unidas por la presión de los tornillos que llevan las bridas. Mientras se hacen los preparativos, y antes de colocar estas piezas, el tubo-guía se cierra con una tapa de acero sujeta a la brida superior. De este modo se impide que el agua del sondeo acuda al pozo.

La inyección se verifica en la siguiente forma: El cemento se mezcla con agua en las barricas *B*. La dosis de la lechada es variable con el momento de la inyección. Al principio empleamos una proporción de 5 por 100 de cemento, y llegamos al final hasta el 30 por 100. Es necesario empezar con dosis muy ligeras con objeto de que, al principio, llegue el cemento a las fisuras más estrechas. (Puesto que la altura que cementamos era sólo de unos 40 metros, hemos empleado en algunas operaciones procedimientos un poco toscos. En el caso de una cementación de más importancia, esta mezcla puede hacerse con un agitador mecánico de paletas.)

Las barricas se van vaciando sucesivamente en el canal *C*, quitándoles los tapones *t* que llevan en la parte inferior. Antes de llegar al depósito *d* se filtra la lechada por medio de la rejilla *r*, con objeto de retener las partes apelmazadas. El depósito *D*, que mide unos 35 metros cúbicos, suministra el agua para la inyección y es alimentado por dos bombas pequeñas. El agua que se emplee ha de ser muy limpia.

Desde el depósito *D* se aspira la lechada por la bomba *b*, tipo «duplex», de unos 15 HP. Desde luego, las bombas que se destinen a este objeto han de ser robustas, pues el cemento desgasta mucho sus órganos,

especialmente las válvulas. Con objeto de emplear la bomba el menor tiempo posible, al empezar la inyección nos valíamos de la presión que da la columna de la tubería *T* (5 a 8 atmósferas, según la profundidad) y aspirando la lechada en forma de sifón. Para esto, se cierra la válvula *L'* y se abre la *L*. La tubería *T* sirve de conducción, como hemos dicho ya, hasta el tubo-guía. Las dos llaves *V* y *V'* están abiertas en este momento y la lechada se reparte por las grietas, las cuales la absorben al principio con mucha facilidad. Cuando esta absorción va disminuyendo, lo que se nota por el tiempo que tarda el sondeo en absorber una barrica, se pone en marcha la bomba, cerrando la llave *L* y abriendo la *L'*. La presión de la bomba se suma entonces a la de la columna de la tubería *T*.

La tubería de retroceso *R* permanece abierta hasta que la resistencia del sondeo llega a un punto en que la lechada vuelve, en parte, al depósito *d*. Llegado este momento se cierra la válvula *V* y el manómetro de la bomba acusa una subida rápida, por la resistencia que encuentra el líquido inyectado. La presión máxima total a que hemos llegado ha sido de 16 atmósferas y la duración de la inyección no pasó nunca de diez horas.

Una vez comenzada la operación no debe interrumpirse, pues el cemento contenido en las tuberías puede fraguar y no hay modo de continuar.

Terminada la inyección se cierra la llave de paso *V'*, se desempalman las tuberías *T* y *R* del tubo-guía y se les inyecta agua limpia para impedir que frague el cemento que contengan.

Para que consolide el cemento inyectado en las rocas, se dejan transcurrir cinco días. (Véanse las fotografías adjuntas.)

CEMENTACIÓN MEDIANTE SEIS SONDEOS DE PEQUEÑO DIÁMETRO.

Al llegar a los 80 metros de profundidad, el número de grietas se reduce, y al emplear el primer procedimiento no se cortó un número suficiente de aquéllas, verificándose la cementación en malas condiciones. Nos vimos obligados a emplear este segundo procedimiento, y, en previsión, disponíamos ya del material necesario.

La marcha de este procedimiento es exacta a la anterior. La diferencia consiste en que se inyecta la lechada a través de seis sondeos de pequeño diámetro, dispuestos equidistantemente sobre una circunferencia concéntrica con la del pozo y a unos 30 centímetros de las paredes de éste. La perforación se hace con martillos neumáticos.

En cada uno de los sondeos se procede de la siguiente forma: el tubo-guía se coloca después de hecho un sondeo de un metro de profundidad

y 90 milímetros de diámetro. Este sondeo se hace valiéndose de un martillo de gran peso. A través del tubo-guía se sigue sondeando con diámetros menores y martillos ligeros.

El material de perforación empleado es de la casa «Flottmann».

El martillo para el primer sondeo pesa 42 kilogramos y las barrenas son especiales, pues en su extremo se adaptan coronas «Wulfrath» de perforar, las cuales se sujetan con un pasador. Estas coronas tienen diámetro de 90, 86 y 82 milímetros, según que la barrena tenga 0,50, 1 ó 1,50 metros de longitud. Para la limpieza del sondeo está previsto un aparato adicional de inyección de agua. Consiste en un anillo que encaja en la barrena, en un cuello de ésta próximo a la enmangadura, y que exteriormente lleva un tubo al que se empalma la manguera del agua. Interiormente tiene este anillo una ranura formando circunferencia cerrada en un plano normal al eje de la barrena, la que por un agujero lateral, recibe continuamente el agua al girar. Este dispositivo obliga a que la barrena sea hueca tan sólo hasta este agujero lateral para que el agua no pase al martillo.

Hemos dicho que después de colocado el tubo-guía se sigue sondeando con diámetros menores y martillos ligeros. Para este trabajo hemos empleado martillos perforadores de unos 16 kilogramos, es decir, un tipo corriente de transversal. Las barrenas empleadas en estos sondeos son de forma corriente, salvo el cuello para encajar el aparato adicional de inyección de agua. Las relaciones de diámetro y longitudes son las siguientes:

Acero de 26 milímetros.—Largo de la barrena: 1, 2, 3, 4 y 5 metros.

Diámetro de la barrena: 58, 56, 54, 52 y 50 milímetros.

Acero de 22 milímetros.—Largo de la barrena: 6, 7, 8, 9 y 10 metros.

Diámetro de la barrena: 48, 46, 44, 42 y 40 milímetros.

La inyección del cemento en los seis sondeos puede hacerse sucesiva o simultáneamente. El segundo procedimiento es más rápido y sencillo, pero hemos empleado el primero por suponer que de este modo se evitan encuentros perjudiciales de corrientes. En verdad, por la pequeña aplicación que hemos hecho de este procedimiento, no hemos podido comprobar en qué caso se obtiene mejor resultado.

En total se inyectaron 970 sacos de cemento, es decir, 48.500 kilogramos. Corresponden al metro de pozo cementado 1.198 kilogramos.

El precio medio total del metro de pozo, en el tramo cementado, incluyendo toda clase de materiales, jornales, seguros, acarreo, etc., fué de 2.450 pesetas.

Se avanzaron por término medio siete metros por mes. Juzgamos que se puede superar esta cifra una vez adquirida cierta práctica y quizá empleando un falso fondo metálico desarmable.

Actualmente se extraen solamente 3,5 metros cúbicos de agua por

hora, que reduciremos aún, mediante inyecciones a través del revestimiento, para cortar el agua en aquellos puntos en que hay filtraciones.

Al finalizar esta Memoria tiene el pozo de «La Camocha» una profundidad de 160 metros, lo que representa un avance medio de 10 metros 31 centímetros por mes, descontando el tiempo de montaje de instalaciones, y 9 metros 70 centímetros sin descontar este tiempo.

En breve se llegará al Carbonífero, después de luchar con graves inconvenientes: corrientes de agua con un caudal de más 200 metros cúbicos por hora; manantiales de aguas con gas sulfhídrico en disolución que al desprenderse provoca irritaciones en las mucosas y vista de los obreros, causándoles fuertes dolores de cabeza; desprendimientos de grisú, en cantidad tal, que a veces se apagaba la lámpara de bencina en el fondo del pozo.

Para ventilar el pozo se colocó un pequeño ventilador eléctrico, capaz de aspirar unos 30 metros cúbicos por minuto, con tubería de 300 milímetros de diámetro. Teniendo en cuenta el límite de inflamabilidad de las mezclas grisuosas, y considerando que el ventilador funcionaba casi continuamente, se deduce que llegaron a desprenderse a veces más de 1.500 metros cúbicos de grisú por día.

El gas parece estar alojado en las grietas, huecos y porosidades del conglomerado de la base del Triás, hasta donde llegó desprendiéndose de los estratos hulleros.

CUBICACIÓN.

Para cubicar esta cuenca carbonífera necesitaríamos más datos, que sólo nos suministrarían o un mayor número de sondeos o los transversales que, en breve, se empezarán en el pozo de «La Camocha».

No obstante, podemos aventurarnos a hacer una cubicación mínima.

Teniendo en cuenta los espesores de las capas de carbón cortadas en los sondeos número 1 y número 6, nos resulta, para cada 100 metros de terreno carbonífero, una potencia media de tres metros de carbón. Esta potencia ha de ser en realidad superior, pues los sondeos citados se interrumpieron al empezar a cortar los paquetes de capas. Sin embargo, tomemos esta potencia media como normal, y reduzcámosla aún en un tercio.

Como anchura de la faja carbonífera tomemos solamente la comprendida entre estos dos sondeos de Huerces y Leorio, es decir, unos dos kilómetros, y prescindamos del carbonífero que rebasa estos puntos, para mayor garantía del minimum que buscamos, aunque en una cubicación normal no se podría hacer esta supresión.

En lo que se refiere a profundidad, nos fijaremos en los límites que se ponen frecuentemente para las cubicaciones y tomaremos 625 metros medidos sobre las capas.

Finalmente, para recorrido consideramos seis kilómetros, cifra muy prudente si se tiene en cuenta el buzamiento del Triás.

Descontemos un 50 por 100 por fallas, esterilidades, etc., y tendremos la siguiente cubicación:

$$0,02 \times 2.000 \times 625 \times 6.000 \times 1,3 \times 0,50$$

es decir, unos 100.000.000 de toneladas de carbón.

Sobre instalaciones definitivas para la explotación industrial de las capas de carbón no se han completado los cálculos, ni se han previsto con exactitud los gastos de transporte; pero sí se puede asegurar que éstos serán mucho menores que los que sufren las demás minas asturianas, por estar muy próximos los puertos de Gijón y Musel.

CONCLUSIONES.

De todo lo expuesto hemos de sacar las siguientes conclusiones:

1.ª Bajo los terrenos triásicos del Concejo de Gijón se ha descubierto una importante cuenca carbonífera, siguiendo deducciones puramente geológicas.

2.ª La explotación industrial de esta cuenca se hará en condiciones económicas, porque el recubrimiento de terrenos estériles no es espeso y permite establecer un buen número de pisos para el arranque del carbón.

3.ª La proximidad de los puertos de embarque determinará un transporte económico del carbón, justificando así el capital invertido en las investigaciones.

4.ª El procedimiento de cementación previa de los terrenos acuíferos, para la profundización de pozos en dichos terrenos, es de aplicación muy variada, según los casos, pero es un procedimiento sencillo.

Para terminar, diremos que, mientras se redacta el resumen de estos trabajos, se ha llegado ya al terreno carbonífero en el pozo de «La Camocha» a los 162 metros de profundidad, empezando con pizarra fuerte y muy bien estratificada.

EUSTAQUIO FERNÁNDEZ MIRANDA

INTERVENCIÓN OBRERA EN LA DIRECCIÓN, SEGURIDAD DE LAS LABORES Y ADMINISTRACIÓN DE LAS EMPRESAS

Si la Asociación, a la que debemos prestar siempre el concurso que ella crea podemos prestarle, aunque en el caso presente haya padecido equivocación al solicitar el mío, no me hubiera invitado a tratar este tema, no habría tomado la iniciativa de hacerlo, por coincidir con momentos en que no puedo dedicarle toda la atención que requiere para tratarlo con acierto. He de limitarme, pues, a unas consideraciones que expongo al mejor criterio de los asociados.

* * *

Cae de lleno, el tema propuesto, en el proyecto de ley de control obrero presentado a las Cortes Constituyentes con el nombre de «intervención obrera en las industrias» para eliminar palabras que asustan a los patronos, según confesión del mismo autor del proyecto.

Sin embargo, por el contenido del proyecto, la extensión y modo de ejercer la intervención, se trata de un verdadero control, llegando a límites no alcanzados en ningún otro país. ¡Como si nuestra industria pudiera soportar cargas que a las de otros países de tan potente desarrollo industrial como el Luxemburgo, por ejemplo, resultaron insoportables!

Analicemos el proyecto agrupando sus disposiciones por conceptos:

Modo de ejercer el control.

Por una Comisión de obreros y empleados, constituida por delegados de cada categoría profesional bien especializados, en número de tres a quince, según determinará el reglamento. (Artículos 2.º y 3.º)

Extensión de aplicación del control.

A todos los Centros de trabajo, con excepción de la Agricultura, pertenecientes a la Industria o al Comercio, que den ocupación a más de 50 trabajadores (obreros y empleados). (Artículo 1.º)

Nombramiento de las Comisiones interventoras.

Por elección convocada por las Asociaciones obreras inscritas como tales en el Censo del Ministerio de Trabajo, con tres meses de antelación, convocando por Centros de trabajo o categorías profesionales, según los casos. La Asociación obrera comunicará a las empresas los nombres de los elegidos.

Elección: Por mayoría de votos del personal *presente* en la reunión convocada.

Electores: Todos los que *estando asociados* figuren como trabajadores en la Empresa.

Elegibles: Han de ser necesariamente obreros o empleados; llevar trabajando, por lo menos, tres años en su profesión y un año, sin interrupción, en la Empresa en que han de ejercer la intervención; llevar *dos años afiliados a la Asociación obrera correspondiente*; estar en el pleno uso de sus derechos civiles, incluidos los profesionales y *societarios*.

Duración del mandato: Dos años, pudiendo ser reelegidos los salientes. Puede revocarse en cualquier momento, a petición de los trabajadores de la Empresa, por mayoría de votos de sus electores, en reunión convocada por la Asociación obrera correspondiente; se pierde automáticamente tan pronto como le falte al elegido alguna de las condiciones de elegible. (Artículos 4.º a 8.º)

Atribuciones de las Comisiones interventoras.

A) En el orden de la producción y del trabajo las siguientes, designadas con las mismas letras que en el proyecto, aunque ordenadas según clasificación nuestra:

a) Hacer por que se apliquen lealmente los contratos y reglamentos de trabajo y de toda la legislación social. (Artículo 9.º)

Derecho a comprobar si se cumple el contrato en lo referente a los salarios y, en su caso, a la participación de los obreros en los beneficios o prosperidades de la Empresa. (Artículo 14.)

b) Intervenir en la confección de reglamentos de fábricas, industrias

o comercio, en el régimen de admisión, colocación, distribución, correcciones y despidos del personal, turnos de trabajo, horarios y condiciones higiénicas del mismo. (Artículo 9.º)

Derecho a enterarse, entendiéndose con las oficinas de colocación, de los motivos por que ha sido aceptado o rechazado algún obrero de los inscritos en el registro de peticiones de trabajo que ha de llevarse con numeración correlativa de éstas y su fecha. (Artículo 12.)

Derecho a proponer en los casos de crisis, entendiéndose con las oficinas de colocación, los medios para atenuar el paro: reducción de jornada, descanso de algún día por semana, traslado del personal a otro taller o la suspensión, si la crisis tiene un estado general y persistente, privando a la Empresa de adoptar resolución anterior a la propuesta. (Artículo 12.)

e) Proponer mejoras en el mecanismo industrial y en la técnica del trabajo y los medios que crean más útiles para perfeccionar, disminuir o aumentar la producción. (Artículo 9.º)

f) Estudiar y señalar las variaciones en relación entre la producción y los salarios. (Artículo 9.º)

g) Intervenir en las deliberaciones de acuerdos relacionados con la mejora física, moral, cultural y social de los obreros, en la educación técnica profesional y en el aprendizaje. (Artículo 9.º)

B) En el orden de la administración y gestión del negocio, las siguientes:

h) Procurarse las informaciones concernientes a la compra y coste de las primeras materias, al coste medio de la producción y a los métodos de la misma, excepto cuanto se refiere a los secretos de fabricación, a los procedimientos de administración, a la constitución del capital de las Empresas y a los beneficios distribuidos a sus accionistas.

Las condiciones, el grado, los límites y la manera de ejercitar las intervenciones enumeradas figurarán taxativamente en el oportuno reglamento de esta ley. (Artículo 9.º)

c) Examen de los balances y libros de contabilidad. (Artículo 9.º)

d) Designar representantes en número cuya determinación se hará según normas que dictará el reglamento, para que asistan con voz, pero sin voto, a los Consejos de Administración o Juntas gestoras de las Empresas y a las Juntas generales de accionistas. (Artículo 9.º)

C) En el orden de la corrección disciplinaria y sanciones, las siguientes:

Redacción trimestral de una Memoria, haciendo constar las faltas de cumplimiento permanentes o temporales de las condiciones establecidas en el contrato o por la legislación social y acuerdos de los Comités Paritarios, que se *enviará a la Asociación obrera, la cual la remitirá al patrono y a la Asociación patronal* para que en el plazo de una semana corrija los hechos denunciados, so pena de acudir al Delegado provincial de Trabajo para

que la Inspección compruebe las infracciones denunciadas e imponga las sanciones, si procede, con arreglo a las disposiciones vigentes. (Artículos 10 y 11.)

Derecho a conocer las sanciones a los obreros, antes de ejecutarlas, y a proponer resolución sometiéndola al Comité Paritario si hay disenso con el patrono, el cual se abstendrá de ejecutar, mientras tanto, ninguna sanción. (Artículo 13.)

* * *

Comentemos ahora el proyecto siguiendo el mismo orden de clasificación realizado en el análisis que acabamos de hacer.

Modo de ejercer el control.

Se instituyen Comisiones mixtas de obreros y empleados. Nos parece que esta mezcla envuelve el propósito de identificar a éstos con aquéllos solidarizándoles en sus aspiraciones para terminar atrayéndolos a incorporarse a sus organizaciones y contar con la mayor preparación de los empleados en las funciones del control relativas a la producción, coste de primeras materias, administración, estadística, contabilidad, gestión del negocio, etc.

Sería perniciosísimo que esto prosperase. Es preciso que los empleados no formen parte de las mismas comisiones interventoras de los obreros, constituyendo, si no se logra eliminarlos, una especial de empleados allí donde tengan intereses particulares que defender

A lo menos debe definirse bien qué se entiende por empleados a los efectos del control, no abarcando en la definición a los que ejerzan cargos de cualquier categoría y clase que sean, que representen funciones de confianza de la Empresa (maestros de taller, capataces, vigilantes, listeros, empleados administrativos, etc.).

Extensión de la aplicación del control.

Es evidentemente excesivo aplicar el control a empresas industriales y comerciales cuyo número rebase la cifra de 50 obreros y empleados. Bastaría en este caso, y hasta que el número de asalariados no excediera de 100, la designación de un delegado y suplente que los representara.

La expresión «centros de trabajo» que el proyecto emplea, revela la intención de extender el control exageradamente. Debe reservarse a la reglamentación facultad de señalar excepciones justificadas que seguramente surgirán al implantar la ley.

Nombramiento de las Comisiones interventoras.

Adolece del defecto fundamental de no dar representación a las minorías, con lo cual el control irá a poder de la organización sindical que cuente con mayoría de asociados en la empresa, y los elegidos quedan siempre a merced de la asociación a que pertenecen, a la que se le da facultad de revocar su mandato en cualquier momento.

Esto significa que se tiende a poner el control en manos de una determinada organización sindical, mejor diríamos, partido político que, por este medio, busca su crecimiento y el apoderarse de la gestión de las empresas; hasta tal punto aparece clara esta intención, que en el texto del proyecto se escapa la frase: «la Asociación obrera comunicará a los patronos los nombres de los elegidos», en vez de decir: «las Asociaciones obreras correspondientes comunicarán», etc.

Todo tiende al mismo fin de dar a la Asociación obrera el poder de nombrar a los interventores: carencia de representación de las minorías, elección sin limitación de edad en electores y elegidos, necesidad de llevar dos años afiliado a la Asociación, facultad de ésta para revocar el mandato, pleno uso de los *derechos societarios* con pérdida del mandato cuando se pierde aquel uso (¿expulsión de la asociación?), elección por mayoría de votos de los *presentes* en la reunión convocada por la Asociación.

Está clara la intención de privar a las minorías de representación y de conferir a la Asociación predominante el nombramiento de interventores, por donde el cargo recaerá siempre en los representantes de la sindicación, que no representarán a los obreros de la Empresa; será un control ejercido, no por éstos, aunque pertenezcan a la Empresa, sino por los elementos directores, en el más amplio sentido de la palabra, del sindicato.

Esto traerá como consecuencia que el control se hará con miras políticas, más atentas a las conveniencias de partido o a su ideología y a sus fines de socialización, que al mejoramiento de la clase obrera dentro de las posibilidades económicas de cada industria.

Será hondamente perturbador que prevalezca la representación de partido sobre la de un sano obrerismo. La industria puede admitir una intervención de sus obreros en *lo que es de su incumbencia*, pero en modo alguno una intervención con fines políticos partidistas; eso sería al principio la carcoma y al final la muerte de la industria.

Para evitarlo es indispensable que el nombramiento de interventores se haga por los mismos obreros de cada empresa, sin mediación de las asociaciones, o a lo menos con representación proporcional de todas las que tengan asociados en la empresa y de los obreros no asociados en ninguna; que las elecciones sean convocadas y dirigidas por una representa-

ción de obreros y empresa con todas las garantías necesarias; que, aparte la condición de pertenecer a la empresa durante un año, se ponga limitación de edad para ser electores y para ser elegidos, que debe restringirse a veinte y treinta años respectivamente, como mínimo, sin perjuicio de aminorar estos límites cuando la institución haya cuajado, a fin de rodear al control, en los primeros pasos, de todos los medios favorables para su arraigo, buscando los obreros más conscientes y más sensatos tanto en los electores como en los elegidos, pero sobre todo en éstos; que el mandato sólo pueda ser revocado a petición de la mayoría de los obreros representados; que no se exija la condición de estar asociado para ser elector y elegible; en una palabra, que todo se prevea para asegurar que el control va a ser ejercido por una genuina representación de los obreros que trabajan en la empresa y con miras a obtener en el orden profesional lo que sea posible dar, por razón de su trabajo, en relación con la prosperidad del negocio.

Atribuciones de las Comisiones interventoras en el orden de la producción y del trabajo.

El apartado a) cae de lleno dentro de las funciones que actualmente desempeñan el Comité Paritario (hoy Jurado Mixto) y la Inspección del Trabajo. Conferirlas al control es tanto como someter a las empresas a soportar duplicidad, y hasta triplicidad de intervención en algunos casos. A nada conduce, como no sea a complicar con los distintos criterios interventores cuestiones que pueden así adquirir un carácter de gravedad que no les corresponde y a perturbar la marcha de la industria con el pugilato que frecuentemente provocarían dichos organismos interventores por razón de competencia o de superarse unos a otros en las concesiones a los obreros, que es en lo que siempre paran todas las intervenciones.

En el mismo caso se hallan las atribuciones comprendidas en el apartado b), y no hay razón para someter esa materia a una intervención más. Debemos llamar la atención sobre las facultades referentes a admisión, colocación y distribución de los obreros, sólo admisibles con el carácter que hoy tienen en los Comités Paritarios; es decir, en cuanto toca a preferencias reconocidas en el reglamento de trabajo para readmisión de obreros que quedaron cesantes por razón de crisis, servicio militar, etc., colocación en puesto de su especialidad profesional y distribución que no perjudique sus derechos dentro de lo que las necesidades del trabajo consienten; pero en modo alguno puede darse a esas facultades alcance que medie la libre iniciativa de la Empresa para tomar entre los obreros que solicitan trabajo, a los que estime más conveniente por su laboriosidad o aptitud, ni la libre disposición para colocar y distribuir los obreros como exijan las necesidades del trabajo en cada día y a cada hora.

Por eso, en el derecho de intervención que se reconoce a la Comisión para la procuración de trabajo, suspensión y paro por crisis, no son admisibles los términos del texto del proyecto si no se hace constar con toda claridad que esos derechos no han de mermar en lo más mínimo los que corresponden a las funciones directoras de la empresa, limitando aquéllos a mera facultad de reclamar a la dirección sobre admisiones improcedentes por exceso de personal o infracción de preferencias reconocidas en el reglamento de trabajo y a sugerir soluciones, en los momentos de crisis, que aminoren los efectos del paro, sin que se detenga ni se cohiba la acción directora de la empresa.

Proceder de otro modo sería entorpecer, retrasar resoluciones que deben ser inmediatas, perturbar la marcha del trabajo, desautorizar el mando, que debe ser único y eficaz, sin perjuicio de las reclamaciones a que pueda dar lugar por intereses lastimados.

El apartado c) invade atribuciones de la dirección, entendida ésta en toda su extensión, es decir, de todos los que desde el vigilante hasta el Jefe superior representan funciones directivas, desde la que determina cómo ha de ejecutarse el trabajo hasta la que, para perfeccionar y abaratar la producción, inventa o reforma instalaciones o métodos o lleva una gestión afortunada conducente al mismo fin, funciones todas privativas de la empresa, que no puede ceder a nadie, ni tolera a los propios consejeros y accionistas.

Esto no quiere decir que la dirección no recoja las iniciativas de sus obreros y empleados en orden a mejoras en el mecanismo industrial y en la producción, las que ya llegan a ella, sin necesidad de comisiones interventoras, directamente o por mediación de maestros o capataces, que son los que pueden aportar más iniciativas en la labor que cada uno regenta, quedando reservadas a más altas jerarquías lo que hace relación al conjunto de la marcha general del trabajo y de la producción.

Se echa de menos en ese apartado c) el que no se mencionen propósitos de intervenir para abaratar, sino para perfeccionar, *diminuir* o aumentar la producción, lo que no debe hacerse nunca sin estimar los resultados en relación con el coste, por una parte, y con el precio de venta y poder absorbente del mercado, por otra, conocimientos que exceden de los que pueden poseer los obreros por razón de su oficio y entran de lleno en la esfera de acción del gestor de la empresa.

Es verdad que la intervención que en este punto se señala es la de *proponer*, pero en la práctica ya es bien conocido que las representaciones de los obreros no se paran en estos distingos y pasan fácilmente a la imposición, con la fuerza de que disponen, cuando deciden mantener a toda costa su criterio. Agrava estas consideraciones el hecho de reservar al reglamento la fijación de «las condiciones, el grado, los límites y la manera de ejercitar» esa intervención y todas las demás.

Entendemos que la ley no debe dejar extremos tan importantes a resolución del reglamento: ¡si precisamente de la fijación de «las condiciones, el grado, los límites de las intervenciones y el modo de ejercerlas» depende el que sean o no aceptables esas atribuciones del control!

El apartado *f)* necesita una aclaración. Si se refiere a intervenir para que se cumpla el contrato de trabajo en lo que esté estipulado respecto a remuneración del trabajo proporcionalmente a la producción (salario móvil, primas, bonificaciones, destajos, etc.), tiene el mismo carácter que los apartados *a)* y *b)*, ya comentados, y cae, como éstos, dentro de la acción del Comité Paritario.

Si no se limita a vigilar el cumplimiento de ese contrato, sino que tiene facultades para alterar lo que en él se haya estipulado respecto a salarios o remuneración fijada con relación a la producción, sería tanto como romper un pacto bilateral establecido para regular dentro de perfecta armonía las relaciones entre patronos y obreros, que de esta suerte quedarían a merced de la comisión controladora, fiel representación, como hemos demostrado, de una política partidista. Si lo que pretende es imponer con carácter general la variabilidad del salario al variar la producción, prescindiendo de otros muchos factores, como todos los demás elementos integrantes del coste y los que afectan al precio de venta por razón de competencias en el mercado, variaciones de coste del transporte, etcétera, que pueden absorber con creces las ventajas que en un momento dado haya a favor de la Empresa en la relación entre salarios y producción, es pretensión absurda que, de prevalecer, introduciría en el trabajo un elemento perturbador anárquico que arruinaría la industria que lo padeciese.

No cabe, en definitiva, más que rechazar esas atribuciones, sólo admisibles con la interpretación que figura en primer lugar; y perteneciendo ya con esta significación a las que tiene el Comité Paritario, es inútil y contraproducente duplicar la intervención y los gastos y esfuerzos personales que ello supone.

El apartado *g)* encaja perfectamente dentro de las facultades de los Comités Paritarios y son aplicables al mismo los razonamientos que hemos hecho para los otros apartados incluidos en el mismo caso.

Atribuciones de las Comisiones interventoras en cuanto a la administración y gestión del negocio.

Los tres apartados *h)*, *c)*, *d)*, clasificados en este epígrafe, tienden a conferir a las Comisiones interventoras la cogestión del negocio siquiera esté suavizada la intención con unas modestas apariencias de facultades informativas, como si en este primer paso hacia la socialización de la industria (bien patente está el propósito) todo quedara limitado a procu-

rarse gratuitamente, y acaso con emolumentos por asistencia, escuela donde se formen los futuros ejecutores de la socialización. No será tan suicida el capital que forje él mismo el instrumento que se prepara para darle muerte.

Totalmente inadmisibile el intento. Esto equivale a poner en medio del arroyo a disposición de todos y, por tanto, de las industrias competidoras, lo más íntimo de la gestión de empresa, todos sus procedimientos de administración, financieros y de gestión del negocio relativos a compras, coste de producción y métodos de la misma, con la única excepción de los secretos de fabricación que, ligados a la administración y a la producción, no será posible mantener.

Nada escapa a la mirada inquisitiva de los controladores que llegan hasta el examen de los libros de contabilidad, y a los Consejos de Administración y a las Juntas generales, penetrando hasta lo más íntimo de la gestión y administración. No se detienen ante la limitación impuesta por el Código de Comercio a los mismos accionistas ni ante lo que las leyes de Hacienda ponen a la función fiscalizadora.

Admitir esta absurda intervención, para la que no tienen los obreros preparación de ninguna clase, sería tanto como admitir a diario y en todos los órdenes derechos que no se conceden a los mismos accionistas por exigirlo así la buena marcha de la industria que necesita ser conducida por la unidad de gestión que representan la Dirección y el Consejo de Administración, sin trabas que detengan sus iniciativas y obstaculicen su labor.

Y resalta más el absurdo si se considera que se trata de materia ajena a la protección del trabajo y del trabajador, que es la que incumbe al Estado. Sólo podría tener justificación en un Estado socialista si la práctica no hubiera demostrado, en experiencias realizadas en otros países, lo utópico del propósito. Cuán lejos estamos de ese supuesto no hay por qué detenerse a demostrarlo, aunque las tendencias de la política dominante en este momento sean socializadoras en el departamento ministerial de Trabajo.

En alguna legislación extranjera, caída en desuso por el poco interés que muestran los obreros en conservar lo que realmente no les da fruto apreciable, se ha llegado, cuando más, a dar cuenta periódicamente de la marcha del negocio en establecimientos que cuentan con más de 300 obreros, y al derecho anual de exigir un ejemplar del balance y otro de la cuenta de pérdidas y ganancias, pero prohibiendo a las comisiones interventoras mezclarse en la gestión de empresa y tomar acuerdos por sí mismas, negándoles autorización para conocer completamente de todos los libros de pedidos de la explotación (Tribunal superior de las minas de Dortmund), reservando a las Empresas el derecho a no contestar preguntas sobre los precios de venta y los salarios, gastos extraordinarios y

otros extremos (resolución de la Comisión de Hamburgo sobre asunto planteado por Compañías marítimas) y reconociendo el derecho del patrono a limitar la información a indicaciones generales sobre cifras de producción y a evitar revelar hechos concretos (Senado de Nuremberg).

En resumen, podríase, con un espíritu de transigencia suma, tolerar control sobre los extremos que abarcan los apartados *a) b) c) d) y e)*, agrupados bajo el epígrafe «atribuciones en cuanto al trabajo y producción», pero de ningún modo se puede admitir el que estamos comentando si excede de la obligación de entregar anualmente a la Comisión interventora un ejemplar del balance y cuenta de pérdidas y ganancias, so pena de ir a la ruina económica y al retraimiento del capital necesario a nuevas empresas.

No debemos terminar el comentario de esta sección sin hacer extensivas a ella, especialmente, las observaciones anteriormente consignadas respecto a la necesidad de especificar en la ley «las condiciones, el grado, los límites y la manera de ejercitar el control» que se reserva al reglamento y tanto puede alterar el significado, agravándolo, de la materia que esta sección abarca.

Atribuciones en cuanto a corrección disciplinaria y sanciones.

La redacción de la Memoria trimestral que se encomienda a la Comisión es una rueda más en el engranaje para imponer sanciones por incumplimiento de contratos de trabajo, legislación social y acuerdos corporativos que ya tienen marcado procedimiento en los Comités Paritarios e Inspecciones de Trabajo; rueda inútil que no servirá más que para complicar el mecanismo sin ventaja alguna y con el grave inconveniente (la práctica en los Comités Paritarios nos lo ha demostrado) de estimular a actuaciones injustificadas, innecesarias y contraproducentes para la conservación de la armonía de relaciones que el trabajo necesita para ser fecundo.

Es inadmisibles, completamente inadmisibles, el derecho de la Comisión a conocer las sanciones a los obreros, *antes de ejecutarlas*, para tomar ella resolución, quedando el patrono a las resultas de lo que acuerde respecto a la imposición de la sanción.

Eso es ir francamente a la anarquía; el día que la Empresa pierda la facultad de corregir en el acto las faltas de los obreros con las medidas disciplinarias del reglamento, se habrá llevado tal perturbación al trabajo que no habrá orden estable ni posibilidad de convivencia en el trabajo. La Empresa necesita la fuerza coactiva de la sanción para mantener el principio de autoridad, indispensable dondequiera que hay un orden, una organización que mantener, donde hay sujetos que mandan y sujetos que obedecen; sin eso el término fatal es la anarquía destructora, aniquiladora.

No necesitan los obreros tener en su mano directamente la imposición de sanciones, ni les incumbe a ellos, pero sí les corresponde vigilar que se haga recta aplicación de las mismas resarciendo al sancionado de la pena sufrida, si resultara improcedente, y aun corrigiendo, si hubiese mala fe, las extralimitaciones comprobadas del patrono. Para eso no hace falta detener la ejecución de la sanción; y el derecho a reclamación y comprobación de la justicia con que fué impuesta basta para contener al patrono, que sabe a qué se expone si se extralimita, dentro de la recta aplicación de las medidas disciplinarias del reglamento.

Así se viene procediendo a satisfacción de todos los Comités Paritarios y anteriormente a éstos, así se procedía en las Comisiones mixtas de patronos y obreros voluntariamente establecidas, como la de mineros asturianos, que desde antiguo funcionaba.

Es el único medio práctico de conservar, a un tiempo, la disciplina del trabajo y el derecho de los obreros a evitar abusos de autoridad.

Preámbulo del proyecto de ley.

No quedaría completo el comentario si no lo hiciéramos extensivo al preámbulo de presentación de la ley a las Cortes, donde encontraremos los motivos que justifican el establecimiento del control y la finalidad que se persigue.

Motivos de la presentación del proyecto son que su autor considera como compromiso de honor el «proponer a la soberanía de las Cortes Constituyentes lo que siempre ha mantenido desde la oposición» y el ejemplo que nos ofrecen otros pueblos donde la medida «fué de eficacia para la potencialidad económica y política, trocándose el control, de medida revolucionaria, en base de paz y estabilización».

¿Qué es lo que el autor ha mantenido desde la oposición? Lo dice el mismo preámbulo: «Representando a las clases trabajadoras en la Conferencia Internacional del Trabajo celebrada en Washington en 1919, y basándose en que el Tratado de Versalles consagraba, no sólo la protección del trabajo, sino la *emancipación legal de los trabajadores*, pidió que se reconociera a éstos su debida participación en la administración de la industria». Y agrega a continuación: «más tarde, en 22 de noviembre de 1922, planteaba ante el Instituto de Reformas Sociales, que a la sazón elaboraba un proyecto de ley sobre contrato de trabajo, la forma jurídica de dar efectividad en España a tan vehementes aspiraciones».

No se trata de resolver una realidad que haya planteado la masa obrera, que hasta ahora no ha producido reclamación alguna (buena prueba de que no responde a una necesidad sentida cuando tan numerosos y frecuentes son los movimientos que produce por cuestiones que conoce, siente y

le afectan en su bienestar), sino de la ideología del partido representada por uno de sus directores, que invoca su cualidad oficial de actuar en nombre de las clases trabajadoras.

De la acogida que la petición tuvo en la Conferencia de Washington nada se dice en el preámbulo, pero nos consta que fué rechazada, lo cual demuestra elocuentemente que no mereció siquiera ser tomada en consideración por los pueblos de industria más potente y más progresiva del mundo.

No fué más afortunada la petición formulada ante el Instituto de Reformas Sociales, lo que hace exclamar al autor del proyecto en el mismo preámbulo, refiriéndose a esa aspiración: «todavía no se nos ha logrado», confesión ingenua de que no se trata de dar a la industria un medio más de afianzarse y fortalecerse procurando la armonía en las relaciones obrero-patronales, aunque sea sincera en el autor la convicción de que producirá ese bien, sino de lograr para el partido, a favor de las circunstancias en que ahora se encuentra para legislar, la ansiada intervención en las industrias. Conquista, en suma, de partido y para el partido.

El ejemplo de los otros países no constituye, en verdad, motivo que justifique la implantación del control en España. La experiencia recogida en Austria, Alemania, Checoslovaquia y Noruega, que el preámbulo cita, antes aconsejaría la abstención, porque ni los resultados correspondieron a lo que se esperaba, modificándose con la práctica la legislación en sentido de restringir las facultades interventoras, llegando en Luxemburgo a la total derogación de la ley, aunque después se restableciera muy moderada, ni los casos son iguales, ya que en esos pueblos las circunstancias económicas y sociales gravísimas que atravesaron en la guerra y postguerra, llevaron, por imperio de realidades que en España no existen, a la adopción de concesiones *reclamadas* que era lógico ensayar si prometían la pacificación en instantes de turbulencia amenazadora. Allí era un problema que planteaba la realidad: aquí es un problema de ideología socialista que plantea un partido.

Allí respondía al deseo de llevar la pacificación al campo social y el orden al industrial; aquí traerá la perturbación al trabajo, creando el órgano antes que la necesidad, y la ruina de la industria, tan amenazada al presente por la crisis que padece.

No pueden invocarse como justificación del proyecto los resultados obtenidos en Alemania, donde el control «no fué de eficacia para la potencialidad económica y política, ni base de paz y estabilización», como se afirma en el preámbulo, antes bien, produjo hondas perturbaciones que no cesaron hasta que las lecciones de la experiencia hicieron que el control fuese suavizado y quedase en la práctica reducido, en muchos casos, a letra muerta, por haberse desinteresado los obreros de una ley que no les

reportaba el provecho que les habían prometido los directores del movimiento en favor de su implantación, cayendo en desuso, hasta tal extremo, que muy frecuentemente prevalecen en la elección de controladores los nombres indicados por los mismos patronos y la actuación de las comisiones interventoras es más formularia que efectiva.

Y no hablemos del ejemplo de Francia, Bélgica, Holanda y Estados Unidos, porque el hecho de conocer la legislación de esos otros pueblos, que anteriormente mencionamos, y no haber implantado el control por una ley, como tampoco en Inglaterra, en donde se establecen voluntariamente múltiples variedades de control a la medida de las necesidades y conveniencias de cada industrial, es un argumento en contra de la conveniencia de establecerlo, si nosotros aprovechamos la lección que nos dan esas naciones de potente industria y política, bien practicada, del «máximo rendimiento y de la más dilatada circulación de sus bienes», como quiere el autor del proyecto que sea la nuestra.

Y este ejemplo debe ser aprovechado en toda su extensión para no pensar en España, si la realidad lo aconsejara andando el tiempo, que el momento actual de pavorosa crisis no es el más propicio, en otra clase de control que no sea la voluntaria que las circunstancias vayan aconsejando ensayar a las distintas industrias con la modalidad que a cada una convenga.

No hay otros motivos de justificación en el preámbulo, y de ellos se infiere, con evidencia, que el fin que se persigue es la socialización de la industria, de la que se espera, claro es, todo género de bienes para la industria, y esto disculpa la vehemencia del intento.

Es evidente esa finalidad, porque si el proyecto se ha presentado a las Cortes «para mantener lo que el autor ha mantenido siempre desde la oposición», es decir, antes de llegar al Gobierno, no hay más que traer a colación lo que a su juicio significa el control.

He aquí sus palabras en la Conferencia que dió en la Casa del Pueblo de Madrid en marzo de 1924: «El control es el primer paso para la socialización de los medios de producción; luego vendrán las gildas para hacer desaparecer el patrono; después será posible la socialización de los instrumentos de trabajo.» Y muy recientemente corroboraba la permanencia de sus propósitos declarando a la Prensa, respecto al proyecto del control: «Si como en la Constitución se dice, se va hacia la socialización (no se dice esto; se dice: que la propiedad *puede ser* socializada), lo más natural es que la clase capitalista procure capacitar a los obreros para cuando esa socialización llegue.»

Y todo esto tiene el precedente del XV Congreso, celebrado en Madrid por la U. G. T., en el que se aprobó una ponencia donde se dice: «El control es, al mismo tiempo, el reconocimiento parcial de los derechos del trabajo y el principio de liberamiento total de la clase

obrero, ya que por este camino se llegará un día a la abolición del régimen capitalista.»

No es necesario esforzarse en demostrar que el ejemplo del extranjero donde se implantó el control nos conduciría a la misma consecuencia.

Son numerosos los textos que se pueden transcribir, pero nos contentamos con este de Merrhein, que es definitivo: «Las comisiones de control no lo son de colaboración. El fin perseguido es la toma de posesión total de los medios de producción.»

Nos parece inútil insistir más sobre los motivos y fines de la implantación del control en España, ya que las consecuencias a que llegamos vienen por deducción lógica de afirmaciones del preámbulo y de documentos incontestables, corroborando las que por análisis de la parte dispositiva del proyecto habíamos establecido, robustecidas ahora con la confirmación que reciben al descubrir el espíritu del legislador.

No faltan, cierto es, en el preámbulo, manifestaciones que revelen la esperanza que el autor abriga de obtener con el control la prosperidad de la industria, y es sincera esta convicción, y lógica dentro del ideario que profesa, pero ello no arguye nada contra nuestra afirmación de que el proyecto persigue llegar a la socialización; por el contrario, la confirma, puesto que para el legislador es el camino de la prosperidad de la industria.

En teoría es fácil sostener que el control, y llegando más allá, la socialización, darán la solución adecuada, radical y definitiva al problema social económico industrial que agita a la humanidad.

El control ejercido por una representación verdadera de obreros, y no de profesionales del Sindicato, con solvencia para imponer los acuerdos favorables o adversos que la situación de la industria demande en cada caso, con miras siempre al desarrollo industrial, cuyos beneficios deben repercutir en los obreros, con el propósito de defender los derechos del proletariado y de lograr siempre la armonía entre el capital y el trabajo, con limitación de funciones que no invadan el campo de los derechos de la empresa, puede ser una institución conveniente, beneficiosa y siempre plausible desde un punto de vista cristiano que tiene todas nuestras simpatías.

¿Quién elimina, al pasar de la teoría a la práctica, las impurezas de la realidad si todos somos hombres sujetos a pasiones...?

«Que los obreros aprendan en la intimidad de los negocios a no perturbarlos con huelgas anárquicas y suicidas»; esa esperanza tiene el autor del proyecto; nosotros, no, porque la experiencia en la actuación de los Comités Paritarios nos ha demostrado que falta autoridad a la representación de los obreros para imponer a éstos los acuerdos; no saben, o no pueden, imponer más que los acuerdos que les favorecen en un orden in-

mediato material, pero nunca los que exijan el sacrificio de hoy para la prosperidad de mañana, y sólo esta carencia de representación solvente basta para hacer fracasar rotundamente la situación.

CONCLUSIONES.

Resumimos nuestro criterio diciendo que el proyecto de control presentado a las Cortes es totalmente inadmisibile por las siguientes razones:

1.^a El proyecto propone un control de extensión no alcanzada en ningún otro país, con miras a la socialización de la industria y destrucción del capital, ya ensayado en otros pueblos con un fracaso rotundo, que llegó al desistimiento en algunos y a la restricción de facultades interventoras en los que lo conservan.

2.^a El control proyectado conduciría, en las actuales circunstancias políticas, sociales y económicas de España, a profundizar las escisiones entre todos aquellos cuyos esfuerzos necesita el país para la paz del Estado, al privilegio de un partido, legislando para una clase social con menosprecio de otras, cuya colaboración es indispensable al bien público, sembrando así el germen de desconfianzas, recelos y odios entre los que deben vivir unidos en una misma aspiración de engrandecimiento de la industria, y, por último, en el orden económico, a la pérdida de la fe en una restauración de valores de que tan necesitado está el país para salvar la crisis en que se halla envuelto e inspirar al capital y al mundo económico financiero la confianza necesaria a la creación de nuevas empresas y a la reapreciación de nuestra moneda.

3.^a Por su organización, las Comisiones interventoras no representan a los obreros de la empresa, sino a la asociación sindical predominante, con fines partidistas perturbadores de la paz del trabajo y de la prosperidad de la industria, que agravarán los enconos que el privilegio despertará en otras organizaciones sindicales obreras enfrentadas con la favorecida.

4.^a Lo que hay de admisible en la intervención que el proyecto concede a los obreros ya figura en las atribuciones de los Comités Paritarios, sobre todo después de su transformación en Jurados Mixtos, y en las de la Inspección del Trabajo, organismos susceptibles, además, de ser mejorados y completados dentro del cuadro de intervenciones permisibles. Multiplicar los organismos sólo puede traer cuestiones de competencia o de emulación sumamente perturbadoras y significaría agravar las cargas de la industria, tanto por razón del personal que las empresas tendrían que dedicar a estas atenciones, como por los gastos que su sostenimiento ocasionaría, como por el número de obreros que habrían de distraer

del trabajo en las múltiples comisiones que por razón de la distinta naturaleza del trabajo o de la situación de los negocios de una empresa sería preciso crear.

Intervención de los obreros en la seguridad de las labores.

Para completar el tema propuesto por la Asociación, resta tratar de la intervención de los obreros en la seguridad de las labores mineras, que no es objeto del proyecto que nos ha servido de base para el estudio de los otros extremos del tema.

Por ser cuestión muy conocida y debatida, que cuenta con el aval de la experiencia realizada durante muchos años en otras naciones, sobre la que hicimos, hace tiempo, una propuesta para la Asociación Patronal de Mineros Asturianos, formulando un proyecto de inspección por delegados obreros, nos limitamos a presentar esta propuesta, necesitada seguramente de innovaciones después del tiempo transcurrido, pero en lo accidental y secundario, permaneciendo invariables los fundamentos y lo esencial del estudio llevado a cabo.

Propuesta de conclusión para el Congreso.

El Congreso, por las razones que anteceden, se muestra contrario a la implantación del control obrero, creyendo que la intervención de los obreros en la dirección y administración de la Empresa en que trabajan, circunscrita a lo que a ellos afecta por razón de su oficio y de su competencia, debe regularse por medio de los Comités Paritarios, reorganizados para lograr más eficacia que hasta el presente y completando sus atribuciones dentro del cuadro de intervenciones permisibles, con absoluto respeto a las funciones indeclinables de la dirección y administración de los negocios, lo cual no es obstáculo para que en determinadas industrias, por acuerdo voluntario, se establezcan Comisiones mixtas que se ocupen de las incidencias que surjan y regulen la vida del trabajo, resolviéndolas con espíritu de colaboración y concordia que haga compatible la justicia social con las posibilidades económicas de la industria.

Acuerda considerar, como caso especial, el de las explotaciones hulleras, ya sometidas por la ley, conocida con el nombre de Estatuto Carbonero, a una intervención del Estado (no impuesta a ninguna otra industria), que puede suplir las funciones del control obrero por tener los trabajadores a su disposición, para conocer la situación económica de esta industria, una fuente de información oficial imparcial en la intervención que el Estado ejerce por medio del Consejo de Combustibles.

En cuanto a la intervención en la seguridad de las labores, acuerda aprobar la inspección por delegados obreros en la forma que se propone en el adjunto proyecto (1), inspirado en la legislación extranjera más acreditada por la experiencia, y acomodado a las modalidades de nuestras explotaciones hulleras y al carácter y preparación social del obrero de nuestras minas.

(1) No se inserta por haber sido publicado en las *Memorias de la Asociación Patronal de Mineros Asturianos*, donde se puede leer.

EUSTAQUIO FERNÁNDEZ MIRANDA

PROYECTO DE REGLAMENTO DE APLICACIÓN DE VACACIONES PAGADAS A LOS OBREROS

Obedece, sin duda, el tema propuesto por la Agrupación al deseo de poner en práctica, con el menor quebranto posible para la industria, la concesión de vacaciones pagadas a los obreros, que en el Comité Paritario de Minería de Asturias se ha acordado establecer cuando la situación económica de las explotaciones lo consienta.

Hasta ahora venían reclamando los obreros esta concesión por medio de los Comités Paritarios, que sucesivamente acordaban otorgarla en los diversos ramos de la industria, según las peculiares necesidades de cada una. Pero el 21 de noviembre último fué promulgada por las Cortes Constituyentes la ley relativa al contrato de trabajo, donde se conceden siete días de vacaciones pagadas a todos los obreros de todas las industrias, trabajos y servicios.

Nos enteramos de la existencia de esta ley por la *Gaceta* del 22 del mismo mes, con verdadera sorpresa, pues nada se ha publicado en la Prensa, donde seguimos atentamente las sesiones del parlamento, referente a discusión y aprobación de la referida ley, ni creemos que se hayan enterado los diputados, porque contiene extremos importantísimos que afectan a la industria con nuevas importantes cargas, y hay en su texto una flagrante enormidad jurídica que es imposible pasara si los representantes en Cortes se hubieran enterado y la ley hubiera sido discutida: en el artículo 66 consta que «los reglamentos de trabajo para ser válidos han de ser elaborados *con arreglo a lo dispuesto en la ley acerca del control sindical obrero*». ¡Y esta ley del control no existe aún, hallándose el proyecto sometido a información pública y pendiente de deliberación en las Cortes...! ¡Y ya está promulgada otra ley que en sus preceptos impone obligaciones de la que está en proyecto, en período de información pública y pendiente de discusión en las Cortes...!

Como esto no ha de ser obstáculo para que la ley se ponga en vigor, y

en ella se establecen por el artículo 56 las vacaciones pagadas, ya se nos señala el pie forzado de la reglamentación, al menos en los principios fundamentales, que la ley expresa en estos términos: «El trabajador tendrá derecho a un permiso ininterrumpido de siete días, al menos, si su contrato de trabajo ha durado un año. El patrono, de acuerdo con el obrero, determinará la fecha en que éste haya de comenzar la vacación. El disfrute de ésta no supone descuento alguno del salario que gane el trabajador. La parte del salario en especie será pagada como de ordinario o debidamente compensada. Si el trabajador, durante sus vacaciones retribuidas, realizara para sí o para otros, trabajos que contrariasen la finalidad del permiso, perderá todo su derecho a la remuneración. Los despidos por motivos imputables al trabajador extinguen el derecho de vacaciones retribuidas. No así los que puedan imputarse al patrono, caso en el cual éste habrá de indemnizar a aquél con los jornales correspondientes a los días de vacación que debiera disfrutar, independientemente de cualesquiera otras indemnizaciones que procedan.»

Quedan omitidos en la ley transcrita extremos importantes y modos de aplicación de lo estatuido que dan materia abundante para una reglamentación, cuyas bases vamos a exponer, siguiendo los conceptos de la ley citada y poniendo los complementarios que su aplicación sugiere con la debida atención a las conveniencias de la industria para que esta nueva carga, con repercusión directa en el coste de explotación o fabricación, no resulte agravada, al llevar a la práctica la concesión de vacaciones retribuidas, con las condiciones de su aplicación.

He aquí las bases principales de reglamentación que el examen de este asunto nos sugiere y proponemos a la aprobación del Congreso:

1.^a Las vacaciones pagadas serán objeto de una reglamentación particular establecida por contrato entre el patrono y los obreros para cada empresa o asociación patronal de empresas, con la única condición de que no se estipule nada que represente condiciones menos favorables a los obreros que las de la ley.

2.^a Deben exceptuarse de la concesión de vacaciones pagadas los obreros menores de veinte años de edad.

3.^a Para disfrutar de las vacaciones pagadas, el obrero deberá contar con un mínimo, no interrumpido, de servicios a la Empresa, de un año.

No se contarán como interrupciones del servicio las ausencias debidas a enfermedad, accidente y al uso de los demás derechos a faltar al trabajo, con pago de jornal, reconocidos en la ley.

4.^a La concesión de vacaciones se hará por años naturales completos.

Todo obrero que en 1 de enero no haya cumplido el año de servicios a la Empresa, no disfrutará de vacaciones durante el año que comienza en dicha fecha.

5.^a Todo obrero en vacaciones percibirá los jornales de los seis

días laborables comprendidos en el período del permiso, así como la parte del salario en especie que no continuase disfrutando durante dicho período, la cual puede ser debidamente compensada por mutuo acuerdo.

6.ª El período de vacaciones comenzará forzosamente un domingo, debiendo reintegrarse al trabajo en el primer día laborable siguiente al término de dicho período.

7.ª El obrero en vacaciones recibirá el mismo salario que tenga asignado cuando trabaja; para los que trabajen a destajo, con bonificaciones, primas o remuneración análoga, se fijará el salario por el salario medio correspondiente a las ganancias del obrero durante los tres meses anteriores al en que disfrute el permiso.

Los jornales de vacaciones serán pagados al obrero el primer día de paga siguiente a la reanudación del trabajo, si bien ha de transcurrir a lo menos una semana de su reintegración al servicio.

8.ª No podrán acumularse las vacaciones de varios años. El obrero que no disfrute la vacación durante el año, se entiende que renuncia a la que en él le corresponde.

Los derechos a la vacación subsisten íntegramente en el caso de pasar el asalariado, sin interrupción de más de tres días, a otro establecimiento dependiente de la misma empresa.

9.ª Para la fijación de las fechas de las vacaciones los obreros, por medio de una representación, establecerán, de acuerdo con la dirección de la empresa, la lista de personas que las disfrutarán cada mes, teniendo en cuenta las necesidades de los servicios de la Empresa y la buena marcha de la explotación.

En caso de enfermedad justificada con certificado médico, el obrero puede aplazar el disfrute de la vacación a la fecha que se señale dentro de los tres meses siguientes al mes en que la tenía concedida.

No se podrá conceder simultáneamente vacaciones a más del 10 por 100 del personal.

A fin de facilitar la concesión de vacaciones, todo obrero en servicio tiene el deber de sustituir a uno en vacaciones aunque pertenezca a distinta sección de trabajo.

En casos excepcionales de paro por crisis industrial justificada, la dirección de la empresa podrá, de acuerdo con sus obreros, señalar una fecha para que todos o la mayor parte disfruten simultáneamente las vacaciones.

Las vacaciones podrán también coincidir con las interrupciones colectivas de trabajo motivadas por reparaciones, inventario, fiestas locales u otros motivos análogos.

10.ª En caso de necesidad provocado por situaciones excepcionales de la industria, la duración de la vacación podrá ser reducida, previo

acuerdo de la dirección de la empresa con los obreros, percibiendo éstos una indemnización especial por los días reducidos.

El obrero que se invalida en el trabajo y la familia del que sufre accidente mortal, tienen derecho a una indemnización de las vacaciones, siempre que éstas no hubieren sido disfrutadas por los referidos obreros.

11.^a Si el trabajador durante sus vacaciones retribuidas realizara para sí o para otros, trabajos que contrariasen la finalidad de descanso del permiso, perderá todo su derecho a la remuneración. En este caso los salarios de vacaciones que ya hubieren sido pagados se retendrán en la primera paga que se realice después de averiguada la infracción. Si el obrero reincidiese en la falta, perderá el derecho a vacación en el año siguiente.

12.^a Las faltas al trabajo, sin excusa ni justificación, se deducirán de la vacación sin indemnización alguna. Las jornadas perdidas en el año antes del disfrute de la vacación serán deducidas de la duración de ésta en ese año, pero las perdidas con posterioridad a dicho disfrute se deducirán de la vacación del año siguiente.

A este fin se expondrá mensualmente una lista de los obreros con jornadas injustificadas perdidas, que podrá ser objeto de modificación por reclamaciones que justifiquen existir errores de inclusión.

13.^a El trabajador que abandone el trabajo o sea despedido por motivo imputable al mismo, pierde el derecho a vacaciones retribuidas.

El obrero que dé el aviso previo de abandono del trabajo recibirá la parte de vacaciones proporcional a los meses servidos.

Ningún obrero podrá abandonar el trabajo después de disfrutada la vacación sin reintegrarse al trabajo durante un período de una semana. En la liquidación de salarios que se le haga al cesar, en cualquier momento que esto ocurra, después de disfrutado el período de vacaciones, se descontará el número de días de éste que exceda de la duración proporcional que le corresponde por razón de los meses servidos en el año.

En los despídidos por causas imputables al patrono éste habrá de indemnizar a los obreros con los jornales correspondientes a los días de vacación que debieran disfrutar independientemente de cualesquiera otras indemnizaciones que procedan.

* * *

El reglamento que con arreglo a estas bases se redactara habría de promulgarse con carácter provisional para recoger enseñanzas de la práctica e incorporarlas al que, ya aleccionados por la experiencia, podría redactarse con carácter definitivo abarcando todos los casos que la ejecución de la ley suscitase.

* * *

Si la ley de Contrato de Trabajo, donde se instituyen las vacaciones pagadas de igual duración para todos, no nos lo impidiera, habríamos propuesto en la reglamentación un artículo que premiara la antigüedad de servicios en la Empresa, como se hace en otras naciones, del modo siguiente:

La duración de las vacaciones debería ser proporcional a la antigüedad en el trabajo, disfrutando de tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho y nueve días los obreros de interior y exterior, y de diez, once y doce días los del interior después de uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, diez, quince y veinte años de antigüedad en el servicio respectivamente.

Estimamos de gran conveniencia que esto se pudiera lograr y no creemos improcedente intentar una reforma de la ley en ese sentido, solicitándolo este Congreso, si aprueba la propuesta, como conclusión que eleva al Gobierno con tal propósito.

RAMÓN MORENO

NOTICIA SOBRE LOS ESTUDIOS HECHOS EN RELACIÓN CON EL PROYECTO DE TRANSPORTE DE CARBONES POR MEDIO DE UN CABLE AÉREO DE LAVIANA AL MUSEL

Al indicarme la Junta directiva de nuestra Agrupación que tomara a mi cargo la ponencia del tema que encabeza estas líneas y redactase la comunicación correspondiente, yo decliné tan honroso encargo para el que ningún título puedo ostentar, ni siquiera un conocimiento somero del asunto, ya que ni en el proyecto ni en su estudio he tenido la más pequeña intervención. Me permití sugerirles la idea de que rogasen a nuestros distinguidos compañeros D. Joaquín Velasco Martín y D. Antonio Lucio Villegas, fuesen ellos los que se encargasen de ilustrarnos sobre tema tan interesante y que conocen al detalle, puesto que, además de ser el primero el iniciador del proyecto, juntos han llevado a cabo las visitas y estudios que sobre el asunto se han realizado. La Directiva, que ya había pensado en ello, volvió a insistir en que fuera yo el que diera esta primera idea del proyecto, precisamente para poder recabar de dichos señores una comunicación más completa y detallada el día que el proyecto del cable aéreo de Laviana al Musel esté en vías de realización.

En estas condiciones no me quedaba más camino que aceptar el encargo de la Directiva y hacer que mi buena amistad con los señores Lucio y Velasco disculpara lo que podría considerarse como un abuso de su bondad, y procurar recoger los datos más interesantes: con esto tenéis explicada mi intervención en este asunto.

A los Sres. Lucio y Velasco les debemos gratitud todos, y yo muy especialmente, pues han puesto a mi disposición cuantos datos e informes tienen, y únicamente a mis escasas dotes podréis atribuir el que con tan valiosos materiales no haya conseguido hacer un trabajo más interesante que el que con toda modestia someto a vuestra benévola consideración.

Antecedentes del proyecto.

Todos los que por razón de su cargo se hayan ocupado poco o mucho del embarque de carbones, conocen las largas esperas de los barcos sometidos a los turnos del Ferrocarril de Langreo, esperas que se traducen siempre en un mayor precio de los fletes para cargar por dichos turnos y en muchos casos en cantidades de importancia abonadas en concepto de demoras o estadias.

Muchas han sido también las quejas de los mineros que sólo cargan sus carbones por el Ferrocarril de Langreo, por escasez de vagones para cumplir sus compromisos y también para poder dar salida rápidamente a los depósitos que por cualquier causa se hubieran acumulado en los cargaderos de sus minas.

Aunque sea justo reconocer que en los últimos tiempos estos inconvenientes han disminuído de una manera notable, no sólo por la construcción del Parque y Nuevo Cargadero de Carbones, sino principalmente por el cambio de criterio que se ha observado en el Ferrocarril de Langreo, que, al ceder de su antigua rigidez, ha hecho más fácil la colaboración de los mineros y con ello llegar a cifras de transporte que se consideraban imposibles de alcanzar, no cabe duda que al aumento de transporte ha correspondido un aumento de producción y que, salvo crisis pasajeras, las nuevas e importantes instalaciones de «Pumarabule», «Mosquitera», «Lláscaras», «Sorriego», etc., harán aún más sensible el aumento de producción en minas que sólo pueden cargar por el Ferrocarril de Langreo y que se sentirán de nuevo las dificultades que antes hemos señalado.

Entre las minas que sólo pueden cargar por el Ferrocarril de Langreo, se encuentran las de «Barredos» y «Carrio», de la Sociedad Duro-Felguera, y la de «Coto Musel», en Laviana, que explota como arrendatario D. Joaquín Velasco, y cuya producción aumentó de una manera notable desde que se hizo cargo de ella dicho señor. Estas minas, por ser las que están situadas en el extremo del Ferrocarril, son las que en todos los casos han tenido más dificultades para dar salida a su producción, y si a esto se agrega que sus carbones están recargados con mayores portes no sólo por su distancia al puerto, sino también por el distinto régimen de tarifas que el Ferrocarril tiene establecidas para cargaderos situados en la sección de Sama a Laviana, se comprenderá el que desde hace bastante tiempo se haya tratado de darles otra salida distinta del ya citado Ferrocarril de Langreo, y así se pensó y estudió la prolongación del Ferrocarril del Norte desde «Carrocera» hasta Laviana, y también un cable aéreo desde «Santa Bárbara»

y «Barredos» hasta «Carrocera», soluciones ambas no exentas de dificultades debidas a las condiciones del terreno y cuyo coste sería difícil de compensar con las ventajas obtenidas.

Continuando el Sr. Velasco su estudio sobre la manera de disminuir los gastos de carga y transporte de los carbones de su mina «Coto-Musel», proyectó diferentes reformas en sus instalaciones, pensando en llevar el Ferrocarril de Langreo hasta el lavadero y hacer en éste tolvas que cargaran directamente sobre los vagones de dicho ferrocarril, y al mismo tiempo que gestionaba de Langreo alguna mejora en las tarifas; pero no debieron tener muy feliz resultado estas gestiones, y entonces pensó en la conveniencia de transportar directamente sus carbones al puerto por medio de un cable aéreo.

Primeros estudios.

Aunque al principio muchos negaron que fuera viable este proyecto y afirmaron de una manera rotunda que no era posible la competencia de este sistema de transporte con el ferrocarril, es lo cierto que, hecho un primer tanteo, se vió que no era tan imposible si el tonelaje a transportar era suficiente, y con objeto de aumentar dicho tonelaje se dirigió a la Sociedad Duro-Felguera, que, por tener carbones en condiciones muy semejantes a los de «Coto-Musel», podría interesarse por el proyecto, y, en efecto, esta Empresa tomó en consideración la idea y se empezó de común acuerdo a hacer el estudio del proyecto; y después de algunos tanteos se llegó a adoptar el trazado y perfiles cuyos planos se acompañan.

Visitas a cables aéreos en el extranjero.

Una vez adoptado el trazado, y visto que técnicamente no era difícil su realización, puesto que ni sus pendientes eran desfavorables, ni encontraba grandes obstáculos (parece que en los 42 kilómetros de recorrido sólo es necesario expropiar una casa), se pensó en la conveniencia de visitar cables aéreos de importancia y recoger datos, que por comparación permitieran fijar cifras que sirviesen para el estudio económico del proyecto. Se visitaron cables en Lorena, Luxemburgo, Alemania e Italia, y de algunos de ellos voy a presentar los datos, copiados al pie de la letra de la Memoria que sobre la visita hizo el Sr. Lucio, ya que cualquier modificación que yo intentara hacer, no serviría más que para restarles claridad.

Visitas a varios cables aéreos en la zona de Luxemburgo y datos referentes a los mismos.

Los cables principales visitados han sido tres, pues aunque hemos visto otros, eran de pequeña importancia y no tienen semejanza con el de nuestro proyecto Laviana-Gijón, de 42 kilómetros de longitud y 150 toneladas de transporte útil por hora.

Ninguno de los cables tiene, sin embargo, una longitud comparable al de nuestro proyecto, pues sus longitudes respectivas son:

Cable de Hagendange = 11.700 metros en dos tramos iguales.

Cable de Differdange = 13.000 metros en dos tramos de 6 y 7 kilómetros.

Cable de Knutange = 11.000 metros en dos tramos: este cable es doble.

Nuestro cable de 42 kilómetros ha de tener forzosamente 10 tramos, de los cuales cinco son impuestos por las estaciones de carga en las minas de «Coto-Musel», «Carrio», «Barredos», «Santa Bárbara» y «Piquera», y los otros cinco tramos son consecuencia de la configuración del terreno entre «Sotón» y Musel-Gijón.

Como el cable Laviana-Gijón, más que un cable de 42 kilómetros es, en realidad, un conjunto en *serie* de diez cables, cuya longitud varía de 1,2 kilómetros a 9,5 kilómetros (tramo de La Madera a Jove), se puede asegurar que los cables visitados nos permiten confirmar por sus condiciones de continuidad de marcha y ausencia de interrupciones de importancia, que el proyecto de cable en cuestión es perfectamente viable y que las interrupciones que pueden originarse no deben producir una pérdida mayor de un 20 por 100 del tiempo útil en marcha, es decir, que con diez y seis horas útiles, el rendimiento neto será de $16 \times 80 = 12,8$ horas.

Las interrupciones observadas en los tres cables visitados son del orden de en cada cable:

Siete interrupciones con duración media de ocho horas, en el año 1930.

20 interrupciones con duración media de una hora, en el año 1930.

600 interrupciones con duración media de diez a treinta minutos, en el año 1930; en total, $56 + 20 + 200 = 276$ horas, en cables que funcionan $300 \times 20 = 6.000$ horas anuales. Esto da un coeficiente de pérdida de 4,6 por 100 del tiempo en cables de 12 kilómetros de longitud; en nuestro caso, con la longitud de 42 kilómetros, el coeficiente sería:

$$4,6 \times \frac{42}{12} = 16 \text{ por } 100,$$

inferior a la cifra de 20 por 100 que podemos aceptar.

Es de tener en cuenta, además, que los cables visitados por nosotros son cables instalados hace más de veinticinco años y que funcionan recargados, tanto en su velocidad actual (2,60 metros por segundo y proyectado con dos metros), como en la distancia entre las vagonetas (55 metros en lugar de 90 metros), y que, como consecuencia de esta sobrecarga, transportan ahora de 800 a 900.000 toneladas anuales, en lugar de 500.000 toneladas que era la capacidad proyectada al iniciar su funcionamiento.

Es seguro, por tanto, que nuestro cable, proyectado y construido para 150 toneladas-hora, será capaz de transportar con dos relevos de ocho horas: $300 \times 150 \times 12,8 = 575.000$ toneladas anuales, y con tres relevos, 860.000 toneladas, con todas las garantías que pueden deducirse de los tres cables visitados.

PRECIO DE COSTE DE LA TONELADA-KILÓMETRO EN LOS CABLES VISITADOS

Cable aéreo en la mina «Jacobus», en Hagendange (Lorena).

Este cable aéreo, de 11.700 metros de longitud, transporta actualmente 60.000 toneladas mensuales; pero puede llegar a 80.000 cuando necesita esta cantidad la fábrica siderúrgica a la que surte de mineral de hierro; consta de dos tramos, de 6.000 y 5.700 metros cada uno, y es accionado eléctricamente por dos motores de 80 HP. cada uno desde la estación intermedia.

Las vagonetas cargaban antes 1.500 kilos de mineral, pero se notó que esto imponía una fatiga especial al cable carril, cuyo desgaste era excesivo, y se acordó entonces cargar solamente con 1.000 kilos de mineral las vagonetas y disminuir a 60 metros en lugar de 90 metros la distancia entre cada dos de ellas, obteniéndose así un buen resultado de duración del cable.

En estas condiciones la duración del cable carril de 50 milímetros de diámetro y cerrado es de cuatro a seis años, variando según que el cable sea de fabricación francesa o alemana. Parece que los cables alemanes dan mejor resultado que los franceses; es decir, que con un cable alemán puede asegurarse: 6×720.000 toneladas = 4.320.000 toneladas.

El cable tractor tiene un diámetro de 26 milímetros y dura de tres a cinco años, según la procedencia.

El gasto de energía eléctrica es sólo de 30.000 kilovatios-hora mensuales; el de grasas es de 600 kilogramos mensuales, principalmente de grasa Stauffer y aceite usado ya en compresores y transformadores.

El cable ha sido construido hace ya más de veinticuatro años por la casa Heckel, de Saarbrücken, y es el primer cable de carga pesada construido por esta casa. La velocidad de las vagonetas es de 2,50 metros por segundo.

Las ruedas (cuatro por vagoneta colgada) son de acero fundido y se fabrican actualmente en una pequeña fundición de París; antes las suministraba la casa Heckel y parece daban mejor resultado que las francesas. El número de ruedas desechadas en cincuenta y siete meses de funcionamiento ha sido de 950, es decir, 16 ruedas mensuales; todas las ruedas llevan cojinetes de bolas cuya duración es de dos años y que apenas gastan engrase, de la casa sueca «SKF».

El precio de coste de transporte de una tonelada de mineral de hierro en los 11.700 metros que tiene este cable es de 1,80 a 2 francos franceses, según que el transporte varíe de 55.000 a 80.000 toneladas mensuales; tomando la cifra de 2 francos franceses, resulta por tonelada-kilómetro: 0,172 francos franceses, o sea en céntimos de peseta: 6,4 céntimos, incluyendo todos los gastos menos los que se refieren a interés y amortización del capital empleado, pero comprendiendo todo lo necesario para que el cable esté en perfectas condiciones de funcionamiento.

Cable aéreo desde Ottange (Lorena) a Differdange (Luxemburgo).

Este cable, construido hace más de veintiocho años por la casa Pohlig, de Colonia, tiene una longitud de 13 kilómetros y transporta mensualmente 100.000 toneladas de mineral de hierro, desde las minas de Ottange a la gran fábrica siderúrgica de Differdange, donde funcionan 11 hornos altos con una capacidad de producción de 4.000 toneladas diarias de lingote de hierro.

El cable consta de dos tramos, de 6 y 7 kilómetros, con una estación intermedia que mueve ambos cables mediante dos motores de 92 HP. cada uno; las vagonetas cargan 1.000 kilogramos de carga útil, con 600 kilogramos de peso muerto, y la velocidad de las mismas es de 2,60 metros por segundo.

El cable carril tiene un calibre de 45 milímetros, claramente insuficiente para el transporte actual dado lo recargado que marcha este cable, que se proyectó para transportar 500.000 toneladas anuales y que actualmente transporta 1.200.000, gracias a que las vagonetas van ahora a 50 metros de distancia en lugar de 90, y a que la velocidad ha sido también aumentada en un 10 por 100. El cable marcha las veinticuatro horas, con tres relevos de trabajo. El cable tractor tiene solamente 20 milímetros de diámetro, el perfil es bastante bueno; el primer tramo es ascendente,

de 7 kilómetros, y sube 120 metros; el segundo tramo, descendente, baja 100 metros.

Las ruedas eran hasta ahora de hierro fundido; pero debido a lo forzado de la marcha de este cable, ocurre que hay descarrilamientos con alguna frecuencia y al caer las vagonetas rompían las ruedas de hierro fundido, por lo cual han sido sustituidas por ruedas de acero estampado, cuya duración es casi indefinida. Los cojinetes son también suecos, de rodamientos de bolas sistema «SKF», que duran solamente un año, y son de muy pequeño diámetro: el coste de cada rodamiento de bolas es de 30 francos belgas (unas 8 pesetas).

La duración del cable carril de 45 milímetros es de tres años como promedio; es decir, que supone un transporte de 3.500.000 toneladas; la del cable tractor es de sólo un año a un año y tres meses.

El detalle del precio de coste de transporte de una tonelada de mineral en los 13 kilómetros de este cable es el siguiente:

	Transporte de 13 kilómetros...	1,40 francos belgas
Mano de obra.....	— de tolva a horno alto	0,11 —
	Conservación del cable	0,32 —
	TOTAL.....	1,83 francos belgas
Almacén	Corriente eléctrica (0,80 kilovatios-hora)	0,20 francos belgas
	Diversos de almacén	0,30 —
	Cables.....	0,50 —
	Piezas de recambio	0,40 —
	TOTAL... .	1,40 francos belgas
Gastos extraordinarios a repartir.		0,27 francos belgas

Total 3,50 francos belgas por tonelada y 13 kilómetros, de los cuales corresponden a:

Transporte de cable aéreo de 13 kilómetros ...	3,20 francos belgas
— desde la tolva a los hornos altos...	0,30 —

Vemos, pues, que la cifra que nos interesa para nuestro caso es la de 3,20 francos belgas.

Los jornales de los obreros empleados en este cable son:

Peones de carga.....	45 francos belgas
Obreros de oficio	50 —

es decir, en pesetas: 12 y 13,30 respectivamente, mucho más altos que los correspondientes en España, que son: 8 y 9,50 respectivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior, el coste de la tonelada-kilómetro es de $\frac{3,20}{13} = 0,25$ francos belgas, o sea, en pesetas = 0,067.

Cable aéreo de Knutange (Lorena).

Este cable es doble y tiene 11 kilómetros de longitud. Fué construído hace treinta años por la casa Pohlig, de Colonia. Las vagonetas tienen 1.000 kilogramos de carga útil y 560 kilogramos de peso muerto. La velocidad de las vagonetas es de 2,60 metros por segundo. El transporte total de ambos cables es de 1.800.000 toneladas anuales, es decir, 150.000 toneladas mensuales de mineral de hierro.

El cable carril tiene solamente 42 milímetros de diámetro y el tractor es de 22 milímetros. Los resultados que han obtenido con cables franceses y alemanes son parecidos y muy medianos, pues la duración de los cables no alcanza los dos millones de toneladas, debido ello, sin duda, a lo recargados que marchan, pues debe tenerse en cuenta que, mientras los cables carriles de las minas visitadas anteriormente tienen 50 y 45 milímetros, en esta mina sólo tienen 42 milímetros, y ello trae, como consecuencia, la poca duración de los mismos.

Este cable está también dividido en dos trozos, de 6 y 5 kilómetros de longitud, accionados cada uno con motores de 72 HP.; el perfil de la línea es muy favorable, casi todo en horizontal.

Marcha a tres relevos de ocho horas y el número de obreros empleados en las dos líneas es:

Personal de carga, descarga, etc., 48 por relevo.....	144
Revisión de líneas, cables y caballetes, 5 por relevo.....	15
Taller de reparaciones, 20 en un solo relevo	20
TOTAL OBREROS.....	<u>179</u>

para dos cables de 11 kilómetros y 1.800.000 toneladas de transporte anual, lo que da un total de 30 toneladas por jornal de obrero y 11 kilómetros de transporte.

El jornal medio de los obreros varía de 25 ó 30 francos franceses, es decir, de 9,15 a 11 pesetas.

El precio de coste del transporte por tonelada en los últimos dos años es como sigue:

Mano de obra total.....	0,94
Cables y piezas.....	0,45
Suministros de almacén.....	0,40
Energía eléctrica.....	0,04
Talleres, cargas sociales y gastos generales.....	0,19
TOTAL, FRANCOS FRANCESES.....	<u>2,02</u>

es decir, por tonelada-kilómetro útil = $\frac{2,02}{11} = 0,185$ francos franceses, o sea, en pesetas = 6,8 céntimos.

Cable aéreo de la mina «Minister Achenbach», en Dortmund.

Este cable, de construcción muy reciente (hace sólo dos años que funciona), tiene sólo 2.600 metros de longitud y transporta las vagonetas de carbón con 800 kilogramos de peso útil, tal como salen de la boca del pozo, al lavadero de carbón central de la Sociedad.

Siendo, como hemos dicho, el peso útil de 800 kilogramos, el peso muerto asciende a 1.300 kilogramos, de los cuales, 500 corresponden al peso de la vagoneta vacía y 800 kilogramos al peso del enganche con sus ruedas. A consecuencia de un peso total tan considerable (2.100 kilogramos en total), el diámetro del cable carril es de 55 milímetros y el del tractor de 26.

La duración del cable carril está garantizada, como mínimo, para un transporte de tres millones de toneladas, y la del cable tractor, para dos millones.

En el año 1930 el transporte de carbón ascendió a 900.000 toneladas y el precio de coste por tonelada útil transportada fué:

Mano de obra.....	7	pfenings
Almacén (cables, ruedas, reparaciones y demás)....	2	—
TOTAL.....	9	pfenings

o por tonelada-kilómetro, 3,5 pfenings, es decir, 7,6 céntimos de peseta.

Hay que tener en cuenta que los obreros tienen un jornal medio de 8,36 marcos en siete horas de trabajo, es decir, dos pesetas por hora, mientras que en Asturias el jornal semejante actual, es de una peseta por hora. Teniendo en cuenta la influencia tan grande de la mano de obra en el precio de coste, la cifra de 7,6 céntimos por tonelada-kilómetro quedaría reducida a 4,07 céntimos, explicándose esta cifra tan baja por tratarse de un cable recién instalado, cuyos gastos de conservación y entretenimiento tienen que ser muy bajos en los primeros años de su marcha.

Resumen sobre el probable precio de coste.

Según vemos por las notas anteriores, el precio de coste de la tonelada-kilómetro en los cables visitados es:

Cable de Hagendange.....	6,4	céntimos de peseta
— Ottange.....	6,7	—
— Knutange.....	6,8	—
— Achenbach.....	7,6	—

Este coste puede separarse en los dos conceptos de mano de obra y artículos de almacén, y su importancia relativa en cada uno de dichos cables es:

	Mano de obra	Almacén
Cable de Hagendange	48 por 100	52 por 100
— Ottange	52 —	48 —
— Knutange	48 —	52 —
— Achenbach	78 —	22 —

En el caso del cable de Laviana al Musel, dada su longitud, la importancia de la mano de obra ha de ser menor que en los cables citados, pues, por una parte, la mano de obra en Asturias es más barata que en Alemania, Lorena y Luxemburgo, donde los jornales de peones oscilan entre 10,50 y 12 pesetas, y, por otro lado, la parte más importante del gasto de mano de obra se refiere al personal de carga y descarga, que, si en valor absoluto es casi el mismo en un cable de 42 kilómetros que en uno de 2,6 kilómetros, en cambio en su importancia relativa representa una considerable ventaja económica a favor del cable que estudiamos.

Se puede estimar en nuestro caso que el importe de la mano de obra no debe pasar del 33 por 100 del total.

Para calcular el precio de coste de la mano de obra por tonelada-kilómetro, podemos partir de una plantilla formada por el personal siguiente:

Estaciones de carga (2 en marcha, con 5 obreros por relevo).....	20 obreros
Estaciones intermedias (18 obreros por relevo)	36 —
Estación de descarga del Musel (8 obreros por relevo)..	16 —
Personal de revisión de líneas (7 —)..	14 —
— de reparación en dos talleres.....	40 —
Empleados (Ingeniero, capataces, administrador, etc.).	9 —
Teléfonos.....	3 —
PERSONAL TOTAL.....	188 obreros

personas que partiendo de un jornal medio de nueve pesetas para los obreros, resulta una nómina de 40.000 pesetas mensuales y supone por tonelada transportada (43.000 toneladas de carbón + 7.000 de mineral de hierro + 4.000 de madera) a 0,74 pesetas, por tonelada-kilómetro 1,7 céntimos, en lugar de las 3,25 a que resulta en los cables de Lorena.

En cuanto a los gastos de almacén, éstos son rigurosamente proporcionales a las toneladas-kilómetros, y, por tanto, en nuestro caso serían de 3,35 céntimos por tonelada-kilómetro, lo mismo que en los cables de

Lorena, si los precios de los cables, ruedas, rodamientos, etc., fueran en España los mismos que en Alemania; desgraciadamente no es así, pues los cables, que suponen el 45 por 100 de los gastos totales de almacén, hay que contar que han de costar un 40 por 100 más que en Alemania, y aunque en los demás capítulos (engrases, ruedas, energía eléctrica, rodamientos, etc.) la diferencia no ha de ser tan importante, para más seguridad, adoptaremos ese coeficiente de 40 por 100 de recargo para todos los artículos de almacén, y en estas condiciones el precio por tonelada-kilómetro sería:

Mano de obra, 1,7 céntimos; almacén, $3,35 \times 1,40 = 4,7$ céntimos, o sea, en junto, y por exceso, 6,5 céntimos.

Y si ahora aplicamos este precio a las distancias desde los diversos cargaderos a Musel y comparamos las cifras obtenidas con las que representan el coste actual del transporte del Ferrocarril de Langreo, podremos formar el siguiente cuadro:

CARGADEROS	Distancias al Musel — Kilómetros	Por Ferrocarril Langreo — Pesetas	Por cable — Pesetas	Diferencias — Pesetas.
«Carrocera»	33	5,05	2,15	2,90
«Santa Bárbara».....	37	5,45	2,40	3,05
«Barredos»	39	5,55	2,54	3,01
«Carrio»	41	5,65	2,67	2,98
Laviana «Coto-Musel» ..	42	5,75	2,73	3,02

Es decir, que puede considerarse que por término medio existe una diferencia de tres pesetas por tonelada transportada al puerto y ésta es la cifra que puede servir de base para el estudio económico del proyecto, ya que esta cifra debe cubrir los gastos de intereses y amortización del capital de instalación.

Quedan otros beneficios, como son los que puedan deducirse de un mayor tráfico que el calculado, el que se obtenga en la carga (hoy cuesta una peseta por tonelada), la ventaja en los fletes de los barcos que se carguen por el cargadero del cable, etc., pero, aunque todos tienen su importancia, creemos que no necesitan tomarse en cuenta para comprender la posibilidad económica del proyecto.

Estado actual del proyecto.

Una vez comprobado que el proyecto es realizable tanto técnica como económicamente, se solicitaron las concesiones del cable y del cargadero en el puerto del Musel, y se enviaron a las principales casas

especializadas en esta clase de construcciones, los datos necesarios para que redactasen los proyectos y presupuestos, entre los que se elegirá el que se considere más ventajoso.

Expuesta la gestión del proyecto, vamos a hacer un resumen de los datos suministrados a las casas constructoras para la redacción del proyecto, datos que pueden considerarse por el momento como definitivos y que constituyen la esencia del mismo.

Entidad interesada en el proyecto.

En principio, la idea es constituir una Sociedad Cooperativa, que se encargaría de la construcción y explotación del cable aéreo, y que estaría integrada por las Sociedades siguientes: Sociedad Metalúrgica «Duro-Felguera», Compañía de Carbones Asturianos, Nespral y Compañía, La Piquera, S. A., y D. Joaquín Velasco.

Aunque estas Sociedades tienen una producción total de 1.700.000 toneladas al año, sólo se transportarán por el cable 660.000 toneladas, distribuidas en la siguiente forma:

Sociedad Metalúrgica «Duro-Felguera».....	850.000	toneladas
«Carbones Asturianos».....	100.000	—
Nespral y Compañía.....	45.000	—
La Piquera, S. A.....	45.000	—
Don Joaquín Velasco.....	120.000	—

Emplazamiento del cable y trazado.

Como puede verse en el plano 1, el cable puede considerarse dividido en tres partes: el cable principal, desde «Sotón» al Musel, y los dos trozos secundarios, desde «Sotón» a «Coto-Musel», en Laviana, y desde «Sotón» a «Carbones Asturianos».

El cable constará de las siguientes estaciones:

I.—Estación de «Coto-Musel», donde se cargarán los carbones de la mina «Coto-Musel»: 120.000 toneladas anuales.

II.—Estación de Carrio, situada a 1.208,79 metros de la anterior, y en ella se cargarán los carbones de la mina «La Sota»: 50.000 toneladas.

III.—Estación de Barredos, situada 712,24 metros de la anterior, y cargará los carbones de la mina de su nombre: 120.000 toneladas.

IV.—Estación de Santa Bárbara, a 2.330,39 metros de la anterior, y cargará los carbones del lavadero del mismo nombre: 160.000 toneladas.

V.—Estación de La Piquera, a 1.451,70 metros de la anterior, y cargará los carbones de la mina «La Piquera»: 45.000 toneladas.

VI. — Estación de Sotón, estación principal de ángulo y bifurcación; no es estación de carga de carbón, pero en ella se descargarán los minerales de hierro que para la fábrica de «Duro-Felguera» se transporten desde el Musel en sentido ascendente. Dista de la anterior 852,91 metros.

VII. — Estación de Carrocera, a 373,34 metros de la anterior, cargando 40.000 toneladas de carbón del lavadero del mismo nombre.

VIII. — Estación de Sorriego, situada a 1.376,06 metros de la anterior, y cargando en ella la mina «Sorriego»: 45.000 toneladas. Probablemente será necesaria una estación de ángulo entre las dos estaciones Sorriego y Carrocera.

IX. — Estación de Carbones Asturianos, situada a 1.626,51 metros de la anterior, y cargará 100.000 toneladas anuales, procedentes de las minas de dicha Sociedad.

X. — Estación de Cocañín, situada a 2.687 metros de la de Sotón, con un desnivel entre ambas de 116,74 metros subiendo.

XI. — Estación de La Cruz, a 5.387 metros de la anterior y 210,83 metros más alta.

XII. — Estación de Moncó, a 8.540,50 metros de la anterior y con un desnivel de 220,34 metros bajando.

XIII. — Estación de La Madera, situada a 5.326,57 metros de la anterior y con un desnivel de 91,28 metros bajando.

XIV. — Estación de Jove, distante de la anterior 10.474,48 metros y con un desnivel de 120,65 metros bajando.

XV. — Estación general de descarga en el Musel, al borde del mar, a 1.927,51 metros de distancia, con 121,24 metros de desnivel bajando.

Cantidades a transportar.

La capacidad de transporte del cable será de 150 toneladas de carbón por hora, durante diez y seis a veinte horas por día y trescientos días útiles por año.

En sentido descendente se transportarán 660.000 toneladas de carbón, distribuidas en la forma indicada anteriormente.

En sentido ascendente se transportarán anualmente 80.000 toneladas de mineral de hierro, que se descargarán en «Sotón», y 50.000 toneladas de madera de mina, que se descargarán en las distintas estaciones.

Condiciones locales de las estaciones.

En todas las minas se preven tolvas, a las que llegarán por vía aérea los baldes o vagonetas para su carga.

En el Musel, el mineral de hierro se cargará en una tolva situada

a un nivel inferior a la descarga del carbón, y los baldes cargados, tanto de mineral como de madera, se remontarán por medio de un montacargas.

La estación de descarga en el Musel llevará tolvas suficientes para acumular 12.000 toneladas y una disposición de cintas transportadoras para cargar desde estas tolvas barcos hasta de 6.000 toneladas, a razón de 1.000 toneladas por hora.

Fuerza motriz.

El suministro de la energía eléctrica es fácil en casi todas las estaciones, pues en las minas y en el Musel existe corriente a 220 voltios y muy cerca de las estaciones intermedias se encuentran líneas a 5.000 y 30.000 voltios, siendo las más favorables las de Cocañín, La Cruz y Moncó. El precio se calcula en seis céntimos por kilovatio-hora.

Se ha recomendado, en general, el empleo de hierro laminado para los castilletes, puentes de protección, armaduras de las instalaciones, etc., y el hormigón armado en el Musel.

Rentabilidad.

Por último, se les pide a las casas constructoras que a su proyecto unan un cálculo de rentabilidad en comparación con el sistema de transporte actual (Ferrocarril de Langreo), tomando como base los siguientes datos:

a) En sentido descendente deben tomarse en cuenta solamente los tonelajes asignados a las estaciones de Coto-Musel, Carrio, Santa Bárbara, La Piquera y Carrocera, o sean 515.000 toneladas en total.

b) Como retorno desde el Musel a Sotón, se transportarán 80.000 toneladas de mineral de hierro y 50.000 toneladas de madera de mina.

c) Los precios actuales de transporte por tonelada de estos materiales por el Ferrocarril de Langreo, son:

Para el carbón, 5,40 pesetas de transporte y una peseta de carga en el Musel.

Para el mineral, 3,15 pesetas de transporte desde el Musel a Sotón.

Para la madera, 5 pesetas de transporte desde el Musel a mina.

Es decir, que el importe total de los gastos de transporte es actualmente:

$$\left. \begin{array}{l} 515.000 \times 6,40 = 3.296.000 \text{ pesetas.} \\ 80.000 \times 3,15 = 252.000 \text{ —} \\ 50.000 \times 5 = 250.000 \text{ —} \end{array} \right\} \text{Total, pesetas 3.798.000}$$

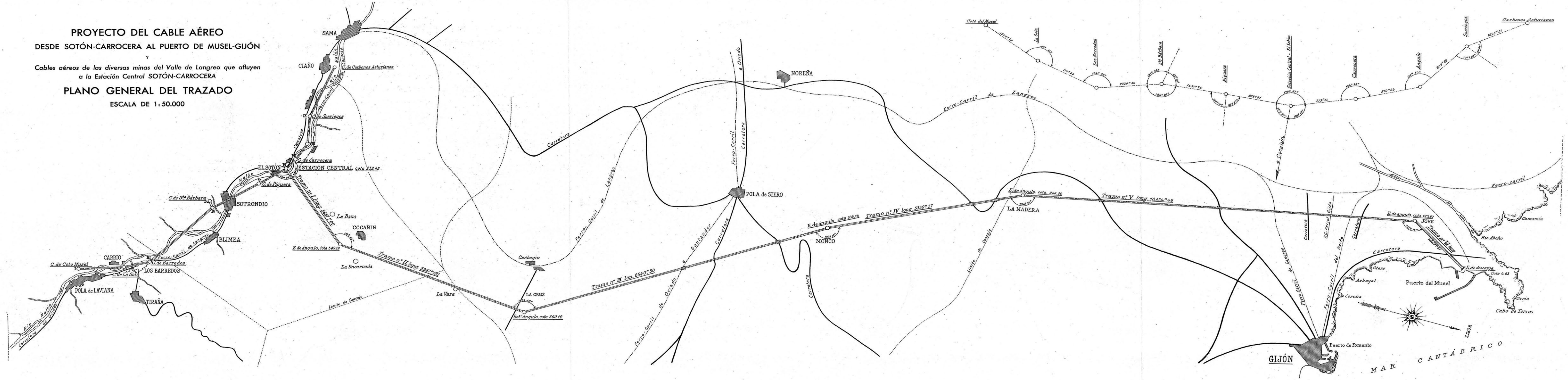
Y se quiere sustituir este gasto anual por el que suponga el funcionamiento del cable, incluso los gastos de embarque y los correspondientes al interés y amortización del capital empleado en la construcción del cable aéreo y las instalaciones anexas.

No tengo noticia de que se haya recibido aún ninguno de los proyectos pedidos y, por consiguiente, creo haber cumplido el honroso encargo de daros cuenta de los trabajos hechos sobre el proyecto de Laviana al Musel.

Y ahora, al pedirnos me perdonéis por haber defraudado vuestras esperanzas, si alguna habéis concebido de oír algo interesante, me permito rogar a la Directiva de nuestra Agrupación, que insista cerca de los Sres. Lucio y Velasco, para obtener de ellos la promesa de que, en su día, nos hablarán del cable de Laviana al Musel, pues lo que no cabe duda que tendrá un interés grande para todos, es la descripción de los proyectos presentados por las casas constructoras, su comparación, y el programa de la realización del elegido, todo ello expuesto por tan prestigiosos ingenieros.

CROQUIS DEL TRAZADO DE LOS CABLES AÉREOS DE LAS MINAS

PROYECTO DEL CABLE AÉREO
DESDE SOTÓN-CARROCERA AL PUERTO DE MUSEL-GIJÓN
y
Cables aéreos de las diversas minas del Valle de Langreo que afluyen
a la Estación Central SOTÓN-CARROCERA
PLANO GENERAL DEL TRAZADO
ESCALA DE 1:50.000



IGNACIO PATAK

LIGERAS IDEAS ACERCA DE LA TECTÓNICA DEL ANTRACOLÍTICO DE ASTURIAS Y LEÓN

En varios trabajos anteriores (1) acerca de la tectónica fundamental del territorio ibérico y particularmente en el período permocarbonífero, hemos desarrollado nuestras ideas tan distintas de las que prevalecen desde hace bastantes años entre ingenieros y geólogos.

Concretándonos a la región cántabro-asturiana, tan interesante desde el punto de vista geotectónico, puesto que el dinamismo paleozoico ha formado las cubetas que fueron rellenadas posteriormente por las hileras hulleras, debemos hacer mención de un modo especial, de los magníficos estudios estratigráficos que estaba preparando para su publicación el notable Ingeniero de Minas D. Ramón de Urrutia, cuando desgraciadamente para España, le sorprendió la muerte. Algunos de los dibujos encontrados en su mesa de trabajo fueron entregados a nuestro compañero el también malogrado Ingeniero D. Ramón de Rotaache, quien por encargo del Instituto Geológico, escribió unas líneas con algunas observaciones acerca de los mencionados dibujos. Este trabajo se publicó en el tomo III, 3.^a serie del *Boletín del Instituto Geológico de España* (1922), con el título «Un sondeo en el carbonífero de León, trabajo póstumo de D. Ramón de Urrutia». A él pertenece el interesantísimo «Esquema estratigráfico de los estratos

(1) I. PATAK: «Estudio geológico-minero acerca de la cuenca hullera de Burgos». *Boletín oficial de Minas y Metalurgia*. Agosto y septiembre de 1918.

— *La formación uraliense asturiana*. Gijón, 1920.

— *La formación uraliense española*. Trabajo presentado en el Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid en 1926 (inédito).

— «La meseta ibérica. Síntesis paleogeográfica fundamental para el estudio de los mares carboníferos.» Trabajo todavía inédito, aunque dado a conocer en extracto a la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y a la Sociedad Geográfica de Madrid, en junio de 1927, y publicado éste en la revista *Ibérica*, números 697, 698 y 703 del mismo año.

primarios de las provincias de Asturias y León» (lámina primera), en el que Urrutia ha trazado magistralmente las cubetas geosinclinales del hullero medio y del hullero superior propiamente dicho (*westfaliense* y *estefaniense*, respectivamente), deslindando perfectamente las áreas de sedimentación de ambas formaciones, excepto en la región comprendida entre Avilés, Oviedo, Infiesto y Ribadesella, recubierta por los terrenos mesozoicos y terciarios, por debajo de los cuales suponían, tanto Urrutia como Adaro, que se prolongarían los sinclinales hulleros de la cuenca central de Asturias.

En este trabajo cuenta Rotaèche que en el año 1920, el Instituto Geológico encomendó a D. Ramón de Urrutia un estudio previo para la investigación de la cuenca carbonífera de León y Palencia, por debajo de los terrenos más modernos.

Urrutia conocía perfectamente los terrenos hulleros, tanto de Asturias como los de la Cordillera Cantábrica, habiendo efectuado estudios muy interesantes en las cuencas de Guardo, Sabero, Brañuelas, etc.

Describiendo el «Esquema estratigráfico» de Urrutia dice Rotaèche: «Adviértese que consideraba estefanienses las manchas carboníferas de la vertiente septentrional de la divisoria cantábrica desde Infiesto y la Marea hacia Levante (de acuerdo con las publicaciones del ingeniero Sr. Patac), y lo mismo la que penetra cerca de Pajares al Oeste de la cuenca Asturiana. Esta última mancha había atraído tiempo atrás su atención, y sospechaba, contra la creencia general, que no pertenecía al westfaliense. A propósito de esto escribió a D. Luis de Adaro, quien, según creemos, encargó que visitase el terreno el Sr. Cifuentes, facultativo de Minas que gozaba de su confianza, y que luego de su examen manifestó que, a su juicio, no había motivo para alterar la clasificación de westfaliense asignada a la zona carbonífera de Pajares. Sin embargo, años después, cuando Urrutia conoció más profundamente la cuenca de León, se afirmó en su creencia de que desbordaba por la vertiente septentrional de la divisoria cantábrica a Poniente y a Levante de la cuenca asturiana, y cuando Patac publicó su trabajo se encontró de acuerdo con él en este punto y así lo dibujó en el presente estudio.»

El esquema de Urrutia es, pues, la representación gráfica, casi en su totalidad, de nuestra concepción acerca de las formaciones hulleras de Asturias y de la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica. Al propio tiempo señala con admirable precisión la curvatura de los arcos de plegamiento caledónico que, a nuestro juicio, prepararon la formación de las áreas de sedimentación de los terrenos carboníferos.

Ciñéndonos más estrechamente a dicha concepción, hemos dibujado un «Esquema tectónico del período antracolíptico en las provincias de Asturias y León», tomando como base el «Bosquejo geológico de Asturias» (1915), de los Sres. Adaro y Junquera, de su obra *Criaderos de hierro*

de Asturias, modificada la zona occidental con arreglo a los recientes estudios del distinguido ingeniero del Instituto Geológico de España don Primitivo Hernández Sampelayo, de su obra *Hierros de Galicia* (1922). En este bosquejo, en el que hemos suprimido detalles innecesarios para nuestro objeto, hemos procurado hacer resaltar los dos procesos completamente distintos de sedimentación hullera, moscoviense y uraliense, de las cuencas cántabro-asturianas. La cuenca central se ha formado, a nuestro juicio, en una cubeta preexistente de la caliza de montaña, cuyo borde meridional más realzado, correspondería a la vertiente septentrional de la Cordillera Cantábrica, quizá esbozada ya por los movimientos caledonianos. La caliza dinantiense de la región oriental de Asturias depositada sobre el tramo de la cuarcita de los Cabos (ordoviciense), constituye el borde oriental de dicha cubeta y corresponde a una zona de emersión iniciada desde el siluriano inferior.

El borde occidental de la cubeta moscoviense, constitúyenlo los cordales cuarcitosos silurianos, entre los cuales se contienen los tramos devonianos de Asturias, y que forman un arco elíptico cuyo foco occidental corresponde aproximadamente al centro de la cubeta. En cuanto al borde septentrional, hundido y recubierto por los terrenos mesozoicos y terciarios, sólo queda de él un testigo interesante, la Peña de Careses, de caliza dinantiense, tan certeramente reconocida y estudiada por Pierre Termier (†), en su nota a la Academia de Ciencias de París, de 6 de mayo de 1918.

La caliza del fondo de la cubeta quizá descansa también casi toda ella sobre la cuarcita ordoviciense, como ocurre en la región oriental, y todo hace sospechar que durante el período devoniano estas dos regiones, central y oriental de Asturias, se hallaban emergidas, así como la mayor parte de la occidental y el mar abierto devoniano, que según varios indicios, existía en el centro de España, después de bordear la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica, cuyo relieve estaba esbozado ya, penetraba en Asturias por un ancho canal de curvatura elíptica, cuyo eje aproximadamente hemos señalado con una línea de trazo y punto, es decir, siguiendo ya la dirección de los arcos de plegamiento cambrianos y silurianos, que, a nuestro juicio, deben ser contemporáneos de la cadena Caledoniana (1).

(1) Mac-Pherson consideraba la Cordillera Cantábrica «como obra de la influencia que los terrenos arcaicos de Galicia previamente plegados, en la época precambriana, ejercieron sobre el plegamiento herciniano: terrenos arrugados que fueron en parte cubiertos por la serie secundaria, y con posterioridad nuevamente arrollados y dislocados por la serie de presiones tanguenciales que han dado por resultado la formación de la Cordillera Ibérica».

Solamente Adaro, con una gran clarividencia, a nuestro juicio, alude repetidas veces en su obra sobre los hierros de Asturias a los movimientos caledonianos. «La descripción

Desde el estrato cristalino de Galicia, hasta los sedimentos del siluriano superior, existe indudable concordancia, pero no así entre éstos y los sedimentos devonianos y hulleros, como creía Barrois, lo que le condujo a la conclusión, demasiado simplista, a nuestro juicio, de que «el plegamiento en masa» de las capas primarias cantábricas tuvo lugar al final de los tiempos paleozoicos, o sea, que fué debido al movimiento herciniano (1).

«La presión lateral — dice Barrois —, a la cual referimos el plegamiento en masa de las capas paleozoicas cantábricas, no tuvo lugar hasta el fin del período paleozoico; pues los pisos devonianos y carboníferos presentan la misma inclinación dominante que las formaciones precedentes, sobre las cuales están generalmente concordantes. Nuestros cortes, de conformidad con los planos geológicos de M. Schulz, muestran que los afloramientos paleozoicos cantábricos afectan todos la forma de medias lunas encajadas unas en otras, de convexidad mirando hacia el O. La forma elíptica de estos arcos acentúase más y más a medida que se avanza hacia el E. y se pasa del terreno siluriano a los terrenos devoniano y carbonífero. El eje mayor de estas elipses es paralelo al eje de la cadena de los Pirineos actuales: encuéntranse también en el macizo carbonífero de los Picos de Europa numerosas inclinaciones N. y S., correspondientes a las ramas de estas curvas, y que deben obedecer a resistencias crecientes opuestas a la misma presión lateral procedente del O. Esta estructura ha dado lugar a considerables complicaciones de detalle en la disposición estratigráfica de los macizos devoniano y carbonífero de Asturias: ya hemos descrito numerosas fallas y dislocaciones locales, pero, no obstante, aun puede reconocerse la huella del gran movimiento del suelo tan claramente acusado que afectó a los macizos ante-devonianos de los montes cantábricos.»

»Además de este plegamiento general, sobrevenido hacia el fin de la época paleozoica, diversos movimientos contemporáneos de su formación, han trastornado los terrenos primarios: estas oscilaciones han separado entre sí las hiladas y nos han explicado los cambios orográficos, las

detallada — dice Adaro — de todas estas bandas (de cuarcita siluriana), nos llevaría fuera de los linderos propios de un trabajo destinado a la investigación de los minerales de hierro, por lo cual, nos limitaremos a remitir al lector al bosquejo geológico en donde hemos figurado las principales de dichas bandas, incluyendo entre ellas la de Cué, que Barrois atribuyó al devoniano superior por la circunstancia de servir de asiento a la caliza carbonífera, no sospechando que pudiera existir una regresión del mar devoniano del NE. al SO., como efecto inmediato de los movimientos caledonianos que en Asturias han pasado inadvertidos a la mayoría de los geólogos.»

— Véase también nuestro estudio *La meseta ibérica*, ya citado.

(1) CHARLES BARROIS: *Recherches sur les terrains anciens de Asturias et de la Galice*. Lille, 1882, página 603.

variaciones de la fauna, la acumulación y el origen de los sedimentos clásicos, y han producido a veces, como ya hemos dicho, una disposición transgresiva entre diversas hiladas sucesivas. Tal es la disposición del terreno hullero superior al O. del terreno hullero medio: su estratificación transgresiva y su situación en pequeñas cuencas alineadas de N. a S. tienen una gran importancia teórica, por lo que nos prueban que los diversos movimientos que han afectado al suelo paleozoico de Asturias se han producido siempre en la misma dirección O. E. Reconócese, pues, en la Asturias paleozoica, lo mismo que en los Montes Hercinianos, en los Alpes, en la Erzgebirge, etc., el hecho de la repetición de los mismos movimientos en diferentes épocas.»

De la misma opinión de Barrois, respecto a orogenia del suelo asturiano, parece participar Hernández Sampelayo, pues en su obra ya citada *Hierros de Galicia*, tomo I, página 135, dice lo siguiente: «A juzgar por el buzamiento de los estratos orientado de un modo constante hacia el O. y S., se puede suponer que el mar profundo y la zona débil, estuvieron en la parte oriental, donde se ofrecen los acantilados abruptos de las fallas imbricadas y repetidas, confirmando esta colocación la facies bathyal del siluriano y la extensión de los terrenos recubiertos hacia el E. El empuje debió de actuar de E. a O. preferentemente marcando el buzamiento la situación de la resistencia, de modo que en este episodio, el macizo granítico gallego sirvió de región *frontera (vorland)*, mientras que la *zaguera (interland)* hay que suponerla en Asturias. La demostración de la preponderancia del empuje horizontal creemos verla en la constancia de los pliegues sinclinales, la acción vertical debió ser pequeña y quedar representada en los escalones abruptos hacia el E. La gran curvatura de los pliegues primarios parece, en efecto, debida, según supuso Mac-Pherson, a una desviación del plegamiento herciniano originada por el choque contra la masa rígida de Galicia.»

Pero ya hemos visto que en el período devoniano estos arcos de plegamiento estaban formados ya, como lo manifiesta claramente la disposición y recorrido de las hiladas de este sistema, en la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica y en la parte occidental y septentrional de la cubeta moscovense asturiana (lám. II). Precisamente este proceso orogénico, más antiguo de lo que se había creído hasta aquí, preparó lógicamente la formación de la cubeta central, en la que pudieron efectuarse los depósitos del hullero medio.

Dicha cubeta es de carácter predominantemente marino, conteniendo, tanto en su parte inferior como en la superior y aun en varios niveles intermedios, sedimentos propios de las cuencas hulleras parálicas, que encierran una importantísima y variada fauna de agua salada, lo que prueba que estuvo casi constantemente en franca comunicación con el mar. Los movimientos del final del westfaliense plegaron los estratos de esta

cuenca en la forma imbricada que Adaro detalla en su magnífico corte horizontal estratigráfico de la cuenca carbonífera central de Asturias (1), y la forma de estos pliegues no acusa una prolongación de esta cubeta hacia el N. como sospechaba Adaro, y es creencia casi general. Los pliegues hulleros se cierran y juntan por debajo del cretáceo y del triás en las inmediaciones de Pola de Siero, o sea, en la vertiente meridional hundida de Peña Careses. Su misma imbricación denota claramente que tuvieron que ceñirse y doblarse dentro de un espacio restringido rodeado por terrenos firmemente plegados, y solamente en la parte occidental ofrecerían una menor resistencia los terrenos devonianos, lo que produjo la expansión, con fraccionamiento de la cuenca hullera hacia este lado, y la separación de un trozo de la misma, el hullero de Teverga, y la especial estructura del trozo de hullero medio que constituye la cuenca de Quirós, comprendido entre los macizos de caliza dinantiense de los puertos de Agüería, La Sobia, del Aramo y Brañavalera.

De consiguiente, a nuestro juicio, la cuenca central asturiana, después de los movimientos hercinianos, afectó la forma de un gran corazón, cuyo vértice corresponde a la concavidad de los pliegues primarios (lám. II). Sus bordes, de caliza dinantiense, realizados por aquellos movimientos, fórmanlos las sierras y macizos tectónicos de los Puertos de Agüería, Cuevas, Busdongo, Brañacaballo, Puertos de Vegarada, Peña Rubia, Cordal de Sobrescobio, Peña Mayor, Peña Careses, Paranza, Lagos, Monte Sacro, Puertos del Aramo y La Sobia.

Los pliegues hercinianos westfalienses produjeron la emersión definitiva de esta región central de Asturias, y apretándolos contribuyeron a modelar más vigorosamente los pliegues en arco elíptico de los terrenos cambrianos, silurianos y devonianos del occidente de la provincia, y los anteriormente orientados de E. a O. de la Cordillera Cantábrica.

En la vertiente meridional de esta cordillera se formó un gran surco o canal que doblaba en Villablino para penetrar en Asturias, siguiendo aproximadamente la dirección axial de los depósitos devonianos (lám. II).

Este canal elíptico pasaba en Asturias por Gillón, Cangas del Narcea, Tineo, Pravia y Arnao y se prolongaría quizá más hacia el NE. En él se efectuaron los depósitos del hullero superior, que más tarde los últimos movimientos hercinianos y enérgicas erosiones fracturaron, aislaron, denudaron y plegaron, dejándolos reducidos a las cuencas esporádicas actuales. La forma elíptica de este canal puede seguirse fácilmente desde Sabero (León), de donde arranca la notable corrida cuarcitosa siluriana que, pasando al N. de las cuencas de Sabero, Santa Lucía y Villablino,

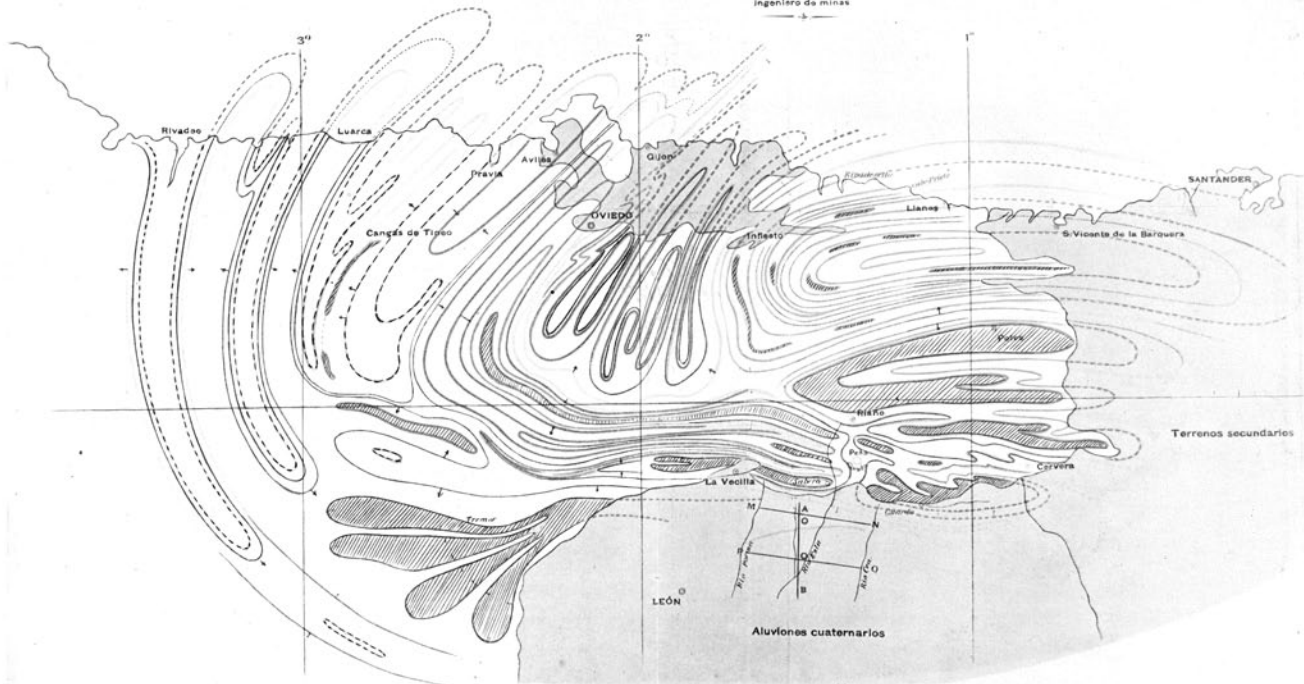
(1) L. ADARO: *Emplazamiento de sondeos para investigar la probable prolongación de los senos hulleros por bajo de los terrenos mesozoicos*, 1914.

— *Atlas del estudio estratigráfico de la cuenca central de Asturias*, 1926.

LÁMINA I

ESQUEMA ESTRATIGRÁFICO DE LOS ESTRATOS PRIMARIOS DE LAS PROVINCIAS DE ASTURIAS y LEÓN

Por D. Ramón de Urrutia y Llano
Ingeniero de minas



penetra en Asturias, formando el cordal de la Serrantina, y entre Tineo y Belmonte se bifurca en forma de horquilla, una de cuyas ramas se rompe en Grado para continuar formando las sierras de Bufarón y Gorfolí, vuelve a romperse en Tamón y termina en Monte Areo y Cabo de Torres; y la otra rama que desde Tineo y pasando por Pravia termina en el Cabo Vidrias.

Otros canales secundarios de menor importancia rodearon también la cuenca central asturiana, circundándola a la manera de una orla. Uno de ellos recorría el eje mismo de la cordillera y penetraba en Asturias, de un lado por Puertaventana, terminando en el pliegue isoclinal de la cuenca de Teverga (1), y de otro, por el puerto de San Isidro, recorriendo la región oriental de S. a N. aproximadamente, hasta Infiesto; en este último depositáronse las cuenquecitas de Caso y la Marea. Al mismo tiempo el mar uraliense invadía las regiones oriental y septentrional de Asturias, y posteriormente el mar pérmico, regresivo, cubría también en gran parte estas mismas regiones. Al final del permiano, los últimos movimientos hercinianos plegaron enérgicamente los depósitos permohulleros, hallándose el foco principal de estos movimientos en la región de los Picos de Europa, cuya sublevación y vigoroso modelado datan, a nuestro juicio, de esta época (2).

Claro es que los grandes movimientos terciarios de la época alpina que tanto han influido en el relieve de los Pirineos, transmitieron sus ondulaciones, aunque un tanto atenuadas, hasta la Cordillera Cantábrica y acabaron de modelar su compleja estructura realzando su borde meridional mesozoico y replegando en forma violentísima los canales del hullero superior de las provincias de León y Palencia; pero no creemos en la «influencia preponderante» de estos movimientos, como opinan Barrois y otros geólogos más modernos, Hans Stille, E. Cuéto, etc., capaz de producir las grandes diferencias de nivel que se observan en los distintos terrenos hulleros cantábricos. «El relieve actual del suelo de los montes cantábricos—dice Barrois—es debido principalmente a este último accidente geológico, posterior al Eoceno, pues, en efecto, no solamente ha determinado la elevación de las formaciones mesozoicas, sino que ha modificado sensiblemente el relieve de los macizos paleozoicos, singularmente denudados, por otra parte, desde la época hullera. Así, por ejemplo, es preciso achacar a la influencia de esta presión post-eocena las diferencias considerables de nivel que presenta el terreno hullero de Asturias, explotado bajo el nivel del mar en Arnao, elevado 200 metros de altitud no lejos de allí, al S. en la cuenca de Sama de Langreo, y a 2.000 metros en la cadena Cantábrica.»

(1) I. PATAC: *La formación uraliense asturiana*, págs. 9 y 21.

(2) «Asturias»: *Guía del XIV Congreso Geológico Internacional*. Madrid, 1926, pág. 75.

Como los procesos sedimentarios y orogénicos de la cuenca central de Asturias y de las del hullero superior han sido tan distintos y complicados, se hace sumamente difícil, y en muchos casos imposible, clasificar las cotas de estos terrenos hulleros; pero, a nuestro juicio, es indudable que unas, principalmente las de la cuenca central, son en su mayor parte westfalienses; otras, como las de los canales hulleros uralienses del occidente y oriente de Asturias y las del carbonífero de los Picos de Europa, datan probablemente del permiano, y solamente las más cercanas al eje de la Cordillera Cantábrica, desde su parte central hacia Levante, son francamente de edad alpina.

En cuanto a la interesantísima región costera comprendida entre Avilés y el Puerto de Sueve, recubierta por terrenos secundarios y terciarios, objeto, en parte, desde hace bastantes años de algunas exploraciones profundas por medio de sondeos, principalmente por los Sres. Felgueroso Hermanos, todo hace suponer, según nuestras observaciones, que existe, efectivamente, en esta zona, como preveíamos en nuestra obra *La formación uraliense asturiana*, una cuenca plegada permocarbonífera de edad posterior a la de la cuenca central, de indudable importancia industrial, que constituye una magnífica reserva hullera para el porvenir. En su estudio nos ocupamos desde hace mucho tiempo y tenemos el propósito de emprender en breve su publicación.

IGNACIO PATAC

RECUERDOS DE UNA ASCENSIÓN AL VESUBIO

Si alguna vez vais a Italia no dejéis de visitar Nápoles, una de las ciudades mejor situadas del mundo. Bien se conoce que la fundaron los griegos, maestros insuperables de la belleza.

Asentada en el borde del maravilloso mar Tirreno, cara al Sur, ocupa el centro de un magnífico anfiteatro que cierran por el Occidente las islas de Ischia y Procida, el cabo Miseno, Pozzuoli y el cabo Posilipo; y por el Oriente, la encantadora isla de Capri, la península de Sorrento, Castellamare y el monte del Vesubio, gigante centinela del golfo, en cuya cresta, situada a mil trescientos metros, aproximadamente, sobre el nivel del mar, flota, con frecuencia, un airón de humo denso, que surge de las cálidas entrañas del planeta.

Nápoles es la ciudad más populosa de Italia y la más alegre y animada.

En sus calles, pavimentadas con losetas cuadrangulares de lava del Vesubio, la vida tiene un ritmo acelerado y febril. Algunos de sus barrios más típicos producen la impresión de los suburbios de ciertas viejas ciudades españolas. Aquellos chicos harapientos, que pululan por ellas, de ojos vivos y pícaros, de movimientos graciosos y de tostada tez, parecen ser hermanos gemelos de los pilluelos de Granada, de Sevilla o de Málaga.

Como dicen los simpáticos napolitanos: *Vedi Napoli e poi muori!*

A Nápoles fué a buscar inspiración el divino Virgilio, príncipe de los poetas latinos, para componer sus más hermosas poesías, en los primeros años de la era cristiana.

Constituye un centro magnífico de excursiones por tierra y por mar, a las islas que bordean el golfo, a la península de Sorrento, a las ruinas de Pompeya, a las Solfataras, entre Pozzuoli y Nápoles, y principalmente al famoso volcán del Vesubio, que ya desde niños ha herido tan vivamente nuestra imaginación.

Recorriendo Italia de Norte a Sur, siguiendo toda la costa mediterrá-

nea, desde Barcelona, llegué a Nápoles en los primeros días de junio del año 1923.

Aunque iba en plan de turista, la excursión al Vesubio constituía para mí una obsesión, una idea fija, que no me había abandonado durante todo el viaje.

Deseaba subir hasta el borde de su enorme cráter, asomarme a él, y mirar allá abajo; percibir el sordo rumor, la palpitación de las entrañas del monstruo y aspirar, por un momento, el aire caliente y enrarecido que circunda la boca del volcán.

Al cabo de dos días de mi llegada a Nápoles realicé la ascensión en circunstancias extraordinariamente favorables para la observación, pues el volcán se hallaba entonces en una fase de paroxismo interesantísima del período de actividad que ofreció en los días 5 al 8 de junio de 1923, es decir, pocos días antes de la erupción del Etna, en Sicilia, que sepultó bajo una lluvia de *lapilli* y cenizas los pueblos de Picciolo, Cerro y Pállamellata y amenazó gravemente a las poblaciones de Castiglione, Linguaglosa y otras, como recordaréis por los relatos que publicó la Prensa.

Voy, pues, a tratar de describiros esta ascensión inolvidable, que, aunque actualmente se hace de una manera muy rápida, sencilla y cómoda, no por eso deja de ser menos emotiva. Al contrario, la menor fatiga deja más libre el campo a la emoción.

La excursión puede hacerse perfectamente en un día. Se sale de Nápoles en ferrocarril a las ocho de la mañana, y al cabo de una hora de recorrido por la costa, se llega a Santa María de Pugliano, estación de enlace con los funiculares que la conocida Agencia Cook ha construído sobre la vertiente occidental del Vesubio y que conducen a los turistas hasta el mismo borde del cráter. En el trayecto, cerca de Portici, se atraviesa la colada de lavas que arrojó el volcán en la memorable erupción del año 1906.

Pugliano se halla muy próxima a Resina, ciudad construída sobre los mantos de lavas que sepultaron a Herculano cuando la famosa erupción del Vesubio del año 79 de nuestra era, y de otra erupción, también importante, que hubo en el siglo XVII.

Era la mañana del 7 de junio. En la noche del 4 había empezado el período de actividad del volcán, llevando, por tanto, tres días vomitando sin cesar escorias encendidas, lavas y humos densos que envolvían la cresta del Vesubio.

En la madrugada de aquel día 7 se había recrudecido la actividad interna y a las nueve de la mañana la cumbre del volcán estaba cubierta de gases y vapores que hacían imposible la ascensión.

Fué necesario esperar cerca de dos horas hasta que el viento limpió de humos la boca del cráter, y entonces, a las once de la mañana, pudimos emprender la ascensión.

El tranvía comienza a recorrer lentamente el fertilísimo valle que se extiende al pie del cono de cenizas. La vista se extasía ante aquellos campos cubiertos de una rica vegetación de naranjos y limoneros, nísperos del Japón y plantaciones de viñedos que producen el exquisito *lacrima cristi* de fama universal.

La fertilidad extraordinaria de la región napolitana, que produce varias cosechas al año, obedece al enorme contenido de potasa de las tierras (de un 35 por 1.000 aproximadamente) procedente de la descomposición de la *leucita*, silicato doble de potasio y alúmina que arroja el Vesubio. Por esta razón se explica fácilmente por qué, a pesar de las erupciones y de las frecuentes lluvias de cenizas cáusticas, una numerosa población agrícola se obstina en vivir al pie del volcán. Cada nueva erupción y cada nueva lluvia de cenizas suministran al suelo nuevos elementos fertilizantes.

La vía asciende en suave pendiente, y al mirar hacia atrás va surgiendo poco a poco el contorno del golfo de Nápoles: primero, entre las ramas de los árboles, como a través de una gasa verde; después, aparecen más claras y distintamente las ondas azules del mar.

Al término de un recorrido de unos siete kilómetros por la frondosísima vega, en el que se emplean unos cuarenta minutos, llegamos al pie del plano inclinado de cremallera, en el que, una vez engranados, se empieza la verdadera ascensión por la vertiente del volcán. Este plano nos eleva hasta la plataforma situada a la mitad del recorrido aproximadamente, que se halla a 608 metros de altura sobre el nivel del mar, y en donde están emplazados el Observatorio, la capilla de San Salvador y el Hotel de Ermitage.

La ascensión ofrece momentos de emoción indescriptibles. La vista descubre sin cesar distintas perspectivas de un panorama espléndido.

A la derecha, la enorme urbe napolitana, con sus calles retorcidas, y los cabos de la costa, Posilipo, Miseno y las islas de Procida y de Ischia; a la izquierda, Castellamare y Sorrento.

Las aguas del golfo tienen reflejos de zafiros y turquesas y nos envían su hálito marino y el vago rumor del oleaje.

La isla de Capri brilla a lo lejos, reflejando en sus rocas claras los rayos del sol de Mediodía.

La vegetación se empobrece con la altura. Apenas se ven ya alguna que otra mata sobre la lava, hosca, retorcida y convulsionada que forma la vertiente.

El amable guía de la Agencia Cook nos obsequia a los viajeros con sendos ramilletes de unas florecillas amarillentas que despiden suave fragancia de nardo. Son las únicas flores del Vesubio, nacidas entre la lava, que alegran la vista y recrean el olfato en aquellos parajes desolados.

La temperatura va refrescando un tanto a medida que ganamos altura.

Llegamos a la terraza del Observatorio, y sin detenernos montamos de nuevo en el tren, haciendo un recorrido de unos tres kilómetros hasta el pie del funicular, que desde los 795 metros de altitud nos ha de subir hasta el mismo borde del cráter.

Esta última ascensión es la más emocionante, pues el plano tiene una gran inclinación y diríase que va uno subiendo en la barquilla de un globo.

En la primera parte de la ascensión el espíritu permanece en suspenso, contemplando el soberbio espectáculo de la costa napolitana y el lejano horizonte del mar. Poco a poco una niebla sutil empieza a borrar las líneas de la costa. Esfúmanse los caseríos de Nápoles, de Resina, de Torre del Greco, destruída y reconstruída varias veces sobre las lavas.

Durante algún tiempo, todavía vemos el mar de un azul cada vez más lechoso y sombrío, hasta que la niebla borra por completo el maravilloso panorama.

Un enorme silencio, el mágico silencio de las montañas, reina en nuestro derredor. Los corazones de los viajeros laten con un ritmo acelerado, y las frentes se pueblan de graves pensamientos. Todos sienten dentro de sí la divina emoción del misterio que van a presenciar.

El frío, cada vez más intenso, produce un ligero temblor.

Una paz inefable baja del cielo, y, sin embargo, nosotros empezamos a sentir una leve inquietud.

Al fin llegamos a la cumbre. Estamos ya a 1.300 metros sobre el nivel del mar. Una niebla húmeda y sutil nos envuelve, pero no nos oculta el camino que hemos de recorrer a pie, sobre el mismo borde del cráter. A cada pareja de viajeros acompaña un guía con su cayado de alpinista. El nuestro es un hombre rudo, de tez tostada y curtida por el aire y el sol, que chapurrea un poco el francés y otro poco el inglés. Mientras caminamos, nos dice que en aquella madrugada se había sentido un fuerte temblor en el monte, y que en aquellos días se notaba una gran agitación, aunque sin peligro inmediato.

Diez minutos de camino nada más, y llegamos a la misma arista del cráter. Una enorme fosa se ofrece a nuestra vista, en cuyas paredes se observan perfectamente las distintas capas de lava estratificada. En el fondo de la inmensa hoya está el cono eruptivo, que sólo a intervalos permite ver el penacho de humos blancos y grises que salen constantemente del volcán. Un ronco crepitar, un imponente resuello, retumba allá abajo. Es la voz de la tierra, siniestra, amenazadora. De cuando en cuando, con un formidable resoplido arroja el volcán escorias incandescentes, que lanza a gran altura; algunas de estas piedras son de bastante tamaño, y al propio tiempo surge una corriente de lava fundida, semejante a la colada de un alto horno, que se derrama por la vertiente del cono; todo ello acompañado de gran humareda que tarda un rato en disiparse.

Nuestra mirada queda fija, durante un buen rato, ante aquel prodigio, que emociona y atrae a la vez:

Una pregunta angustiosa, que nadie contesta, cruza por la mente: «¿Dónde nace ese fuego que tenemos bajo los pies?» Y la imaginación, sobrecitada por el soberbio espectáculo, cree estar presenciando la respiración del mundo.

El aire, mezclado con gases calientes llega hasta el borde del cráter, y nos produce el extraño contraste de sentirnos sofocados por las bocanadas ardorosas, y al propio tiempo experimentar la sensación de frío por la espalda, a causa de la niebla y de la altura.

Las paredes interiores de la boca del cráter son casi verticales, y aunque en algunos sitios son accesibles al descenso, éste constituye siempre un gran peligro.

«El año pasado — nos dijo el guía — dos ingleses quedaron sepultados entre la lava por empeñarse en bajar.»

Aprovechando los escasos instantes en que se disipaban los humos, obtuve varias vistas estereoscópicas del cráter, que dan una idea del período de actividad del Vesubio, en aquellos días (láminas I, II y III).

El profesor Malladra, del Observatorio del Vesubio y de la Real Universidad de Nápoles, primera autoridad en Vulcanología, describía del siguiente modo, un día después de mi visita, este período eruptivo: «Después de tres meses de actividad, si bien poco intensa, puesto que se reducía a desprender humo y a veces a arrojar piedras y escorias, el Vesubio entró de pronto en una fase de paroxismo en el interior del cráter, que, sin embargo, no ofrecía peligro para los parajes circundantes. El cono eruptivo, situado en la ancha plataforma del fondo del cráter, que había llegado a alcanzar una altura de 70 metros, empezó a arrojar en la noche del 4 de junio abundantes chorros de escorias incandescentes y a formar pequeñas corrientes de lavas, en especial en la parte Norte; en las noches del 5 y del 6 el cráter permaneció cubierto de humos y nieblas, y a las dos de la mañana del 7 la actividad del volcán aumentó de nuevo y produjo una sacudida sísmica que despertó a los guardianes de la estación superior del funicular del Vesubio. El cono volcánico se ensanchó en su base en tres direcciones, mientras que el vértice sufrió una depresión de cerca de 30 metros. Durante todo el día la erupción presentó fantástico aspecto, y en los días siguientes la actividad fué disminuyendo gradualmente. El volumen de la lava arrojada por el Vesubio durante los cuatro días de mayor actividad de la erupción puede calcularse en unos 700.000 metros cúbicos, que han hecho levantar considerablemente el fondo del cráter.»

Y en un trabajo del mismo autor, titulado «Osservazioni e ricerche su l'attuale periodo eruttivo vesubiano», publicado en el *Bulletin Volcanologique*, del trimestre julio-septiembre de 1924, añade el profesor

Malladra: «La presente actividad normal intercratérica consiste esencialmente en explosiones con lanzamiento de material fragmentario incandescente, procedente de una o más bocas abiertas sobre el vértice de un cono de acumulaciones (de 20 a 100 metros, y aun más, de altura) situado excéntricamente en el cuadrante SO. de la plataforma del amplio fondo cratérico (hoy de cerca de 650 metros de longitud, el mayor diámetro, de dirección Este a Oeste) y de aflujo de lava tranquila. Las explosiones, variadísimas en intensidad y efecto balístico, son de dos clases: físicas y químicas. Las primeras, a veces prolongadas, dependen de la fuerza elástica con que está aprisionado el gas en el magma, y son acompañadas de densos resuellos de humos, más o menos copiosos, de varias coloraciones: blancos, amarillos, amarillo rosáceos, anaranjado oscuro, amarillo verdoso y de material piroclástico más o menos copioso de distintos tamaños; a veces la *fontane di scorie* sube hasta 200 metros y más sobre la boca. También arroja escorias filiformes, es decir, en forma de hilos, que se llaman *Capelli di Pele*. La segunda forma de explosión, generalmente instantánea y seca, obedece a la mezcla detonante, constituida por gases especiales que vienen a ponerse en contacto con el aire atmosférico en un ambiente incandescente; dan poco o ningún humo y producen un abanico muy abierto de diminuta escoria» (1).

El guía nos entregó, mediante un pequeño estipendio, varias piedras y lavas recogidas poco antes en el fondo del cráter, una de las cuales aún estaba caliente y aprisionaba una pequeña moneda de cobre.

Satisfechos por la fortuna que la Providencia nos había deparado de poder realizar en un día tan oportuno, por lo excepcional, la magnífica ascensión, regresamos a la cabeza del funicular y poco después descendíamos a la plazoleta del Observatorio.

Las emociones de la ascensión y el aire fresco de la montaña habían despertado en los viajeros un excelente apetito. Afortunadamente, allí estaba esperándonos el Hotel de Ermitage, con su estupendo comedor colgado sobre la vertiente y desde el cual se divisa el espléndido panorama del golfo.

Terminado el almuerzo, visitamos la capillita de San Salvador, varias veces destruida —y otras tantas reedificada— por la lluvia de *lapilli* y cenizas. ¡Triste destino el de esta capillita y el del Observatorio anejo! En estas soledades viven juntas la Ciencia y la Fe sobre la falda del Vesubio, atisbando el misterio. Un día, una noche cualquiera, una espantosa

(1) Los más recientes estudios efectuados por el profesor J. de Erasmo en diferentes pozos perforados en Campania, comprueban la hipótesis, ya formulada por diferentes geólogos — Breislak, Guiscardt y Johnston-Lavis — de que el Vesubio fué una isla en tiempos no muy remotos, pues tanto éste como el monte Somma se hallan rodeados de un anillo de estratos marinos de la época cuaternaria

lluvia de cenizas o una corriente de lava las sepultará para siempre. ¿Para siempre he dicho? No, me he equivocado. La Ciencia y la Fe, como el Fénix, renacerán siempre de sus cenizas.

Volvimos a instalarnos en el funicular de cremallera y emprendimos el descenso.

A nuestra derecha quedaban los restos del cono eruptivo por donde reventó el Vesubio hace cerca de dos mil años, y cuyas lavas y cenizas sepultaron a Pompeya y Herculano.

La vista de aquel promontorio trajo a nuestra imaginación el recuerdo de aquella catástrofe que tan admirablemente ha descrito un testigo presencial de gloriosa estirpe. Me refiero al relato, tan sencillamente escrito y tan hondamente sentido de Plinio el Joven, cuando describe la muerte de su tío, Plinio el Mayor, el naturalista, en aquella terrible erupción.

«Aunque el recuerdo sólo me estremece... — le dice Plinio el Joven en carta dirigida a su amigo el historiador Cornelio Tácito —, comenzaré.

»Encontrábase en Miseno, donde mandaba la flota. Era el nueve de las Kalendas de septiembre, cerca de la hora séptima, cuando le advirtió mi madre que se descubría una nube de magnitud y forma extraordinaria. Después de haber estado algún tiempo acostado al sol, según su costumbre, y de haber tomado un baño frío, se había echado sobre un lecho, donde estudiaba. Levantóse y subió a un punto desde donde podía observar bien aquel prodigio. Difícil era distinguir de qué montaña brotaba aquella nube; después se supo que del monte Vesubio. La nube tenía figura de árbol, pareciéndose a un pino más que a otro cualquiera, porque después de elevarse mucho en forma de tronco, se extendía a manera de ramaje; yo creo que un viento subterráneo la impulsaba enérgicamente y la sostenía, y sea que el impulso amenguase poco a poco, sea que la nube cediera a su propio peso, veíasela dilatarse y extenderse, apareciendo en tanto blanca, en tanto negruzca, en tanto de colores diferentes, según que se encontraba más recargada de ceniza o de tierra (1). Este prodigio sorprendió a mi tío, que era muy sabio, y lo creyó digno de examinarlo de cerca. Dispuso en seguida que preparasen su nave libúrnica y me dejó en libertad de acompañarle, respondiéndole yo que prefería estudiar, pues por casualidad él me había dado algo que escribir...

»Habiendo marchado mi tío, continué el estudio que me había impe-

(1) Esta descripción que hace Plinio de la erupción del año 79 coincide exactamente con la forma que afectaron los vapores de la erupción del año 1822, según el dibujo que, tomado del natural, hizo Poulett-Serop, y que se parece, en efecto, a un pino real. Esta forma es, al parecer, la normal en los vapores expulsados por el volcán cuando al ocurrir la erupción el aire se halla en una inmovilidad absoluta. Pero si el aire no está en calma, la nube de vapores y cenizas toma una forma menos regular; por ejemplo, como la que afectó la famosa erupción de abril de 1906.

dido seguirle. Tomé un baño, cené, me acosté y dormí algo, aunque con sueño inquieto. Durante muchos días se habían sentido terremotos, extrañándonos muy poco por lo sujetos a ellos que están los caseríos y ciudades de la Campania. Durante esta noche aumentó con tal violencia el temblor, que parecía que no se conmovía, sino que se derrumbaba todo. Mi madre entró bruscamente en mi habitación y me encontró levantándome para ir a despertarla si estaba dormida. Nos sentamos en el patio que separa en corto espacio la casa del mar. Como tenía yo diez y ocho años solamente, ignoro si debo llamar firmeza o prudencia a lo que hice: pedí el libro de Tito Livio, me puse a leer y continué extractándole como podía haberlo hecho en medio de la mayor tranquilidad. Llegó un amigo de mi tío, recién venido de España para verle. Al vernos sentados a mi madre y a mí, teniendo yo un libro en la mano, nos reconvino, a ella por su tranquilidad y a mí por mi confianza. Por mi parte no levanté los ojos del libro. Eran ya las siete de la mañana y apenas aparecía una luz débil a manera de crepúsculo. En este momento se conmovieron las habitaciones con sacudidas tan fuertes, que ya no era seguro permanecer en aquel sitio que, aunque descubierta, era muy estrecho. Resolvimos salir de la ciudad: asustado el pueblo, nos siguió en tropel, estrechándonos, empujándonos y apelando a lo que en el terror sirve de prudencia: cada cual no creía nada más seguro que hacer lo que veía a los otros. Cuando nos encontramos fuera de la ciudad nos detuvimos y allí nos asaltaron nuevos prodigios y nuevos terrores. Los carruajes que habíamos llevado, a pesar de encontrarse a campo raso, se agitaban de tal manera, que ni sujetándolos con piedras gruesas se les podía mantener en su sitio. El mar parecía volver sobre sí mismo como repelido de la orilla por el terremoto. La playa era más ancha, en efecto, y se encontraba llena de diferentes peces que habían quedado en seco en la orilla. En el opuesto lado veíase una nube negra y horrible, surcada por fuegos que brotaban serpenteando, abriéndose y dejando escapar llamaradas como relámpagos, pero mucho más grandes. Entonces volvió por segunda vez el amigo de que acabo de hablar, instando con mayor ahinco: — Si tu hermano, si tu tío vive — dijo — desea, sin duda, que os salvéis. Si se ha muerto, ha deseado que le sobreviváis. ¿Qué esperáis, pues? ¿Por qué no os ponéis en salvo?— Nosotros le contestamos que no podíamos pensar en nuestra seguridad mientras estuviéramos inquietos por la suerte de mi tío. El español partió sin esperar más, buscando su salvación en precipitada fuga. Casi en el acto cayó a tierra la nube cubriendo los mares, ocultándonos la isla de Capri, a la que envolvía, y haciéndonos perder de vista el promontorio Miseno. Mi madre me rogó, me instó, me mandó que me pusiera en salvo, de «cualquier manera que fuese»; me hizo observar que era cosa fácil a mi edad, y que ella, cargada de años y muy gruesa, no podría hacerlo; que moriría contenta si no era causa de mi muerte. Yo le

dije que no había salvación para mí sin ella; cogíla de la mano y la obligué a acompañarme, haciéndolo con trabajo y lamentando lo que me retrasaba. Comenzaba a caer sobre nosotros la ceniza, aunque en pequeña cantidad. Vuelvo la cabeza y veo a la espalda densa humareda que nos perseguía, extendiéndose por el terreno a manera de torrente. —Mientras veamos —dije a mi madre— dejemos el camino carretero, no sea que la multitud que nos sigue nos ahogue en la oscuridad—. Apenas nos habíamos separado, de tal manera aumentaron las tinieblas, que parecía nos encontráramos, no en una noche oscura, sino en una habitación en que se hubieran apagado todas las luces. No se oían más que lamentos de mujeres, gemidos de niños y gritos de hombres. Uno llamaba a su padre, otro a su hijo, aquel a su esposa, no reconociéndose más que por la voz. Este deploraba su desgracia, el otro la muerte de sus parientes, habiendo alguno a quien el temor de la muerte le hacía invocar a la muerte misma. Muchos imploraban el auxilio de los dioses, muchos creían que no los había, considerando que esta noche era la última y eterna noche en que había de quedar sepultado el mundo, y ni siquiera faltaban quienes aumentaban el temor razonable y justo con terrores imaginarios y quiméricos diciendo que en Miseno había caído esto, había ardidido lo otro, dando el miedo crédito a sus mentiras. Apareció una claridad que nos anunciaba, no el regreso del día, sino la proximidad del fuego que nos amenazaba; sin embargo, se detuvo lejos de nosotros. Volvió la oscuridad y comenzó de nuevo la lluvia de ceniza más fuerte y más espesa.

»Veíamonos obligados a levantarnos de cuando en cuando y a sacudir las ropas, porque de no hacerlo así, nos habría cubierto y sepultado. Podría alabarme de que en medio de tantos peligros no se me escapó ni una queja, ni un lamento, sosteniéndome la consideración, poco razonable, pero natural al hombre, de que todo el universo parecía conmigo. Al fin se disipó poco a poco aquel denso y negro vapor, desapareciendo por completo como una humareda o una nube. Poco después apareció la luz, se vió el sol, aunque amarillento, y a la manera que aparece en los eclipses. Todo aparecía cambiado a nuestros ojos, perturbados todavía, no viendo nada que no estuviese oculto bajo montones de ceniza, como bajo la nieve...»

Como veis, ¡cuán sencillas y elocuentes palabras! Qué diferencia entre este lenguaje tan claro, tan preciso, entre este pensamiento tan agudo y tan diáfano de un hombre de hace dos mil años, y el lenguaje conceptual, laberíntico, incomprensible, en muchas ocasiones, de ciertos culticazos y pseudofilósofos de nuestro tiempo.

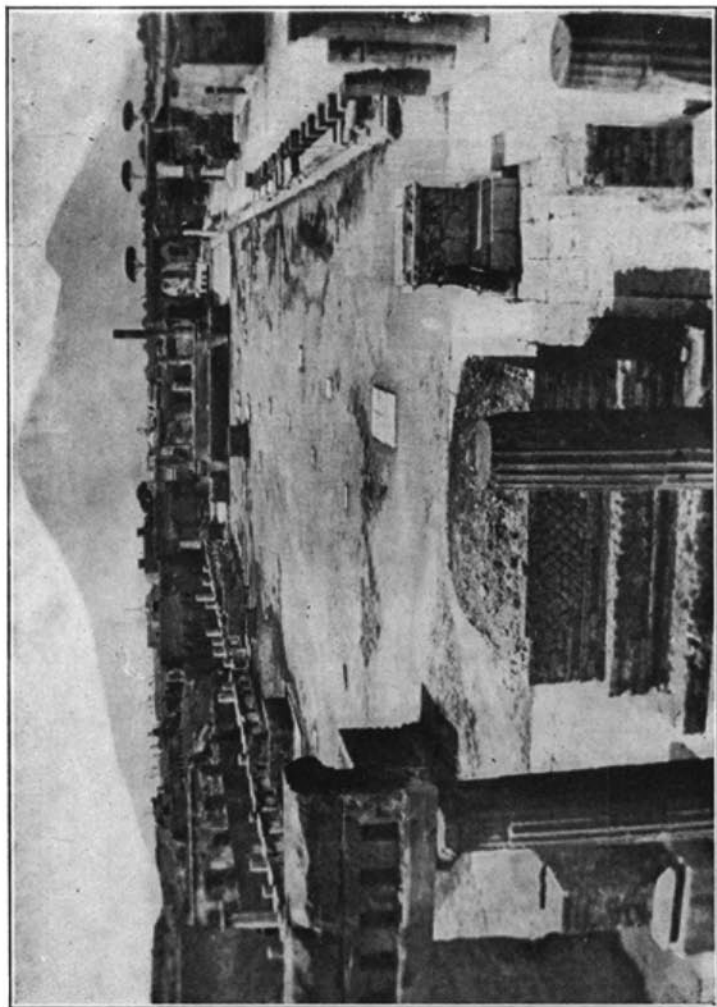
Pensando en esta emocionante erupción, volvimos a recorrer los viñedos y los naranjales de la hermosa vega vesubiana. Allí abajo, la naturaleza reía y se esponjaba al recibir la caricia de los rayos del sol. ¡Qué lejos entonces el pensamiento de la muerte y de la destrucción!

Sin embargo—pensamos—transcurrirán otros mil años quizá, o acaso dos mil, y la catástrofe se repetirá.

Adiós, Torre del Greco, Torre Annunziata — exclamamos desde la ventanilla del tren que nos condujo a Nápoles —. Dios os guarde y os preserve de vuestro terrible vecino.

Y entretanto inmensas bandadas de turistas, procedentes de todos los rincones del globo, seguirán extasiándose ante la magnificencia de esta bella costa italiana, llena de luz y de colores. Trotarán por las bulliciosas calles de Nápoles. Escalarán las vertientes del Vesubio, y se asomarán a su enorme cráter con los ojos asombrados por el prodigio que resuena allá abajo. Asistirán a las canciones y bailes en los patios floridos de los hoteles de Sorrento, y disfrutarán del suave encanto de la gruta azul de la maravillosa Isla de Capri, en cuyas bóvedas se refleja la luz esplendorosa del golfo de Nápoles, después de haber atravesado las aguas de cobalto del mar Tirreno.

LÁM. I



Vista del monte Vesubio desde el foro de Pompeya.

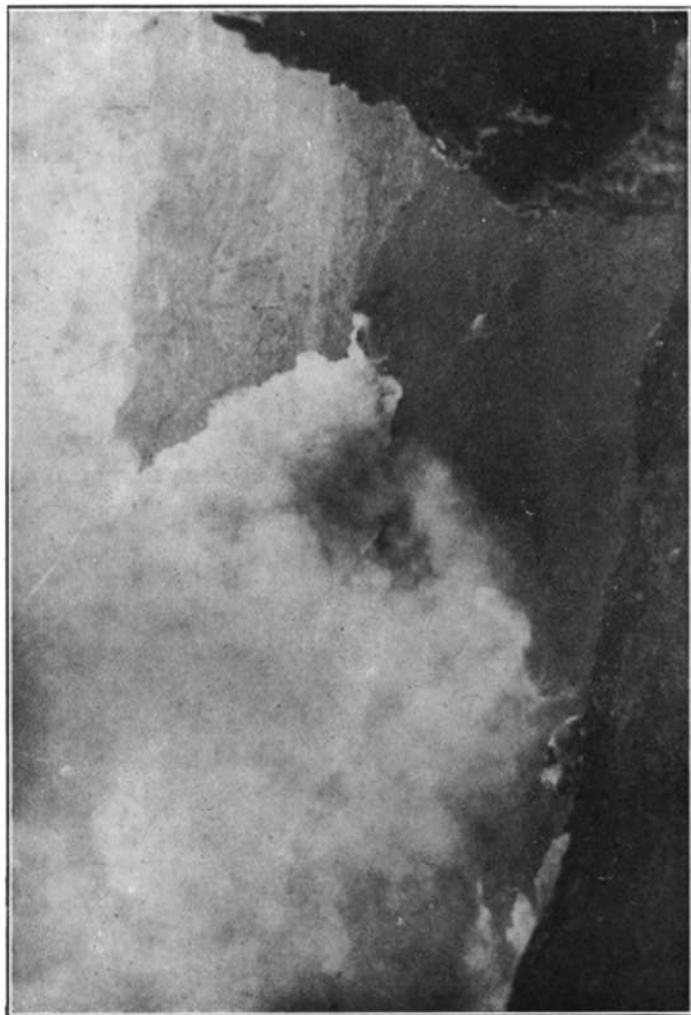
(Fot. del autor.)



El Vesubio. Aspecto del gran cráter en la mañana del 7 de junio de 1923.

(Fot. del autor.)

LÁM. III.



El Vesubio. El cono eruptivo en la mañana del 7 de junio de 1923. (A la izquierda se ve parte de la corriente lávica y entre la humareda se observan algunas piedras incandescentes.)

(Fot. del autor.)

CELSO R. ARANGO

DESLINDE DE ATRIBUCIONES ENTRE LA APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE POLICÍA MINERA Y LA LEGISLACIÓN DEL MINISTERIO DE TRABAJO ENCOMENDADA A LOS INSPECTORES DEL TRABAJO

ADECUADA ORDENACIÓN DE ESTA FUNCIÓN EN LAS MINAS

El Cuerpo de Ingenieros de Minas ha tenido siempre entre sus atribuciones el ejercer la inspección en las minas y fábricas metalúrgicas, tanto en lo que se refiere a la seguridad de personas y cosas, cuanto en lo relativo a las leyes de carácter social.

Lo primero es bien conocido de todo el mundo; lo segundo ya no pertenece tanto al conocimiento común.

Y que esta intervención no es reciente, lo demuestra el que, ya en la Real orden de 13 de marzo de 1900, sobre la aplicación del reglamento de Policía Minera, se dice que los Ingenieros de Minas pertenecientes a la Policía Minera tienen el deber de vigilar todo lo referente a leyes especiales (accidentes del trabajo, trabajo de mujeres y niños, descanso dominical, escuelas, contratos de trabajo, jornada en las minas, huelgas, etcétera), independientemente de los Inspectores y Juntas locales de Reformas sociales.

En el reglamento del Cuerpo de Celadores de 22 de enero de 1904, en su artículo 6.º se manifiesta que dichos Celadores «observarán debidamente si se cumplen las prescripciones del trabajo de mujeres y niños y reglamento de Policía Minera, poniéndolo en conocimiento de sus Jefes».

En la práctica, exclusivamente los Ingenieros de la Jefatura de Minas intervienen en las cuestiones de seguridad e higiene de los trabajos en las minas, y únicamente en las huelgas, los Gobernadores han acudido unas veces a los servicios de la Jefatura de Minas y otras a los Inspectores del Trabajo.

Creados recientemente los Delegados obreros en las minas, lo han

sido solamente para su intervención en las cuestiones sociales, pero como ha de ampliarse su esfera de actuación a las cuestiones técnicas, esto es, al modo de llevarse los trabajos y debida seguridad de los mismos y las que se deriven de la aplicación del reglamento de Policía Minera, se plantea el problema de su relación con los Ingenieros de Policía Minera y los Inspectores de Trabajo.

En Francia y otros países, donde ya están implantados los Delegados obreros, está resuelta esta cuestión del modo más sencillo, que es, a nuestro parecer, el más natural. Los Delegados obreros se relacionan exclusivamente con la Jefatura de Minas, siendo ésta la que únicamente ejerce la inspección en todas las cuestiones del trabajo en las minas. Los Delegados obreros hacen constar sus advertencias en un libro especial que existe en cada mina; los Ingenieros-directores hacen también constar su opinión, y el Ingeniero de Minas del Estado, previa la inspección correspondiente, resuelve la cuestión, dictando las órdenes oportunas.

Pero en este caso, los Delegados obreros deberían pertenecer al Ministerio de Fomento, puesto que las cuestiones todas del trabajo en las minas pertenecerían a la Jefatura de Minas, y ésta hoy día depende de este Ministerio.

Como quizá haya dificultades para que dichos Delegados obreros no pertenezcan al Ministerio de Trabajo, es necesario buscar una solución que regule dicha Inspección de Trabajo en las minas.

Dada la índole especialísima del trabajo en el interior de las minas, que hace inexcusable conocimientos técnicos para la intervención en cualquier clase de asunto relativo a dichos trabajos, y dada la importancia de los trabajos mineros, que en España ocupaban en el año 1930, 171.105 obreros, podría crearse una Inspección de Trabajo en las minas y fábricas metalúrgicas, y cuyos Inspectores tendrían el título de Ingenieros de Minas, Inspección dependiente del Ministerio de Trabajo. Formarían parte de esta Inspección los Delegados obreros, los cuales, teniendo sólo una función informativa, darían cuenta a los Inspectores de Trabajo en las minas, de las faltas de cumplimiento de los reglamentos o deficiencias que en su visita a las minas observasen, tanto de índole técnica como social, y los Inspectores de Trabajo intervendrían en la cuestión planteada.

Si se tratase de una cuestión social, tales como las referentes a contrato de trabajo, reglamento de trabajo de mujeres y niños, huelgas, duración de la jornada, salario mínimo, etc., el Inspector de Trabajo resolvería por sí lo que fuese oportuno; pero si dicha cuestión fuese de carácter técnico, tales como medidas de seguridad en las minas (en los diferentes servicios de entibación, ventilación, grumetría, explosivos, etc., que en ellas existen), entonces darían cuenta dichos Inspectores a la Jefatura de Minas, para que los Ingenieros de Policía Minera visitasen las minas, y después

de la correspondiente inspección y estudio de los hechos, resolviesen lo adecuado, imponiendo a la mina las prescripciones oportunas.

De este modo se contaría en el Ministerio de Trabajo con un cuerpo de Inspectores de Minas, para intervenir en todas las cuestiones que en dicho Ministerio se pudiesen presentar en relación con un trabajo tan especial como el que en ellas existe, y se salvaba la dualidad de atribuciones de dichos Inspectores a los Ingenieros de Policía Minera.

Claro es que también se salvaba esta dificultad, pasando el servicio de Policía Minera al Ministerio de Trabajo, pues entonces los Ingenieros de Policía Minera serían los Inspectores de Trabajo en las minas, y los Delegados obreros pertenecerían al servicio de Policía Minera, dando cuenta a los Ingenieros de dicho servicio de sus observaciones en las visitas efectuadas. Nada habría que cambiar en el servicio de Policía Minera, pues como se expresa anteriormente, hoy día pertenece a dicho servicio lo referente a cuestiones tanto técnicas como sociales; esto es, que no habría que aumentarle ni disminuirle atribuciones; habría solamente que darle la organización debida por su separación de la Jefatura de Minas.

No somos nosotros partidarios de esta solución, pues creemos que en un Cuerpo no debe tenderse a la disgregación del mismo en servicios absolutamente independientes, sino más bien, a la unión en un servicio dependiente de una misma Dirección general; pero es indudable que, no siendo por esta consideración, sería solución que salvaría muchas dificultades.

Otra, que preconizan algunos, es la separación absoluta de las cuestiones sociales y técnicas; esto es, una Inspección del Trabajo como la que hoy día existe en este Ministerio, ayudada por los Delegados obreros, y que intervendría en las cuestiones sociales, y la Policía Minera, dependiente de la Jefatura de Minas, auxiliada por los ayudantes facultativos y otros Delegados obreros, intervendría en la cuestión técnica. Esta solución, aparentemente, esto es, en el papel, resuelve la cuestión; pero en la práctica creemos dé resultados muy poco satisfactorios. Siempre, y en todas las industrias en las que hay o hubo esta duplicidad de inspecciones, la práctica demostró el gran inconveniente de tal organización: no consideramos necesario insistir sobre ello.

Las soluciones primera y tercera de las indicadas anteriormente, esto es, aquellas en que forman un todo la Policía Minera y los Delegados obreros para la total inspección del trabajo en las minas, son las mejores; pero su implantación tropezaría, indudablemente, con resistencias en uno u otro Ministerio.

Teniendo, pues, en cuenta todo ello, y tendiendo a obtener un buen funcionamiento de esta Inspección del Trabajo en las minas, sin chocar con las resistencias legítimas que se opondrían a otra organización, creemos se obtendría todo ello con la segunda solución propuesta; esto es, en

esquema: una Inspección del Trabajo en las minas, dependiente del Ministerio del Trabajo y formada por Inspectores del Trabajo, que serán Ingenieros de Minas, auxiliares facultativos a sus órdenes y Delegados obreros; las cuestiones sociales serían resueltas por el Inspector del Trabajo y en las técnicas pasarían a la Policía Minera para que informase e impusiese las prescripciones adecuadas en orden a la seguridad e higiene de los trabajos.

P. LAINE

EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD PARA MINAS DE CARBÓN DE SEGUNDA Y TERCERA CATEGORÍA

NOTICIA SOBRE LOS ENSAYOS EFECTUADOS EN ASTURIAS Y CONCLUSIONES PRECISAS RESPECTO A SU EMPLEO

La Directiva de nuestra Agrupación me encomendó la Ponencia sobre explosivos que motiva este trabajo.

No soy especialista, ni mucho menos, en este asunto. Carezco de títulos, conocimientos y autoridad para evacuar un trabajo de esta índole, y la sola razón de aceptar este mandato ha sido el deseo de contribuir con mis modestas fuerzas a hacer bulto entre los trabajos sometidos al Congreso.

El único título que puede pretextar mi intervención en este asunto, es el de haber efectuado alguna prueba con explosivos de seguridad. Los resultados que indico son fiel reflejo de la realidad, sin ocultaros nada, incluso lo más nimio y por todos conocido, a despecho de resultar machacón.

He dividido mi trabajo en dos partes. En la primera he procurado señalar cosas que a mí me han parecido interesantes, procurando justificar, de una manera un poco científica y racional, las instrucciones que, para el empleo de explosivos de seguridad, sometí a vuestra consideración hace unos meses. Al mismo tiempo, he procurado sacar unas conclusiones cuya aplicación práctica creo beneficiosa para el desarrollo del trabajo.

En la segunda parte, me limito a indicar los ensayos hechos en Asturias y el resultado de ellos.

Un poco largo me salió el trabajo, pero en la duda de qué suprimir para acortarlo, he optado por... no suprimir nada. Perdonadme.

Y entro en materia:

El uso de explosivos en las minas grisuosas, en condiciones de segu-

ridad, es una de las cuestiones que, por las dificultades que presenta y por estar aún en estudio, no admite definiciones concretas en modo alguno.

La mezcla explosiva de aire y grisú presenta la propiedad del retardo a la inflamación, aun más acentuada que en las demás mezclas explosivas de otros gases y aire, de tal manera, que la inflamación de la mezcla no se presenta si no está sometida en un punto a una temperatura determinada durante un lapso de tiempo suficiente. El retardo a la inflamación decrece cuando la temperatura aumenta, hasta el extremo de que si para inflamar una mezcla explosiva con temperatura de 650 grados se precisan diez segundos, con 1.000 grados no se llega al segundo de duración.

La seguridad en el empleo de explosivos lleva, pues, aparejada consigo el empleo de aquellos que no son capaces de elevar la temperatura de explosión por encima de una temperatura no bien determinada.

Ensayos metódicos, sujetos a un plan determinado, se han llevado y se siguen llevando a cabo en galerías destinadas a este fin, en presencia de una mezcla explosiva o detonante de aire y grisú con 8 ó 10 por 100 de metano. Se procede sistemáticamente a hacer explotar cargas de explosivos distintas, en variadas condiciones, en el interior de morteros y sin atacado. En estas condiciones, hay explosivos que inflaman la mezcla detonante sean las que sean las condiciones del ensayo. Estos no pueden considerarse como de seguridad. Existen otros que, en determinadas condiciones y siempre que no se exceda de determinada carga de explosivo, no inflaman la mezcla detonante, al menos todas las veces. A éstos se les considera explosivos de seguridad, y la cantidad de explosivo sobrepasando la cual se puede inflamar el grisú, se denomina carga máxima o carga límite.

Se considera que utilizando esta clase de explosivos en las minas, con un atacado suficiente, las condiciones son mucho más favorables que en los ensayos, y, por tanto, el riesgo de inflamación es nulo.

En efecto, un atacado cuidadoso suficiente para la carga del barreno, obligará a *trabajar* al explosivo, y los gases producto de la combustión al efectuar un trabajo con la consiguiente expansión, sufrirán un descenso de temperatura, y no se pondrán en contacto con la mezcla detonante más que cuando ya no alcancen la temperatura suficiente para inflamarla. Esta es una verdad evidente, pero lleva aparejada la imprescindible necesidad de no cargar en exceso los barrenos. Un barreno cargado en exceso, disloca rápidamente el macizo sin dar lugar a la expansión de los gases, y éstos, que no se enfrían por tanto, pueden llegar a ponerse en contacto con la mezcla detonante cuando conserven aún temperatura suficiente para inflamarla. Esta consideración es distinta de la concepción de carga límite y no depende más que del trabajo que debe efectuar el barreno.

De estas primeras consideraciones nacen unas condiciones para el empleo de explosivos en minas grisuosas:

- 1.º Reconocimiento del grisú antes de efectuar los disparos.
- 2.º Empleo de explosivos de seguridad para cada caso.
- 3.º No sobrepasar la carga límite.
- 4.º Efectuar un atacado eficaz.
- 5.º No sobrecargar los barrenos, no empleando más que la carga imprescindible.

Pasaremos una ligera revista a cada una de estas condiciones de empleo.

1.º — RECONOCIMIENTO DEL GRISÚ.

Esto tiene la máxima importancia. Desgraciadamente los explosivos de seguridad no lo son en toda la extensión de la palabra. Aun guardando todas las precauciones debidas y aconsejadas, se encuentran siempre en la práctica una porción de imponderables que pueden en algunos casos anular aquéllas. ¿Quién asegura que el atacado es perfecto? ¿Quién sabe si el barreno no encuentra un plano de fractura, un plano de crucero, por el que al irrumpir los gases al exterior no produzcan una inflamación? A nadie se le ocultan las dificultades prácticas que en la mina se presentan, y, por lo tanto, se debe aconsejar, es más, se debe exigir el reconocimiento previo de la atmósfera para no dar fuego si se encuentra grisú, al menos en proporciones peligrosas.

Desgraciadamente, en general, el personal de las minas de Asturias es poco apto para este reconocimiento. De mí sé decir, y supongo que le habrá ocurrido lo propio a todos los compañeros, he encontrado legiones de obreros y de los que no son obreros, que al invitarlos en mi presencia a que reconocieran el grisú, no han sabido hacerlo, y no digamos ya si se trata, no de reconocer su presencia, sino de valorar su proporción.

Por ello creo que la pega de barrenos debe encomendarse a personal especializado y que sepa hacer un reconocimiento del grisú en forma.

2.º — EMPLEO DE EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD.

Cumpliendo a rajatabla la condición anterior, no dar fuego si existe grisú en la atmósfera, parece a primera vista que sea suficiente, dado que no estando en presencia de grisú huelgan todas las precauciones. Así puede ocurrir y de hecho ocurre en la mayor parte de los casos. Pero como no cabe la certeza absoluta, y basta la sospecha para justificarlo todo, dada la clase y magnitud del riesgo que se corre, es necesario re-

currir a toda clase de precauciones. En efecto, basta la presencia de una pequeña acumulación de grisú en una campana, en un hueco, en el que a lo mejor ni cabe la lámpara para su reconocimiento y en la que el personal encargado ni se fija siquiera, para dar lugar a una catástrofe. Aunque no tenga lugar una verdadera explosión de grisú, aunque se produzca entre límites muy pequeños, la inflamación, la llamarada consiguiente, puede dar lugar por sí, o sirviendo de cebo, a una combustión de polvo de carbón, a la producción de notables cantidades de óxido de carbono que pueden causar verdaderos estragos. Todas las catástrofes ocurridas últimamente en Asturias pueden clasificarse en este tipo. Las víctimas directas de la inflamación, o no han existido, o han sido muy escasas, y aun estas mismas hubieran podido salvar la vida tal vez, sin la presencia de la atmósfera envenenada por el óxido de carbono. A este gas venenoso es al que se deben siempre al mayor número de víctimas. Esta consideración es lo suficiente, no sólo ya desde el punto vista de humanidad al que hay que sacrificar todos los demás, sino incluso teniendo en cuenta el factor económico, pues siempre resulta más barato evitar un accidente que arrosar sus consecuencias.

Debemos, pues, emplear explosivos de seguridad en aquellas minas en que pueda haber grisú. Y digo pueda, con plena conciencia, ya que si lo hay de hecho, no se debe dar fuego a los barrenos, salvo casos muy especiales y autorizados expresa y directamente por el Ingeniero. De manera que el empleo de explosivos de seguridad deberá hacerse en todos los casos de posible existencia del grisú.

Con los explosivos corrientes, no catalogados como de seguridad, la inflamación de la mezcla explosiva en las galerías de ensayo se obtiene sistemáticamente cualquiera que sea la carga, la manera de cebar y la posición del cartucho en el mortero. No se deben, pues, emplear esta clase de explosivos más que en aquellos sitios en que sea imposible la presencia del grisú.

Justificado el empleo de explosivos de seguridad, hay que tener en cuenta que éstos son mucho más estables que las dinamitas ordinarias, y que en la mayor o menor facilidad de explosión, intervienen diversos factores. Uno de los más importantes es la densidad del explosivo. La carga necesaria en el fulminato de mercurio para hacer explotar un cartucho de esta clase de explosivo, está en función directa de la densidad de encartuchado del mismo, según lo manifiesta el siguiente cuadro:

Con densidad de 1,00 se precisa una carga de fulminato de 0,75 gramos.

»	1,10	»	»	»	1,25	»
»	1,20	»	»	»	1,50	»
»	1,30	»	»	»	3,00	»
»	1,40	»	»	»	3,50	»
»	1,50	»	»	»	5,00	»

Nuestro Reglamento de Policía no autoriza más que la cápsula óctuple (dos gramos de fulminato de mercurio), de manera que no debemos pasar de una densidad máxima de 1,20, si queremos que con el cebo autorizado haya garantía plena de explosión total de la carga.

De aquí el consejo de amasar los cartuchos para ablandarlos. Con ello se consigue disminuir la densidad de encartuchado, facilitando la ulterior descomposición total del explosivo, bajo el efecto de la explosión del cebo. Y esta regla debe ser general para todos los explosivos de seguridad. También puede recurrirse al empleo de cebos auxiliares. Con este sistema, el cebo de fulminante hace explotar un cartucho de dinamita goma corriente, que es el que a su vez sirve de cebo al resto de la carga de seguridad. Este procedimiento, no autorizado oficialmente en el reglamento de Policía, y que es más aún, aparece en contradicción con la limitación de la cápsula de fulminante, si lo está oficiosamente por el Sr. Hausser, y presenta en la práctica una porción de inconvenientes que ya se indicarán.

Relacionado directamente con la cuestión densidad, están los consejos indicando que se efectúe el atacado con suavidad, para no comprimir el explosivo aumentando su densidad de encartuchado, así como el de que el orificio del barreno sea lo suficientemente ancho para que él o los cartuchos de explosivo entren con facilidad, sin compresión.

De estas mismas consideraciones se deduce la obligación de emplear una cápsula de fulminante lo más fuerte posible, dentro de los límites marcados por las disposiciones oficiales, la óctuple en nuestro caso.

El Ingeniero francés M. Audibert, a quien citaremos más de una vez, especializado en estos estudios de explosivos de seguridad, quien en la estación de ensayos de Montluçon ha llevado y continúa llevando a cabo una serie de ensayos muy interesantes, preconiza el empleo de un cartucho único con la carga necesaria para el barreno, sin interrupciones ni separaciones de papel, como ocurre en el caso de varios cartuchos más pequeños, al triple objeto de: 1.º, facilitar la explosión; 2.º, impedir o dificultar la conversión de la explosión en combustión o deflagración del explosivo; 3.º, tener en el barreno la menor cantidad posible de papel.

Los dos primeros fines se justifican por si solos. El tercero se deduce de lo siguiente. Según las experiencias de la estación de ensayo de Lievin, las cargas máximas que se pueden hacer explotar en morteros sin atacado, en atmósfera grisosa, sin que inflamen la mezcla detonante y según la clase de papel que envuelve la carga, son las siguientes:

Cartucho envuelto en papel corriente, hasta 750 gramos.

Idem íd. íd. parafinado débilmente, hasta 500 gramos.

Idem íd. íd. parafinado fuertemente, hasta 175 gramos.

Por encima de estas cargas se obtiene, sistemáticamente, la inflamación de la mezcla detonante.

De aquí la importancia que supone quitar todo el papel parafinado

posible al cartucho de explosivo. Como la obtención de un cartucho único que contenga toda la carga necesaria para el barreno, según preconiza M. Audibert, presenta una porción de inconvenientes, se recomienda que al menos se corte el papel del extremo que queda en la parte alta del cartucho en el barreno, con los fines indicados. Pudiera también convenir solicitar de los fabricantes de explosivos de seguridad, que encartuchen éstos con doble papel. El papel directamente en contacto con el explosivo, corriente, y destinado únicamente a servir de recipiente. El exterior, parafinado, para defender al explosivo contra la humedad, destinado a ser suprimido en el momento de cargar el barreno, salvo que éste sea húmedo, en cuyo caso debe mantenerse, ya que la humedad perjudica notablemente a esta clase de explosivos.

En efecto, de los ensayos efectuados en Montluçon por M. Audibert, con explosivos de seguridad de varias clases, con distintos gruesos de granos, mezclas de dos o más diferentes, etc., se deduce que la explosión de un cebo de fulminante de dos gramos (cápsula óctuple nuestra), no determina la explosión en algunos explosivos de seguridad cuya humedad esté en la proporción de 2 por 100, pudiéndose asegurar en general que, cuando ésta llega a 6,50 por 100, los dos gramos de fulminato no comunican la explosión a la carga más que en muy contados y especiales casos, que en nuestra práctica no se pueden tomar en cuenta dado que se alejan mucho de la composición de nuestros explosivos de seguridad. Puede decirse, pues, que la proporción de 6,50 por 100 de humedad hace prácticamente inexplosible al explosivo que la contenga. De aquí la importancia de no tener en la mina, en nuestras minas generalmente húmedas cuando no francamente mojadas, más que la cantidad de explosivo para el uso diario, y que éste sea de fabricación reciente.

Nada conseguiríamos con el empleo de explosivos de seguridad si no viniese acompañado del empleo de mechas de seguridad y estopines para encenderlas. Las chispas producidas por la mecha corriente, su falta de consistencia y su propia combustión, son causas suficientes para inflamar la mezcla detonante de aire y grisú. Igualmente ocurre con la yesca, considerada entre los mineros prácticos como incapaz de inflamar el grisú. Esto no es cierto. Para demostrarlo, basta recordar que la inflamación de una mezcla detonante no sólo depende de la temperatura, sino del tiempo. Un trozo de yesca ardiendo en constante movimiento, será tal vez incapaz de inflamar la mezcla detonante si no eleva la temperatura de un punto de la masa gaseosa durante el tiempo suficiente. Pero si, por el contrario, permanece quieta unos segundos, será lo suficiente para producir la inflamación de la mezcla. En estas condiciones, la yesca no puede ser considerada como de seguridad en manera alguna.

Al hablar de los ensayos hechos en Asturias se indicarán los inconvenientes de las mechas de seguridad en su empleo en los transversales, y

las ventajas e inconvenientes de cada uno de los dos tipos de estopines de que disponemos en la actualidad.

El empleo de explosivos de seguridad lleva consigo aparejado la necesidad de cumplir una porción de requisitos, todos muy importantes, como se ha visto, y cuyo conjunto hace que el personal que en la mina los maneja sea incapaz para ello, por su ignorancia, y que aconsejan una vez más que este personal sea especializado y con los conocimientos necesarios.

3.º — CARGA LÍMITE.

La idea de carga límite ha sufrido en estos últimos tiempos alguna modificación, derivada de las distintas condiciones en que se han hecho los ensayos en las galerías correspondientes. Para determinar la carga límite se procedía a disparar antes cargas crecientes del explosivo a ensayar en morteros sin atacado y en presencia de una mezcla detonante de aire y grisú con 8 a 10 por 100 de este último gas.

De las experiencias hechas por M. Audibert en la estación de ensayos de Montluçon, de las que tengo noticia hasta mayo último, se deducen provechosas enseñanzas. Este señor procede de la siguiente manera: Sistemáticamente repite el mismo ensayo un número de veces no inferior a diez, y determina con los resultados un coeficiente que denomina riesgo de inflamación, y que representa el tanto por ciento de las veces, que en las condiciones determinadas para el ensayo, la explosión inflama la mezcla gaseosa. Así, un coeficiente de riesgo, de diez, por ejemplo, indica que de cien veces que se dispara el explosivo, en las condiciones indicadas en la experiencia, diez veces se inflama la mezcla detonante, y noventa, no.

Sabido esto, ha encontrado que el riesgo de inflamación depende de las siguientes influencias, además de otras que tienen más interés científico y de experimentación, que práctico:

- a) Diámetro del cartucho.
- b) Diámetro del barreno.
- c) Valor de la carga empleada.
- d) Distancia de la carga a la boca del barreno.
- e) Modo de cebar la carga.

Pasaremos una revista a todos ellos.

Debo advertir, que los ensayos efectuados en Montluçon, se hicieron con explosivos franceses, denominados grisú-dinamitas para carbón y roca, aparte de otros, análogos aunque no iguales, a nuestros explosivos de seguridad números 7 y 2. Me ocuparé de los ensayos efectuados con ellos.

- a) *Influencia del diámetro de encartuchado.* — Manteniendo iguales

los diámetros del cartucho y del mortero, todo aumento de estos diámetros se traduce en aumento de riesgo.

Con cebo anterior, un cartucho de 308 gramos de grisú-dinamita para carbón, hecho explotar en mortero de 55 milímetros de diámetro, encartuchado el mismo con esa dimensión, da un riesgo de 90 por 100. En cambio, cuando los diámetros del mortero y cartucho son de 30 milímetros, no se ha conseguido la inflamación ni con la misma longitud de cartucho, es decir, con la misma duración de explosión, ni con la misma carga de 308 gramos. Hecho bien concluyente.

b) *Diámetro del barreno.* — El riesgo es inversamente proporcional al diámetro del barreno, en relación con el diámetro del cartucho.

Es decir, que manteniendo constante el diámetro del cartucho, el riesgo disminuye al aumentar el del barreno. En efecto, haciendo explotar una carga determinada que da un riesgo de 100 por 100 encartuchada en 30 milímetros y en mortero del mismo diámetro, ha dado un riesgo nulo cuando se ha hecho explotar en mortero de 55 milímetros de diámetro, manteniendo el de 30 milímetros para el cartucho.

De esto parece deducirse que el riesgo de inflamación es directamente proporcional al diámetro del cartucho, e inversamente proporcional al del barreno, al menos dentro de ciertos límites. De aquí una razón más para insistir en la conclusión de que el diámetro del barreno sea mayor que el del cartucho de explosivo.

c) y d) *Valor de la carga y distancia de ésta a la boca del barreno.* Estas variables han sido experimentadas para explosivos en cartuchos de 30 milímetros de diámetro y explosiones en morteros del mismo diámetro, sin atacado.

Un conjunto de experiencias varias y numerosas, con distintas clases de explosivos, parece que permiten generalizar las conclusiones que se han de exponer a continuación.

Se incluye un cuadro en el que se indican los riesgos de inflamación en tantos por ciento, en función del valor de la carga expresada en gramos y de la distancia de ésta a la boca del barreno en milímetros, designando esta distancia por *D*.

RIESGO PARA

CARGA	D = 0	D = 100	D = 200	D = 400	D = 600	D = 800
65	»	»	30	»	»	»
130	0	0	20	0	0	0
260	»	0	40	0	0	»
390	0	0	40	40	0	0
455	»	20	»	»	»	»
520	10	60	100	80	30	»
585	100	100	»	»	100	»
600	100	100	»	»	»	»

Las conclusiones a que llega M. Audibert son las siguientes:

1.^a Cuando la distancia de la carga a la boca del mortero permanece invariable, el riesgo crece con el valor de la carga. Con una sola mirada al cuadro se comprueba.

2.^a Cuando el peso del explosivo permanece constante, el riesgo es una función de la distancia de la carga a la boca del barreno, función que es primero creciente, para decrecer después.

De aquí se deduce una necesidad de revisión del concepto de carga límite. Hasta ahora, este concepto se derivaba de la forma de conducir los ensayos. Se efectuaban éstos en morteros de diámetros variables, algunas veces de dimensión superior a la del cartucho del explosivo que se ensayaba, haciendo explotar éste aflorando a la boca del barreno y con cebo anterior.

Pues bien: todas estas condiciones no hacen más que dar resultados engañosos. El exceso del diámetro del mortero sobre el del cartucho hemos visto la influencia que determina. Por otra parte, la distancia de la carga a la boca del barreno tiene una influencia capital.

Los ensayos a que responde el cuadro incluido se han efectuado con un explosivo de la siguiente composición: Nitrato amónico, 86 por 100. Nitroglicerina, 12 por 100. Nitrato potásico, 2 por 100.

Este explosivo es de composición análoga a nuestro número 7, ya que el nuestro tiene: Nitrato amónico, 88, contra 86 el francés. Nitroglicerina, 11,76, contra 12, y algodón nitrado, 0,24, contra nada, respectivamente. Además, el hecho de tener el explosivo francés 2 por 100 de potasa, da al aludido una seguridad mayor que el nuestro, ya que la presencia de sales alcalinas dan a los explosivos notables seguridades en relación con el grisú.

Pues bien: nuestro reglamento autoriza hasta el límite de 400 gramos de explosivo número 7. Según el cuadro anterior, 390 gramos del explosivo francés dan un riesgo nulo cuando su explosión tiene lugar hasta para un valor de D de 100 milímetros; pero si la distancia de la carga a la boca del barreno alcanza de 200 a 400 milímetros, el riesgo llega a ser de 40 por 100. ¡De cien veces, es capaz de inflamar el grisú cuarenta! Como se verá, la cosa es importantísima.

Cargas inferiores a ese peso de 400 gramos, aun hasta la de 65 gramos, dan un 30 por 100 de riesgo si su distancia a la boca del barreno es de 200 milímetros. De aquí la importancia capital del reconocimiento sistemático del grisú y del perfecto atacado; en resumen, de emplear personal especializado en estas cosas.

e) *Modo de cebar.* — De que la carga de un barreno se cebe por la parte posterior o fondo del barreno, a cebarla por la anterior o boca, se han observado grandes diferencias en el riesgo de inflamación. Cuando el cebo se hace posterior, el riesgo es mucho mayor.

En efecto; cuando se hace el cebo posterior, las partículas sólidas no descompuestas del explosivo, se ven proyectadas al exterior, con la suma de las velocidades de la onda explosiva y la de la expansión de los gases. Si el cebo es anterior, como estas velocidades se ejercen en sentidos contrarios, la velocidad de proyección al exterior de estas partículas sólidas será precisamente la diferencia entre las velocidades aludidas. En el primer caso, cebo posterior, las partículas sólidas estarán menos tiempo en el barreno y, por tanto, saldrán más calientes al exterior que en el segundo, cebo anterior, determinando un mayor riesgo de inflamación de la mezcla detonante.

Experimentalmente se han comprobado los mismos hechos, por lo que se debe aconsejar que se cebe siempre la carga por la boca del barreno, costumbre que, por otra parte, está generalizada en Asturias.

4.º — ATACADO EFICAZ.

La transformación de un explosivo en gases no es un fenómeno instantáneo. Por el contrario, esta transformación se hace en dos fases sucesivas:

1.ª Una primera reacción explosiva, que se produce sincrónicamente con la onda explosiva, dejando un residuo sólido.

2.ª Transformación de este residuo sólido en gases, de una manera gradual y continua, a medida que el explosivo efectúa un trabajo, y sólo en este caso.

Se comprueba en las diversas experiencias llevadas a cabo en Montluçon. En esta estación de ensayos se han hecho dos clases de experiencias: unas, mecánicas, que consistieron en disparar un cartucho de dinamita, cuyo eje se colocaba normalmente a un cierto número de hojas de papel de estaño colocadas sobre un palastro, a una cierta distancia del extremo no cebado del cartucho, de tal manera, que las partículas cuyo impacto quedaba marcado en la hoja de papel de estaño no podían ser más que las partículas cuyo sentido de avance es el mismo que el de la onda explosiva, y, por tanto, no pueden proceder más que del explosivo mismo. Análogamente se procedió con disparos efectuados en morteros. Pues bien: la hoja de estaño se encuentra después acribillada de agujeros.

Las otras experiencias químicas son más concluyentes. Consisten en disparar cartuchos de explosivo en un recinto metálico completamente cerrado, en el cual se hace el vacío, y en analizar después los productos sólidos y gaseosos que contiene.

Operando con la grisú-dinamita para carbón, análoga a nuestro nú-

mero 7, se obtienen los siguientes resultados, según la clase de envolvente:

Cartucho contenido en tubo de vidrio. Explosivo sin descomponer.	29,70	por 100.
— envuelto en papel de estaño.	25	—
— contenido en tubo de acero dulce de 7 milímetros de espesor.	9,20	—
Cartucho contenido en tubo de acero dulce de 15 milímetros de espesor.	2,65	—

De esto se deduce: Explosivo que no produce un trabajo, deja como residuo sin descomponer una fracción muy importante de su peso, hasta cerca de 30 por 100. A medida que efectúa un trabajo, romper el tubo de acero de 7 milímetros o el de 15 milímetros, se descompone cada vez más, dejando un residuo sólido cada vez menor, 9,20 por 100 en el primer caso y 2,65 en el segundo.

Ahora bien: estos residuos sólidos tienen una importancia capital en el mecanismo de la inflamación del grisú, como se deduce de las siguientes experiencias de Montluçon:

Haciendo explotar en una mezcla detonante de aire y grisú una carga de explosivo que sistemáticamente produce la inflamación de la mezcla, se evita ésta colocando normalmente ante la boca del barreno, y a una cierta distancia de ella, una pantalla circular centrada sobre el eje del mismo, constituida por un palastro enlucido con una sustancia plástica, arcilla o parafina. Si la distancia de la pantalla a la boca del mortero no excede de ciertos límites, que pueden llegar hasta 1.000 ó 1.250 milímetros, y el diámetro de esta pantalla está en una determinada relación, la inflamación de la mezcla detonante no se produce jamás. Suprimiendo la pantalla, la inflamación se produce siempre.

Aparte de otras consideraciones de índole puramente teórica, M. Audibert saca la conclusión siguiente:

La inflamación de la mezcla detonante de aire y grisú se produce como si se debiera a la proyección de partículas sólidas de explosivo no descompuesto y contenidas dentro de un cono de revolución cuyo eje coincide con el del barreno.

Impidiendo dentro de este cono la propagación de las partículas sólidas y calientes, y recibéndolas sobre una materia plástica que las retiene y enfría, dada la enorme diferencia de masa, antes de que tengan tiempo de inflamar la mezcla detonante, ésta no se produce. Si se aleja la pantalla, aunque se aumente su diámetro, de tal modo que las partículas de explosivo sin descomponer, sólidas y calientes, inviertan en su recorrido, antes de encontrar ésta, el tiempo suficiente para producir la inflamación de la mezcla detonante, ésta se produce invariablemente.

De aquí se deduce la importancia capital de que los barrenos no den

bocazo. Casi se puede asegurar que barreno que dé bocazo, caso de existir mezcla detonante, la inflamará seguramente.

Con un atacado lo más perfecto posible se consiguen dos objetos:

1.º Hacer trabajar al explosivo, con lo que disminuyen notablemente los residuos sólidos de explosivo sin descomponer.

2.º No dejar que éstos, de existir, se pongan en contacto con la posible atmósfera detonante más que cuando la dilatación de los gases en que el explosivo se transformó, les ha enfriado hasta el punto de no constituir peligro.

En el atacado, la seguridad, la eficacia del mismo, está en razón directa de su longitud y del cuidado con que se ejecuta.

Un explosivo, al hacer explosión, tiende a escupir la materia del atacado fuera del barreno, y la velocidad de traslación del mismo depende del valor del rozamiento entre éste y las paredes del barreno. Ahora bien: el rozamiento tiene valores radicalmente distintos, según que el atacado esté constituido por un cuerpo plástico y prácticamente incompresible, como la arcilla, o por un cuerpo pulverulento, poco elástico y algo compresible. Cuando el atacado se hace con arcilla, la presión con que está aplicada contra las paredes del barreno, depende de la que ejerció el obrero con su atacador. La presión de los gases al efectuarse la explosión, empuja la arcilla, que debido a su incompresibilidad transmite esta presión a todo lo largo del atacado, sin ejercer sobre las paredes más presión que la que ya tenía de antemano.

Cuando el atacado se hace con una sustancia pulverulenta, la deformación que experimenta con la presión de los gases es considerable, se propaga lentamente a lo largo del atacado y da lugar a que se aplique con una gran presión contra las paredes del barreno.

En Montluçon, con la prensa hidráulica se ha visto sobre una muestra de un cilindro de polvo, que a una presión de 1.475 kilos por centímetro cuadrado corresponde una disminución de volumen de $\frac{1}{4}$, y que con 3.000 kilos la disminución es de $\frac{1}{3}$.

Esta disminución de volumen hace aumentar la densidad aparente de la muestra, que pasa desde 1,50 hasta por encima de 2,20, y que por consiguiente hace que el atacado de este género se encuentre aplicado contra las paredes del barreno con una gran presión, y que, por tanto, el rozamiento entre éstas y el atacado no sea comparable siquiera con el que se obtiene en el caso de emplear arcilla.

Las dos experiencias siguientes, hechas en Montluçon, demuestran lo apuntado:

a) En un mortero abierto por los dos extremos se ataca determinada longitud de él con arcilla o polvo. Poniendo en contacto con el atacado cargas variables de explosivo, se observan sus efectos después de la explosión.

Así, se ha visto:

1.º Con 60 centímetros de atacado de arcilla y el explosivo análogo a nuestro número 7, poco más de 200 gramos de carga han movido el atacado más de 50 centímetros.

Cincuenta gramos del mismo explosivo determinan en el atacado de arcilla un movimiento de cerca de 30 centímetros.

En todos los casos la columna de arcilla conserva su longitud primitiva de 60 centímetros.

2.º Cuando el atacado se hace con polvo, la columna de polvo sufre un acortamiento, pero sin que se desplace el extremo opuesto al que está colocado el explosivo.

La misma carga de poco más de 200 gramos, en un atacado de 60 centímetros de polvo, comprime éste en una altura algo superior a 40 centímetros, sin que influya en el resto.

La carga de 50 gramos comprime el polvo en una altura que no llega a 15 centímetros, sin influir en el resto.

Calculan en Montluçon, que un cartucho de 100 gramos de explosivo análogo a nuestro número 7, determina con su explosión un aumento de densidad aparente sobre los 25 centímetros primeros del atacado de polvo, de un 100 por 100, obteniéndose así una presión del atacado sobre las paredes del barreno de más de 3.000 atmósferas.

b) La segunda experiencia es de orden mecánico.

Un cilindro de cuatro milímetros de diámetro y 260 de largo, deja deslizar por su interior una varilla que hace de émbolo. Un artificio hace que instantáneamente se pueda aplicar al vástago una presión de 2.500 atmósferas, que la empuja deslizándose en el interior del cilindro. Poniendo el vástago en su posición inferior y atacando el cilindro con arcilla o polvo, se observa:

Si el atacado es de arcilla, el pistón echa afuera a ésta, aun cuando se establezca en toda la altura del cilindro. Si el atacado es de polvo, con sólo que se ataque una altura de 30 milímetros se inmoviliza invariablemente el pistón después de un recorrido aproximado de 10 milímetros, soportando aún una presión de más de 2.000 atmósferas.

La experiencia es bien concluyente y obliga a pronunciarse de una manera definitiva por el atacado de barrenos con polvo.

5.º — SOBRECARGA DE LOS BARRENOS.

Comoquiera que la descomposición del explosivo no es un fenómeno instantáneo, sino que se efectúa en un lapso de tiempo preciso, si un barreno está provisto de una carga superior al trabajo que está llamado a efectuar, puede dislocar el macizo en que está perforado, en todo o en

parte, antes de que haya acabado la explosión completa de toda la carga. Si recordamos que 65 gramos de explosivo de seguridad pueden en determinadas condiciones producir la inflamación de la mezcla de aire y grisú, se comprenderá la importancia de este punto, al extremo de que formulemos de una manera concisa y rotunda que: «No se deben utilizar cargas de explosivo que sobrepasen el mínimo indispensable para obtener con el barreno el efecto mecánico que corresponde a las condiciones en que está perforado».

CONCLUSIONES.

De todo lo indicado anteriormente se desprende una consecuencia inmediata. La de que el manejo y el empleo de explosivos, aunque éstos sean de los llamados de seguridad, en minas grisuosas, es una labor delicada y peligrosa que no debe estar confiada a cualquiera. El reconocimiento previo de la presencia del grisú, el atacado eficaz y cuidadoso, el no emplear cargas mayores de las que precisa el barreno, son exigencias que no están ni pueden estar al alcance de todos. En la marcha normal actual, ni se reconoce el grisú la mayor parte de las veces, el atacado y la carga se hacen por los mismos obreros, picadores y barrenistas, la mayor parte de las veces son ellos mismos los que gradúan la carga a meter, imponiéndose muchas veces al vigilante, cuando no burlando a éste y a la Dirección de la mina.

¿Qué Ingeniero no sabe que los obreros manejan muchas veces explosivos que no los ha proporcionado la Empresa? Unas veces son explosivos adquiridos quién sabe dónde y cómo; otras son robados de variadas labores de la mina; quién los toma, si puede, de otro taller, de una guía, de un transversal, y ese explosivo, que seguramente no es de seguridad, que algunas veces es una dinamita goma, está destinado a acrecentar la carga que el vigilante proporciona porque el obrero cree que no es suficiente la que le dan para su chulana o para su rastrera. Este es un hecho tan conocido y real que no hace falta insistir en él.

Nada se adelanta, pues, con el exclusivo empleo de explosivos de seguridad, si dejamos abierta la puerta por la cual han de mezclar a los que nosotros proporcionamos, explosivos de otras clases.

Está también muy generalizada la idea de que los explosivos rompedores no necesitan atacado. Muchos se limitan a introducir en el barreno un taco de arcilla que sostenga la carga; son los menos los que hacen un atacado regular, ninguno ataca los tiros debidamente. En el Fondón se están proporcionando cartuchos de polvo inerte para el atacado de los barrenos, con plena conciencia de que los tiran al relleno en vez de utilizarlos.

La carga límite y la carga justa de los barrenos, quedan vulneradas también por los obreros, que traen explosivos en sus bolsillos.

En suma, que en las condiciones actuales, no hay garantía alguna de seguridad en cuanto al empleo de explosivos se refiere. Había que pensar en cambiar el sistema actual por otro distinto, en el que el manejo de explosivos se hiciese por personal especializado y con conocimiento pleno de la labor que realiza.

En Asturias, tan sólo se ha llegado a que la materialidad de dar fuego a los barrenos se haga por personal especial y siempre el mismo, y a que la pega se haga al término del trabajo, en algunos sitios, cuando el personal ha salido ya de la mina.

Un esfuerzo un poco mayor y se conseguirá que todas las operaciones derivadas del barreno, carga, atacado y disparo, se hagan por un mismo personal, capacitado para ello y provisto de un título de aptitud.

Este personal debe proceder, antes de dar fuego, al reconocimiento sistemático del grisú, absteniéndose de dar fuego si su presencia se acusa con un límite superior al 2 por 100.

La pega deberá efectuarse fuera de las horas de trabajo, después que el personal se haya ausentado de la mina, o al menos esté en las galerías generales de ventilación. Esta proposición tiende a impedir que haya numerosas víctimas aun en el caso de una explosión, limitando estas posibles víctimas al escaso personal que queda de servicio para dar fuego. Y aun con este personal, si se considera que la mayor parte de las víctimas lo son por envenenamiento producido por el óxido de carbono, se le puede proteger con aparatos filtros contra el óxido de carbono, que dado el escaso número de individuos que lo compone, no supone problema costoso.

En cuanto a la calidad de explosivos a utilizar deben las disposiciones oficiales permitir una mayor elasticidad que la actual.

En efecto, hemos visto que en determinadas circunstancias, 65 gramos de explosivo de seguridad pueden inflamar la mezcla gaseosa. Por otra parte, en las minas de Asturias se ha hecho uso constante de explosivos corrientes en todas partes y en toda clase de labores, sin que la proporción de accidentes haya sido, ni con mucho, elevada. Estas circunstancias contrapuestas, en oposición aparente entre la práctica y el resultado de los ensayos, juntas manifiestan claramente lo siguiente:

La seguridad con respecto al grisú, en materia de explosivos, depende mucho más que de la clase de explosivo empleada, de las condiciones de su empleo. Si se atacan bien los barrenos, si se limita la carga a lo estrictamente necesario y si sistemáticamente se reconoce la presencia de grisú, absteniéndose de dar fuego si se encuentra en proporción peligrosa, se puede asegurar que nada ocurrirá empléese el explosivo que se emplee. Si se descuidan estas capitales operaciones, aunque se emplee el explosivo

de seguridad, nada conseguiremos con relación a ésta. Creo más importante limitar y reglamentar lo que sea necesario respecto al reconocimiento previo del grisú y manejo de explosivos, que limitar entre estrechos límites las clases de los mismos a emplear.

No obstante, en lugares en que pueda ser posible la presencia del grisú, no hay duda, explosivos de seguridad para todo. Pero en aquellos otros en que la presencia de este gas, si no imposible, sea difícil y eventual, debe permitirse el empleo de explosivos corrientes, siempre que el grisú sea reconocido sistemáticamente y todos los días por persona competente.

El reglamento francés permite el empleo de explosivos corrientes hasta la carga máxima de 1.000 gramos en minas grisuosas en las labores en estéril conducidas a nivel o descendentes con las restricciones siguientes:

Cesará el empleo de estos explosivos:

- a) En las proximidades de las capas.
- b) En las proximidades de las fallas o zonas conocidas como grisuosas.
- c) Siempre que no se observe diariamente la presencia del grisú o que éste arroje más de 0,25 por 100.
- d) Siempre que la labor no esté ventilada por una corriente de aire sin irregularidades; y
- e) En las minas con polvo de carbón, en las proximidades de un taller de arranque, de una galería de arrastre o de un depósito de polvo.

Lo que dispone el reglamento inglés nos lo dieron a conocer nuestros compañeros que redactaron la Ponencia sobre explosivos hace unos meses.

En los sitios en que no se cumplan estas condiciones deben emplearse explosivos de seguridad con exclusión de otros, pues son perfectamente capaces de trabajar en buenas condiciones.

Resumiendo. Las conclusiones pueden concretarse en los siguientes puntos:

- 1.º Recabar una legislación más elástica que la actual y más en consonancia con las realidades de la mina.
- 2.º Empleo único de explosivos de seguridad, mechas ignífugas y estopines en las labores en que la presencia del grisú sea posible.
- 3.º Empleo de personal especializado en el manejo de explosivos, provisto de un título de capacidad otorgado por Ingenieros de Minas, para el total manejo de los mismos desde su introducción en la mina hasta la pega.
- 4.º Proveer a este personal de aparatos protectores contra el óxido de carbono.
- 5.º Efectuar las pegas después de salir de la mina el personal del relevo, o al menos cuando se encuentre en las galerías generales de venti-

lación, de modo que la contaminación de una corriente parcial, al mezclarse con otras no contaminadas, no entrañe peligro para el personal.

6.º Efectuar los atacados de los barrenos con polvo inerte.

Dejo a la consideración de la Agrupación la manera de resolver, caso de que se tome en cuenta lo apuntado en la base tercera, la forma de emplear ese personal especializado y la provisión del correspondiente título, que juzgo imprescindible. Pudiera servir de base para una ponencia evacuada por compañeros más autorizados que yo y con más conocimiento de causa.

NOTAS SOBRE LAS PRUEBAS EFECTUADAS EN ASTURIAS.

En las minas de Asturias se emplean como explosivos de seguridad exclusivamente los dos tipos tarifados denominados números 2 y 7. El número 2, para trabajos en estéril, y el 7, para trabajos en carbón.

Nada he de decir acerca del empleo del explosivo de seguridad número 7 para el carbón. Su uso ha pasado ya del momento de ensayo, convirtiéndose en práctica corriente. El explosivo número 7 cumple perfectamente al fin a que se le destina, y de acuerdo con las conclusiones a que llegaron nuestros compañeros que evacuaron la Ponencia sobre explosivos hace unos meses, con sólo aumentar la carga del número 7 en un 25 por 100 con respecto a las usadas con dinamita de tercera, se obtienen resultados comparables.

Con respecto al explosivo número 2 para trabajos en estéril, he de decir que ha pasado algo parecido a lo que sucedió con el número 7. La mayor parte de los compañeros conocen mi desfavorable impresión acerca de aquel explosivo, comunicada por mí a la Agrupación a raíz de los ensayos del mes de mayo.

Posteriormente, ya en nuestro poder los cartuchos de dinamita goma para cebo especial de este explosivo, se emprendieron en los meses de agosto y septiembre nuevas pruebas con el explosivo número 2. Se han hecho simultáneamente dos ensayos: uno, en un transversal de vía sencilla, y otro, en uno de vía doble, dando excelente resultado.

Transversal de vía sencilla. — A un relevo, con un barrenista y dos vagoneros para su rápido avance; con sección de 2,50 por 2,20 metros. Se empleó en los meses de agosto y septiembre explosivo de seguridad número 2 y cebo especial.

Avance del mes de agosto, 26 metros.

Avance del mes de septiembre, 24 metros.

En avanzar los 50 metros se emplearon 149 jornales y el siguiente explosivo:

52 paquetes de explosivo de seguridad número 2.

- 40 rollos de mecha ignífuga.
- 10 rollos de mecha gutta, por dar agua la labor.
- 4 cajas de cápsulas óctuples.

250 estopines de seguridad.

Este transversal atravesó el siguiente terreno:

13,50 metros de arenisca no muy fuerte en bancos de espesor medio.
10 metros de pizarra.

Una capa emborrascada con pizarra de 1,50 metros de espesor.

6 metros de pizarra, entrando después en una falla.

19 metros de terreno trastornado, en pizarra casi todo, con los estratos a veces en la dirección de la labor.

Hay que tener en cuenta que en el mes de agosto, en que se hicieron 26 metros de avance, se pasaron 13,50 metros de arenisca y el resto en pizarra en terreno normal.

El avance del transversal de doble vía es más concluyente y claro por dos dos razones: 1.^a Por la naturaleza del terreno atravesado. 2.^a Por haber un transversal gemelo a él en un piso inferior, que marcha por igual terreno y avanzado con dinamitas gomas.

Transversal de doble vía. — A un solo relevo de dos hombres, barrenista y vagonero, con sección de 3,20 por 2,20 metros de ancho y alto, avanzado con explosivo de seguridad número 2 exclusivamente y cebo especial.

Avance del mes de agosto, 17 metros, todos en arenisca.

Avance del mes de septiembre, 15 metros, en pizarra casi todo.

En avanzar los 32 metros se emplearon 97 jornales y el siguiente explosivo:

78 paquetes de explosivo de seguridad número 2.

38 rollos de mecha ignífuga.

6 cajas de cápsulas óctuples.

300 estopines de seguridad.

Este transversal atravesó el siguiente terreno:

8,90 metros de arenisca fuerte en bancos de espesor medio. Las cañas de los tiros quedan señaladas en el hastial de la labor.

0,80 metros de un carbonero con pizarra.

8,60 metros de arenisca muy fuerte, en bancos muy gruesos, hasta de más de dos metros de espesor. Las cañas de los tiros quedan señalados en los hastiales.

13 metros de pizarra hasta completar los 32 metros de labor.

Como ya he indicado antes, en un piso inferior se avanza un transversal gemelo de éste, que atraviesa, a la par del que hemos hablado, el mismo terreno, y que se avanza con explosivos corrientes, pues está en la planta de entrada de aire.

Si tomamos este transversal como unidad para comparar el jornal

medio de cada labor y disponemos en un cuadro los datos correspondientes a cada transversal, resaltarán con más claridad los resultados. Esto se hace en el siguiente cuadro, indicando las medias de los meses de agosto y septiembre:

TRANSVERSAL	Jornal medio	Jornales por metro	Consumo de explosivo por metro — Pesetas	Avance — Metros
Doble vía, 2 obreros:				
Explosivos, gomas.....	1	3,62	44	36
Doble vía, 2 obreros:				
Explosivo número 2.....	1,62	3,08	37,70	32
Vía sencilla, 3 obreros.....	1,35	2,98	27,75	50

En el mes de octubre, y ya sin cebos especiales, se han seguido avanzando los dos transversales con explosivo de seguridad número 2 exclusivamente y cápsula óctuple sin más, ya todos los transversales en vía sencilla, tanto el avanzado con gomas ordinarias como los otros dos.

Conservando la misma unidad para el jornal medio que en el cuadro anterior y conservando el mismo orden que en aquél están indicados, los resultados de octubre son los siguientes:

TRANSVERSAL	Jornal medio	Jornales por metro	Consumo de explosivo por metro — Pesetas	Avance — Metros
Vía sencilla, 2 obreros:				
Explosivos, gomas.....	1,18	3,45	32,35	20
Vía sencilla, 2 obreros:				
Explosivo número 2.....	1,77	2,48	26,20	19,5
Vía sencilla, 3 obreros.....	1,23	3,23	30,30	26

Como se ve por los resultados, éstos son perfectamente comparables. Las diferencias pueden ser achacadas al transversalista más que a nada. Esto en cuanto se relaciona con los avances mensuales.

En cuanto a otras cuestiones, se ve en general un menor consumo en pesetas de explosivo consumido por metro en las labores que emplearon el de seguridad, lo que se traduce para un mismo precio de contrata en mejor jornal para el obrero, lo que se aprecia perfectamente en los cuadros incluidos.

Hay que rendirse a la evidencia. Salvo lo que pudiera resultar en el ataque de pudingas o cuarcitas, es decir, en rocas de excepcional dureza

y cohesión, el explosivo número 2 sustituye a las dinamitas gomas en la perforación de transversales corrientes.

Tan sólo se debe aconsejar el perforar un barreno más en el centro de la labor, de los llamados *de salida*. Los demás barrenos trabajan perfectamente en las mismas condiciones que las dinamitas gomas, siempre que se empleen cargas análogas a las que se usan con la dinamita número 1, conocida comúnmente por *dinamita roja*.

En cuanto al empleo del explosivo número 7 para el franqueo de los hastiales de las capas, he de pronunciarme rotundamente en contra. Nada hay imposible. Los transversales, en sus tiempos, se avanzaron con punterola.

Basta recordar que la equivalencia del explosivo número 7, en relación con la dinamita de tercera, lo ciframos en un 25 por 100 menor, como mínimo. Con el límite de 400 gramos, y aun con el de 800 gramos señalado para el número 2, por barreno, para franquear una guía sería menester coser materialmente los hastiales con barrenos. En nuestras guías, avanzadas a maza generalmente, se limitaría enormemente el avance, sin poder seguir a los talleres, o bien, nos veríamos obligados a emplear por todas partes el viento comprimido, con los consiguientes enormes gastos de instalación. En todo caso el rendimiento económico sería desastroso.

Nada se adelanta tampoco con permitir el empleo de cargas mayores de explosivo, toda vez que el barreno tiene un límite de capacidad, y considero más perjudicial el limitar la longitud de atacado que el empleo de explosivos más potentes. Sería tolerable la obligación de emplear el número 7 en el franqueo de falsos hastiales, más o menos carbonosos, pero, en general, ése no es nuestro caso, en que la guía se lleva en un hastial de pizarra franca o arenisca.

En las últimas conclusiones que deduce M. Audibert, en el mes de mayo, dice, refiriéndose al explosivo análogo a nuestro número 7, que su carga límite es ciertamente inferior a 200 gramos. Además, hemos visto que en el caso de emplearse cargas mayores de 585 gramos de explosivo número 7, el riesgo de inflamación es de 100 por 100. Inflama el grisú todas las veces. ¿Qué fin se persigue entonces con su empleo? No será nada relacionado con la inflamabilidad de la mezcla detonante, pues más riesgo que el 100 por 100 no puede darle ningún explosivo. Si, pues, nada conseguimos en orden a la seguridad con el empleo de explosivo número 7 en cargas de esa magnitud, en relación con el grisú, y por otra parte, su empleo ha de producir serios conflictos en la aplicación práctica, no me puedo explicar el fin que se persigue.

Es poca razón la de que figuran en algunos reglamentos extranjeros parecidas obligaciones. Si posteriormente la ciencia y la experiencia demuestran que en la fecha que se redactaron esos reglamentos las ideas eran equivocadas, los que tienen la suerte de redactar el suyo en fecha

posterior, deben recoger todas las enseñanzas deducidas en los últimos tiempos. ○ herrar o quitar el banco. ○ se suprime completamente el empleo de explosivos en las minas, lo que no es factible, o se atiende a lo que más se debe atender, a lo verdaderamente importante: al reconocimiento de la presencia del grisú.

* * *

Como ya indiqué, los primeros ensayos con el explosivo número 2 se efectuaron auxiliados por el empleo de cartuchos de cebo especial. Estos, como son de un tamaño muy pequeño, aproximadamente de la misma longitud de la cápsula óctuple, su sujeción con ésta y la mecha se hace con mucha dificultad, en lo que toma parte lo escaso del papel en que están envueltos. Esto hace a veces que, al introducirlos en el agujero del barreno, empujados por el atacador, si la mecha tropieza en alguna rugosidad de las paredes del barreno, se corra el peligro de que la cápsula se salga del cebo sin que el barrenista lo advierta, y que al explotar la cápsula no lo haga la dinamita.

Además, la introducción del cebo en un barreno perforado con martillo, de bastante diámetro, hace que debido a su escaso tamaño presente dificultades por su tendencia a atravesarse en el mismo. Por otra parte, nosotros hemos conseguido hacer explotar perfecta y totalmente el explosivo número 2 sin cebo auxiliar, cuidando de amasar los cartuchos debidamente. No juzgo necesario el empleo de estos cebos auxiliares, aunque tampoco los creo perjudiciales; pero, en definitiva, presentan más inconvenientes que ventajas y no son imprescindibles. Tan sólo al principio, y en el caso de que el personal no amase debidamente los cartuchos de explosivo, se pudieran emplear, hasta convencer al obrero de que se obtiene resultado con el empleo de ese explosivo.

Con los cebos especiales deben emplearse cápsulas quintuples, lo que a mi juicio constituye otro de los inconvenientes de los aludidos cebos, por la obligación de emplear dos tipos distintos de cápsulas y las consiguientes confusiones en la práctica diaria.

Debido a la resistencia de la mecha ignífuga, que, como su nombre indica, no se quema, no se destruye, la explosión de algún barreno en los transversales puede determinar el que un trozo de piedra enganche la mecha de otro cuyo fuego aun no alcanzó al explosivo. Si la saca afuera, se perderá el barreno en que este hecho se registre. Causa: el mal atacado. Remedio: atacar mejor; atacar lo más cuidadosamente posible. También se puede emplear la pega eléctrica, que aun no se ensayó en Asturias, salvo para los pozos.

Disponemos por el momento de dos tipos de estopines: uno conocido por francés y el otro por español, debido al país de origen. El primero,

cuyo encendido se hace merced a la fricción de una laminilla metálica sujeta al extremo del tubo de menor diámetro, sobre el fulminato, presenta una gran seguridad en relación con el grisú. No ofrece casi ninguna posibilidad de inflamación. En cambio, es muy inseguro con respecto al encendido de la mecha, por su mala construcción, ya que muchas veces llega con la laminilla metálica a que hemos hecho alusión desprendida completamente del tubo. Se puede asegurar que falla casi la mitad de las veces, desde luego más de la tercera parte. Esto determina para el personal que da fuego a los barrenos un peligro evidente, ya que tiene que cambiar el estopín que falló por otro, entre barrenos cuyas mechas ya están ardiendo, u optar por perder el barreno, cosa con la que se avienen muy mal los obreros que trabajan a contrata. Entre ambos dilemas, optan, resolviendo la dificultad, por encender los barrenos con yesca, cuando no con una vela de la misma dinamita.

El encendido del español se hace tirando de un alambre que de él sobresale. En general, no falla, y es francamente raro que deje de comunicar el fuego a la mecha. En cambio, si se tira del alambre con cierta violencia, y no hace falta mucha, se sale éste, y por el hueco que deja por donde pasaba salen chispas al exterior, lo que representa un peligro en presencia de una atmósfera inflamable.

De todos modos, aconsejo el empleo del estopín del tipo español, siempre que en su uso se guarde la precaución de tirar del alambre con suavidad.

Otra de las cosas ensayadas ya, y en marcha normal, es la de la pega de los barrenos exclusivamente al final de la jornada, y cuando el personal de la mina no está ya en ella, o está lo suficientemente lejos para prevenir catástrofes que afecten a mucho personal. Los posteadores de los talleres en unión de los vigilantes de los mismos, son los encargados de dar fuego a los barrenos, empezando por los talleres altos, en sentido descendente y contrario a la marcha de la ventilación y después de quince a veinte minutos de marchar el personal. Estos mismos posteadores y vigilantes son los que dan fuego a las guías alta y baja del taller, de manera que a la hora de la pega no quedan en la mina más que dos hombres por taller. No se ha presentado inconveniente alguno y una bonificación deja zanjado el asunto.

Los transversalitas dan fuego ellos mismos en sus labores, y en el relevo nocturno cada encabezado lo hace en la suya.

Con respecto al atacado, para cumplimentar lo dispuesto en los artículos 150 y siguientes del vigente reglamento de Policía Minera, modificados por Real decreto de 5 de abril de 1929, se empezó a fabricar en la Brigada de Salvamento de Langreo, para uso de las sociedades que la componen, y a utilizar en las minas, cartuchos de polvo inerte para el atacado. Estos cartuchos, además de proteger la mina contra las explosio-

nes de polvo de carbón, determinan como hemos visto un mejor atacado de los barrenos, por lo que creo que su uso debiera extenderse a toda clase de barrenos y en toda clase de mina.

En Langreo se hace con envolverte de papel amianto, de unos 23 centímetros de longitud útil, y su precio de coste es de 5,25 pesetas el ciento, cantidad poco gravosa como se puede apreciar.

También los hemos hecho con envolverte de papel de estraza, para ensayos, cuyo empleo correcto pudiera encontrarse en los transversales y trabajos en estéril y minas sin polvo de carbón, y su precio de coste, con una longitud útil de 30 centímetros, ha sido de 2,50 pesetas el ciento.

Con respecto a las conclusiones precisas, respecto al empleo de explosivos de seguridad, aparte de preconizar el empleo de los mismos en todos los lugares sospechosos, y dentro de las posibilidades de empleo industrial y económico, nada tengo que añadir ni modificar de las instrucciones respecto al uso del explosivo de seguridad número 7, que por encargo de nuestra digna Directiva sometí a vuestra consideración hace unos meses, y que pueden hacerse extensivas al explosivo número 2, instrucciones que todos conocen y de las que cada uno de los miembros de nuestra Agrupación posee un ejemplar.

Los macizos pizarrosos son los mismos que pasan al otro lado del río Cabe, en el monte de la «Dehesa», por donde es de suponer pueden encontrarse nuevos afloramientos.

En el paso del río (850), por la Antigua, se ve el mineral en el sitio que corresponde a la capa, y luego se encuentran los grandes trabajos de Ceba, que aunque debieron ser llevados sobre afloramientos no muy potentes (unos dos metros), tienen unos 180 metros de longitud; en los terraplenes se ve bastante escombros, el mineral es de formación moderna, y, como es natural, de buena ley y no silíceo; en algún sitio se encuentra brecha de pizarra que confirma el supuesto respecto a la génesis.

En Castrelis, a los dos lados del arroyo de la Antigua (860 y 810), vemos labores viejas, pero en el paso del río el mineral está escasamente representado; la mena siempre es limonita con formas estalactíticas y butroides, de formación tan moderna que cimenta los cantos rodados del cauce.

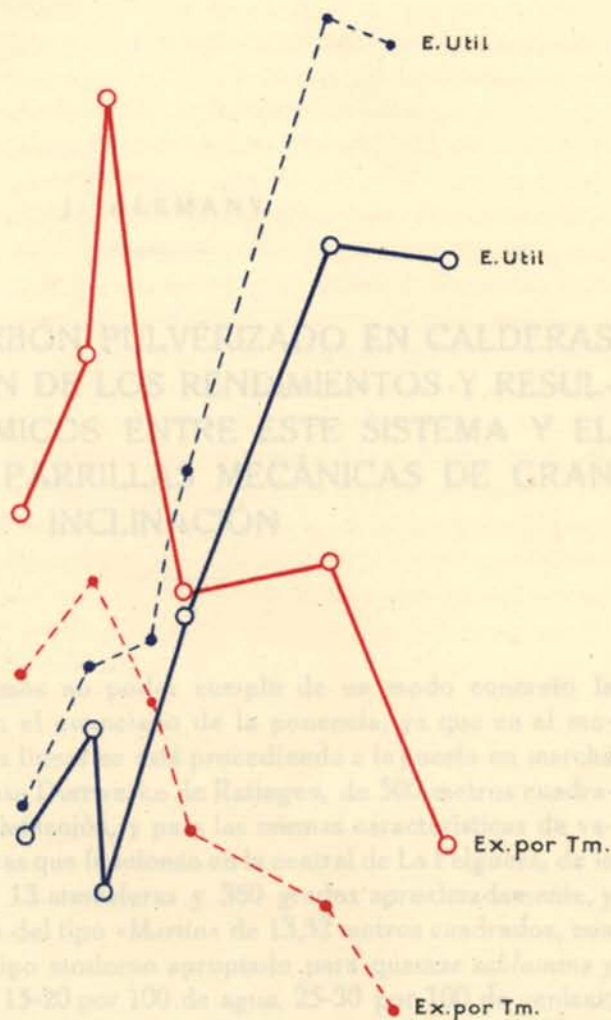
Respecto a las rocas estériles parecen haber descendido de nivel geológico desde el Redondelo; no encontramos fósiles que acrediten el supuesto cambriano, aunque citaremos, como dato empírico, la presencia de la cianita blanca en los nódulos de cuarzo entre las pizarras (1); por fin, en el Santo de la Rejoá, antes de llegar a la Casela, encuentro un afloramiento de caliza que parece corresponder a la posición señalada; los estratos siguen buzando al Norte.

Los afloramientos que con tanta constancia hemos venido encontrando parecen terminar en la Casela, donde aun ocurren dos pequeños afloramientos enlazados con algo de pizarra en brecha, como en las labores de San Mamede.

Desde el alto de la Casela se descubre un hermoso paisaje: al Suroeste se eleva, de un modo decidido, el monte de Pena Redonda, desde el que, hacia el Sur, corren los altos de Miranda coronados con las abruptas escarpas de las cuarcitas silurianas; al Sudeste, en un inmenso fondo se destaca toda la Sierra de Caurel con sus altos enormes de Pia Pájaro, Monte Faro y Capeloso, y delante, en primer término al Este, la profunda cortada que representa el Lózara, que separa los elevados montes de su nombre de los de Miranda, y esta cortada tiene su significación geológica, pues mientras Miranda, Pena Redonda y Monte Agudo sostienen los residuos horizontales de la gran cuarcita siluriana, al otro lado, en Lózara, ya no se ven sino estratos del siluriano medio y superior: gran masa de pizarras negras y calizas de *crinoides*. La Casela y el llano que sigue al Norte es sitio particular por formar una meseta en donde van a unirse también al

(1) Análogamente a lo que ocurre en Vivero o en la Sierra de la Loba.

EMPLEO DE CARBÓN PULVERIZADO EN CALDERAS Y COMPARACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS Y RESULTADOS ECONÓMICOS ENTRE ESTE SISTEMA Y EL DE MODERNAS PARRILLAS MECÁNICAS DE GRAN INCLINACIÓN



Ante todo lamentamos que en el ejemplo de vapor de contacto la finalidad perseguida en el momento de la construcción que es el momento de reducir estos límites de seguridad a lo que en marcha de una caldera de la casa de máquinas de Riego, de 30 metros cuadrados de superficie de tuberías y parrillas, con las mismas características por sus las otras calderas que se construyeron en el Central de La C. E. L., es decir, para 13 años de vida y 300 parrillas de superficie, y prevista de una parrilla del tipo «Martín» de 13,5 metros cuadrados, con gran inclinación y del tipo moderno apropiado para vaporizar al menos y más de agua con 15-20 por 100 de agua, 25-30 por 100 de volátiles, que se puede calentar hasta a 400 calorías. Esta caldera se ha previsto que vaporización normal de 16.000 kilogramos-hora y 20.000 kilogramos-hora, y hasta ahora, la única experiencia hecha en el mundo con una caldera es uno de los turbo-grupos de 10.000 kilogramos instalados en dicho Central, al cual marchó durante media hora con 6.200 kilogramos con la presión y temperatura de vapor normales, lo que representa, teniendo en cuenta el consumo del turbo de 5,7 kilogramos de vapor por kilowatt-hora, una vaporización de 35.000 kilogramos, o sea casi el doble de la prevista para marcha forzada, y esto con cachos del 30 por 100 de cenizas y 25 de volátiles. Ahora bien, no podemos contar por el momento con datos de rendimientos al consumo de carbón, ya que las pruebas

Puntos: Explosivos ordinarios.
Llenas: Idem seguridad.

J. ALEMANY

EMPLEO DE CARBÓN PULVERIZADO EN CALDERAS Y COMPARACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS Y RESULTADOS ECONÓMICOS ENTRE ESTE SISTEMA Y EL DE MODERNAS PARRILLAS MECÁNICAS DE GRAN INCLINACIÓN

Ante todo lamentamos no poder cumplir de un modo concreto la finalidad perseguida en el enunciado de la ponencia, ya que en el momento de redactar estas líneas se está procediendo a la puesta en marcha de una caldera de la casa Durrwerke de Ratingen, de 500 metros cuadrados de superficie de calefacción, y para las mismas características de vapor que las otras calderas que funcionan en la central de La Felguera, de la C. E. L., es decir, para 13 atmósferas y 360 grados aproximadamente, y provista de una parrilla del tipo «Martín» de 13,52 metros cuadrados, con gran inclinación y del tipo moderno apropiado para quemar *schlamms* y mixtos de menudo con 15-20 por 100 de agua, 25-30 por 100 de cenizas, 20-25 por 100 de volátiles, con un poder calorífico inferior a 4.350 calorías. Esta caldera se ha previsto para una vaporización normal de 16.000 kilogramos-hora y 20.000 kilogramos en marcha forzada, y hasta ahora, la única experiencia hecha, ha sido alimentar con esta sola caldera uno de los turbo-grupos de 10.000 kilovatios instalados en dicha Central, el cual marchó durante media hora con 6.200 kilovatios con la presión y temperatura de vapor normales, lo que representa, teniendo en cuenta el consumo del turbo de 5,7 kilogramos de vapor por kilovatio-hora, una vaporización de 35.000 kilogramos, o sea casi el doble de la prevista para marcha forzada, y esto con carbón del 30 por 100 de cenizas y 25 de volátiles. Ahora bien: no podemos contar por el momento con datos de rendimientos ni consumos de carbón, ya que las pruebas

oficiales de recepción no han dado comienzo todavía, y por esta causa limitaremos estas notas a dar cuenta de los datos recogidos durante las pruebas efectuadas con las calderas de carbón pulverizado instaladas en la central citada, en agosto de 1930; y lo sentimos tanto más cuanto que al comprender la necesidad de una reserva en calderas en esta instalación, se orientó la adquisición de esta reserva hacia la caldera de la Durrwerke con parrilla «Martín», precisamente para establecer, de un modo indudable, en igualdad de circunstancias y quemando carbón idéntico, esta comparación a que el enunciado de la ponencia se refiere, y que para C. E. L. es de la mayor importancia, pues dejaría resuelta de un modo concreto la cuestión del sistema de combustión a adoptar en lo futuro en las ampliaciones o construcción de nuevas centrales que pudiera abordar la Sociedad.

Las pruebas antedichas se realizaron del 5 al 10 de agosto de 1930 en las dos calderas Babcock & Wilcox, de 451 metros cuadrados, con recalentadores y economizadores superpuestos y alimentadas por una instalación de secado y pulverización del carbón del tipo central, suministrada también por dicha casa, y cuya descripción sucinta hacemos a continuación con el solo objeto de justificar y hacer comprender el consumo de energía y, por lo tanto, de carbón que representa el funcionamiento de esta parte de la instalación, consumo que ha de añadirse al propio de las calderas para establecer la comparación con el sistema de parrillas mecánicas, desprovistas en absoluto de este gasto adicional.

Depositado el carbón procedente de las minas en un foso colocado dentro de la nave de calderas, un elevador de cangilones lo eleva a un secadero de tipo vertical y de unas 10 toneladas de capacidad por hora, que reduce la humedad del carbón del 20 al 2 por 100, cifra que no debe sobrepasarse para asegurar el buen funcionamiento de los molinos. Un sistema de transporte conduce este carbón seco a través de un separador magnético para retirar los trozos metálicos que podrían averiar dichos molinos y lo eleva a unas tolvas de unas 20 toneladas, de donde baja el carbón a los molinos propiamente dichos, de 4,5 toneladas de capacidad unitaria por hora, accionados por dos motores de 125 HP. cada uno. A la salida de los molinos, el carbón pulverizado se mezcla con el aire procedente de un compresor especial, y la mezcla de aire y carbón es arrastrada por una bomba de tornillo a las tolvas almacenadoras de carbón pulverizado, cada una de una capacidad de 60 toneladas. De estas tolvas, y por medio de arrastradores mecánicos, pasa el carbón a los mecheros, donde mezclado con el aire primario y secundario procedente de los correspondientes ventiladores, es inyectado en las cámaras de combustión de las calderas. Los motores de accionamiento de los arrastradores para los mecheros, así como los de los ventiladores de aire pri-

mario y secundario, son de velocidad regulable y corriente continua, para suministrar la cual hay un grupo convertidor en la central, de unos 60 kilovatios, así como una acometida directa a la red de 500 voltios de Duro Felguera, como reserva de este grupo. El secadero de carbón antes citado está calentado por un horno alimentado también por carbón pulverizado con su correspondiente tolva, arrastradores, alimentador, mecheros, etc., etc.

Volviendo al resultado de las pruebas efectuadas con esta instalación, podemos indicar que se realizaron durante ciento siete horas con una carga naturalmente muy variable en la turbina, siendo la mínima de 2.600 y la máxima de 7.000 kilovatios, correspondiente a 4.850 kilovatios de carga media. La producción de energía fué de 515.000 kilovatios-hora, y el carbón seco quemado, 459.000 kilogramos, lo que corresponde a un consumo de conjunto de calderas y turbo de 0,89 kilogramos de carbón por kilovatio-hora. Teniendo en cuenta que la turbina según los ensayos hechos al mismo tiempo, tenía un consumo de 5,9 kilogramos de vapor por kilovatio-hora, resultaba para las calderas una vaporización de 6,63 kilogramos de vapor por un kilogramo de carbón. Ahora bien: la potencia calorífica media del combustible empleado (mixto de menudo con algo de *schlamm*) era de 6.265 calorías, lo que corresponde a 945 calorías para cada kilogramo de vapor. Como para la presión de 12 kilogramos por centímetro cuadrado, media durante las pruebas, y la temperatura de 365 grados centígrados del vapor, las calorías necesarias son 728, resulta un rendimiento de 77 por 100 para el conjunto de calderas, recalentadores y economizadores, que, dadas las condiciones de variabilidad de carga en que se hicieron los ensayos, resulta realmente favorable.

Ahora bien, y como antes hemos apuntado, parte de la energía eléctrica producida por estas calderas en la turbo se consume en la instalación de pulverización antes reseñada, y por datos tomados posteriormente y con los correspondientes contadores, puede apreciarse en un 8-10 por 100 el consumo en cuestión, de modo que el coeficiente de 0,89 kilogramos de carbón consumidos por kilovatio-hora en la máquina, debe elevarse realmente a 0,96, o mejor, y en números redondos, a la unidad.

Este resultado viene comprobado *grosso modo* por el hecho que el consumo actual total en la central de La Felguera es de 1,23 kilogramos de carbón por kilovatio-hora, pues no marchan solamente las calderas provistas de carbón pulverizado, sino que gran parte del día están acopladas con otras y algunas veces con dos calderas antiguas también de 450 metros cuadrados, de Babcock & Wilcox con cargador mecánico de tipo anticuado y cuyo consumo no bajará de 1,6 kilogramos de vapor por kilovatio-hora.

Creemos interesante completar estos datos con los que a continuación indicamos como complementarios y obtenidos en las pruebas citadas:

Humedad media del carbón tratado..	9,8	por 100
Cenizas » »	24,2	—
Volátiles » »	27,8	—
Temperatura de los gases en la chimenea a carga normal.	190°	C.
CO ₂ medio en carga normal.	18	por 100
Tanto por ciento de carbón en las escorias de la cámara.	0,9	—
— de carbón en las cenizas arrastradas con los gases.	3	—

Balance del empleo de calorías.

Valor calorífico del combustible seco.	190°	C.
Rendimiento general de calderas, economizadores y recalentadores.	77	por 100
Calor perdido en los gases (seco en carga normal).	9,5	—
— — (por humedad en carga normal).	3,5	—
— — por carbón en cenizas y escorias.	0,6	—
— — por radiación y errores.	9,4	—
<i>Total</i>	<u>100</u>	<u>por 100</u>

RAMÓN RUBIO

ESTUDIO SOBRE EL EMPLEO DE EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD Y RESULTADOS OBTENIDOS EN EL GRUPO «SIERO», DE LA SOCIEDAD METALÚRGICA DURO-FELGUERA

Con el ánimo de colaborar al Congreso que celebramos y dada la gran importancia que para el Ingeniero de Minas tiene el estudio de los explosivos de seguridad, vamos a hacer unas ligeras consideraciones sobre ellos, partiendo de algunos principios técnicos fundamentales, de todos conocidos, sobre su teoría, para pasar en seguida a tratar de los que en España se emplean, procurando deducir alguna consecuencia práctica.

Examinaremos la cuestión bajo dos aspectos: el técnico, en que trataremos de los explosivos de seguridad en general, clases que se emplean en España y extranjero, condiciones de seguridad de ellos, etc., y el económico o de rendimiento.

Pasemos al estudio del primero.

GENERALIDADES.

Sabemos que en los explosivos los efectos rompedores son producidos por la expansión de los gases que en la explosión se producen. Si suponemos que en una cantera, para que sea al aire libre, se ataca y da fuego en el barreno O , los gases de la explosión, al romper, se ponen en contacto en primer lugar con el volumen de aire a , al cual comunican su misma presión; éste se expande, produciéndose el consiguiente enfriamiento, y contra las tensiones 1 que le expansionan encuentra las contrapresiones 2 del volumen comprendido entre a y un segundo volumen b , al que llamaremos a_1 , que nacen como reacción a las primeras, las cuales, al producir cierta

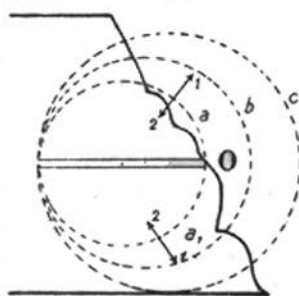


Fig. 1.

compresión en el cuerpo a , elevan algo su temperatura, compensando en parte el enfriamiento primero; pero a su vez el cuerpo a_1 se expansiona también y vuelve a producirse otro nuevo enfriamiento de mayor importancia que el del cuerpo anterior porque es de mayor volumen, y así sucesivamente. Luego, en definitiva, resulta un enfriamiento total, suma de todos estos parciales, que va creciendo a medida que la onda explosiva se separa del centro, que es de gran importancia, y se produce de un modo rapidísimo, en unas milésimas de segundo (1).

En una galería de mina, o mejor aún, en un coladero o chimenea, los gases de la explosión se expansionan con mayor dificultad por ser menor el volumen de aire con quien se ponen en contacto, y el enfriamiento será; por consiguiente, más lento; circunstancia ésta que debe tenerse en cuenta para las pruebas.

EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD.

Basados en estas consideraciones, veamos el fundamento de los explosivos de seguridad.

De todos es conocido que el grisú es explosivo entre los límites 6 al 16 por 100 en mezcla con el aire y que la temperatura necesaria para que la explosión se produzca es de 650 grados. Pero ésta no es instantánea a los 650 grados, sino que se retrasa un poco — unos ocho o diez segundos —, produciéndose el fenómeno que se llama «retardo a la explosión». Contra más elevada sea la temperatura este intervalo de tiempo es menor, pudiendo llegar a reducirse a 0 si aquélla es lo suficientemente elevada, lo que se verifica a los 2.200 grados. Por consiguiente, los explosivos de seguridad deben reunir las condiciones siguientes:

1.^a Tener lo más baja posible la temperatura de explosión — hasta ciertos límites, por debajo de los cuales serían poco eficaces dichos explosivos en cuanto a rendimiento —.

2.^a Que el momento de la explosión sea lo más rápido, para que los gases, después de la rotura, se enfríen inmediatamente y no den tiempo a la inflamación del grisú.

La segunda es fácil de conseguir porque hay muchos explosivos de *detonación perfecta*; pero la primera, cuyo ideal sería los que detonaran por debajo de 650 grados, es imposible de realizar, si se quiere que éstos tengan una mediana potencia, porque, como ya veremos, ésta depende en sumo grado de la *temperatura de detonación*.

(1) Hatón.

En efecto: Llamando (1)

$$\Delta = \frac{\Sigma}{V}, \text{ densidad de carga.}$$

Σ , peso del explosivo en kilos.

V , volumen de la cavidad cerrada donde está el explosivo.

n , número de moléculas gaseosas.

P , presión que toman los gases de explosión.

$\alpha = n \frac{0,02232}{1.000}$, milésima parte del volumen de las moléculas a 0 grados y 76 milímetros.

T , temperatura absoluta de detonación.

Y sustituyendo en la fórmula de Clasius $P(V - \alpha) = nRT$, que es una simplificación de la Vant Hoft, $V = \frac{\Sigma}{\Delta}$, y R , la constante de la ecuación de los gases, que es $\frac{P_0 V_0}{273} = \frac{10,333 \times 0,0223}{273} = 0,84$, se tiene la

fórmula $P = \frac{n \times 0,084 \cdot T \Delta}{\Sigma - \alpha \Delta}$.

$$P = \frac{n \times 0,084 \cdot T \Delta}{\Sigma - \alpha \Delta}$$

Haciendo $f = 0,084 \frac{n}{\Sigma} T$, resulta la fórmula $P = \frac{f \Delta}{1 - \frac{\alpha}{\Sigma} \Delta}$ (2).

Supongamos dos explosivos de la misma densidad de carga, que desarrollan presiones P_1 y P_2 con unas constantes f_1 y f_2 ; tendremos $\frac{P_1}{P_2} = \frac{f_1}{f_2}$, lo que demuestra que para cada explosivo, f es una característica que se llama *potencia del explosivo*, que crece con T . Por otra parte, en la expresión de f se ve que cuanto mayor sea n mayor será f para los mismos valores de Σ , lo que quiere decir que crece cuanto mayor sea el volumen de los gases a la temperatura T para un kilogramo de carga.

Terminada de ver la influencia grande que tiene la temperatura de detonación sobre el grado de seguridad de un explosivo para la no inflamación del grisú, conviene decir que esta seguridad no depende sólo de dicha temperatura: la composición química juega un papel de más importancia todavía, no sólo porque aquélla sea consecuencia inmediata de ésta, sino también desde el punto de vista de la composición de los gases que en la explosión se formen.

Dicha composición química debe ser tal, que la mezcla de los gases, dadas las altas temperaturas a que tiene que estar sometida, no contenga

(1) Hatón.

(2) $\frac{\alpha}{\Sigma}$ varía poco y para el cálculo puede considerarse constante.

compuestos susceptibles de reaccionar unos con otros, que pudieran llegar a producir explosión a su vez.

El caso de formación de CO y O² simultáneamente, por ejemplo, que puede presentarse con los explosivos que empleamos, el cual debemos verlo con más detenimiento después, por la importancia que encierra.

El de producción de CO y CH⁴ con las «carbonitas». Este no nos interesa tanto por el momento, por no emplearse dichos explosivos, pero haremos resaltar el hecho, muy interesante, deducido de las experiencias de Neubabelsberg (Alemania), de que la proporción de estos gases varía con la densidad de carga, aumentando con ésta el CH⁴ y disminuyendo el CO.

Es de tal importancia, por consiguiente, la composición de un explosivo, que puede darse el caso de que de dos que la tengan distinta, con distintos puntos de detonación, sea más seguro el que desarrolle mayor temperatura.

Está probado también que la adición de pequeñas cantidades de sales alcalinas rebaja la temperatura de detonación.

Por otra parte, es evidente que contra más ricos en carbono sean los compuestos que se usen, éstos tendrán, por así decirlo, mayor cantidad de combustible y mayor será su potencia, siendo también, por lo dicho anteriormente, más elevada su temperatura de explosión. Los toluenos son de los más potentes, desde este punto de vista, pero no pueden emplearse aisladamente por no ser susceptibles para ello.

CLASES DE EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD.

Son bastante variadas las clases de explosivos de seguridad que se emplean, sobre todo en el extranjero. En España y Francia la mayoría de ellas son a base de *nitrato amónico* y *algodón nitrado*, compuestos que, a la circunstancia de tener baja la temperatura de detonación, unen la de ser de buen rendimiento, cuando se asocian, porque consumen en trabajo la mayor parte del calor desarrollado, quedando baja la temperatura de los gases después de la expansión.

VÉASE EL CUADRO ADJUNTO DE HATÓN

EXPLOSIVOS	Tempe- ratura detonación	Temperatura después de expansión	‰ Calor transformado en trabajo
Nitroglicerina.....	3.200 grados	978 grados	76,5
Algodón nítrico, 40 ‰.....	2.450 >	502 >	89
Nitrato amónico, 60 ‰.....			

El $\text{NO}^3 \text{NH}^4$ tiene el inconveniente de ser de difícil explosión, y por eso hay que combinarlo con otros más sensibles, como el algodón nitrado.

En España, los tarifados que marca el reglamento son de esta composición, en mezcla con la nitroglicerina, cuyos compuestos son los siguientes:

Grisutina número 2.

Nitroglicerina, 29,10. Nitrato amónico, 70. Algodón nitrado, 0,90.

Grisutina número 7.

Nitroglicerina, 11,76. Nitrato amónico, 88. Algodón nitrado, 0,24.

Las temperaturas de detonación deben andar alrededor de 1.800 grados para la número 2 y 1.400 grados para la número 7, según la proporción que tienen sus componentes comparados con los de otros explosivos, cuyos datos tenemos a la vista.

En Inglaterra, Alemania, Bélgica y Francia se emplea el $\text{NO}^3 \text{NH}^4$ asociado unas veces a *dinamita*, otras a *nitrobencinas*, *nitrotoluenos* (en el proyecto del nuevo reglamento español se autoriza el empleo de la *sabulita*, que es de esta composición) y *nitronaphtalinas*. Generalmente son de elevada temperatura de explosión, en algunos de 2.000 grados.

Entre las de esta última categoría se emplean en Francia mucho las llamadas *Favier*, fabricadas por infusión del $\text{NO}^3 \text{NH}^4$ en la *nitronaphtalina* fundida, lo que aísla al nitrato amónico y le hace completamente insensible a choques y rozamientos, razón por la cual es de manipulación muy segura.

Deben ser explosivos potentes porque comparado el número 1 de ellos con la *dinamita* de primera, se tiene:

Favier número 1, f = 8.400, t = 2.189 grados.

Dinamita 1.ª, f = 8.490, t = 2.940 »

es decir, que casi tienen la misma potencia, y, sin embargo, hay una diferencia de temperatura de 800 grados. Es de suponer que los demás (aunque nos faltan los datos) sean relativamente potentes también.

Hay todavía más clases de explosivos de seguridad que no son a base de nitrato amónico, sino de nitroglicerina asociada a nitratos y sulfatos alcalinos, celulosa, serrín de madera, etc. Se emplean menos, no obstante la propiedad que antes hemos indicado de las sales alcalinas.

Para terminar, examinemos lo que son las *carbonitas* con sus propiedades (1), por si conviniera iniciar algunas pruebas.

(1) Schmerber: *La seguridad en las minas.*

En su composición entran harinas de varias clases. Una de ellas, la *kohlencarbonita*, por ejemplo, tiene la siguiente:

Nitroglicerina.....	25	por 100.
Nitrato potásico.....	34	—
Harina de trigo.....	38,5	—
Nitrato bórico.....	1	—
Harina de corteza.....	1	—
Sosa.....	0,5	—

De unos ensayos hechos en Schlebusch, para medir la duración y longitud de la llama de los distintos explosivos, lo que se hizo sacando la impresión de ella sobre un papel sensible enrollado en un tambor provisto de aparato de relojería, y comparando estos resultados con la susceptibilidad a la inflamación del grisú, pudo deducirse una consecuencia muy interesante. Que para obtener un explosivo seguro, es necesario no pasar—aunque, como hemos indicado, conviene sea lo más rápida posible— de cierto límite la *velocidad de detonación*, como asimismo la *duración y longitud de la llama* (Bichel). Puesto que las carbonitas parece que reunían mejor que ningún otro explosivo las expresadas condiciones, fueron considerados como los más seguros. El nitrato amónico se supuso de seguridad media, al reunir en un término medio los requisitos apuntados.

Posteriormente, en Frameries, se comprobó que tenían *cargas límites de seguridad* (1) elevadas, pues en igualdad de condiciones, de atacado, profundidad en el barreno de la carga, etc., se obtuvo para el explosivo citado, que aquélla se elevaba a 900 gramos, mientras que con el Favier número 2 bis, era sólo de 500.

Creemos que este aumento considerable en la seguridad tiene que ser a expensas de la potencia según lo dicho anteriormente al hablar de la temperatura.

Han sido después muy discutidas sus buenas propiedades, por tratarse de explosivos de *combustión incompleta*, que podían llegar a dar la siguiente composición en los gases de explosión, para una densidad de carga de 0,475, por ejemplo:

CO ²	31,2	por 100.
CO.....	24,8	—
H.....	19,7	—
CH ⁴	9,2	—
N.....	15,1	—

(1) «Carga límite» de un barreno es aquella por encima de la cual se pierden todas las probabilidades de seguridad con respecto al grisú.

lo que supone: atmósfera tóxica, por la gran proporción de CO, y posibles explosiones secundarias, por las de CO, H y CH⁴; motivos que debieron contribuir a que no se generalizara su empleo.

En resumen: podemos decir que la seguridad es muy discutible en todas las variedades empleadas, dependiendo todo del punto de vista que se tome; o lo que es igual, que la seguridad no es más que relativa, sobre todo, si se emplean grandes cargas, que puede llegar a desaparecer en absoluto.

Se han hecho todas estas consideraciones:

a) Para darnos cuenta de las características de los explosivos y poder comparar unos con otros.

b) Para que de estas comparaciones podamos formar idea de la calidad de los nuestros, en cuanto a seguridad y potencia.

Así hemos llegado a deducir las siguientes ventajas e inconvenientes:

1.º Que los españoles nos parecen buenos en cuanto a seguridad para el grisú, por tener suficientemente bajo el punto de explosión.

2.º Su manipulación no ofrece riesgos de accidentes, o muy pocos, por la dificultad del nitrato a explotar sin cebo.

Los inconvenientes son:

1.º Ser más caros que los explosivos ordinarios.

2.º El no tener más variedades para verificar pruebas que pudieran indicarnos alguno de más potencia, siempre dentro de la debida seguridad.

El caso de los Favier, por ejemplo, y el de los nitrotoluenos combinados con sales alcalinas para rebajar su temperatura, nos parecen muy indicados para estos ensayos, porque, repetimos, los Favier deben tener probablemente más potencia, y son muy seguros en cuanto al manejo, teniendo también baja su temperatura de detonación, 1.443 grados el clasificado en la categoría de tercera.

3.º La higroscopicidad del nitrato amónico.

4.º Su dificultad a la explosión, que hace que ésta se transmita mal de un cartucho a otro, dándose casos de que parte del tiro salga y otra no, lo que en términos mineros suele expresarse diciendo que las cargas se «buscan mal».

Pasemos ahora a enumerar algunas otras causas que pueden influir sobre el grado de seguridad del explosivo, teniendo siempre muy en cuenta que de seguridad absoluta no hay ninguno, deteniéndonos después en alguno de los puntos que más nos pueden interesar.

Estas son:

1.ª Fulminantes empleados.

2.ª Densidad de carga.

3.ª Cargas máximas por tiro.

4.ª Atacado.

5.ª Calidad del encartuchado, etc.

FULMINANTES.

Es muy interesante para tratar de esta cuestión el conocimiento de las distintas clases de explosiones que se pueden presentar, bien con distintas clases de explosivos, bien con distintas maneras de producirlas.

Las hay de tres clases (1):

1.^a De primer orden o *detonación perfecta* es aquella en que se verifica de un modo rapidísimo (unas milésimas de segundo) la descomposición completa siendo sus efectos de gran intensidad. Ejemplo: la de todos los explosivos con fulminante, exceptuando la pólvora; la del fulminato, que lo hace al contacto de un simple cuerpo incandescente o al choque, y por eso tiene aplicación como detonador.

2.^a Explosión de segundo orden. La que tiene una descomposición menos completa, es más lenta y sus efectos rompedores son más atenuados. Ejemplo: la pólvora en recinto cerrado, al fuego o con detonador; la de la dinamita, también en recinto cerrado, producida al contacto de un cuerpo incandescente.

3.^a Deflagración. Se produce en muchos explosivos quemando al aire libre, sin fulminante, cuando no tienen presión que vencer. La combustión de la dinamita es muy lenta y no puede considerarse como tal deflagración.

Ya hemos visto la necesidad de que sean de la primera categoría la de los explosivos empleados en minas grisuosas. Por esta razón está prohibido el empleo de la pólvora.

Si un detonador es insuficiente, puede suceder que la explosión en lugar de ser de la primera categoría sea de la segunda. Las consecuencias pueden tener gran importancia, porque al hacerse la explosión más lenta crecen los riesgos de la inflamación del grisú, y porque al ser la descomposición incompleta, puede producir gases tóxicos, como los nitrosos y el CO, o combustibles, como la mezcla de O² y CO, en presencia de la humedad existente siempre en las minas; motivos todos ellos que pueden dar lugar a un serio peligro.

Se han hecho experiencias en el pozo «Fondón» con dinamitas ordinarias y fulminante número 5 por un lado; por el otro, con grisutina y fulminante del número 8, pudiendo sacarse del resultado de los análisis de los gases (2) las siguientes conclusiones:

1.^a La ausencia completa de *gases nitrosos* para ambas clases de explosivos, condición preciosa, dada su gran toxicidad.

(1) Hatón.

(2) Tomada la muestra en la atmósfera de la mina.

2.^a La proporción de CO que con los explosivos ordinarios oscila alrededor de 0,05 por 100, con los de seguridad número 7, en la mayoría de los casos, también se aproxima a esta cifra, pero en alguno se ha llegado al 0,3 y 0,5 por 100, cantidades peligrosas por ser ya muy tóxicas, y, además, pueden producir una mezcla explosiva al contacto del O², producto de descomposición de la nitroglicerina y el nitrato amónico, que dejen oxígeno libre en su explosión.

Recientemente se han hecho en «Braña» más pruebas con la grisutina número 2 en un transversal, empleándose detonadores del número 8 y del número 5. En ningún caso se notó CO ni gases nitrosos.

En definitiva, creo que puede considerarse muy aceptable, en cuanto a cantidad de carga, el fulminante número 8, para carbón, porque en los casos citados de producción de CO, que son en proporción pequeña, puede haber otros motivos (explosivo poco amasado, fulminante defectuoso, etc.). Para la grisutina número 2 el fulminante número 5 debe ser suficiente según se deduce de las pruebas de «Braña», al menos en lo que a la explosión completa se refiere, que la potencia, muy digna de tener en cuenta, sería cuestión de experiencias más prolongadas.

Un punto de suma importancia a tratar bajo este aspecto, es el del empleo de la grisutina número 7 en las guías, donde la resistencia a vencer por el explosivo es mayor que en carbón y es necesario cargar más los tiros. Ocorre con alguna frecuencia que en las largas «zapateras» quedan unos cuantos cartuchos sin hacer explosión (1), lo que significa gran trastorno en los trabajos, con el consiguiente aumento de gastos y peligros. Sería muy conveniente para contrarrestar estos efectos la autorización del empleo de cebos especiales (pequeños cartuchos de explosivo más potente para alojar el fulminante).

En Francia ya se trató de vencer esta dificultad a la explosión de los explosivos de seguridad usando un fulminante especial.

Lheure probó de emplear un cordón fulminante compuesto de trinitrotoluol que llenaba un tubo de plomo de seis milímetros de diámetro exterior y cuatro milímetros de interior, al cual se le daba la longitud de toda la carga del barreno cuyos cartuchos tenía que atravesar, poniéndose un fulminante ordinario en el extremo exterior del cordón. La velocidad de explosión se calculaba en 6.000 metros por segundo, así que era instantánea en todos los puntos de la carga.

De las pruebas realizadas se llegó a obtener la explosión completa del nitrato amónico puro, y con otros explosivos, como las nitrobencinas, se obtuvo una economía del 20 por 100 para conseguir los mismos efectos de rendimiento.

El motivo de haberse abandonado este sistema fué el comprobar que

(1) Cuando se cargan más de ocho o nueve y es roca dura.

elevaba grandemente la temperatura de detonación. Seguramente que también sería caro su empleo y difícil su manejo en el trabajo.

Sobre la composición de los fulminantes que empleamos, creyéndola insustituible, nada tenemos que añadir.

CANTIDAD DE CARGA Y ATACADO.

Es de transcendental importancia la cuestión de cargas límites a emplear. Puesto que el peligro de los explosivos es el de que los gases después de la expansión conserven la temperatura superior a 650 grados varios segundos, si a éstos se les hace vencer una gran resistencia, realizando así un fuerte trabajo que cuanto mayor sea más hará bajar la temperatura de los gases, puede contrarrestarse el aumento de riesgos a mayor carga — pues las experiencias demuestran que los hay, siendo estos riesgos función de dicha carga, diámetro de ella y profundidad del cebo en el barreno — con un aumento proporcional del trabajo a realizar. Lo difícil es graduar este trabajo, y por eso es conveniente dejar un límite entre la carga máxima tolerada y la carga peligrosa. Un barreno «sobrecargado» es un grave peligro con cualquier clase de explosivo (1). Una gran vigilancia es necesaria sobre tal extremo para que esto no ocurra.

* * *

El atacado, para que el tiro no dé «bocazo», tiene que ofrecer más resistencia que la de la rotura que se quiere producir. Esta resistencia del taco depende de dos factores: la longitud de éste y su adherencia a las paredes. En cuanto a lo primero, ya se nos dan normas en el nuevo reglamento, y en cuanto a lo segundo, los cartuchos de polvo inerte cumplen mejor que nada esta condición, porque al recibir la presión de la explosión se comprimen, adhiriéndose fuertemente a las paredes del barreno por su tendencia al aumento de sección. Tienen el inconveniente de la dificultad al atacado, por su poca rigidez.

* * *

Pasemos ahora a la descripción de los resultados de rendimiento que se obtienen.

(1) Barreno «sobrecargado» es el que tiene más carga que la precisa para el trabajo a realizar, aunque sea inferior a la límite. Por el contrario, puede ser superior a ella sin estar «sobrecargado» en este sentido.

RENDIMIENTO.

Arranque. — Tomando los talleres más normales hemos podido reunir doce en «Braña» y seis en «Saús». Además se han agrupado las explotaciones, según su potencia, por grupos de 20 en 20 centímetros de diferencia, para que los promedios obtenidos dentro de estos grupos supriman las oscilaciones que en cada uno pudiera haber de unas capas a otras por su estado de dureza, fallas, etc., etc.

He aquí los resultados obtenidos tomando un promedio de tres meses y suponiendo las cargas de seguridad del mismo peso que la de explosivo ordinario.

NOTA. — En los cuadros y consideraciones que siguen, la denominación de «cargas» se refiere a «cartuchos» de explosivo, y la de «jornada» a «día picando» por obrero, como el efecto útil.

B R A Ñ A

NÚMERO DE TALLERES	EMPLEANDO DINAMITA DE TERCERA				EMPLEANDO GRISUTINA NÚM. 7		
	Potencia media	Avance medio por picador..	Efecto útil por picador en tonelada....	Cargas por jornada.....	Avance medio por picador..	Efecto útil por picador en tonelada....	Cargas por jornada.....
Seis de 0,50 a 0,70	0,62	1,51	2,55	6,58	1,85	2,36	7,40
Dos de 0,70 a 0,90.....	0,80	1,68	3,27	5,88	1,62	3,21	8,02
Cuatro de 0,90 en adelante.....	1,19	1,49	5,47	8,36	1,43	5,10	8,76
TOTAL.....	0,81	1,54	3,54	7,12	1,42	3,33	8,14

S A Ú S

Dos inferior a 0,50.....	0,40	0,95	1,178	1,99	1,23	1,859	2,75
Dos de 0,50 a 0,70	0,60	0,99	1,678	2,50	1,01	1,681	3,26
Dos de 0,70 a 0,90.....	0,87	1,02	2,890	2,62	1,01	2,511	3,24
TOTAL.....	0,68	0,99	1,810	2,89	1,065	1,866	3,22

En la primera, lo único que se observa de un modo general es la disminución del avance medio, por día, lo que a igualdad de circunstancias supone un menor efecto útil. Así sucede con el efecto útil total, que de 3,54 toneladas con dinamita de tercera, baja a 3,33, o sea un 6 por 100 en números redondos. El aumento de explosivos es de 7,12 cargas a 8,14, que representa un 15 por 100; cifra quizá insuficiente, por haberse aumentado poco en las capas anchas que son sucias.

En «Saús», por el contrario, el efecto útil sube de 1,81 a 1,866, 56 kilogramos, equivalente al 3,10 por 100. El consumo de explosivo por jornal sube de 2,39 cargas a 3,22; un 34 por 100. O sea, que siendo aquí mayor el aumento de explosivo, el efecto útil resulta superior, máxime tratándose de una mina donde se «riega» mucho, con lo que se proporciona mayor salida a los tiros, y que, por lo tanto, las oscilaciones del efecto útil guardan más regularidad con la variación de la cantidad de explosivo.

Consecuencia. — Que la cantidad mínima a emplear, según los resultados de «Saús», parece ser en peso próximamente el 35 por 100 más elevada del explosivo de seguridad al ordinario, y que esto, que en minas donde se da salida a los tiros es de efectos más seguros para evitar baja en el rendimiento, resulta más problemático en las que aquello no se haga, por las dificultades de regular la carga con exactitud, a lo que contribuye grandemente la experiencia de los encargados, ya que la cantidad a emplear está limitada, aparte de las prescripciones reglamentarias, por la seguridad de los hastiales y el desmenuzamiento del carbón. Pero de un modo general, tomando el promedio del 15 y 35 por 100, que da el 25 por 100 (en peso), creemos que es el aumento suficiente para que el efecto útil no disminuya.

* * *

Se han hecho pruebas en seis explotaciones de «Braña», dando en los tajos normales cuatro días explosivos ordinarios y otros cuatro de seguridad; bajo la base del mismo peso de explosivo, midiendo los avances medios y cubicando, pues de otra manera nos sería imposible calcular el carbón producido por ir a los pozos mezclado con el de los demás tajos, hemos formado el siguiente cuadro que expresamos en un gráfico:

TALLERES	DINAMITA DE TERCERA						GRISUTINA NÚMERO 7					
	Toneladas. Efecto útil.	Avance medio...	Potencia media...	Explosivo por metro en piedra...	Explosivo por tonelada en piedra...	Cargas por jer- nada...	Toneladas. Efecto útil.	Avance medio...	Potencia media...	Explosivo por metro en piedra...	Explosivo por tonelada en piedra...	Cargas por jer- nada...
«2.ª Modesta», 3.º piso N.....	9,04	2	1,16	3,66	0,80	12	7,58	1,66	1,16	6,17	1,36	16,33
«Cobarde», 1.º, pi- so N.....	3,86	1,80	0,55	2,56	1,19	6,5	3,70	1,72	0,55	3,19	1,49	8,75
«Roja», 1.º, piso N..	4,77	1,75	0,70	3,65	1,33	9	4,36	1,60	0,70	4,82	1,76	12,25
«Maroma», 4.º, pi- so N.....	6,05	1,72	0,90	3,29	0,98	8	5,17	1,47	0,9	4,65	1,32	10,90
«2.ª Modesta», 4.º, piso S.....	8,89	1,82	1,25	3,11	0,63	8	7,50	1,37	1,40	4,99	0,91	10,90
«2.ª Novena», 5.º, piso S.....	4,99	1,60	0,80	3,55	1,13	8	3,22	1,15	0,72	5,97	2,12	10,90
<i>Promedio.....</i>	<i>6,26</i>	<i>1,77</i>		<i>3,28</i>	<i>1,00</i>	<i>8,58</i>	<i>5,25</i>	<i>1,49</i>		<i>4,84</i>	<i>1,48</i>	<i>11,66</i>

Representemos gráficamente los resultados obtenidos en dichas pruebas, sin pretender deducir de ellas una consecuencia general, que sólo podría conseguirse después de numerosos tanteos.

Tomando las potencias como abscisas a una escala de $\frac{1}{15}$ y los efectos útiles, para cada una, en ordenadas a $\frac{1}{50}$ hemos representado la variación de éstas en función de aquéllas, y esto para cada clase de explosivos. Desde luego, se observa en seguida que la línea de la grisutina se encuentra bastante por debajo de la de tercera, que estas líneas se separan más cuanto mayor es la caja de las capas (se midió la totalidad de tierra y carbón que la formaba), lo que aunque parece contradictorio, porque cuanto más ancha la capa, a igualdad de condiciones, el explosivo debe trabajar mejor, en este caso no lo es, pues son capas que llevan tierra en medio, la cual consume más explosivo. El descenso brusco que se observa en la de explosivo de seguridad, es debido a una capa que, llevando franqueo, disminuyó en potencia de carbón, dificultando el avance. También se representan las variaciones del coste de explosivo por tonelada para diversas potencias, tomando las ordenadas a una escala de $\frac{1}{12,50}$. Se ve la subida brusca en el mismo punto donde los efectos útiles tienen el descenso. Y, por último, salta a la vista la disminución del coste por tonelada para las grandes potencias, que aunque, como antes digo, llevan tierra, aumentando también grandemente la potencia en carbón, es lógico que así suceda.

Comparemos ahora numéricamente los resultados, sin olvidar que son para el mismo peso de explosivo.

El efecto útil baja de 6,26 toneladas a 5,25, que es un 16 por 100.

El coste de explosivo por tonelada sube de 1,00 a 1,48, o sea el 48 por 100.

De esto se desprende con toda claridad, ya que en la misma cantidad en peso los resultados son desfavorables, la gran ventaja de forzar la cantidad de grisutina, en lo que a producción total se refiere, sin tener en cuenta el desmenuzamiento del carbón, hasta el máximo que permita, dentro siempre de las cantidades autorizadas por los reglamentos para cada tiro— lo que representaría el aumento en número de éstos — la seguridad de los hastiales, pues no sólo bajará el precio de coste en arranque por el mayor rendimiento y menor coste de explosivo, sino que se tendrán todas las ventajas, que en una mina suponen la mayor producción posible.

Habíamos empezado unos ensayos comparativos de la cantidad de granos obtenida con el explosivo ordinario y con el de seguridad, pero que por disponer de pocos días no pudieron terminarse. De un modo general, tenemos la impresión de que han disminuído, lo que, a nuestro jui-

cio, debe ser debido a que la dinamita de tercera, por la proporción de nitrato de sosa y carbón que lleva, tiene una *detonación menos perfecta* que la del explosivo número 7, y sus efectos rompedores se aproximan un poco más a los de la pólvora negra, con la composición de la cual tiene alguna semejanza, y que, como sabemos, son más lentos. Los explosivos de seguridad, por el contrario, son de detonación perfecta, y los efectos rompedores, aunque más débiles a la misma cantidad de carga, tienen que ser rápidos para cumplir con tal condición.

Preparación.— En los transversales se obtuvieron, durante tres meses, para cada explosivo los resultados siguientes (se tomaron cuatro, uno de cada mina, habiéndose empleado en algún tramo duro dinamita de primera) (1):

Con dinamita de primera y se-	{	Número de jornales por metro..	4,17
gunda, ordinaria		Coste explosivo por metro.....	26,61
Con grisutina número 2.....	{	Número de jornales por metro..	5
		Coste explosivo por metro.....	30,66

La disminución de rendimiento es de un 20 por 100. El explosivo subió el 15,20 por 100.

Ultimamente se ha tomado un transversal en «Braña», que está atravesando una fuerte arenisca, para hacer en él experiencias. Se dispararon nueve tareas con dinamita de segunda y otras nueve con grisutina número 2, empleando el mismo peso. Los resultados obtenidos, teniendo en cuenta que es un transversal que tiene 3×3 metros destinado para anchurón de una balanza, han sido los siguientes:

Con dinamita de segunda. ...	{	Número de jornales por metro..	4
		Coste explosivo por metro.....	28,49
Con grisutina número 2.....	{	Número de jornales por metro..	4,54
		Coste explosivo por metro.....	25

Como se ve, el número de jornales por metro 4 y 4,54, están por debajo del promedio hallado anteriormente, pero es que esta labor se hace con perforación mecánica, y en aquellos promedios las hay a maza, las cuales no nos pareció necesario poner aparte, porque el número de martillos, siendo igual y habiéndose mudado de unas labores a otras repetidas veces, según las necesidades de rapidez en el avance, no alteran el resultado. De la otra manera el cálculo se hubiera hecho imposible.

De estos últimos datos se deduce que ha disminuído el avance con grisutina en el 13 por 100 y aumentado el coste de explosivo por metro en el 6 por 100, cifras que comparadas con el 20 y 15,20 por 100, respectivamente, se ve que hay un mayor rendimiento con el explosivo de

(1) Fueron todos de la misma sección próximamente.

seguridad, en el transversal que nos ocupa, al mismo tiempo que una disminución de coste de explosivo. Creo debe achacarse a dos factores: la gran sección que se lleva, donde el explosivo puede trabajar mejor, y mayor perfeccionamiento del manejo de este explosivo por el personal después de unos meses de empleo.

Respecto a los guías, el asunto cambia mucho. El empleo de la grisutina número 7 está dando malos resultados. Es verdad que se puede llegar a doblar la carga por tiro, pero esto no resuelve nada. Como la potencia de este explosivo es pequeña para roca, se tropieza con el inconveniente de que atacados los tiros con muchos cartuchos, los del extremo trabajan mal, y algunas veces no llegan a hacer explosión, notándose una disminución en el avance y aumento del coste de explosivo por metro. Es necesario estudiar la manera de resolver este problema, porque el retraso que en la preparación se produce, traerá como consecuencia inmediata una baja en la producción. El empleo de cebos especiales, si no se autoriza otro explosivo más potente, que sería lo mejor, puede hacer variar mucho los resultados.

RESUMEN.

Podemos, pues, resumir finalmente:

1.º Que los explosivos de seguridad que empleamos tienen buenas propiedades en cuanto a los riesgos de accidentes, tanto para el grisú como para manipularlos.

2.º Su potencia es pequeña. El número 7, para carbón, da todavía resultados aceptables, aumentando la carga en un 25 por 100 (en peso), lo que resulta costoso; pero para los guías ya hemos visto sus inconvenientes. El número 2, para transversales y guías en falla, es posible que cuando el personal se perfeccione en su manejo, dé mejores resultados, que por el momento tampoco son completamente satisfactorios tratándose de rocas fuertes.

3.º Tienen el inconveniente también de su higroscopicidad y dificultad a transmitir la explosión.

Creo que, por todas estas razones, se debía probar con los nitrotoluenos o las nitronaftalinas, que, sin ser menos seguros, habrían de dar quizá resultados más favorables.

CRIADERO DEL INCIO (GALICIA)

·POR

PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO

INGENIERO DE MINAS

ÍNDICE

	Páginas.
Criadero del Incio	215
Historia.....	215
Criaderos	218
Agrupación de los yacimientos.....	218
Descripción de las labores y afloramientos.....	220
Crestones de Mompedroso y Redondela.....	222
Posición geológica.....	224
Tercer grupo — Veneira de Roquis.....	229
Geología de los Criaderos.....	233
Formación de los Criaderos.....	235
Cova das Choyas	236
Laderas del Cabe.....	237
Roquis.....	238
Clase.....	238
Cubicación.....	240
Bibliografía y datos mineros.....	241

CRIADERO DEL INCIO

El grupo minero conocido por «Coto del Incio» es uno de los más afamados de la provincia, y aunque enlazado por su geología y génesis a los de la Sierra de Caurel, constituye por sí solo una unidad independiente, pues única y aislada sería también la solución de su transporte.

Geográficamente los diferentes yacimientos están distribuidos en las laderas y alturas de la margen izquierda del río (croquis A) desde el Monte Viduedo, frente a Oútara, hasta la Casela y Pena Redonda, que ya dominan la vertiente del río Lor frente a los montes de Lózara. La Veneira de Roquis, sitio el más renombrado por su cantidad y clase y verdadero centro de abastecimiento de casi todas las «ferrerías» de la zona, se encuentra en el interior de la gran curva que, con sus crestones, señalan los distintos yacimientos.

HISTORIA.

Los yacimientos del Incio (Roquis) son los más unidos a la historia antigua de la Minería gallega, y esto nos decide a insertar a continuación los escasos datos que tenemos de otros tiempos más florecientes.

En la Edad Media se explotaron las minas de Formigueiros, en término de Caurel, y la de Veneira de Roquis, en el de Puebla de Brollón.

En el año 1513 (1), D. Antonio Velasco, Señor de Cervera, aforó el dominio del monte de Formigueiros, en el que se arrancaba el mineral por obreros del país y forasteros. Esta mina Formigueiros aun vive, y por su antigüedad, anterior a la legislación contemporánea, está exenta del pago del canon de superficie. En el año 1840 (2) trabajaban en ella 70 obreros, que surtían de mineral a 18 herrerías de Galicia y a 10 en el Bierzo (León), explotando aquel año 127.000 quintales métricos de mineral. Seguía en importancia la mina Veneira de Roquis, que

(1) *La Minería en el Distrito Coruña-Lugo*, por D. Antonio Elizegui.

(2) *Estadística de la minería de Asturias y Galicia*, por D. Guillermo Schulz.

ocupaba unos 30 obreros y abastecía de mineral a doce herrerías, situadas en esta zona de la provincia de Lugo, sin incluir las herrerías situadas en los términos de Meira, Fonsagrada, Samos, Guntín, Quiroga y Becerreá, en muchos de cuyos parajes se encuentran escorias de las antiguas fundiciones.

Entre todas las 38 herrerías se beneficiaron en el año 1840, en las provincias de Lugo y Orense, unos 150.000 quintales de mena, y se consumieron 47.000 de leña y 162.000 de carbón vegetal, produciéndose 42.000 quintales de excelente hierro, que valían cerca de 3.400.000 reales. Los obreros empleados llegaban a 1.200.

El hierro que se obtenía se utilizaba en Galicia, en las provincias próximas y en Portugal, empleándose preferentemente para hacer herramientas agrícolas y llantas de carros.

Don Guillermo Schulz, en los anales de minas del año 1838, se expresa así.

«Mis ocupaciones en Asturias y las circunstancias del interior de Galicia en estos últimos años, no me han permitido reunir de esta parte del distrito todos los datos que son necesarios para dar con certeza las siguientes noticias, que iré corrigiendo y completando con el tiempo, a medida que se presenten ocasiones.

>Fierro.—En las provincias de Lugo y Orense es de bastante importancia la producción de hierro maleable, pues hay en actividad hasta 30 herrerías o forjas catalanas; de éstas, la mayor parte beneficia vena del país, y sólo dos la hacen venir de Somorrostro, en Vizcaya.

>Las principales veneras o minas de hierro de Galicia son las de Formigueiros y Roques, en la Serranía del Caurel, provincia de Lugo, donde se arrancan anualmente sobre 83.000 quintales de excelente vena, dando trabajo durante muchos meses a 60 personas. Hay además las veneras de Lousadela y Piedrafita, de donde se surten las respectivas herrerías de Pallarés y Ombreiro, cerca de la ciudad de Lugo, que consumen al año sobre 6.000 quintales, empleando en su arranque 15 obreros.

>Todas las herrerías de Galicia son bastante uniformes entre sí, parecidas a las de Asturias, y siguen un mismo método, dirigiéndose las operaciones según la práctica antigua, traída de Vizcaya, aunque en el día más o menos esmerada; el aparato neumático es de trompas comunes, o trompas de arca, o barquines de cuero; en algunas se usan barquines de madera, y en una sola pistones de madera. La temporada de su trabajo anual varía de cuatro a once meses, según lo permiten las aguas motrices respectivas y el surtido de carbón. Puede calcularse su producción en 25.000 quintales de buen hierro, que valen más de dos millones de reales; se consumen para ello 95 quintales de vena, 25.000 de leña y 130.000 de carbón vegetal, proporcionando ocupación la mayor parte del año a 1.400 obreros, incluso los carboneros, arrieros y carreteros, con

un número considerable de caballerías de carga y yuntas de tiro. No obstante el malísimo estado de los montes en la mayor parte de Galicia, es todavía bastante lucrativa la fabricación del hierro en muchos puntos y se construyen sucesivamente nuevas herrerías en unos, mientras que en otros se abandona alguna que otra de estas fábricas.»

El Sr. D. José Villa-Amil y Castro, en su crónica de la provincia de Lugo del año 1867, dice:

«Las ferrerías son muy antiguas en esta provincia, para cuya industria presta copioso alimento el abundante mineral de hierro que por toda ella se encuentra. Algunos han pretendido que los ríos Chalybs y Bibilis, de cuyas aguas dicen Justino y Silio Itálico que tenían la virtud de templar y endurecer el hierro notablemente, son el Cabe y el Lor de la tierra de Monforte, o según otros, que el Bibilis es el Bibey, que corre algo más a mediodía de los anteriores, en atención a la semejanza del nombre, y que en sus riberas se encuentran muchas venas de hierro; pero mientras no se robustezcan con nuevos datos, tales opiniones no pueden llevar sino un ligero carácter de probabilidad.»

También me dicen que existieron herrerías romanas en Ferreira de Pallarés, a unos 15 kilómetros de Lugo, donde después construyeron la suya los monjes benedictinos de Samos, la cual se surtía de la veta de hierro que corre por entre Parga y Mellid.

Más cierta es la existencia de las herrerías de la Edad Media según los documentos irrecusables; entre las que puede citarse sin recelo la de Santa María de Viloalle, a unos tres kilómetros de Mondoñedo, que aun para el presente existe, aunque en distinto sitio del que antes ocupaba.

En el siglo pasado, además de ésta había una en el Valle de Rao, en el que se ocupaban 20 operarios, la cual en 1830, a los tres años de establecida, estaba parada por falta de venta, a pesar de no haber desmerecido la calidad del hierro fabricado; otra en Triacastela, donde se elaboraban anualmente unas cien arrobas de hierro; otras dos en las feligresías de San Juan y de San Cristóbal de Louzára, con dos fraguas, en que se trabajaban hasta 1.500; otra en la Somoza Mayor, que llegaba hasta 600; otra en el coto de Seara, que subía a 800; otro tanto en la de Bisuña, que tenía cinco operarios; las siete que se contaban en Caurel, con veinte operarios; y, por último, la herrería llamada de Bueis, en las inmediaciones de Doncos, que sólo trabajaba ocho meses al año, en la que encontraban ocupación diaria seis hombres y 24 cuando se calcinaba la vena, proporcionando además a los habitantes de una legua en contorno las utilidades del carboneo, a que se dedicaban todo el tiempo que se lo permitían las labores agrícolas.

Denunciadas e investigadas estas minas hace unos treinta años por D. Ricardo Llanos, surtieron a unas 16 ferrerías, y entre ellas: Viduedo e Incio, en el Cabe; Valdomir, en el Lor; la de Lousadela, en el Lózára,

y las de Santalla, Gunduriz, Carqueixeda, Lusio, en Triacastela; Puerto Marín y Lourenio, en el río de Parada de los Montes.

El apogeo de estos criaderos debió estar comprendido entre los años 1830-50 (1), cuando Schulz podía citar a Galicia como modelo de minería.

CRIADEROS

Hemos hecho el recorrido para el reconocimiento de estos criaderos, desde el Establecimiento de Aguas del Incio hasta el Monte Viduedo, por la orilla del río, regresando paralelamente, pero por la parte alta, que es donde se encuentra la línea continua de afloramientos hasta la Casela y los Altos de Miranda, y dejando como un grupo separado los yacimientos de la Veneira de Roquis.

AGRUPACIÓN DE LOS YACIMIENTOS (2).

El recorrido para dar idea de las relaciones estratigráficas de la zona, debe enlazar los centros principales respecto a la cantidad de mineral, que son tres: 1.º La Cova das Choyas, en el Monte Viduedo; 2.º La larga línea de crestones y labores antiguas que desde Mompedroso se extiende hasta el Monte Redondelo; y 3.º La Veneira de Roquis: en ese mismo orden los describiremos.

Marchando hacia el Oeste por la carretera que conduce a Bóveda, vemos que las pizarras son losas azules, más o menos variadas de color por meteorismo, con aspecto cambriano y disposición aproximadamente horizontal, buzando ligeramente al Sur; en cambio, en el monte frontero, conocido por Peña Corbeira, el buzamiento suave es al Norte y de ese modo parece como si el río Cabe estuviese socavado en un anticlinal entre los Montes Ramosa (margen derecha) y Corbeira (margen izquierda). (Véase croquis.)

La definición de este pliegue como cambriano se desprende de la posición relativa de las rocas, pues los fósiles encontrados en esta zona son siempre de un mismo nivel. Aquí vemos cómo los estratos se presentan con posición casi horizontal: las calizas en el fondo del río; sobre ellas un potente tramo de pizarras y losas azules, en cuya parte alta suelen estar los afloramientos, y como corroboración de la serie las cuarcitas de

(1) Testigo del país, anciano de noventa y seis años (1914).

(2) Los planos y cortes referentes a estos criaderos van intercalados en este artículo.

cruzianas con algunas pizarras claramente silurianas. Esa colocación y la facies de las losas, parecidas a las de la parte alta del cambriano, son las que nos inclinan a la clasificación de la caliza del río como del cambriano medio.

El tramo pizarroso que cubre a las calizas se extiende en la misma forma por ambas márgenes del río, formando también los cerros siguientes a la Peña Corbeira. Estas mismas pizarras, alternadas con cuarcitas delgadas, como es caso frecuente en la parte alta del cambriano, se ofrecen al pie del Monte de San Mamede, formando, sobre la carretera, la llamada Peña de la Perra (Pena da Cadela).

Poco más al Oeste de este grupo de estratos, en el sitio de la carretera conocido por Ervedeira, encontramos un asomo de caliza que, siguiendo la dirección poniente, aumenta rápidamente de espesor hasta alcanzar una potencia de 30 metros. En realidad, la caliza a lo largo del río, se descubre por primera vez frente a Trascastro, en la dirección que llevamos, y su recorrido termina unos seis kilómetros aguas abajo, cerca de Oútara. En el puente de la carretera desaparecen los afloramientos en la margen izquierda, pero continúan en la derecha; en ambos sitios la disposición es casi horizontal y buzan los dos afloramientos en sentido contrario, es decir, al Norte los de la margen izquierda y al Sur los de la derecha.

Desde la parte baja del arroyo del Hospital (1) hasta el lugar de Lamas (540) se ve en tres sitios la caliza: uno al borde del río y los otros en la carretera; los aspectos que ofrece son dos: uno gris, compacto, con vetas blancas según los planos de estratificación, y otro de tono más bien amarillento, grano más grueso e intercalaciones delgadas algo arenáceas y pardas según los lisos; de la caliza gris de grano fino se hace fácilmente cal y no así de la segunda, por lo que los aldeanos del país llaman «hembra» a la productiva y «macho» a la áspera y más ferruginosa. La caliza del arroyo del Hospital es marmórea y en sitios de aspecto sacaroide: se explota para cal.

La disposición de estos asomos de caliza sigue siendo horizontal aproximadamente como la de las pizarras que la recubren, las cuales son muy fisibles, claras de color, y como satinadas, parecen tener señales de *pistas* y dendritas; es decir, que se ajustan a la facies de las pizarras del cambriano superior; las pizarras que están por bajo a la caliza son muy metamorfizadas y moteadas por diminutos cristalitos de silicato de alúmina.

Volvemos a encontrar la caliza en Casa de Piñeira, carretera a Puebla

(1) Este nombre de Hospital, tan repetido en los montes de Galicia, se refiere a lugares de asilo en lo más alto de las vías frecuentadas, sostenidos en general por monjes y en las espadañas de los cuales tañían esquilas o campanas para guiar a los viajeros desde que caía el sol hasta que cerraba la noche.

de Brollón; en este afloramiento buza al Norte, pero poco más adelante se pone casi vertical, señalando después un anticlinal entre las dos ramas; y, en efecto, a esta idea se ajusta su desaparición.

Su dirección en este sitio es de Norte-30°-Este, y su buzamiento al Oeste; más adelante vuelve a ponerse casi horizontal.

La caliza suele ser parda arenácea (macho), que en sitios tiende a una masa arcillosa muy mezclada con limonita, y próximos a ella se encuentran estratos pizarrosos, moteados de cristalillos. Algo más al Oeste la pizarra se hace más compacta y alterna con cuarcitas delgadas y algunas pizarras nodulares. Lo interesante es que en varios sitios hasta Oútara (último sitio de caliza) se repiten las pizarras, buzando al Oeste, con otras arcillosas blandas acompañadas de tierras con mucha limonita, dando toda la sensación de asomos de caliza alterada; apuntamos este dato, porque concuerda más adelante con la posición de la Cova das Choyas.

Al otro lado del Cabe (margen izquierda) se oculta todo el conjunto que hemos indicado y no se ven más que gruesas pizarras azuladas, que buzando algo al Suroeste, con dirección al Noroeste, aunque casi horizontales la mayor parte de las veces. Estos costrones, que llegan a ser negros con manchas blancas (Penas de Ribadal), están, sin duda, superpuestos a los de la caliza de la orilla derecha.

Cova das Choyas. — Para llegar a la Cova das Choyas, tenemos que volver a cruzar el río (450) y pasar por el pueblo (480) y antigua Ferrería, edificio que, como todos los similares a él, está en ruinas, pero sorprende por su amplitud, destacándose de las, en general, mezquinas construcciones del país; estas fábricas atestiguan la antigua prosperidad del Reino de Galicia, y unidas casi siempre a casas de obreros y a su Iglesia, forman, a la orilla de ríos caudalosos y entre altos árboles, lugares de verdadero encanto, que son muy estimados, pues los saltos se aplican a molinos y las proximidades de la herrería, a prados.

Descripción de las labores y afloramientos.

Ya en la ladera izquierda, a 490 metros, llegamos al sitio conocido por *Cova das Choyas* (Cueva de los Grajos), que es renombrada por sus magnitudes y la cantidad de buen mineral que ha suministrado a las antiguas «ferrerías».

El afloramiento del mineral, y, mejor dicho, los huecos que lo representan, están colocados frente al último afloramiento de caliza de Oútara, a unos 1.500 metros, y tiene encima pizarras azuladas, pero muy satinadas y lustrosas, como habiendo sufrido algunas trituración y presión.

Casi todas las labores son de fecha remota, de cuando era intenso el laboreo para surtir a las antiguas fábricas, suspendido en definitiva de los años 50 al 55 del siglo pasado; la gran cueva, y algunos trabajos

superficiales, proceden de esa época, pero la galería, unos 20 metros inferior a la cueva, data de hará unos cuarenta años y fué dirigida por D. Ricardo Llanos; todos los trabajos no ocuparán más de 300 metros cuadrados en la misma ladera.

Afloramientos, precisamente dichos, apenas existen, pues el principal, que sería el que estaba delante de la cueva, ha sido arrancado y no está representado al exterior más que en la corona, y en las partes superior e inferior a las labores; el mineral debe encajarse entre las pizarras.

La galería, de unos 90 metros de larga, está en dirección, pero no igualmente en mineral por ambos hastiales, pues en el de su derecha se descubre la pizarra algunas veces hacia el final y en ese mismo lado tiene dos transversales de unos 18 metros, también en pizarra como el fondo de la galería. Por un pocillo lateral se puede subir a la cueva (ver croquis), que es un gran anchurón que tendrá unos 20 metros de largo por 8 a 10 de ancho; está excavada en el mineral y en alguna de las porciones de su techo vemos estalactitas en formación, que, cuanto más consistentes, dan efervescencia con facilidad y tienen el mismo grano que los carbonatos del yacimiento (1).

Todo el mineral arrancado se encuentra transformado en hidróxido en su mayoría por meteorismo; el carbonato es mucho más duro, sobre todo cuando está sano. En general, su textura es estalactítica, teniendo en el interior de su masa pequeñas oquedades tapizadas de hidróxido compacto que así lo atestiguan. Esos huecos otras veces son mayores y forman toda la complicación de las superficies producidas por la evaporación de las aguas, con precipitación de materia, dando al mineral aspecto de bolas o concreciones concéntricas, pero que nunca llegan a ser tales. El grano del carbonato es más bien áspero y menudo, con puntitas brillantes como de mica; en algunos sitios tiene proporciones de calcita.

El mineral arrancado está en el terraplén de la galería y llegará escasamente a unas 500 toneladas; las grandes cantidades de mena que representan los huecos de las antiguas excavaciones fueron consumidas en la fábrica y parte del arrancado hacia 1900 transportado a Puebla de Brollón, en donde se hicieron ensayos de fabricación de hierro.

Desde este punto, hasta regresar al Incio (Establecimiento), hemos hecho los recorridos sobre los afloramientos de mineral. En el caso concreto de la Cova das Choyas se prolongan muy poco, pues hacia el río desaparecen entre las pizarras, y por la parte superior, ya en el camino (560), es decir, unos 60 metros sobre la galería, apenas se aprecia la prolongación.

(1) En esta cueva, según la tradición, tan frecuente en esta parte de Galicia cuando se refiere a sitios poblados por razas prehistóricas, hay moros o habitantes fantásticos, que producen humo y otras señales.

Esta forma de espesores tan irregulares, la clase de carbonato de efervescencia fácil, el aspecto pardo y granudo, la docilidad del afloramiento para adoptar formas estalactíticas y su colocación estratigráfica respecto a las calizas «macho» de Oútara, son razones que hacen que se piense en esas rocas como origen más o menos remoto del yacimiento aislado de la Cova das Choyas.

Los afloramientos que se empiezan a ver sobre el camino hasta la cota 620, ya no son de un modo cierto crestones de la masa mineral que dejamos abajo, sino que corresponden a una cuarcita arenosa colocada en el tramo pizarroso entre la masa de las Choyas y la cuarcitas silurianas del Monte de Santa Bárbara. (Véase croquis.)

Siguiendo estos crestones de mezcla de cuarcita e hidróxido, llegamos al alto de Viduedo (670), donde las cuarcitas son más claras y están muy cruzadas por vetas y costras de hematites parda; aunque más raros, también se encuentran algunos trozos de hematites roja. La dirección es Norte-30°-Oeste con buzamiento al Suroeste. No hay que insistir, por la descripción que llevamos, en que el mineral que vamos viendo desde la Cova das Choyas sea completamente diferente del que en aquellas labores hemos encontrado; todo el de ahora es hidróxido compacto mezclado con sílice, mientras que el de las Choyas procedía en su origen de carbonato poco silíceo, y razón es que sea así la diferencia, pues ni su colocación estratigráfica ni su origen son los mismos.

Desde el alto de Viduedo (670) se domina la magnífica vista del valle de Lemus y las cadenas de montañas del otro lado del Sil: el Rodicio, Sierras de San Mamede y de la Queixa, y en lontananza se alcanzan las Sierras del Invernadero y Segundera; desde estos altos se aprecia bien que la altiplanicie de estos montes está constituida por la superposición, en tongadas horizontales, de los estratos paleozoicos, principados en el río por la serie de las calizas y terminados por las cuarcitas de los altos de Monte Agudo. Según esto, los afloramientos siguen, en cierto modo, las curvas de nivel, y por eso los crestones de mineral y cuarcita se ofrecen paralelamente al río.

Crestones de Mompedroso y Redondela.

Al entrar en las laderas del Monte Mon-Pedroso, encuentro trozos de mineral suelto que proceden, en su mayor parte, de las costras que dejan las aguas activas del meteorismo al depositar su hidróxido, y esto se comprueba en las proximidades de la llamada Fonte Barrosa, en la depresión de la cual hay hasta 40 centímetros de crenatos e hidróxidos de hierro, formando posos que, secos y endurecidos a medida que nos separamos del sitio por donde se deslizan las aguas, se convierten en costas de limonita dura de varios centímetros, que hacen brecha con los trozos de piza-

rra que había en la superficie; estas formaciones rápidas de hidróxido tienen por origen sales orgánicas, y señalan los sitios por donde antes corrieron las aguas; son muy instructivas, pues demuestran que si las aguas son bastante activas y la oxidación se cumple ampliamente, es preciso un tiempo corto para dar lugar a costras de varios centímetros, que llegan a ser mucho más potentes cuando pueden encajar en huecos que favorezcan la reacción; en este caso los principales agentes productores son los ácidos orgánicos, pues se ven los crenatos; no hemos encontrado piritita en estos sitios, pero es muy posible que su alteración pueda también contribuir a la acumulación del depósito.

No lejos de esta Fuente Barrosa encontramos los primeros fósiles, unas placas de *lingulas*, que demuestran la parte más alta del cambriano, supuesto que se confirma poco más adelante con *tigilites planos* y *perforantes*; marchamos desde ahora sobre estratos silurianos, ya determinados.

Al pasar sobre Fontefría por los Montes Mompedroso y San Pedro, bajo el de Santa Bárbara, seguimos encontrando bloques de mineral silíceo y continúan los afloramientos de la cuarcita ferruginosa.

Antes de llegar al Monte de San Miguel, en la cota 790, encuentro hasta tres afloramientos pequeños, con potencias aproximadas de un metro, y todos muy silíceos por diferentes causas; unos por tener arena en su masa, otros por ir acompañados de muchas vetas de cuarzo, y, por fin, los más próximos a San Miguel (más potentes), parecen unidos a la misma cuarcita por la cantidad de sílice que contienen en su masa; el mineral es hidróxido siempre, pero domina en forma de limonita oscura, dispuesta en banditas delgadas que se reúnen en disposiciones arracimadas o estalactíticas, pero nunca en bolas y envolventes concéntricas aisladas; otro aspecto del hidróxido es en vetillas negras concrecionadas, que se encuentran cruzando la masa arriñonada.

Los afloramientos anteriores parecen enlazados con los llamados de las Cuevas de Avión (760), que ya pertenecen al Monte de San Miguel; el crestón en que está excavada esta cueva tendrá una potencia de unos cinco metros, pero no es grande, pues su entrada no representa más de 3,50 metros por tres metros de alto. La clase de mineral parece buena, mucho menos silícea que las anteriores; su textura es la misma limonita con formas más o menos estalactíticas.

Todo el mineral es concrecionado y de escasa consistencia, pareciendo proceder de la piritita de la pizarra que continúa con buzamiento al Sur.

De esta labor se habrá arrancado de unas 20 a 30 toneladas. A principios del año 1929, por una Compañía extranjera, se hizo una zanja de unos 10 metros de longitud para aclarar la raíz o entrada en los estratos paleozoicos del crestón hidroxidado, aclarándose se trataba de una formación superficial.

POSICIÓN GEOLÓGICA.

Como los afloramientos no son continuos, no es posible decidir si forman un solo nivel o varios; sin embargo, en este caso de las Cuevas de Avión, desde luego son dos los horizontes a que pueden referirse los crestones, y además debemos advertir que empieza a manifestarse un diastrofismo isoclinal, que se ajusta muy bien a las fallas de tejado, disposición en que se dan escalonadas las repeticiones de las capas.

Continuando siempre hacia el Este, vemos a poca distancia, y quizás en el mismo horizonte de Avión, los afloramientos más importantes de Fernandar (760), que tendrán: uno de ellos 20 metros de largo por ocho de ancho y tres de potencia, y otro, ocho metros por tres y por cuatro, respectivamente, con una zanja para su reconocimiento; la clase es la misma de Avión con poco cuarzo; estos afloramientos están muy próximos a una fuente que, más que la Barrosa, está colmada de arcillas y crenatos en el cauce donde se produce y corre; hay sitios en que se llega a más de un metro de posos.

Debajo de estos afloramientos, es decir, a un nivel desde luego inferior, geológicamente, se hizo una galería de unos 20 metros, que se abandonó, para investigar un asomo de mineral.

La llamada Cova de Bocón tendrá 15 metros por tres de frente; el mineral es siempre *rubio*, algo silíceo y se encuentra entre pizarras azules que buzan al Sur. Unos 500 metros más al Este de Avión, hay otro crestón también de limonita con las capitas alabeadas y oquedades con tabiquillos de división, formas muy propias de las disposiciones estalactíticas. Algunos de estos crestones, como uno que está situado poco más allá, de unos dos metros por cinco, suelen estar muy próximos a los depósitos de crenatos que forman las aguas al deslizarse, y esta repetida coincidencia, así como las figuras de los minerales denunciadoras de la acción del agua, ponen sobre aviso de la relación que pueda existir entre los antiguos minerales de limonita endurecida y los modernos hidroxidados en formación actual por las aguas.

Debemos también indicar que en algún afloramiento, por la colocación del mineral respecto del macizo pizarroso, se produce la sensación de que no profundiza, estando como superpuesto a las rocas estériles, según el croquis; en cambio, puede citarse como dato favorable la existencia de por lo menos dos niveles de afloramientos ferruginosos, lo que puede apreciarse aquí mejor que en ningún sitio, pues los del horizonte superior son casi continuos a fuerza de repetidos.

En el arroyo de San Miguel a la Riveira veo la llamada Cova de Mancebo (740). Es una trancada o galería según la pendiente de la capa, que

entrará unos 20 metros sobre el afloramiento de dos de potencia; el mineral hidróxido de más aspecto siluriano que los vistos anteriormente, por ir acompañado de trozos de clorita, lo cual es bastante característico en los crestones secundarios de los criaderos cloritosos carbonatados. Separados, aunque sin variar gran cosa en la colocación respecto a la curva de nivel, hay otros varios afloramientos pequeños que tienen como factor común el estar siempre intercalados entre las pizarras que, por regla general, buzan al Sur, pero tienen sus diferencias de aspecto, pareciendo unos estalactíticos y otros silurianos; serían muy útiles algunas labores profundas sobre los asomos que aclarasen estas diferencias.

En las proximidades de los arroyos Couso y San Miguel se encuentran gran cantidad de escorias, que confirman la fácil reductibilidad de estos minerales.

En el arroyo Couso encontramos dos afloramientos que por su clase y posición relativa ofrecen interés: uno, en el empalme de los arroyos, es en parte de carbonato, casi igual al de la Cova das Choyas, acompañado de arcillas ferruginosas como los productos de alteración de las calizas *macho*, a las que recuerda mucho el afloramiento, dispuestas horizontalmente bajo las pizarras y con una potencia de varios metros. El otro trabajo es el de la Cueva del Buey (750): es una antigua explotación en dirección Sureste casi Sur, por bajo del mineral, el cual, desde luego, tiene origen estalactítico o depósito químico en las grietas de la pizarras por el deslizamiento de las aguas, y esto se deduce no solamente por las formas y yacimientos del mineral, por los colores más vivos, amarillos y rojos de ocre de algunos trozos, sino por su enlace con la pizarra, de la que conserva algún trozo en su masa.

Otro afloramiento, también pequeño, de hidróxido con tendencia a bolas se encuentra frente por frente del arroyo Cabude o de la Enmienda, que sube hasta Foilebar en la margen derecha; no está lejos de la llamada Pena Escrita, que consiste en una masa de pizarrones fuertes buzando al Sur como las que contienen el mineral. Más arriba, en esta misma ladera de la Pena Escrita, hay escombros y terraplenes procedentes de labores antiguas y de la galería nombrada de la mina de San Mamede, en la mina «Lozana». La galería, dirigida más bien al Sureste, casi de Este a Oeste, está situada en la orilla derecha y muy próxima al arroyo llamado de Cova d'Uso; tendrá unos 15 metros de larga; ocho estarán en mineral pardo y de colores vivos de ocre con formas estalactíticas marcadas; se parece bastante al de la Rúa; el aspecto del yacimiento es una formación moderna, entre grietas de las pizarras, debida al deslizamiento de las aguas ferruginosas cargadas de ácidos orgánicos, contribuyendo la oxidación de las pirritas en las pizarras. Más abajo, junto al arroyo (730) hay un asomo de carbonato algo más oscuro que el de la Cova das Choyas; no se aprecia en él ni la potencia ni las condiciones de presentación.

Estas labores antiguas de San Mamede se continúan en grandes huecos de unos 100 metros de largo al Nordeste, en los que se arrancó la mena a cielo abierto; siguen otras excavaciones menores hasta el arroyo de la Peña de la Perra, donde termina la mina «Lozana»; los minerales, siempre en grietas de la pizarra, son ocráceos o pardos y estalactíticos.

Pasado el arroyo de Peña de Perra (1), cerca de la Pena Sapeira, hay otro pequeño afloramiento con colores vivos que forma brecha con la pizarra; los estratos pizarrosos al empezar la curva del río hacia el Sur, buzan al Suroeste. Esos afloramientos bajos debidos a los depósitos de las aguas, son los conocidos por los guías como asomos de *filón bajo*.

En el Penedo Venciro adquieren más desarrollo los depósitos que dieron lugar a labores antiguas de alguna importancia, según una curva de nivel y en más de 100 metros de longitud por 20 a 30 de ancho; se comprende que en tiempos de las Forjas fuese este mineral muy solicitado, pues, además de blando y de fácil arranque, es de muy fácil reducción, ley alta y no tiene sílice.

En realidad, la colocación de estos crestones de mineral blando y de colores vivos no es fija en la serie estratigráfica, sino que varía entre límites bastante amplios; puede decirse que se encuentran en el tramo pizarroso entre la caliza y las cuarcitas altas de Santa Bárbara y Pena Redonda, pero no hay más precisión, sea porque los afloramientos cambian de sitio, o sea por falta de accidentes litológicos, pues realmente no hay más roca distinta que alguna cuarcita, como las que se encuentran en la subida al Establecimiento de aguas, de no mucha potencia y aspecto del postdamiense; lo que hace ver que las variaciones no deben de ser muy grandes, es que cambian lentamente de posición en las curvas de nivel, teniendo en cuenta que los estratos son casi horizontales.

Los afloramientos continúan en la margen izquierda del Cabe y del río Cebos que es su continuación; no quiere esto decir que prejuzguemos acerca de si habrá o no yacimientos en la margen derecha que no hayan sido señalados; hablamos sólo de los conocidos. Ahora bien, como estos ríos doblan al Sur, desde el Manantial del Incio, seguiremos esa nueva dirección en nuestro reconocimiento.

Señales del mineral de ocras se encuentran en la parte zaguera del mismo Establecimiento (710) medicinal, y en algunos otros sitios del barranco de Aguas Rubias, que es el que arrastra las aguas del manantial. En el Coto de la Lucencia, en el mismo camino, hay un pequeño afloramiento de hidróxido, las pizarras son muy arrugadas y claras, y entre ellas se ven alguna vez los colores vivos de las formaciones ferruginosas modernas.

Continuamos la subida hacia el Sur por lomas suaves, que son verda-

(1) En gallego, Pena dá Cadela.

deros escalones en las repetidas fallas silurianas; el buzamiento es algo Suroeste; una de las mesetas es el Chao del Corisco, en la mina «Herrería», donde vemos trabajos antiguos sobre el sitio que debió ocupar una capa de poca potencia; también se encuentran bloques y crestoncillos de hidróxido pardo de formas porosas, pero duras; el arroyo de Cova dó Val, forma la inflexión de la curva de nivel que representa la posición de la capa, y por eso quedan a uno y otro lado los afloramientos y las antiguas labores (830). Los minerales son hidróxidos con formas butroides; en vetas también se encuentran porciones de hematites rojas. La posición de los crestones y labores siguen con alguna amplitud las curvas marcadas por los estratos pizarrosos oscuros que buzan al Suroeste suavemente, y así ocurre que las líneas de nivel de la superficie quedan cortadas en el plano por la traza de mineral, y vemos cómo los afloramientos pasan en sus cotas de 830, 820, en el Chao de Corisco, a 800 en la Casela, y 790 y 780 en las Covas, que es donde se marca la inflexión de los arroyos, para volver a subir a 850 y 890 en el Coto Redondelo.

Desde luego hay mucha discontinuidad en esa línea de afloramientos que hemos indicado, pero aproximadamente se puede seguir por los bloques y crestoncillos de hidróxido butroide; la potencia no se aprecia, pero por el aspecto del conjunto es de suponer que sea uniforme y no pase de dos a tres metros. En las Covas (800) hay labores antiguas con buen mineral rubio, y en 790, a poca distancia, otro pequeño asomo que era tenido como de carbonato, pero en el que únicamente he podido encontrar hidróxidos de formación moderna, aunque ya consistentes; otro crestón análogo hay en el arroyo de Redondelo (780), y desde allí empiezan a subir las señales de mineral hasta el Redondelo (850) con hidróxido butroide bueno. El tramo de pizarras que acompaña, y quizás segrega a estos minerales, es de losas azules oscuras consistentes, con grano grueso, que suelen tener algunas manchitas de sulfato de alúmina y muchas pintas de pirita, los cristales de cuyo mineral dejan señalados los huequencillos triangulares y cuadrados al desaparecer por meteorismo.

Hacia febrero del año 1929, una Compañía extranjera hizo labores en esta parte para averiguar la entrada o raíz de estos minerales; la principal fué una zanja recta, próxima a Airela, de Norte a Sur, y con unos 40 a 50 metros de longitud. En ella se descubrieron tres trozos de brecha rojiza y estructura tobácea sin profundización en las pizarras antiguas, sobre las que descansaban los bloques de uno a dos metros de hidróxido que dieron fundamento a las investigaciones.

Pasado el llano de Redondelo, en el sitio poco más alto llamado Penedo Redondo, hay otro crestón (890) de dos a tres metros de potencia, pequeña longitud y de hidróxido pardo. Más adelante, en el Monte dos Castrelis, volvemos a encontrar pequeños afloramientos y labores antiguas de la misma clase de hidróxido poco consistente.

Norte con los montes del Incio y la Sierra de Iribio (1), que se pierde hacia Triacastela.

Aquí parecen desvanecerse los afloramientos que venimos siguiendo, pero si atendemos a que casi siempre hemos comprobado que marchan unidos al grupo de pizarras oscuras, más o menos granudas, que se acantonan entre las calizas bajas y las cuarcitas superiores, vendremos a deducir que como este grupo se mete debajo de las cuarcitas de los altos de Miranda, formando el gran escarpe hasta el Lózára, allí es donde deben de encontrarse afloramientos similares a los que hasta aquí hemos traído; no seguimos la descripción de nuestras investigaciones por este lado porque nos apartaría del Incio, que hemos de considerar como un grupo aislado, y las referiremos al tratar el de Caurel; ambos se enlazan naturalmente en la prolongación de Miranda.

TERCER GRUPO. — VENEIRA DE ROQUIS.

Este tercer grupo del criadero del Incio es, sin duda, el más renombrado de Galicia desde tiempos antiguos, y aunque geográficamente unido a los otros dos del Incio tiene características que le apartan bastante de ellos. Se encuentra en las alturas de la planicie y enlazado con las cuarcitas y pizarras superpuestas a las calizas, es decir, a un nivel superior geológica y geográficamente al considerado respecto a los yacimientos reconocidos hasta aquí.

Desde la Casela, para examinar estos criaderos, hay que marchar con rumbo occidental hacia los altos de Miranda, por el camino antiguo que sirvió para el transporte de mineral y cuyo desgaste da idea de la actividad extinguida, pues hay sitios en que ha descendido cerca de tres metros en la roca viva en que está labrado.

El tramo pizarroso es de losas azuladas que buzan al Suroeste suavemente; en ellas, en el sitio conocido por «La Antigua» (distinto del que hemos señalado con el mismo nombre cerca de Ceba), muy próximo al camino del mineral, encontramos placas con *lingulas* y señales de *lame-libranquios*.

Desde la llanura conocida por Fonte de Lama o de la Campa, que es una explanada con aspecto yermo y desolado, sembrada de grandes bloques de cuarcita y trozos de mineral, mirando al Oeste, se ven las alturas de los Montes Garganta, Pena Redonda y Agudo, ocupados, como el de la Lama, por las cuarcitas en suaves inflexiones, evidenciando un pliegue que, por la posición de los estratos, debió estar recostado, y en este su-

(1) Todos los habitantes del país la conocen con el nombre de Iribio; en el Fontán se la llama Oribio.

puesto verosímil han sido precisamente los restos de cuarcitas los que han protegido las mayores alturas impidiendo su denudación; el alto llamado de la Garganta es particularmente instructivo, como demostración del pliegue, por las inflexiones que presenta (véase dibujo).

La explotación principal se encuentra en la loma que, desde el alto de Roquis, baja al pueblo por el arroyo de la Veneira; pero aquí, en Fonte Lama, hay tres galerías de investigación que se refieren al mineral unido a las cuarcitas.

Son tres las galerías de la Lama: la más alta (1.100), emboquillada en las cuarcitas que buzan al Suroeste, está dirigida casi de Este a Oeste y atraviesa primero unos ocho metros de cuarcita, después diez próximamente de mena, y el final está en pizarras alteradas con alguna vetilla de mineral; la intermedia también se introduce por bajo de la cuarcita. Cruza 10 metros de cuarcita y 15 de mineral, quedando igualmente en pizarra; la galería interior no tiene mineral.

La mena de las superiores es un hidróxido compacto propiamente filoniano, formado por precipitación lenta de las aguas que hayan circulado entre las cuarcitas y sus huecos; es duro y compacto, colores oscuros y negros, muchas veces cuando tiene formas butroides; su fractura es concoidea y a veces se descubre en las secciones el zoneado que marca la circulación de las aguas que lo han formado, o un tránsito del mineral compacto a una arenisca ferruginosa, o a la cuarcita. El mineral, en gran parte, es muy parecido al de Vaamonde. Con frecuencia se encuentran en la masa del mineral trocitos de pizarra en brecha y vetas de cuarzo lechoso; ambas disposiciones hacen suponer la hipótesis filoniana.

Parece tratarse de una serie de vetas de hidróxido concrecionado que se han ido aglomerando por la circulación de las aguas a través de las grietas y huecos que hubiese en las cuarcitas y debajo de ellas, hasta formar esa masa de mineral. Los primeros huecos por donde pasaron las aguas, sin duda procederían del movimiento y dislocación de los estratos, pero posteriormente tuvieron que ser agrandados por su desagregación y los arrastres de sus detritus; esta erosión ocurriría en las pizarras de preferencia, como más deleznales; sin embargo, no puede negarse, y esto sobre todo en lo que a la cuarcita se refiere, que parte de la materia de los hastiales ha podido ser reemplazada por las vetas de hidróxido, efectuándose un metasomatismo no fácil de explicar químicamente, pero evidenciado por todos los tránsitos desde el hidróxido muy compacto y uniforme a la cuarcita más o menos ferruginosa.

Otra galería análoga a las que encontramos en la Lama está situada al Este en la continuación de los crestones de cuarcita, y desde el borde del camino que conduciría a Villamor, atraviesa cuarcita y mineral.

Los grandes trabajos en la Veneira, de donde cuentan se abastecieron 15 ferrerías en más de setenta años dando lugar a su fama, están situados

en las laderas de la margen izquierda del arroyo de la Veneira, dirigidos casi de Este a Oeste y desde un extremo a otro tendrán una longitud de más de 3.000 metros; empiezan las labores en el alto llamado del Grail (1.080 metros) y van descendiendo hasta unos 900 metros en el Bocón. Desde la parte alta se aprecia bien que las explotaciones, todas a cielo abierto, son muy irregulares, habiendo aprovechado los sitios de más abundancia y mejor calidad para producir las mayores canteras acusadas hoy por sus huecos, aunque imperfectamente, pues las paredes y frente de las canteras suelen estar hundidas. Uno de los grandes tajos estuvo en la parte más alta, en donde aun queda un hueco de 80 metros de largo por 20 de ancho y de 10 a 15 de altura; a la vista, sin cubicación precisa, se puede asegurar que de aquí (parte superior) salieron unas 30 a 40.000 toneladas.

Desde esta parte alta se aprecia también la colocación geológica del criadero, contenido en realidad en un tramo de pizarras más bien claras por el meteorismo sufrido, y a su vez esta faja de pizarras se encuentra limitada por dos líneas de cuarcita: muy bien destacada y continua la del Sur, y más blanda y menos pronunciada la del Norte. Todos los estratos buzan al Sur y Suroeste, con alguna mayor inclinación respecto a la vertical que los vistos hasta ahora; en esta alternancia de pizarras y cuarcitas con el mineral se descubren algunos saltos escalonados acusados por la cuarcita, y esto hace que las diferentes explotaciones no resulten completamente alineadas; las fallas no solamente se acusan de Norte a Sur, sino que otras veces parecen haber actuado de Este a Oeste y en ese caso podría ser la cuarcita del Norte el escalón hundido de la del Sur.

Al Este del pueblo de Roquis siguen las labores contenidas entre las cuarcitas con una anchura de cerca de 40 metros y con 1.000 de longitud; su cota ha descendido unos 30 metros (1.040). Antes de llegar a las casas (1.010) la cuarcita inferior, muy arenosa, alcanza el camino y en él terminan estos trabajos antiguos de la parte superior por medio de una zanja que tendrá tres o cuatro metros, en la que no se ve el mineral. Esta ocultación de la mena es casi general en los distintos trabajos, y es natural que ocurra por los hundimientos y la vegetación producida sobre los detritus, es decir, que en conjunto se ve poco el mineral para el desarrollo de las excavaciones. La mena es magnífica de aspecto y de análisis. Hay por lo menos tres tipos: uno es limonita parda muy compacta, de fractura concoidea y de grano fino, como la que a veces se presenta zoneada por depósito químico y que ya hemos dicho que se parece a la variedad de Vaamonde; otro tipo es el de formas butroides, negras y lustrosas o aterciopeladas; en esta misma clase, a veces, las formas son más estalactíticas y algunos huecos del mineral tienen una división en tabiques finísimos; hay, por fin, una tercera forma de óxido rojo, granudo, con algunas manchas blanquecinas que suele presentar textura algo pizarreña, es muy pesado y

da una raya rojo vivo, pero algo terrosa; debió representar la mayor cantidad. Además de estas clases hay las más corrientes de hidróxido pardo poroso con tendencia a las figuradas travertínicas procedentes de la segregación lenta.

Las labores antiguas interrumpidas a la entrada del pueblo se reanudan al Oeste, pero antes debemos ocuparnos de una galería que, emplazada en la ladera izquierda del arroyo Veneira, por debajo de las casas del pueblo, reconoce el yacimiento con unos 70 metros de desnivel; es la única labor más moderna (1), y desde luego la más interesante. Tiene 940 de cota y está dirigida casi de Sur a Norte para cortar perpendicularmente al criadero; su longitud quizás pase de 120 a 130 metros. Es transversal a la estratificación, corta primero pizarras con bancos delgados de cuarcita que, como todas las capas buzan ligeramente al Suroeste; la cuarcita toma más importancia hacia el centro de la galería, y después, ya empezado el último tercio, hay un tramo de pizarras que se van cargando de óxido de hierro hasta convertirse en mena en muchos de sus trozos; ocurre esto en la proximidad de la cuarcita final, que es la más potente y debe corresponder con la que encontramos al Sur del yacimiento en la superficie, así como la del centro podrá ser la arenosa del Norte, y, en efecto, ese mismo aspecto y consistencia, correspondiente con los distintos horizontes, tiene en la galería. A los 9 ó 10 metros, cuando empiezan a cortarse las pizarras cargadas de mineral, hay practicados dos registros, uno al Norte y otro al Sur, en la dirección del yacimiento, que es la de las pizarras granudas; el del Norte tendrá 40 metros y 60 el del Sur, y ambos confirman la irregularidad de distribución del mineral y van esterilizando. Desde estos registros hasta el final es donde se ve la mayor cantidad de mena; se cortará unos 20 metros de hidróxido con oquedades rellenas de arcilla, enlazando algunas veces pizarra y cruzadas de vetas de mineral compacto y filoniano; al final de la galería vuelven a definirse las pizarras cargadas de óxidos mezclados confusamente con trozos de mineral que entra en la masa de la cuarcita superior, rellenando oquedades producidas, sin duda, por las aguas activas hidrostáticas; la roca recuerda a veces un panal en que las celdas, más o menos grandes, estuviesen constituidas por los restos de la cuarcita teñida con mineral; un croquis da idea más clara que una larga explicación.

Al terminar la galería va dominando la cuarcita con muchas grietas y filoncillos de cuarzo, que facilitan la circulación de las aguas perdiéndose el mineral; en esta roca están excavados los últimos transversales.

Parte del mineral extraído en estas labores fué transportado a la Puebla de Brollón para hacer un ensayo de obtención de hierro.

Las labores antiguas vuelven al Oeste del pueblo, y aunque importan-

(1) De hará unos treinta y dos años.

tes, tienen menor magnitud que las de la parte alta; el mineral tampoco debía de ser de tan buena calidad, pues se ven bloques grandes abandonados sin duda por ser algo más silíceos. Un afloramiento de este hidróxido oscuro y con tendencia a formar bolas está por bajo de la fragua llamada de Pombo (940). Los últimos trabajos al Oeste son los conocidos por los del Bocón, y entre los crestones de Pombo y las canteras del Bocón, algo más al Norte, cruzamos por el camino una bonita alternancia de pizarras y cuarcitas, grupo que está superpuesto a unas pizarras granudas azules y algo oscuras con señales blancas cuando están sanas, pero que se cargan de mineral y hacen más claras a medida que se acercan a las cuarcitas que están encima; lo curioso es que no suelen perder su aspecto de pizarrosidad hasta que el proceso de sustitución no está muy adelantado y es solamente el peso y la raya roja lo que denuncia su cantidad de hidróxido; llegan a convertirse en verdadera mena. Estos estratos que se cruzan hasta el Bocón son muy semejantes a los cortados con la galería. Alguna de las capas de pizarra contienen bastante pirita.

Las canteras del Bocón (850) llegan a tener hasta 40 metros de anchas, con trincheras profundas excavadas en el tramo de pizarra y mineral.

Las últimas manifestaciones del yacimiento se pierden hacia el Oeste; un pequeño afloramiento en un camino, otro en la falda del Sur del Monte Agudo y piedras sueltas por el río.

GEOLOGÍA DE LOS CRIADEROS DEL INCIO.

Todos los yacimientos que integran el coto minero del Incio están enclavados en el Siluriano, y cabe hacer esta afirmación porque en este terreno, y próximos o en contacto con los crestones de óxido, es donde se han encontrado los únicos fósiles recogidos. El piso es el siluriano inferior, constituido por pizarras y cuarcitas.

En la zona de los criaderos están además representados el cambriano y quizá algunos estratos del siluriano superior; ambos supuestos se fundan en razones litológicas y de posición. Atribuimos al Cambriano algunas calizas inferiores al siluriano y las losas claras y pizarras a ellas unidas; sospechamos que puedan ser del gotlandiense las calizas que pasan a la parte de Caurel y algunas pizarras oscuras.

En todo el arco que, casi de Este a Oeste, forma el río Cabe, desde la Casela y Monte Redondelo hasta la Cova das Choyas en el Monte Viduedo, se descubre un mismo diastrofismo. Los estratos son casi horizontales con una suave inclinación hacia el Sur que se cambia un poquito al Soroeste a medida que se sigue la curva del Cabe desde la fuente medicinal hasta Redondela; en esa zona señalada están la mayoría de los yacimientos del Incio.

Se comprende que, dada la disposición de estratos, casi horizontales, los afloramientos de los distintos grupos de rocas sigan próximamente las curvas de nivel del terreno, y tal ocurre en toda la ladera izquierda del Cabe, donde la caliza asoma cuatro veces al borde del río (Oútara, Hospital, Trascastro, Ferverza), y encima tiene losas azules gruesas y bastante consistentes, arrugadas y granudas en Viduedo y mucho más finas en otros sitios, siempre de tono claro como las de la parte alta del cambriano; sin embargo, la afirmación de este terreno obedece, muy principalmente, al encuentro de placas de *lingulas* en Mompedroso y de *tigilites* en las cuarcitas de encima; es decir, que admitiendo la caliza como del cambriano medio, lo cual es lógico, pues calizo suele ser el término litológico de ese tramo, continuaría la serie sin solución de continuidad con postdamiense (losas claras y *lingula flags*) y ordoviciano con las cuarcitas y pizarras superpuestas. Los criaderos de hierro están unidos a las pizarras inferiores a las cuarcitas. En este supuesto, podrían atribuirse a las últimas hiladas cambrianas.

Las calizas, además de en los sitios señalados al borde del río Cabe, asoman en los siguientes: al Este de la Cruz del Incio, en Silgueiros, en Redeagos y Reboiro en dirección paralela a los afloramientos del Cabe y siempre en aguas del Mao los de Santa María, San Román y San Salvador del Mao, cerrándose la serie de asomos calizos con los de Foilebar, Villarjuán, Trascastro, Santaella y Seceda, ya en la margen izquierda del Lózara.

En esta enumeración nos hemos salido de la zona que estudiamos, y así, los afloramientos de Seceda, Trascastro, Foilebar y Mazo buzan al Suroeste, como parte de nuestros estratos, pero no pueden agruparse con los de la orilla del Cabe, pues están colocados encima como situación geológica.

Las pizarras inferiores a las calizas parecen metamórficas, y van acompañadas de cristales de silicato de alúmina. Las que se encuentran sobre las calizas son lustrosas y muy fisibles en algunos sitios, como en el Hospital y en Viduedo, pero, en general, son losas azules claras con filoncillos de cuarzo, y en ellos a veces cianita blanca (retizita), mineral frecuente en los estratos metamórficos del cambriano; este tramo pizarroso, en su parte más elevada, es el que contiene los criaderos de hierro que llegan a las cuarcitas en la Veneira de Roquis y en la Fonte de la Lama; en estos estratos pizarrosos altos es donde también he encontrado *lingulas* y *tigilites*; no es posible enumerar los sitios de pizarra, y se puede decir que lo son todos, descontando los de caliza, cuarcita y mineral.

El mineral de hierro, como término geológico, está situado de preferencia en esas pizarras altas, pero no puede tomarse esta afirmación en absoluto; pues de los tres términos de yacimientos que hemos admitido: Choyas, orilla del Cabe y Roquis, vemos que el nivel geológico en que

se encuentran sube desde las Choyas en que su posición podrá ser la de la caliza, hasta las pizarras altas en el Cabe, y enlazadas con la cuarcita en Roquis; es decir, que la posición de estos hierros no es ni fija, ni la típicamente siluriana, tan frecuente y clásica en Galicia.

Las cuarcitas se encuentran en todos los altos sobre las pizarras: Mompedroso, San Miguel, Monte Agudo, Miranda, Pena Redonda, Lama y la Garganta.

De propósito hemos dejado de señalar en la descripción anterior la zona comprendida desde el Monte Redondelo a la Veneira de Roquis; en ella, donde dominan las cuarcitas, cambia el diastrofismo, empezando a buzar los estratos al Suroeste, y teniendo la dirección al Noroeste, es decir, que adopta paulatinamente hacia el Este y el Sur el plegamiento en isoclinal peculiar de la región, enlazando con ella en Caurel y Puebla de Brollón. Esa diferencia de buzamiento, respecto al coto que examinamos, produce un fondo suave de sinclinal desde Oútara a Miranda, por toda la ladera izquierda del río, disposición geológica que cuadra muy bien con la colocación que hemos asignado a los distintos estratos, pues así la caliza inferior resultaría como corchete del anticlinal cambriano; el único término de la serie que resultaría desplazado sería el mineral de hierro.

La duda importante podría surgir al pretender enlazar en un estudio los criaderos del Incio con los de Caurel, pues entonces nos encontraríamos con que las calizas tenían que figurar en terrenos muy distintos, del Cambriano al Gotlandiense, y en ese caso, el Incio tendría que ser el resultado de un pliegue recostado.

Tampoco se podría rechazar en absoluto la idea de que las dos calizas marcasen cada una su horizonte: Cambriana la del Cabe, y del Siluriano superior la de Seceda; nos detendremos sobre este análisis al hacer el corte geológico desde Puebla de Brollón a Cervantes.

FORMACIÓN DE LOS CRIADEROS DEL INCIO.

Desde luego, la posición indefinida de estos criaderos evidencia que no pueden ser los clásicos del siluriano, aun cuando guardan relativa continuidad a lo largo de los estratos de la segunda fauna oscilando entre límites estrechos, puesto que la mayor amplitud que se puede admitir es que cambien desde la caliza inferior a la cuarcita de entrada del siluriano, lo que medido normalmente a los estratos representa 200 metros escasos, es decir, que aun cuando no puedan suponerse criaderos del horizonte de *calymene* deformados, no se puede negar que podrían tener cierta concomitancia con ellos, siendo derivados del horizonte típico; y esto, tanto más cuanto que algunos de los afloramientos simula pertenecerle. Sin fósiles no

es posible aclarar el problema, y únicamente podemos hacer suposiciones recurriendo a datos empíricos; así, vemos cómo los crestones que hay en parte de los Montes Mompedroso, San Miguel, etc., de las laderas del Cabe, tienen hidróxido pardo oscuro y compacto en capitas de uno a varios centímetros dispuestas aparentemente en bolas, el aspecto interestratificado, la potencia poco variable, y, por fin, los núcleos de clorita. Todas estas características son propias de los crestones de hidróxido de nivel ordovicense, y podrían aplicarse a crestones como los de las Cuevas de Avión, por ejemplo; pero insistimos en que no se puede decidir sin fósiles o porciones cloritosocarbonatadas oolíticas. Descartada, pues, la hipótesis de los yacimientos ordovicenses, hay que admitir la filoniana y de segregación.

Consideraremos aislados los tres casos.

Cova das Choyas. — El mineral en oquedades con pizarra enlazada formando brecha demuestra su origen hídrico rellenando algunas grietas de la pizarra, puesto que esos trozos estériles de los hastiales representan caídas de la roca lateral en el hueco. Sin embargo, la cueva, con su excavación enorme incluida en concordancia con las pizarras, hace poco verosímil un hueco originario de esas dimensiones; por otra parte, la presencia del carbonato en menudos granos cristalinos y con moteado de pajuelas de mica, permite suponer que el carbonato ha podido reemplazar metasomáticamente a una capa de caliza. Por muy verosímil que parezca esta hipótesis, y aunque apoyada por las razones que se deducen del estudio microscópico, no puede asegurarse sin encontrar los tipos de tránsito entre ambas rocas.

Lo que si se puede afirmar, a la vista de las estalactitas de formación actual, es que las aguas que circulan entre estos estratos deben estar muy cargadas de ácidos orgánicos y carbónico, cuando con tal facilidad se producen las escrescencias ferroginosas, algunas de las cuales puede suponerse originada por la conducción del hierro en forma de sulfato.

Una acción prolongada con aguas tan activas podría desde luego justificar la formación de toda la masa que representa el hueco de la explotación; sin embargo, queda siempre la dificultad de la magnitud de la grieta y su disposición estratificada. La circulación de las aguas ha sido prolongadísima, pues las pizarras de la roca lateral están blanqueadas, habiendo lixiviado su hierro.

Como de todos modos la existencia de trozos de pizarra en la masa de mineral es el dato más decisivo, suponemos que se trata de un relleno de grieta o quizás de una masa estéril muy fracturada, aceptando como muy probable que entre esas rocas hubiese alguna capa caliza. El agente de más actividad fué el ácido carbónico, formándose tal y como hoy se producen las estalactitas. Es mineral análogo al de Salcedo en Puebla de Brollón.

Como apoyo de la posibilidad de formaciones modernas carbonatadas, damos a continuación la composición de las aguas del Incio (Balneario).

Mineralización de un litro de aguas

Nitrógeno.....	
Acido carbónico libre, 25 c. c.....	0,0457 gramos
Sulfato sódico.....	0,0270 —
Sulfato cálcico.....	0,0076 —
Sulfato magnésico.....	0,0027 —
Cloruro sódico.....	0,0017 —
Bicarbonato cálcico.....	0,1053 —
Bicarbonato ferroso.....	0,0252 —
Bicarbonato magnésico.....	0,0062 —
Silicato cálcico.....	0,0120 —
Fosfato aluminico.....	0,00001 —
Arsénico (tal vez al estado de arseniato ferroso)....	0,00018 —

Laderas del Cabe.—La segregación ferruginosa de las pizarras oscuras es evidente; la confirman las formas estalactíticas del mineral a veces con películas de hidróxido muy repetidas en un mismo sentido formando vetas, la existencia de tabiques y formas tenues en muchos de los afloramientos, los colores vivos de las formaciones modernas, la pizarra cimentada en brecha, pero, sobre todo, las formaciones actuales de crenatos en las fuentes ferruginosas (Fuente Barrosa), de las cuales se pasa de un modo paulatino a las brechas ferruginosas de pizarras tendidas, como un manto, sobre los estratos pizarrosos. Los colores y la textura del mineral son los mismos en el caso de afloramientos que en el de estas brechas claramente originadas por la transformación y endurecimiento de las masas terrosas en que dominan los crenatos. La única diferencia estriba en que la salida de las aguas no es por un solo conducto caudaloso, sino en cantidades pequeñas y lentamente por el único camino accesible a las meteóricas dentro de pizarras con planos de crucero bien marcados, o sea por esos planos precisamente, y en ese caso se comprende perfectamente que tenga que ser en los frentes que ofrecían al exterior la pizarrosidad donde ha tenido que formarse el mineral; el crecimiento en ellos puede ser muy incrementado, pues con las distintas alternativas de sequedad e impregnación y salida de aguas que correspondan a la variedad de estaciones y años, tienen que corresponder paradas y remociones de las sales ferruginosas, que así se van disponiendo en cintras y endureciendo; a veces se notan las distintas fases como líneas de crecimiento, formándose en los frentes superficies de compacidad, textura y color diferente. Lo característico son lo blando de la mena y los colores vivos.

Se comprende que formando estos crestones tal y como suponemos, aparecen al exterior como interestratificados y sin ofrecer brechas de rocas estériles en su frente; las cuales, en cambio, se comprende se pre-

senten cuando los rellenos son en grietas de la pizarra y haya en ellas, lo que es casi seguro, caídas de la roca lateral.

La cantidad de piritas que contienen las pizarras oscuras (1) hacen suponer que sea en forma de sulfato el movimiento principal del hierro (2). Sin olvidar que, tal y como lo demuestran las aguas ferruginosas en sus depósitos, los crenatos y ácidos orgánicos han tenido que jugar un gran papel.

En apoyo de nuestra teoría de segregación pueden observarse las variaciones de nivel que tienen los afloramientos, con independencia de los estratos en que asoman, desde las Choyas hasta la Casela.

Roquis. — Aquí hay que distinguir dos casos respecto a la formación: que los minerales sean de las cuarcitas o que estén en el tramo pizarroso. Los de las cuarcitas los vemos en la Fonte dá Lama y en el final de la galería de Roquis; en los dos casos se aprecia cómo se altera la cuarcita adoptando una forma más arenosa, y es en esas porciones donde comienza la impregnación por el hidróxido.

Los tres croquis adjuntos dan idea de la evolución.

Respecto al mineral formado en las pizarras tenemos que buscar los tránsitos de su formación en los estratos de la galería, pues los minerales exteriores, con el meteorismo tan prolongado e intenso como el sufrido, han borrado toda su textura original.

En la descripción vemos cómo se ha iniciado y seguido el proceso: las grietas del macizo pizarroso han permitido el paso de las aguas que descendían de los criaderos formados o en formación de las cuarcitas, y han ido paulatinamente impregnando los estratos granudos de pizarra, predisponiendo la fijación en esta hilada de pizarras oscuras no sólo su textura propicia a la impregnación, sino la cantidad de hierro que ellas mismas contienen, que se pone en movimiento bajo la acción de las aguas meteóricas.

CLASE.

Recogemos los análisis del informe de los Sres. Revilla y Sáenz Díaz (1900), y dicen así:

En el filón del Cabe, la composición media es de 50 por 100 de hierro; 0,10 por 100 de fósforo y 0,10 de magnesio. En el filón de Roquis el término medio de hierro es de 57 por 100 y 0,10 de fósforo, y, por fin, en el que los citados Ingenieros llaman filón de Pradelas, el hierro llega a 56 por 100 y el fósforo a 42. La sílice la suponen del 6 al 9 por 100.

(1) Se puede ver la descripción del Corisco y Covas de Val.

(2) Ver las formaciones de sulfato de alúmina, manchones blancos de Caurel.

Sólo esos datos de un tanto por ciento tan elevado de hierro y otro tan escaso de fósforo, demuestra que se trata de minerales de origen meteórico o filoniano, pero de ningún modo de capas singenéticas con las del terreno geológico, pues en ese caso habrían acusado francamente un contenido de fósforo.

Mina «Cervantes», núm. 1.

	Seco a 100°	Calcinado
Hierro.....	52,64	58,85
Sílice.....	9,54	10,70
Fósforo.....	0,720	0,81
Azufre.....	0,010	0,011
Pérdida en la calcinación.....	10,82	
Cobre.....	0,00	
Cinc.....	0,00	
Hierro.....	40,66	51,15
Sílice.....	12,58	15,83
Fósforo.....	0,53	0,67
Azufre.....	0,009	0,011
Pérdida en la calcinación.....	20,54	
Cobre.....	0,00	
Cinc.....	0,00	

Análisis de la zona del Incio.

	Núm. 1	Núm. 2	Núm. 3	Núm. 4
Humedad.....	0,694	1,283	0,706	1,189
Óxido férrico.....	79,620	84,781	75,230	84,321
Óxido ferroso.....	0,816	7,108	0,762	0,810
Sílice.....	9,841	1,214	13,278	8,418
Alúmina.....	0,012	0,008	3,746	0,394
Cal.....	0,298	0,005	0,376	0,418
Magnesia.....	Indicios	Indicios	0,000	0,017
Manganeso.....	Idem	0,000	0,000	Indicios
Azufre.....	0,419	0,095	0,073	0,095
Óxido fosfórico.....	0,069	0,114	0,086	0,114
Pérdida por calcinación....	9,475	7,021	6,118	10,327
Densidad.....	1,50	1,750	1,70	1,650

EQUIVALENCIAS

	Hierro	Fósforo
Núm. 1. — Mina «Costa».....	55,980	0,030
Núm. 2. — Mina «Costa».....	64,881	0,041
Núm. 3. — Mina «Fuente la Campa»..	58,247	0,068
Núm. 4. — Mina «Peñas de Ribadal».	59,654	0,049

* * *

Incluido en documentos oficiales (Estadística, 1909) encontramos el siguiente cuadro de análisis, que damos por completar los datos:

Algunos análisis de muestras tomados en distintas minas pertenecientes a los Sres. Barandica, herederos del Sr. Llano.

Nombre de la mina	Procedencia	Clase	Fósforo	Sílice	Hierro	Operador
«Costa».....	Incio....	Hematites roja..	0,041	1,21	64,88	Gaytán de Ayala (Bilbao).
Idem... ..	Idem. ...	Idem id.	0,047	1,40	60,98	Fundición Montataire.
Idem, núm. 2	Idem....	Idem id.	»	»	60,95	Escuela de Minas (Madrid).
«Peñas de Ribadal».	Puebla del Brollón..	Hematites parda.	0,049	3,41	59,65	Gaytán de Ayala.
Idem	Idem....	Siderosa carbonato.....	»	»	»	
«La Robada».....	Vivero....	Hierro magnético....	»	»	46,38	Luis Correa (La Felguera).
«Juana».....	Idem....	Hematites parda.	0,87	»	53,81	Idem id.
«Peña Salgáyez»....	Muras....	Idem id.	1,40	8,30	55,45	Krasotzoff. Accières de France.
«Pico Carbociro»...	Villalba...	Idem id.	0,61	3,80	55,85	Idem id.
«Peña Furada».....	Idem. ...	Hierro manganesífero.....				
				Manganeso		
			45,40		13,25	Isbergues.

Como resumen, en todos los análisis del coto minero del Incio se puede observar que son escasas las cantidades de sílice y fósforo, en comparación con las correspondientes en las menas fosforosas singenéticas del siluriano; particularmente el tanto por ciento de fósforo, que apenas llega a pocas décimas, evidencia el origen de segregación más que cualquier otro indicio, pues los minerales ordovicienses oscilan de 0,6 por 100 a 0,8 por 100 de contenido en fósforo.

CUBICACIÓN.

No se reúnen datos para ninguna afirmación. — En Las Choyas no se ve más que el descubierto en la galería inferior con las transversales en pizarra. En el Cabe se aprecian en varios sitios dos dimensiones, la potencia y la continuidad en su asomo horizontal, pero las labores practicadas no entran lo suficiente hacia el monte, o sea al Sur, para permitir aclarar si los yacimientos han de ser considerados como capa o como de segregación. = Roquis: Son independientes los altos de la Lama de los

de la Veneira; la cantidad alta no parece muy grande y además faltan las galerías en dirección.

En las minas de Roquis se comprueba su disposición en esterilizaciones y ensanchamiento recorriendo las labores: la galería enseña que los yacimientos han de bajar 100 metros como máximo de la superficie, pues vemos cómo las transversales (ver páginas 229 y siguientes) dan en un empobrecimiento y las labores antiguas no descendieron ni penetraron en busca de la mena. — Según esto, y por el solo dato del mineral cruzado con la galería inferior (20 metros), no se podría, seriamente, intentar una cubicación.

Lo más probable es que se trata, en su mayor parte, de minerales de segregación de las pizarras piritosas y por consiguiente de muy escasa cantidad.

BIBLIOGRAFÍA Y DATOS MINEROS.

He podido examinar dos informes sobre estas minas: uno (1900) de los ingenieros D. Rafael Sáenz Díaz y D. José Revilla, y el segundo del ingeniero D. Enrique Abella Casariego (1902).

Los Sres. Sáenz Díaz y Revilla dan los siguientes análisis respecto a los distintos sitios del criadero:

Filón del Cabe.....	50	por 100 fe	0,10 Ph.
Filón de Roquis.....	51	—	—
Filón de Paradelas.....	56	—	0,42 P.

y cubican 28.300.000 toneladas, cifra absolutamente fuera de la realidad y que ha contribuido, más que ninguna otra circunstancia, al renombre de estas minas.

En cuanto a las condiciones generales dicen estos ingenieros:

CONDICIONES GENERALES DEL CRIADERO.

La salida más fácil de los minerales del Incio es por Monforte de Lemus para ser exportados por el puerto de Vigo; la distancia media de los criaderos hasta Monforte es de 25 kilómetros.

Sería, pues, necesario construir un ferrocarril de 25 kilómetros hasta Monforte desde un punto apropiado para servir a las diferentes explotaciones del coto; hasta este punto llegarían los minerales por combinaciones de vías estrechas, planos inclinados o cables aéreos, según fueran las necesidades de la explotación.

Nota. — La Compañía de los Ferrocarriles de Medina del Campo a Zamora y de Monforte a Vigo concedió, con fecha 1 de octubre de 1906,

la tarifa especial número 21 — P. V. — para mineral de hierro por vagones completos y un arrastre de 50.000 toneladas anuales:

Con material propio.....	4,89 pesetas.
Con material de la Compañía (de Monforte a Vigo).	5,84 —

En cuanto al informe del Sr. Abella, insertamos los datos que, por ser originales y comprobables, podrían contribuir al mejor conocimiento del coto minero:

Situación.— Menos la primera concesión («La Chiquita»), que está dentro del término municipal del Incio, las restantes están situadas en el de la Puebla de Brollón, a pesar de lo cual son designadas en el país con el nombre de Minas del Incio.

Formación geológica.— La comarca del Incio aparece constituida desde el punto de vista geológico por un terreno sedimentario muy antiguo, arcaico, en el que no se encuentran fósiles y que, por tanto, unos califican como cambriano y otros como siluriano.

De cualquier manera que sea, está formado por pizarras arcillosas y silíceas esencialmente con algunas capas de calizas y otras de cuarcitas; y entre todas ellas en estratificación concordante, aparecen capas de óxidos de hierro, hematites pardas y rojas con algún hidróxido en algunos puntos.

Criaderos.— Estas capas ferruginosas, que concuerdan con la estratificación general del terreno, se dirigen, donde no hay alteraciones puramente locales, del O. N. O. al E. S. S. buzando al N. N. E. y al S. S. O., según los parajes, con inclinaciones generalmente débiles, a lo sumo de 30 ó 35 grados, que en algunas cimas se anula, convirtiéndose en horizontales.

Los espesores de estas capas ferruginosas son algo variables, pero las que forman el objeto de las concesiones que se están describiendo son superiores a 10 metros, menos la de la mina «La Chiquita», que sólo alcanza 4,80 metros.

Veamos rápidamente las que se descubren en cada uno de los grupos que hemos indicado.

Primer grupo.— Cerca de la cima del cerro llamado Pena Escrita, pero en su vértice SO., existían unas depresiones que la tradición del país suponía hundimientos de antiguas labores mineras. Para averiguarlo se abrió allí cerca del pozo señalado en el plano, y efectivamente, a los 3,70 metros se encontró una capa ferruginosa que alcanzó en aquel paraje 4,80 metros de potencia, casi horizontal, compuesta de óxidos de la impregnación y residuación con oquedades y geodas revestidas de hidróxidos de hierro.

Segundo grupo.— En la concesión «Oútara» no existen labores de ninguna especie, pero se ve que en sus pertenencias continúa la capa que se descubre en la Cova das Choyas y su galería inferior (mina colindante

«Penas de Ribadal»), que tiene 18 metros de potencia, dirigiéndose en ese punto al N. - 15° - O., con un buzamiento de 20 a 30 grados al N. N. O.; pero la estratificación general del terreno es la que hemos indicado más arriba y el buzamiento menos pronunciado.

Además, en el lecho del arroyo que baja del O. de la iglesia de Oútara se descubre un espacio recubierto de óxidos de hierro que pueden provenir, ya del techo de la capa misma de Cova das Choyas, ya de depósitos tobáceo-ferruginosos de las filtraciones procedentes de los afloramientos de mineral de hierro que se descubren al O. en la ladera del monte, al pie de unos cantiles de pizarras arcillo-silíceas duras que allí aparecen, como continuación de las que recubren la capa de Cova das Choyas y siguen hasta el pico de Viduedo.

Tercero y cuarto grupos. — El punto central, el núcleo, por decirlo así, de esta formación ferruginosa, está en estos dos grupos de concesiones, en las cuales aparece una hermosa capa que desde la cima del monte llamado Peñarredonda, el más alto de toda la comarca (minas «Aurora», «Julita», «Más Julita» y «Enriqueta»), baja al O. y al N. hacia la Veneira de Roquis y mina «Laura» y hacia el O. y el S. a Pradelas y monte de Peñamarta (minas «Pepe» y «Teresita», «Mojada» y «Ribón»).

Esta capa está cortada interrumpida por los profundos barrancos Cabana y Ribón y se oculta en otros bajo los materiales derrubiales de las laderas; pero se descubren sus bordes en los hermosos afloramientos que de ella se ven, no sólo en las minas «Aurora», «Julita» y «Más Julita» y «Enriqueta», parte casi superior del Monte d'as Lomas y del de Peñarredonda, sino en los que continúan viéndose sobre el camino alto que se dirige a Parada de Montes y en el Rego d'os Asnos. En el adjunto plano se indican la mayor parte de estos afloramientos.

En la mina «Laura» es en la única en que no aparece el *mineral al descubierto*, pero su existencia resulta indudable después de examinar la capa que se presenta en la Veneira, dentro de las pertenencias de las minas «Costa» indicadas en el plano, pertenecientes a los herederos del señor Llano Olaveaga.

En efecto, por bajo de la Veneira de Roquis, en la que se descubren afloramientos y grandes huecos de labores antiguas superficiales, se ha abierto una galería llamada del Prado que corta a la capa con 18 metros de espesor y buzamiento de 30 grados al S. S. O., esto es, hacia la mina «Laura», y aunque recorriendo la superficie del monte se observa en su cima un cambio de buzamiento en los estratos, esto puede ser debido a una falla o a una dobladura en forma de fondo de barco y, en ambos casos, la capa de hierro *C* debe continuar a *C'* (véase figura); con tanto más motivo, cuando en la opuesta ladera del arroyo Cabana reaparece la misma capa en la región Pradelas, demostrando su existencia y continuidad.

AÑO 1902.

Transportes generales.— Para llevar los minerales al puerto de embarque pueden adoptarse dos soluciones:

1.^a Construcción de un ferrocarril de vía estrecha de un metro hasta Ribadeo, o mejor dicho hasta Villadodríz, puesto que el de este punto a Ribadeo está terminándose. Supone la construcción unos 120 kilómetros de vía férrea.

2.^a Construcción de un ferrocarril análogo hasta Monforte para cargar los minerales en la línea de Monforte a Vigo o en la de Monforte a La Coruña.

Supone la construcción de unos 25 kilómetros de vía férrea y después recorrido de 178 a 180 kilómetros respectivamente.

Claro está que la primera resolución requiere mayor capital y además las condiciones prácticas del puerto de Ribadeo son inferiores a las del hermoso puerto de Vigo y aun a las de La Coruña; pero, en cambio, el recorrido kilométrico sería mucho menor que en la otra solución, y, por tanto, el costo del transporte se rebajaría considerablemente, aumentando las utilidades del negocio minero.

La segunda solución que adoptaremos para el cálculo del coste, por ser la más ventajosa, sólo requeriría la construcción de un ferrocarril de vía estrecha desde las minas a Monforte, que supondría un capital de 2.500.000 pesetas.

En cuanto a los proyectos de Monforte a Vigo o a La Coruña, debería contratarse previamente con las respectivas Compañías ferroviarias una tarifa especial mínima que no debería exceder de 4,50 para los trayectos totales a los puertos, asegurando un transporte de 500 toneladas anuales.

El precio del transporte desde las minas a Monforte no deberá pasar de 0,50 pesetas por tonelada.

ANÁLISIS.

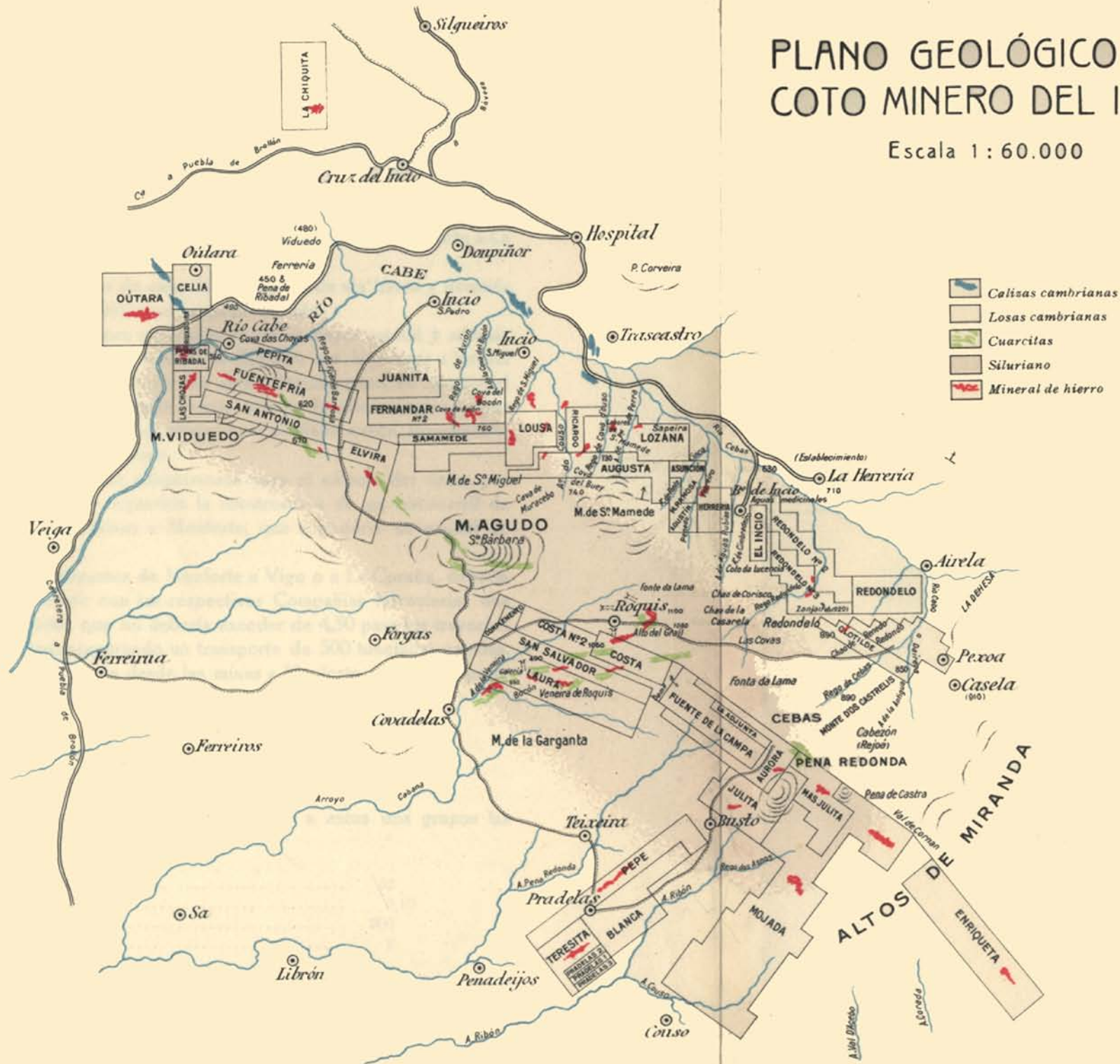
Primero y segundo grupo.— Corresponden a estos dos grupos las concesiones «La Chiquita» y «Oútara»:

Hierro metálico.....	52
Fósforo.....	0,10
Silice, de 5 a.....	900
Cal, de 0,80 a.....	2

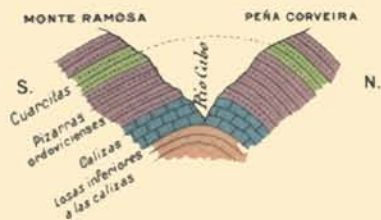
Tercero y cuarto.— Corresponden a estos grupos las minas «Laura»,

PLANO GEOLÓGICO DEL COTO MINERO DEL INCIO

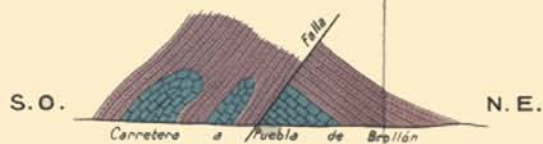
Escala 1 : 60.000



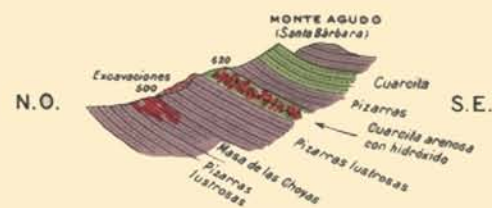
CORTE POR LA CARRETERA DE BÓVEDA



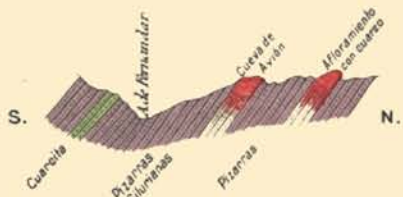
CALIZAS ENTRE PIZARRAS ORDOVICIENSES



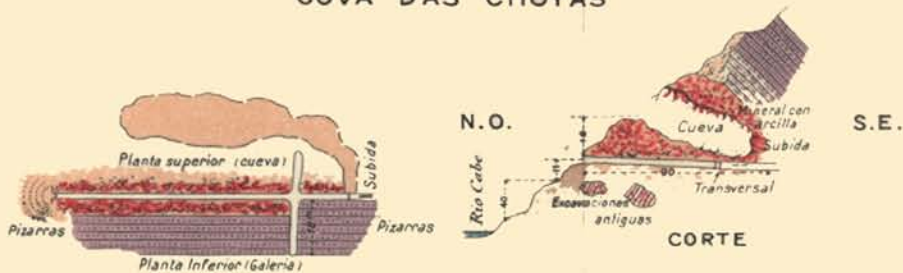
CRIADERO DE INICIO



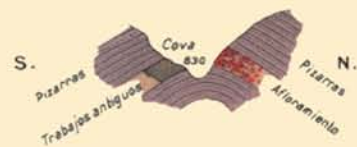
CRESTONES DEL RÍO CABO



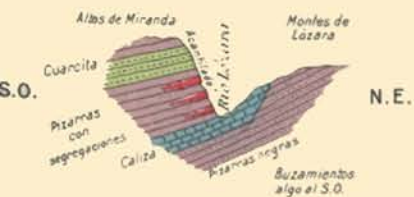
COVA D'AS CHOYAS



ARROYO DO COVA DO VAL



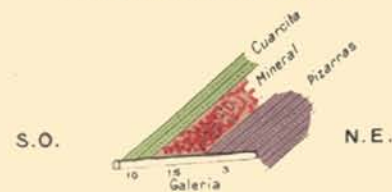
CORTE GEOLÓGICO DEL RÍO LÓZARA



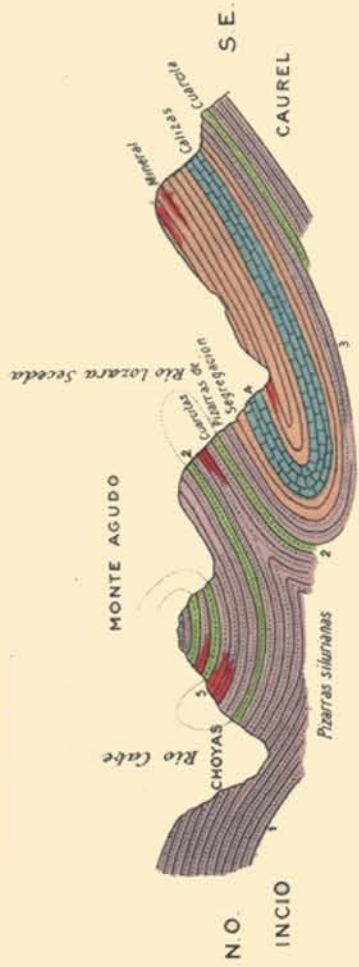
FONTE DA LAMA



GALERÍA DE LA LAMA

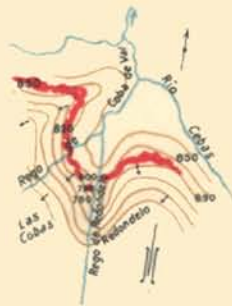


CORTE ESQUEMÁTICO DE INCIO A CAUREL

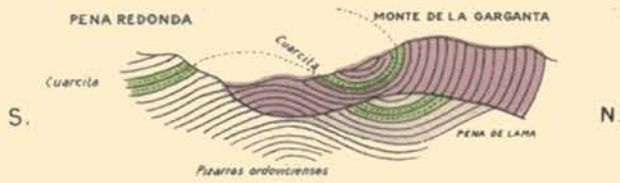


- Situriano inferior. { 1. Pizarras.
- { 2. Cuarzitas.
- Situriano superior. { 3. Pizarras de segregación.
- { 4. Calizas.
- { 5. Mineral.

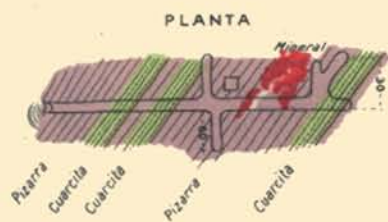
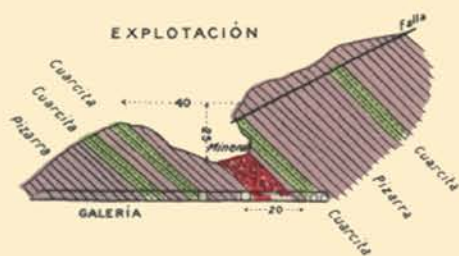
AFLORAMIENTO EN CURVA DE NIVEL



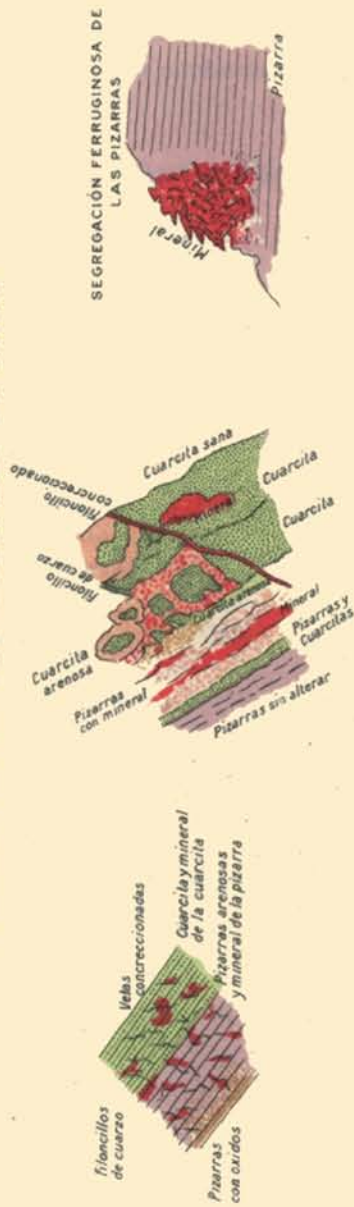
PLIEGUE RECOSTADO DE LA CIMA



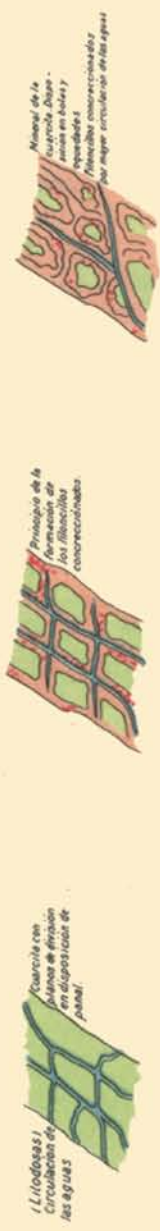
YACIMIENTO DE LA VENEIRA DE ROQUIS



FORMACIÓN DE LOS MINERALES DE INCIO



FORMACIÓN DEL MINERAL CUARCITOSO



ÍNDICE DE TRABAJOS

	Páginas
Estado actual de algunas cuestiones sobre carriles, <i>por F. Aranguren</i>	3
Proyecto de lavadero para el tratamiento de 200 toneladas-hora, <i>por R. Belloso</i>	29
La tectónica de la Península Ibérica, <i>por E. Cueto y Rui-Díaz</i>	47
Los minerales de hierro de Asturias en el horno alto, <i>por F. Díaz-Caneja</i>	65
Trabajos realizados por la Sociedad «Felgueroso» para reconocer los terrenos hulleros que se extienden bajo los estratos triásicos del Concejo de Gijón y noticia sobre la profundización del pozo de «La Camocha», consecuencia de aquellos trabajos, <i>por Luis Felgueroso</i>	85
Intervención obrera en la dirección, seguridad de las labores y administración de las Empresas, <i>por Eustaquio Fernández Miranda</i>	107
Proyecto de reglamento de aplicación de vacaciones pagadas a los obreros, <i>por Eustaquio Fernández Miranda</i> ...	125
Noticia sobre los estudios hechos en relación con el proyecto de transporte de carbones por medio de un cable aéreo de Laviana al Musel, <i>por Ramón Moreno</i> ...	131
Ligeras ideas acerca de la tectónica del antracolítico de Asturias y León, <i>por Ignacio Patac</i>	147
Recuerdos de una ascensión al Vesubio, <i>por Ignacio Patac</i>	155
Deslinde de atribuciones entre la aplicación del reglamento de Policía Minera y la legislación del Ministerio de Trabajo encomendada a los inspectores del trabajo, <i>por Celso R. Arango</i>	165
Explosivos de seguridad para minas de carbón de segunda y tercera categoría, <i>por P. Laine</i>	169
Empleo de carbón pulverizado en calderas y comparación de los rendimientos y resultados económicos entre este sistema y el de modernas parrillas mecánicas de gran inclinación, <i>por J. Alemany</i>	193
Estudio sobre el empleo de explosivos de seguridad y resultados obtenidos en el grupo «Siero», de la Sociedad Metalúrgica Duro-Felguera, <i>por Ramón Rubio</i>	197
Criadero del Incio (Galicia), <i>por Primitivo Hernández Sampelayo</i>	213