

INVESTIGACION ELECTRICA Y MAGNETICA EN EL PANTANO DE VALDUENGO, DE JEREZ DE LOS CABALLEROS (BADAJOZ)

Por J. CANTOS, J. BORREGO Y RUFINO GEA,
Ingenieros de Minas.

El trabajo realizado por los autores constituye un estudio geológico, completado con una investigación eléctrica y otra magnética, y dada su importancia, nos complace reproducirlo como procedente de la Revista de Geofísica, de la que hemos obtenido la conveniente autorización.

I. INTRODUCCIÓN.

El Instituto Geológico y Minero aceptó el ingrato encargo de ubicar, con ayuda de métodos geofísicos, el mineral de hierro de una determinada zona con las siguientes características especiales del trabajo a realizar.

El Instituto Nacional de Colonización se ocupa en la actualidad de la construcción de un pantano para riego en el río Ardila, dentro del término municipal de Jerez de los Caballeros (Badajoz), cuya presa coronará, según el correspondiente proyecto, la altura topográfica de 296,12 m. en relación con el nivel del mar.

La presa se alza más abajo de la confluencia del arroyo de San Lázaro con el río mencionado, al que se incorpora por su margen derecha.

Como consecuencia de las citadas obras, el reancho de las aguas llegará a invadir, en su nivel máximo, la aludida concesión minera denominada Santa Justa (figura 3.^a), con el consiguiente perjuicio para los propietarios de dicha mina. El expresado organismo oficial del Ministerio de Agricultura ha solicitado del Instituto Geológico y Minero de España, y este Centro lo encomienda a la Sección de Geofísica del mismo, el estudio correspondiente para determinar la importancia económica de tal perjuicio.

Con dicha finalidad, esta Sección de Geofísica llevó a cabo el correspondiente estudio geológico, complementado con una investigación geofísica, empleando el método eléctrico de resistividades. De ello llegó a deducirse que existían una serie de fracturas en dirección NO.-SE., que podían o no estar mineralizadas. Por darse la circunstancia de que el mineral que constituye los filones es magnetita, se decidió complementar este estudio eléctrico con un reconocimiento magnético que permitiera de un modo concluyente diferenciar las fracturas mineralizadas de las estériles.

En lo que se refiere al trabajo de campo de esta Sección de Geofísica, la parte geológica del mismo lo

hizo el Ayudante de este Centro Sr. Targhetta, y la prospección eléctrica corrió a cargo del Ayudante señor Melián, debidamente asistido técnicamente por el Ingeniero de esta Sección Sr. Borrego.

La redacción del presente trabajo e interpretación final de los resultados ha corrido a cargo del Ingeniero de este Centro Sr. Gea, con el asesoramiento técnico del Sr. Cantos, Ingeniero Jefe de la Sección de Geofísica de este Instituto. La parte correspondiente a geología se ha redactado partiendo de las notas emitidas por el Sr. Targhetta, como consecuencia de sus recorridos de campo.

Queremos agradecer a la Sección de Aguas Subterráneas del Instituto Nacional de Colonización su colaboración, que nos facilitó la ejecución material de este trabajo, y de un modo especial al Ingeniero señor Urquidí, que tuvo la amabilidad de acompañarnos a la zona interesada, con objeto de ayudarnos a proyectar el trabajo original.

II. RESEÑAS GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA.

Reseña geográfica.— Se investigó con ambos métodos, eléctrico y magnético, un área de 400 por 700 m., que ocupa la zona comprendida entre los mojones 28, 29, 30 y 31 de la concesión, y se prolonga 100 m. dentro de la misma, al NW. de los mojones 28 y 31.

La topografía de la región es ligeramente accidentada y toda la parte estudiada viene cruzada por el río Ardila y el arroyo de San Lázaro, afluente del primero por su margen derecha. Separando ambos ríos existe un cerro con un desnivel máximo con el cauce de los mismos de unos 50 m.

Consideraciones geológico-mineras.— Desde un punto de vista meramente geológico, la zona donde se encuentra la concesión minera de "Santa Justa", igual que otras en la localidad y en explotación actualmente, es la prolongación evidente de una banda

primaria que comienza en la margen derecha del río Guadalquivir, entre Córdoba y Sevilla. Este afloramiento se extiende en dirección herciniana por los términos de Pedroso, Cazalla de la Sierra, San Nicolás del Puerto, Guadalcanal y otros, aun cuando falta en la zona de nuestro estudio la representación de los dos horizontes del Paleozoico antiguo, el Cambriano y el Siluriano, que existen en toda esta región andaluza.

Tales horizontes han sido, en nuestra región, rotos por los agentes orogénicos y posteriormente desmantelado por la acción de las aguas, lo que atestiguan los festos que, en grandes extensiones aún, constituyen los flancos y envuelven, por el NW. y SE., al asomo arcaico. De igual modo, este terreno rompe aquellos estratos primarios y aflora en diversos lugares, incluso en grandes extensiones.

Para mayor analogía, toda la región aparece profundamente salpicada de afloramientos plutónicos, de edad posterior e independiente de la erupción granítica y de los demás terrenos estrato-cristalinos y sedimentarios que este núcleo sustenta. Corresponden a manchas porfídicas y a rocas, básicas en su mayor parte, las cuales han contribuido en algunos sitios a la formación de los yacimientos ferríferos que, en ocasiones, se encuentran en toda esta región.

El tramo geológico que aparece con interés primordial en la zona de Jerez de los Caballeros parece ser el Precambriano, representado por pizarras y esquistos pizarreños bastante silíceos, alternantes con las calizas cristalinas y areniscas que completan este piso. En algunos lugares, como el del emplazamiento de la presa, existen verdaderas cuarcitas en bancos.

Las pizarras aparecen con textura talcosa, colores claros, a veces grisáceos, rojizos o verdosos, teñidos por la clorita, con estructura consistente en algunas zonas y deleznales o terrosa en los afloramientos; en las cercanías del contacto con el núcleo granítico que rodea todo el sistema, aparecen señales evidentes de un intenso metamorfismo.

Desde un punto de vista minero, los yacimientos de hierro en esta zona aparecen enclavados dentro del sistema Precambriano; al menos, esto es lo que se desprende de la observación de las minas vecinas a la concesión "Santa Justa". En esta misma puede verse la condición de que el filón en ella explotado de antiguo, de buena traza y potente, que según referencias prosigue bien mineralizado en el último nivel de su explotación, disminuye de un modo gradual a medida que se avanza hacia el Este. En esta parte termina en forma digital y como resbalando en vetas diversas al llegar al contacto con la roca granítica.

Dentro ya de este mismo núcleo, son muy escasos y esporádicamente distribuidos los afloramientos. En el espolón que divide los dos cursos de agua superficiales, el río Ardila y su afluente, se observan multitud de piedras sueltas de mineral de hierro y la roca

bastante oxidada, pero no suficiente para acreditar la existencia de un criadero explotable.

Para complicar todavía más las cosas, no existen labores de reconocimiento en toda la extensión que ha de ser afectada por el embalse, ni tan siquiera hay simples calicatas. Es este el motivo por el que el estudio geofísico ha de ser decisivo, al menos para precisar la ubicación de algún sondeo mecánico que, por otra parte, no será de costo elevado debido a la poca profundidad que habría que alcanzar, aparte del hecho de quedar perfectamente localizados por la investigación geofísica. No perdamos de vista, al hacer esta interpretación, que podremos marcar la zona donde se encuentran los filones; pero para determinar la cantidad de los mismos y otros datos de interés para el que tenga que explotar la mina, será conveniente la ejecución de sondeos mecánicos y de algunas calicatas.

En lo referente al origen de estos criaderos, el Padre Doetsch, que tiene motivos suficientes para conocer bien esta zona, después de estudiar las diferentes hipótesis de formación de este tipo de criaderos, se limita a decir que su origen puede haberse producido, bien por neumatolisis de contacto, bien de acuerdo con la teoría genética, de magmas metalíferas. Es cierto que, en muchas ocasiones, los filones vienen de algún modo relacionados con los bancos de caliza que encontramos en el Precambriano; pero tampoco hay que olvidar que, en numerosos otros casos, hay filones en medio de batolitos hipogénicos sin ninguna clase de roca en su proximidad que haya podido ser metamorfozada.

Para el Sr. Targhetta, todo parece señalar como si el origen de los yacimientos ferríferos en general, en toda la banda herciniana, estuviese relacionado íntimamente con la presencia de las rocas plutónicas que, en forma de apófisis o chimeneas, han atravesado el macizo arcaico, y precisamente dentro de la fase última, hidrotermal, del proceso mineralizador. En esta fase se produjo el ataque de las capas apropiadas, como las calizas del estrato-cristalino, a las que, según parece, han metamorfozado con preferencia. Los criaderos, pues, se habrían formado por sustitución, bien en el contacto con la roca eruptiva, caso del predominio de la magnetita generalmente, bien con la penetración de grietas preexistentes, dando lugar a pequeñas bolsadas de hematites. En otros casos habrían transformado incluso la capa entera en un verdadero horizonte de hierro, aun cuando por su propia índole habría adoptado siempre forma discontinua en su mineralización.

Por este motivo, el Sr. Targhetta considera con cierto recelo la existencia de un buen criadero ferrífero en el núcleo granítico, es decir, en la parte de la concesión "Santa Justa" que ha de ser inundada por el embalse.

Lo más probable es que nos encontremos con que hay filones de ambos tipos, es decir, de origen pneu-

matolítico y de origen hidrotermal. Los primeros se habrían producido por contacto y los segundos simplemente por deposición dentro de una fisura pre-existente.

Lo que en todo caso es cierto, es que para la ascensión de las soluciones mineralizadoras se ha necesitado un camino, y este camino parece haber sido el sistema de fracturas que en gran número existen, con rumbo paralelo a la estratificación, y de aquí que los filones tengan, en general, esa misma orientación. Doetsch llama la atención sobre el hecho de que el mineral ha sufrido conjuntamente con las rocas encajantes, y posteriormente a su consolidación en el caso de las rocas ígneas, grandes esfuerzos tectónicos; esto coincide con nuestra observación de la existencia de un segundo sistema de fracturas que, según hemos podido observar, corta en numerosas ocasiones los filones, habiendo producido un desplazamiento en su marcha general, y hasta, en otros casos, en su buzamiento. Ya volveremos a insistir sobre este punto.

III. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.

Método eléctrico.

a) *Generalidades.* — Dentro de las diversas modalidades que tiene el método eléctrico, se empleó el denominado método divisional de Lee. Es una variación del método de Wenner, es decir, de cuatro electrodos en línea recta, a igual distancia mutua los dos exteriores, denominados de corriente y los centrales de potencial. La modificación a este método consiste en colocar un quinto electrodo en el punto medio entre los dos electrodos centrales de potencial, efectuando medidas partiendo de los dos electrodos originales entre el electrodo central y cada uno de ellos.

Este método es especialmente adecuado para los casos en que se pretenda determinar la existencia de variaciones laterales, como era el que nos ocupaba.

Los instrumentos empleados son los usuales en esta Sección de Geofísica, consistentes en un equipo completo de resistividades, compuesto de unas baterías de pilas que nos permiten enviar corriente continua al terreno, con los consiguientes aparatos de medida para determinar la intensidad de la corriente, y un circuito potenciómetro lo suficientemente sensible para apreciar variaciones muy pequeñas en el campo central originado por el paso de la corriente eléctrica.

b) *Trabajo de campo.* — Consistió en la ejecución de un total de 72 sondeos eléctricos, hasta una profundidad aproximada de 20 m. Teniendo en cuenta que en cada punto se hicieron tres medidas distintas (con los dos electrodos de potencial entre el electrodo central y ambos de ellos), resulta que el total de sondeos eléctricos en realidad llevados a cabo es de 216 (fig. 1.^a).

c) *Interpretación de los resultados.* — Para facilitar la interpretación de todo el trabajo de campo realizado con el método eléctrico de resistividades, comenzamos por dibujar las curvas representativas de cada uno de los sondeos eléctricos, en planos independientes, en forma tal, que para cada sondeo se ha puesto la curva correspondiente a los dos electrodos centrales y a cada uno de los electrodos laterales, en relación con el citado en el punto medio de ellos. Por otro lado, procedimos al dibujo de los sondeos eléctricos en forma de perfiles, que serán los que estudiemos primero, situando para cada punto su resistividad aparente en profundidad y uniéndolos después por curvas de igual resistividad, que si bien no nos van a dar la interpretación exacta de lo que ocurra en profundidad, por lo menos nos van a permitir llegar a algunas conclusiones interesantes que expondremos en lo que sigue:

Curvas de igual resistividad. — Los valores para las curvas de igual resistividad se han dibujado en los gráficos correspondientes de 50 en 50 $\Omega/m.$, hasta la curva correspondiente a los 250 $\Omega/m.$, y de 500 en 500 $\Omega/m.$, a partir de la curva representativa de 500 en adelante (fig. 2.^a).

El primer perfil de sondeos eléctricos, que es el más septentrional y comprende los sondeos eléctricos números 1 al 9, nos indica claramente la existencia de dos zonas de debilidad en contraste con las áreas circundantes. Por lo pronto, en el punto correspondiente aproximadamente al sondeo eléctrico núm. 2, todas las curvas marcan la presencia de una fractura F-1, que podrá o no estar mineralizada; más adelante, en este mismo perfil, nos encontramos con otra zona F-2 de análogas características entre los sondeos eléctricos núms. 6 y 7. Así como la primera zona hipotética de fractura tiene un aspecto vertical, en la segunda, la marcha de las curvas de igual resistividad tiende a indicar que buza hacia el W.

En el segundo de los perfiles, que comprende los sondeos eléctricos núms. 10 al 18, vemos cómo se confirma la existencia de la primera zona de fracturas correspondiente al sondeo eléctrico núm. 2, al que nos hemos referido antes; aquí aparece esta zona y también con características verticales entre los sondeos eléctricos núms. 11 y 12. En cuanto a la segunda zona de fractura, la volvemos a encontrar entre los sondeos eléctricos núms. 15 y 16; pero, cosa curiosa, esta fractura, que cruzaba hacia el W. en el primero de los perfiles, la encontramos ahora buzando hacia el E.; parece, pues, evidente la existencia de otra fractura intermedia que sería normal a estas que venimos definiendo, de dirección aproximada al N.-S., y que habría provocado la interrupción de estas fracturas longitudinales y al mismo tiempo invertido el buzamiento de las mismas.

Siguiendo con nuestros perfiles llegamos al de sondeos eléctricos núms. 19 al 27. Aquí, la primera

fractura, la F-1, desaparece, y encontramos una nueva que hemos denominado F-3, pero con características ligeramente diferentes de las restantes. Parece ser muy vertical y muy estrecha, y no llega a profundidades altas. En la que se refiere a la fractura F-2,

19 al 27 debe de estar también interrumpido, en cierto modo, por otra fractura transversal.

En el perfil de sondeos núms. 28-36 vemos la continuación de la de la fractura F-2b, que ya hemos citado en el perfil anterior; esta última sigue siendo

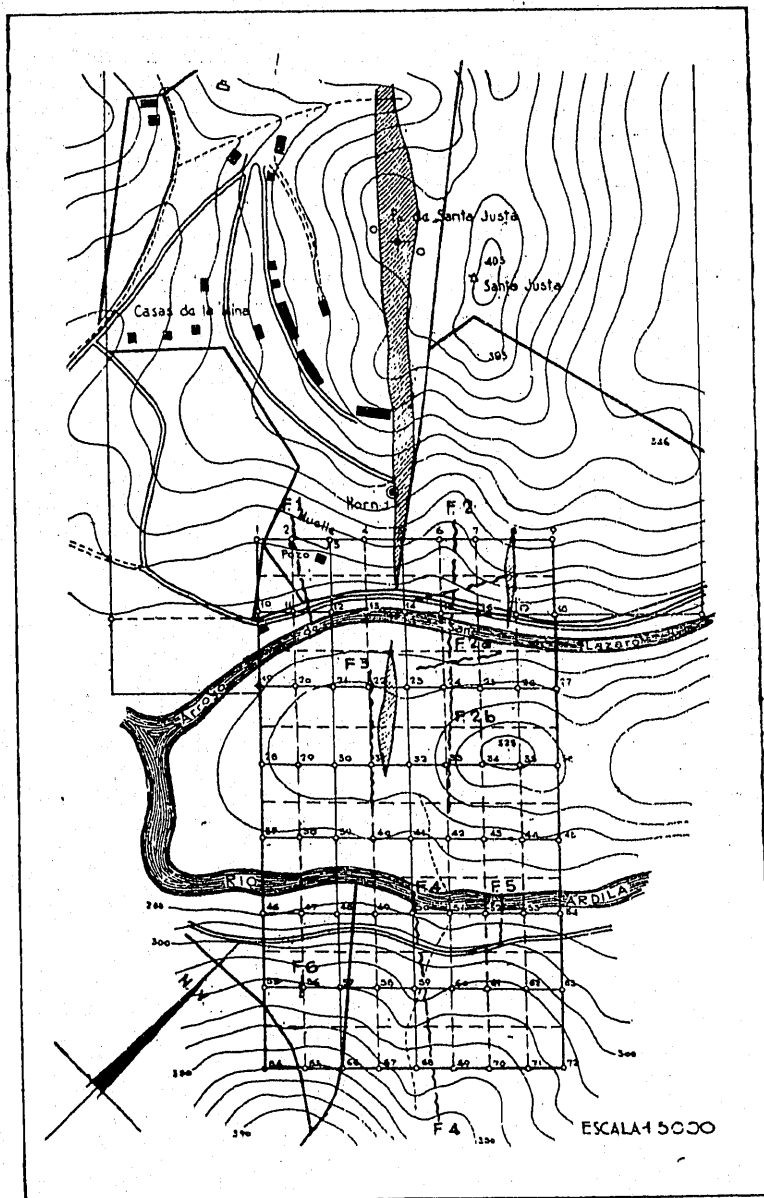


Figura 1.^a

la volvemos a cortar, esta vez en situación vertical, entre los sondeos eléctricos núms. 24 y 25; vemos, pues, que se trata de una fractura un tanto curiosa, habiendo quedado interrumpida en algunos sitios, ya que el paso del perfil de sondeos núms. 10 al 18 y el

vertical y con iguales características que en el perfil 19 al 27. Están situadas, respectivamente, las dos fracturas citadas en la posición aproximada de los sondeos eléctricos núms. 31 y 33.

Con el perfil de sondeos núms. 37-45 nos encon-

tramos con que todas las fracturas a que nos hemos venido refiriendo antes desaparecen, y aquí no existe ninguna, aunque hay todavía indicios de posible apa-

casi verticales y están situadas, respectivamente, en la proximidad del sondeo eléctrico núm. 50 y entre el 52 y 53.

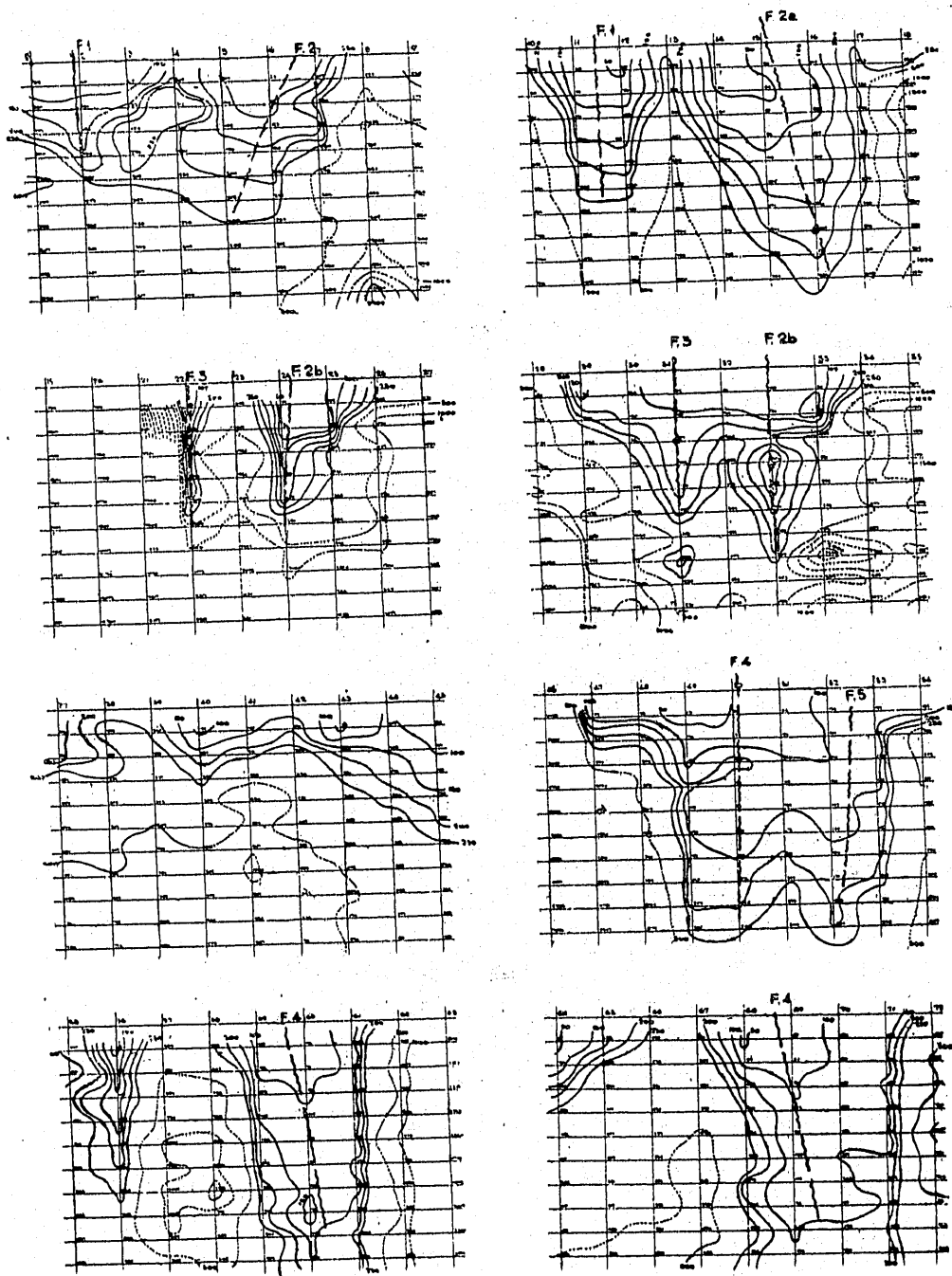


Figura 2.ª

rición de una de ellas; no obstante, prácticamente han desaparecido todas ellas.

Llegamos así al perfil de sondeos núms. 46-54, donde encontramos de nuevo dos fracturas que hemos denominado F-4 y F-5; estas fracturas son ambas

En el perfil siguiente, sondeos eléctricos números 55-63, la fractura F-4 continúa con iguales características que en el perfil anterior. La F-5 parece haberse desaparecido; en cambio nos encontramos con una nueva, la F-6, que es vertical, pero que no debe

tener extensión lateral grande porque no está en ninguno de los otros perfiles de sondeos.

Así llegamos al último de los perfiles, que comprende los sondeos núms. 64 hasta el 72, en el que podemos ver, y también con condiciones semejantes a las citadas anteriormente, la fractura F-4 que prosigue.

Como resumen a todo lo anterior, podemos decir que, como resultado de la prospección eléctrica, se ha podido determinar la existencia de una serie de fracturas que definen otros tantos sitios susceptibles de ser mineralizados, pero no nos es factible diferenciar entre las fracturas que realmente estarán mineralizadas de aquellas que no lo están.

Es por este motivo que, para establecer una diferenciación entre las dos y de este modo llegar a la resolución total del problema que nos ocupa, seguiremos el empleo del método magnético para hacer esta diferenciación a que hemos aludido.

Es evidente el hecho de que existen las principales fracturas en dirección N.-S., aproximadamente. Hay, al mismo tiempo, otro sistema de fracturas transversales, posteriores a la mineralización, cuyo efecto ha sido desplazar los posibles filones y, hasta en algunos casos, perturbar su buzamiento normal, pasando de un sentido, por ejemplo al W., a buzarse hacia el E.

En el plano horizontal hemos situado todo este sistema de fracturas y vemos que las más interesantes son, sin duda alguna, las F-2 y F-4. La primera de ellas, F-2, con sus prolongaciones F-2a y F-2b, y la F-4, más continua en su extensión; las otras tienen importancia y son cortas y de poca longitud; la F-3, que pudiera tener algo más de interés, está, no obstante, fuera de la zona inundada por el embalse; en cuanto a la F-4, se encuentra también casi en la totalidad fuera de la zona a cubrir por las aguas y, por consiguiente, está casi por completo desprovista de interés.

Solamente, por tanto, hay que considerar, desde un punto de vista de indemnizaciones, y en principio, salvo lo que indicaremos después al comparar este método con el método magnético, la anomalía o fractura F-2, que debe estar mineralizada, tiene una zona de bastante extensión comprendida dentro de la que habrán de cubrir las aguas en su día.

Esta fractura es, sin duda alguna, la más interesante de todas las que hemos encontrado en la zona investigada.

Método magnético.

a) *Generalidades.* — Se utilizó el método magnético por considerarse el más adecuado para el caso, y, a efectos de realizar la interpretación en las debidas condiciones comparativas, se cubrió una superficie superior a la afectada mediante una serie de puntos en cuadrícula.

Se empleó un magnetómetro Watts para componente vertical del campo magnético, y, debido a la magnitud de las anomalías que encontramos, fué preciso disminuir su sensibilidad a 38,7 gammas por división de la escala.

El método de trabajo consistió en la observación sucesiva de las estaciones de los distintos perfiles, con regreso a una estación base periódicamente, aun cuando, dada la índole de las anomalías que producen los criaderos del mineral de hierro, no era, en realidad, necesaria esta última operación, que se llevó a cabo solamente para obtener los datos con una mayor exactitud.

b) *Justificación del método.* — La lectura de lo que antecede ya habrá impuesto al lector sobre la conveniencia del método magnético para la prospección de yacimientos de mineral del tipo del que nos ocupa. No perdamos de vista que la magnetita es, precisamente, la substancia, dentro del reino mineral, que posee una susceptibilidad magnética más elevada; la siguen después, dentro del conjunto de formaciones rocosas que nos ocupa, las rocas hipogénicas básicas, pórfidos, etc., que, según hemos indicado, existen en esta región con un elevado contenido en magnetitas.

Ensayos hechos en el laboratorio con muestras de estas últimas rocas hipogénicas, indican que su susceptibilidad magnética no es, en absoluto, comparable con la de la magnetita; ésta, en muestras pequeñas, produce inmediatamente lecturas fuera de la escala del magnetómetro, en tanto que las rocas hipogénicas apenas producen el cambio en la escala de una a dos divisiones.

El contraste de susceptibilidad magnética entre la magnetita y las restantes formaciones es, por consiguiente, tan considerable que no es posible confundir una anomalía producida por este mineral con las ligeras variaciones a que darían origen las rocas hipogénicas. Cabe, por tanto, afirmar que con el empleo del magnetómetro es posible, sin género de duda, reconocer una zona y determinar los sitios únicos donde existe mineral de hierro en cantidad económica; en todas las zonas donde no haya anomalías magnéticas se puede casi asegurar que no existe magnetita en masas explotables.

El valor de esto, desde el punto de vista que nos interesa, es considerable, ya que una prospección magnética permite, de este modo, determinar los sitios donde existe el mineral, y así, concretar las labores posteriores de investigación, pocillos, sondeos, etc., en estos mismos puntos, con la consiguiente economía en la investigación.

c) *Trabajo de campo.* — Consistió en reconocer un bloque de 400 X 700 m., en el que se marcaron 15 líneas de dirección N. 44° E., separadas, por tanto, 50 m. entre sí, situando las estaciones, en cada una de estas líneas, a 20 m. de distancia mutua (fig. 3.^a).

Posteriormente se concretó el estudio de las zonas donde se encontraron anomalías magnéticas, con estaciones suplementarias intercaladas entre las anteriores.

Se tomó como base la línea que une los mojones 28 y 31, prolongando esta línea a modo de perfil hasta el mojón 32.

También se llevó a cabo un perfil de comprobación, atravesando la parte ya explotada de la mina en el cerro de "Santa Justa".

De todas estas anomalías la más importante, en principio, es la que hemos denominado A_3 , que debe haber sido producida por una pequeña bolsada de magnetita de disposición generalmente vertical. En efecto, no encontramos indicios de la existencia del polo negativo de esta anomalía, lo que hace pensar en el verticalismo a que nos hemos referido. La anomalía A_1 no es de gran importancia; es producida por un filón que buza en dirección SW., pero, en

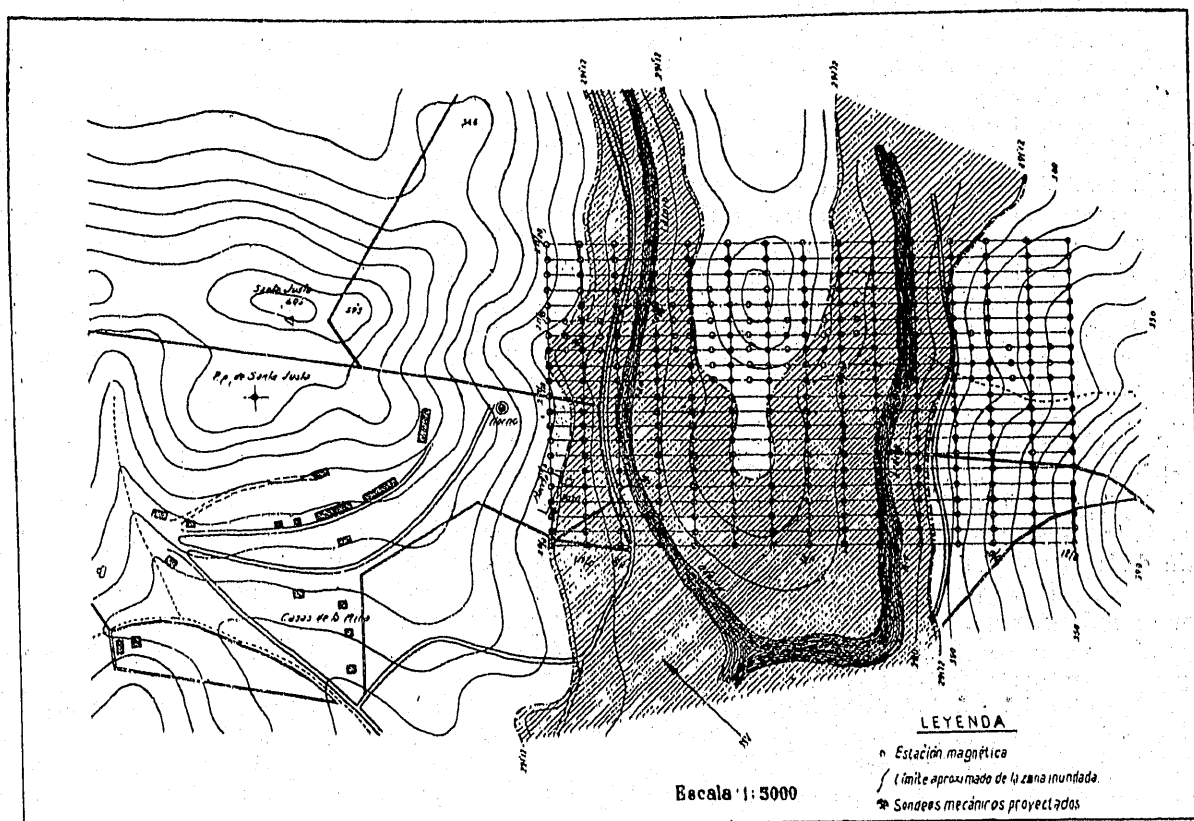


Figura 3.^a

Con los datos así obtenidos se dibujó el plano magnético, donde las curvas isogammas tienen un intervalo de 1 000 gammas en la zona donde existen anomalías, para evitar que el plano resulte demasiado complicado; en el resto de la zona, las curvas se han dibujado con trazo más fino cada 200 gammas.

No se ha calculado el valor normal de la componente vertical del campo para aquel lugar. Hemos tomado arbitrariamente el valor 1 320 gammas para la estación situada en el mojón 28 y se han calculado los valores de las demás a partir de éste.

d) *Interpretación del plano magnético* — Del examen del plano (fig. 4.^a) se desprende la existencia de una sucesión de anomalías alineadas entre sí y cuyo eje es, aproximadamente, la línea 2 N./14; la marcha general de estas anomalías es NW.-SE.

principio, bastante vertical. La anomalía A_2 es, probablemente, parte de la A_1 , si bien entre las dos existe una rotura; el filón que ha producido la anomalía A_2 buza hacia el NE., pero con inclinación muy próxima a la vertical. Respecto a la anomalía A_4 , también resulta bastante interesante; aquí, obsérvese la extensión del polo negativo; el mineral buza hacia el NE., con ángulo que puede llegar a ser hasta de 45°.

Por último, la anomalía A_5 , ya en el borde de la concesión, no es más que el extremo NW. de una anomalía de mayor interés que debe existir ya fuera de los límites de la concesión actual.

A nuestro modo de ver, la colocación de estas anomalías, unas en prolongación prácticamente de otras, indica la existencia de una fractura preexis-

tente, en la que se produjo la mineralización con zonas de bonanza y zonas de niega y que, posteriormente de haber sido mineralizadas, quedó afectada por otro sistema de fracturas al que ya nos hemos referido y de dirección normal a la primera, es decir, NE.-SO., que produjo no solamente el desplazamiento lateral del filón, sino que llegó también hasta invertir el buzamiento del mismo. La fractura principal debió haberse producido en el cauce del río Ardila, hasta el extremo de que, en la zona por donde cruza este río, el filón ha desaparecido casi por completo. Por la forma de la anomalía que aquí nos encontramos, parece como si el filón principal hubiese sido cortado por una falla que buzara hacia el NW., habiéndose producido el desplazamiento hacia el SE. con movimiento de charnela, siguiendo el plano de falla hacia el NE. Esto produjo, por un lado, la existencia en profundidad de una lengua de mineral, que se le quitó, por consiguiente, a la anomalía A_3 , que ha producido el efecto de la lengua negativa que encontramos en la anomalía A_4 . El movimiento que produjo el desplazamiento de las anomalías A_1 y A_2 debió de ser de plano prácticamente vertical, también con un ligero movimiento de charnela que invirtió ligeramente el buzamiento en ambas partes del filón.

Entre las anomalías A_2 y A_3 también existe una fractura que se interpreta como no vertical y con buzamiento del filón hacia el NE.

Aun cuando no poseemos datos suficientes para hacer un estudio tectónico detallado de la zona, no obstante, del plano magnético podemos hacer una primera hipótesis, que sería la siguiente: En principio podía existir un filón que, a modo de referencia, podía estar en la posición de la actual anomalía A_3 , orientado en dirección NW.-SE. y disposición vertical. Este filón fué cortado primeramente por una falla que desgarró la anomalía A_4 de la A_3 ; esta falla buzara hacia el NW., sería una falla inversa y tuvo un movimiento de charnela a lo largo de su plano, que llevó el filón, de ser vertical, a buzarse hacia el NE. hasta posiblemente 45° .

Como consecuencia probablemente de la misma fractura, se produjeron las otras que dividieron la anomalía A_3 en otras dos más, A_1 y A_2 ; entre las anomalías A_3 y A_2 , el desplazamiento horizontal ha debido ser pequeño, y el bloque que contiene la A_2 se elevó ligeramente hacia el NE., originando el buzamiento en este mismo sentido de la mencionada anomalía. Por último, la fractura entre A_1 y A_2 , también con escaso desplazamiento horizontal, produjo el basculamiento del bloque A_1 hacia el SE.

Desde el punto de vista que nos interesa, puede verse en el plano que, dentro de la zona inundada, no encontramos más que una pequeña parte de la anomalía A_1 y toda la A_2 . Existe, es cierto, ya en la cuenca del río Ardila, una pequeña prolongación de la A_3 , pero, en esta parte, la bolsada que ha dado origen a esta anomalía apenas tiene espesor y no

merece la pena ser tenida en cuenta. No olvidemos que esta anomalía se encuentra en lo alto del cerro y que, por tanto, en la parte donde está la prolongación de A_3 el espesor de agua existente será francamente reducido. Respecto a la parte negativa de la A_4 , es cierto que se encuentra en la parte inundada, pero su profundidad es lo suficientemente grande para que, considerando los 10 m. de seguridad que da la Jefatura de Minas de Badajoz, no haya que considerar esta anomalía a efectos de indemnización por encontrarse más profunda.

Es preciso concentrarse, por tanto, en la parte de A_1 a que nos hemos referido y en la anomalía A_2 . La forma de las anomalías sugiere que se trata de filones de potencia bastante reducida, probablemente del orden de los 4 m. de potencia media, casi verticales, uno de ellos buzando hacia el SW. y el otro hacia el NE., pero muy próximos a la vertical, de modo que, para efectos prácticos, se les puede considerar como verticales. La corrida máxima de estos filones es de 150 m. entre bordes de la zona inundada, y no olvidemos que existe una fractura entre ambos, de modo que esta corrida de 150 m. hay que considerarla como máxima.

Aparte de estas anomalías a que nos hemos referido, el resto de la zona inundada no posee ningunas otras que puedan sugerir la existencia del mineral.

Si se desea valorar con cuidado las reservas de mineral de hierro existentes en la concesión, se aconseja hacer dos pocillos de reconocimiento, uno en la A_1 y otro en la A_2 , que, por no tener que llegar más que a los 10 m. de profundidad, no serán muy costosos. También se puede, si se dispone de equipos de sondeo en la zona de trabajo, hacer dos pequeños sondeos en ambas anomalías: el sondeo en la A_1 , en el punto que se ha indicado en el plano, se inclinaría unos 30 a 40° hacia el NE., y el sondeo en la A_2 , igual inclinación hacia el SW. Los pozos que se situarían en estos mismos puntos deberían ser verticales, haciendo después unas pequeñas traviesas en las direcciones indicadas.

Por último, y para determinar la profundidad a que se encuentra la cabeza del filón, conviene hacer varias calicatas, por ejemplo, cada 50 m., con profundidad de 2 a 3 m., transversales a la marcha de los filones, cuya situación puede ser la que se indica en la figura 4.^a.

Conclusiones sobre la investigación magnética.

Se ha llevado a cabo una prospección magnética en una zona de 400×700 m., en una parte de la concesión "Santa Justa", donde va a quedar inundada por la cola del pantano de Valduengo, propiedad del Instituto Nacional de Colonización y destinado para riego.

Como consecuencia de esta prospección, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

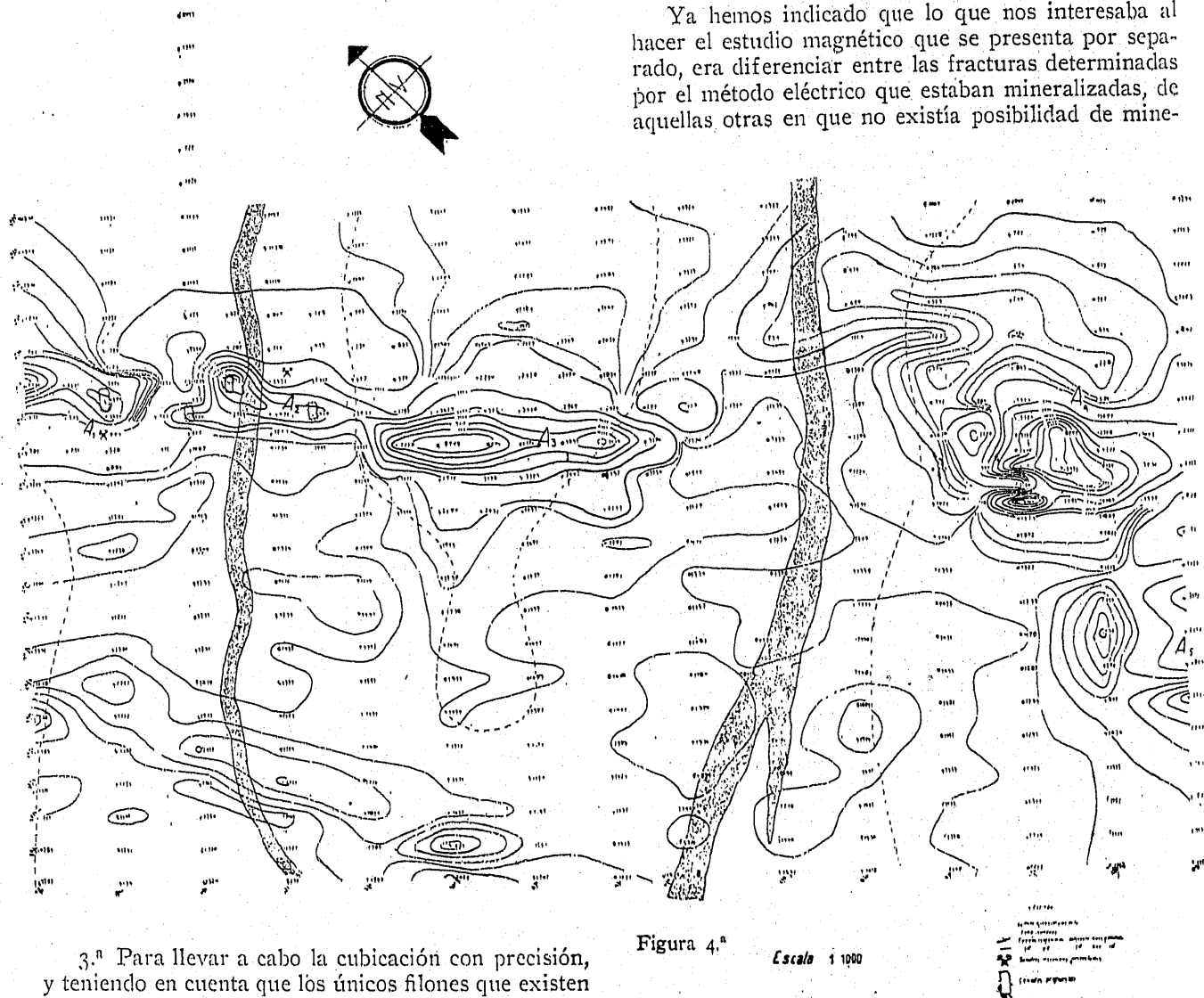
1.^a Dentro de la zona inundada y a efectos de indemnización, no existe más que la parte de una anomalía que hemos denominado A₁ y una anomalía completa denominada A₂, que tienen como máximo una corrida de 150 m.

2.^a La potencia media que estimamos para estos filones es de unos 4 m.

4.^a Se aconseja también la ejecución de cuatro calicatas de 2 a 3 m. de profundidad, en los puntos señalados en la figura 4.^a.

IV. INTERPRETACIÓN CONJUNTA DEL PLANO DE LAS CURVAS DE IGUAL RESISTIVIDAD Y DEL PLANO MAGNÉTICO QUE TAMBIÉN ADJUNTAMOS AL INFORME.

Ya hemos indicado que lo que nos interesaba al hacer el estudio magnético que se presenta por separado, era diferenciar entre las fracturas determinadas por el método eléctrico que estaban mineralizadas, de aquellas otras en que no existía posibilidad de mine-



3.^a Para llevar a cabo la cubicación con precisión, y teniendo en cuenta que los únicos filones que existen dentro de toda la zona inundada son los correspondientes a las citadas anomalías A₁ y A₂, se puede realizar bien sondeos mecánicos, bien pocillos de investigación, verticales, en los puntos señalados en la figura 4.^a. De hacerse sondeos, se inclinarían de 30 a 40° hacia el NE. y SW., respectivamente, en las anomalías A₁ y A₂. En caso de hacer pocillos y teniendo en cuenta que su profundidad máxima habría de ser de 10 m., se harían verticales, y al llegar poco antes de esta profundidad máxima, hacer unas pequeñas galerías en las direcciones indicadas hasta cortar las masas minerales.

ralización. También hemos indicado que el mineral era magnetita y, por consiguiente, que era posible equivocarse al hacer el plano magnético, ya que las anomalías producidas en toda la zona únicamente podrían ser producidas por esta substancia. Como consecuencia, en aquellos sitios donde magnéticamente encontramos una anomalía, podemos asegurar que hay magnetita, y en las zonas donde no existen anomalías, podemos asegurar que esta substancia tampoco aparece allí.

Comparando, pues, los resultados de las dos investigaciones, nos encontramos con que la fractura F-1, que parecía interesante al hacer el trabajo eléctrico, la encontramos aquí desprovista de interés.

Nos aparece también una pequeña anomalía, orientada en situación aproximadamente análoga a la de la fractura núm. 1, pero es tan insignificante que no cabe esperar la existencia de mineral en cantidad y en concentración económica; es más bien debida esta pequeña anomalía al efecto de la misma fractura o de posición posterior por efecto de las aguas superficiales de granos ferruginosos, que han producido una pequeña anomalía, pero, insistimos, totalmente desprovista de interés. En lo que se refiere a las fracturas F-3 y F-6, tenemos que hacer las mismas salvedades. Tampoco aparecen en el plano magnético anomalías que las confirmen y, por consiguiente, hay que desecharlas.

La anomalía F-2 ya presenta confirmación con los dos métodos; la habíamos determinado primero con el método eléctrico y la comprobamos ahora con el método magnético. Vemos que es una anomalía de bastante extensión superficial en dirección N.-S.; se confirma también magnéticamente el hecho de que la anomalía F-2 propiamente dicha, buza hacia el W., como ya indicamos al hacer la interpretación de las curvas de igual resistividad. Se comprueba, asimismo, el hecho de que la fractura F-2a buza hacia el E., y que existe una discontinuidad entre ambas fracturas. Lo mismo ocurre con la fractura F-2b, que aparece también mineralizada y en disposición vertical. En lo que se refiere a las restantes fracturas, la F-5 está caracterizada por un negativo, es decir, que es posible que esté mineralizada, pero ya a gran profundidad. Respecto a la F-4, igualmente está mineralizada entre los perfiles de sondeos eléctricos núms. 55 a 63 y 64 a 72, es decir, que la primera parte que eléctricamente se localizaba y que parecía indicar que podría haber mineral dentro de la zona, inundada por el embalse, no se confirma magnéticamente.

Como consecuencia de todo esto, podemos decir que en la correlación entre los métodos eléctrico y magnético es perfecta y que han quedado, por consiguiente, claramente definidas las anomalías que son interesantes y, por tanto, aquellas que económicamente se deberán indemnizar al propietario de las minas.

V. RESUMEN Y CONCLUSIONES GENERALES.

Se ha llevado a cabo el estudio geológico, que se ha completado con una investigación eléctrica y una investigación magnética. Los estudios geofísicos llevados a cabo se complementan mutuamente y nos permiten diferenciar de un modo concluyente cuáles son las zonas mineralizadas y su posición.

Las conclusiones que se desprenden, por consiguiente, de todo el trabajo, son:

1.^a Dentro de la zona inundada por el embalse solamente existe la parte de una anomalía magnética que hemos denominado A-1; que esta anomalía completa es la que hemos denominado A-2, que como máximo tiene una corrida de 150 m.; estas anomalías son las que eléctricamente hemos denominado F-2.

2.^a La potencia media que estimamos para estos filones oscila entre los 4 y 5 m., basados en comparación entre las anomalías encontradas magnéticamente con las anomalías determinadas en las zonas conocidas del filón "Santa Justa".

3.^a No se puede calcular con precisión la cubicación del mineral existente y determinar su calidad solamente por consideraciones geofísicas.

Pero teniendo en cuenta que los únicos filones que existen dentro de la zona inundada son los correspondientes a las mencionadas anomalías A-1 y A-2 ó F-2 y F-2a, se deben realizar unos sondeos mecánicos o unos pocillos de investigación en los puntos señalados en el plano magnético que se adjunta. Estos sondeos deberán inclinarse de 30 a 40° hacia el NE. y SW., respectivamente, en las anomalías A-1 y A-2. En caso de hacer pocillos, su profundidad máxima habría de ser de 10 m.

Para terminar diremos que, con este trabajo, se ha reducido a la mínima expresión el costo de las labores de comprobación del criadero que ha de cubrir las aguas; pero, además, daremos como adelanto una cifra que estimamos probable:

El criadero a inundar tiene unos 150 m. de longitud por unos 4 ó 5 m. de potencia por 15 m. de profundidad. Por lo tanto, 11 250 m. cúbicos de zona mineralizada, o sea unas 56 250 Tn. del supuesto mineral.