

03.68.22

MP - ep - 067/69

C. N. E. A.	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1968

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

Lixiviación Natural

*INFORME DE BECA
PERFECCIONAMIENTO TECNICO EN EL
Commissariat à l'Energie Atomique (Francia)
Por
ANTONIO LICA*

1968

- INFORME DE BECA -

Perfeccionamiento técnico en el
Commissariat à l'Energie Atomique (Francia)

Por

Antonio Lioha

A G R A D E C I M I E N T O S

- A l'A.S.T.E.F. por su diligente y hospitalaria organización, puestas al servicio de los becarios.-
- A las autoridades y colegas del C.E.A., por la cordial acogida y amplia dedicación a las inquietudes del suscriptor.-
- A las autoridades de la C.N.E.A. y de la Gerencia de Materias Primas, por haber hecho posible esta valiosa experiencia técnica y personal.-

INDEX

Página

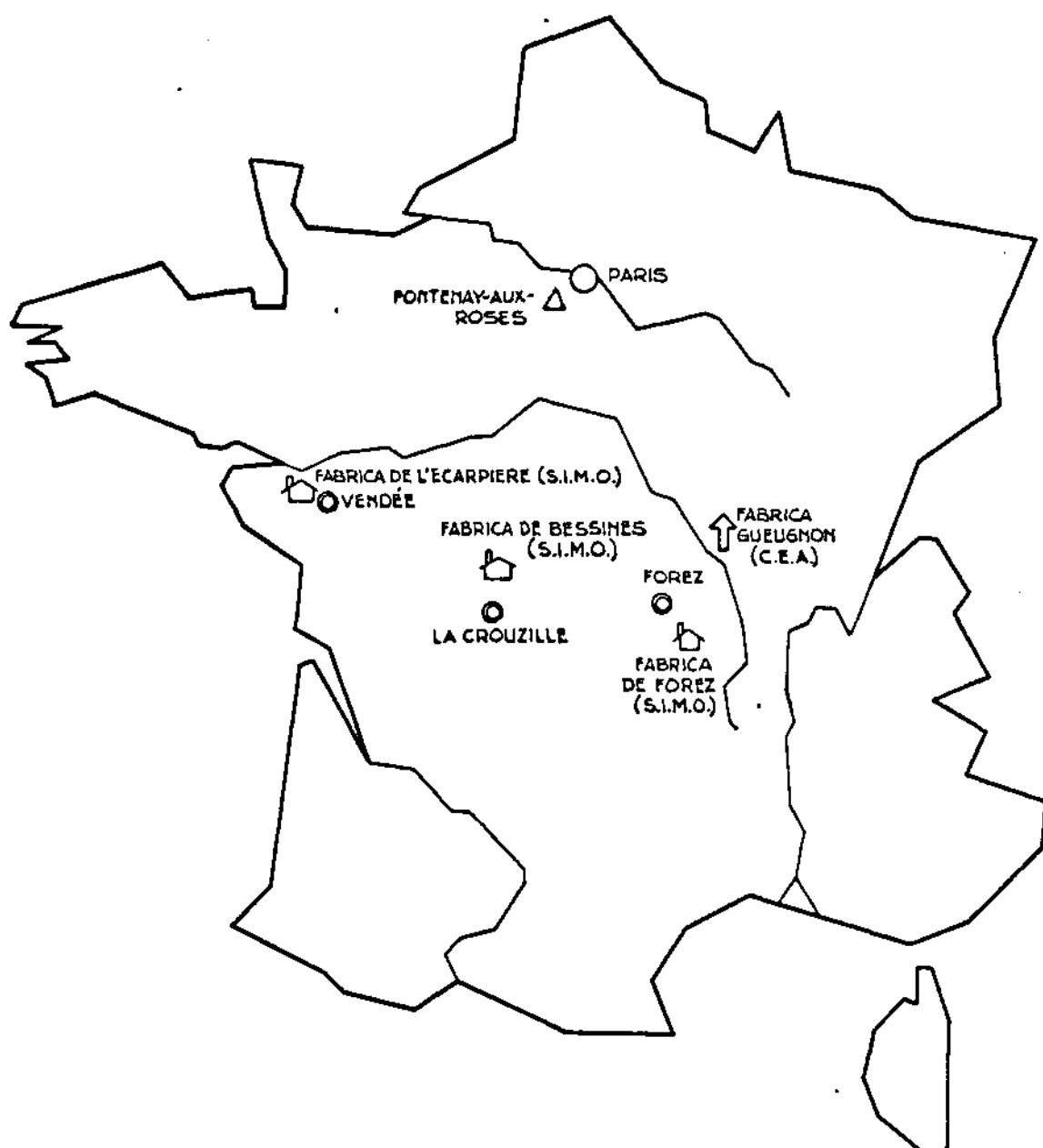
2.1 - Yacimiento de Grezieux-le-Fromental : 42

I N D I C E

	<u>Página</u>
<u>CAPITULO IV (Cont.) :</u>	
2.2 - Yacimiento de Brosses :	44
3 - Ensayos de lixiviación en Pilas del Mineral Grezieux-le-Fro mental (Gueugnon) :	45
<u>CAPITULO V :</u> Laboratorio "Teneurs" - S.E.C. - D.P. - (Fon tenay-aux-Roses) :	49
<u>CAPITULO VI :</u> División Minera de VENDEE :	52
1 - Lixiviación subterránea en la División Minera de Vendée . . . :	52
1.2 - Lixiviación en la mina de l'Ecarpière :	53
1.3 - Lixiviación en la mina de Chapelle-Largeau :	56
1.4 - Producción de U por lixiviación subterránea :	57
2 - Estación de Muestreo de Minerales (C.E.A.) (Ecarpière). . . . :	57
3 - Planta de Tratamiento de Minerales - S.I.M.O. (Ecarpière) . . :	58
<u>CAPITULO VII :</u> Centro de Estudios Nucleares de CADARACHE . . . :	62
1 - Estación de tratamiento de Efluentes :	63
2 - Reactor Rapsodie :	65
3 - Departamento de Química :	66
<u>CAPITULO VIII:</u> Comentarios y Conclusiones :	68

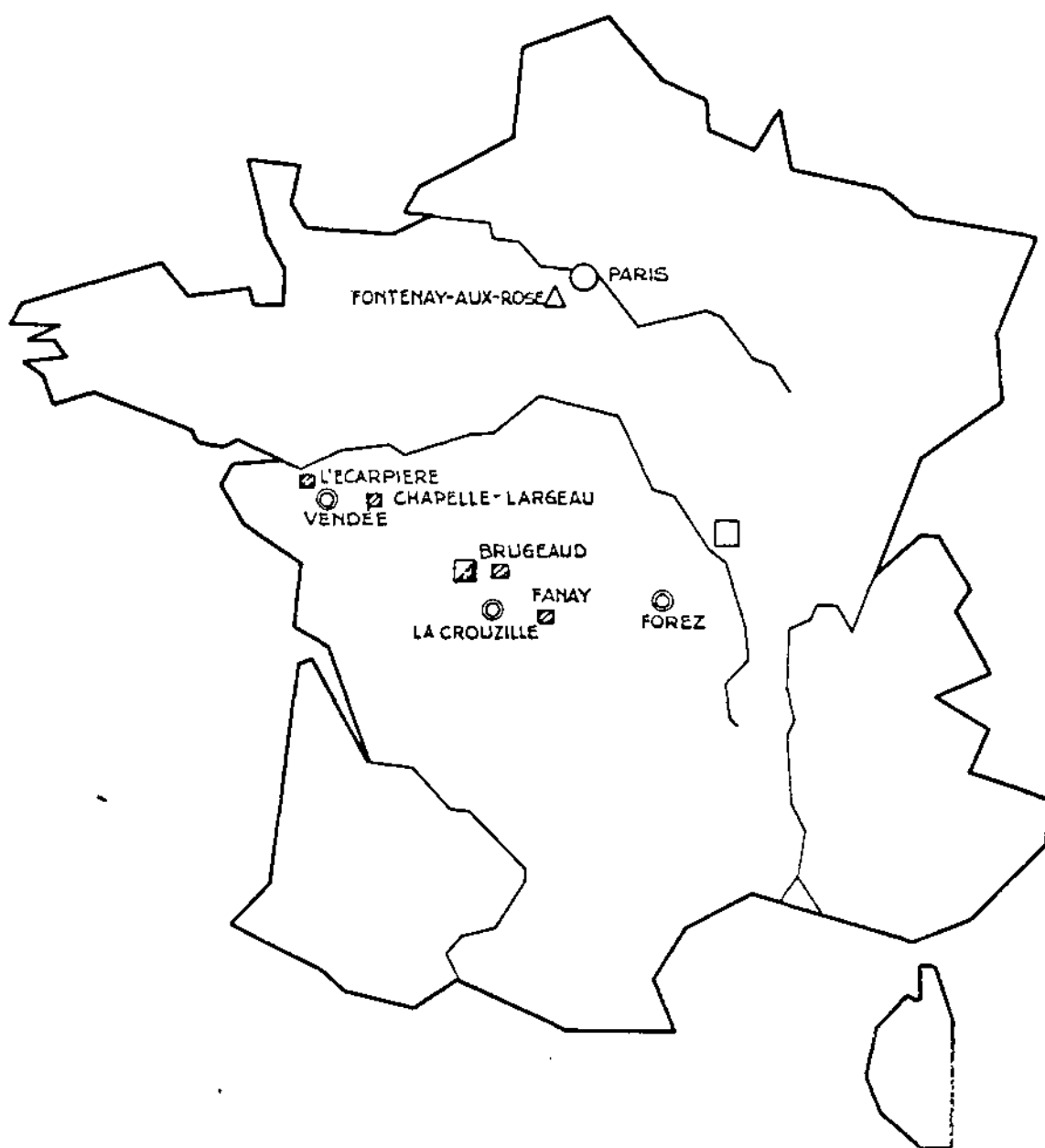
FABRICAS DE TRATAMIENTOS DE MINERALES (S.I.M.O.) Y DE PURIFICACION DE PRECONCENTRADOS (C.E.A.)

- △ DIRECCION DE PRODUCCIONES (FONTENAY-AUX-ROSES)
- ⌂ FABRICAS DE TRATAMIENTOS DE MINERALES
- SEDE DIVISION MINERA
- ↑ FABRICA DE RETRATAMIENTO DE PRECONCENTRADOS



LUGARES DONDE SE REALIZA LIXIVIACION SUBTERRANEA (IN-SITU) Y EN PILA

- △ DIRECCION DE PRODUCCIONES (FONTENAY-AUX-ROSES)
- ◎ SEDE DIVISION MINERA
- ▣ LIXIVIACION SUBTERRANEA (SEMI-INDUSTRIAL)
- ▤ LIXIVIACION EN PILA (SEMI-INDUSTRIAL)
- LIXIVIACION EN PILA (EXPERIMENTAL)



C A P I T U L O I

INTRODUCCION

1° - Objeto de la beca

En el territorio argentino existen numerosas manifestaciones uraníferas, con características especiales, que han obligado a estudiar (fin de 1960) las posibilidades de aplicación de los métodos de lixiviación en pila, con vistas a un tratamiento más económico y a un aprovechamiento más integral de la explotación minera.-

Desde los comienzos de esta nueva rama de la hidrometalurgia del uranio en nuestro país, fui encargado de la diagramación y conducción de los ensayos vinculados con la misma.-

El suscripto fué propuesto por la Gerencia de Materias Primas (C.N.E.A.) para optar a la beca otorgada por el gobierno de FRANCIA por intermedio de A.S.T.E.F. (Association pour l'Organisation des Stages en France) siguiendo los acuerdos de cooperación técnica existentes, con el objeto de visitar los diferentes Centros de actividades del Commissariat à l'Energie Atomique (C.E.A.) vinculados al procesamiento de minerales de Uranio.-

Dentro del tema mencionado se ha centrado el interés en tres puntos fundamentales:

- a) estudios y realizaciones francesas en el dominio de la lixiviación "en pila", "en minas" (in-situ), etc.;
- b) nuevas técnicas y procesos desarrollados para los minerales de Francia.-

Finalmente, e íntimamente vinculado con los anteriores:

- c) plantas de preparación mecánica de minerales, de muestreos, y de tratamientos químicos (tecnología, operación, experiencia, etc.)

2° - Programa de beca

Los Sres. Pièrre Sugier (Jefe del Servicio de Fábricas y Tratamiento de Minerales) y Pièrre Mouret (Jefe del Servicio de Estudios de Concentración) -ambos de la Dirección de Producciones-, acordaron con el suscripto el programa de beca que se detalla en el siguiente calendario.-

C A L E N D A R I O

<u>Período</u>	<u>Lugar</u>
-(Año 1968)-	
- 2/Mayo :	- Fecha de presentación a l'A.S.T.E.F.
- <u>Curso de Perfeccionamiento del Idioma</u>	
6 a 31/Mayo :	1 - INTER-LANGUES (París)
- <u>Actividades Técnicas</u>	
4 a 14/Junio :	1 - Laboratorio de S.E.C. (Fontenay-aux-Roses)
17/Junio a	
13/Julio :	1 - Estación Piloto de BESSINES
	2 - Visitas:

- a. Estación de Muestreo y Preparación Mecánica de Minerales para la Planta S.I.M.O.
- b. Planta de Tratamiento de Minerales -
- S.I.M.O. - (Bossines)
- c. Lixiviación en la División Minera LA CROUZILLE.

- 15 a 31/Julio: 1 - Fábrica de GUEUGNON.
- 2 - Ensayos de Lixiviación en Pila del Mineral GREZIEUX-le-FRONTAL (Gueugnon).
- 3 - Visita: División Minera de FOREZ.
- 1 a 31/Agosto: 1 - Laboratorio "Teneurs" - S.E.C. - D.P.
(Fontenay-aux-Roses).
- 2 a 21/ Sept.: 1 - Lixiviación subterránea en la División Minera de VENDEE:
- a. Mina de L'Ecarpière.
 - b. Mina de Chapelle-Longueau.
- 2 - Estación de Muestreo de Minerales.
- 3 - Visita: Planta de Tratamiento de Minerales - S.I.M.O. - (Ecarpière).
- 23 a 27/Sept.: 1 - Visita al Centro de Estudios Nucleares de CADARACHE.
- a. Estación de Tratamiento de Efluentes.
 - b. Reactor RAPSODIE.

c. Departamento de Química.

30/Sept. a

31/Octubre : 1 - Laboratorio de S.E.C. (Fontenay-aux-Roses).

3° - L'A.S.T.E.F. - Curso de perfeccionamiento del idioma

Mi presentación a l'A.S.T.E.F. (Bureau d'Accueil) tuvo lugar el 2 de Mayo/1968, fecha acordada por dicho Organismo; hallando en el mismo ayuda, gentileza, amabilidad, eficiencia y una manera rápida de resolver los problemas del momento: alojamiento, transporte, etc.-

Como primera etapa fui destinado a realizar el curso de perfeccionamiento del idioma, según lo previsto, en INTER-LANGUES (París), con el siguiente programa y horario:

- por la mañana (9:00 a 13:00 hs.): método audio-visual "En Franco comme si vous y étiez" (2da. parte), dictado por la profesora Sra. LOMAS;
- por la tarde (16:00 a 18:00 hs.): curso escrito, realizado por la profesora Srta. ECKERT.-

Este curso brindó la valiosa oportunidad de sedimentar y agilizar la práctica personal del idioma -previamente adquirida en nuestro país- y de obtener una sólida experiencia en el conocimiento de los hábitos, modos y costumbres cotidianos de la vida de Francia. Con ello, la relación y comunicación humana posterior se vió ampliamente facilitada.-

Por otra parte, la naturaleza de estos cursos permite al tornar con colegas procedentes de diferentes naciones del mundo y conocer, de alguna manera, los modos de vida cultural y social de sus

países de origen. De esta manera, la asistencia a estos ciclos preparatorios constituyen una experiencia doblemente valiosa.-

La compilación y descripción de los conocimientos técnicos obtenidos mediante la amplia y cordial gentileza de las autoridades y colegas del C.E.A. y S.I.M.O., constituye el material de los Capítulos siguientes.-

C A P I T U L O I I

- Periodo: 6 al 14/Junio y 1° al 31/Octubre de 1968.-
- Lugar : Laboratorio de Estudios de Concentración (Fontenay-aux-Roses).

Fontenay-aux-Roses se encuentra ubicado en el suburbio Sud de París, a unos 5 km aproximadamente.-

Fué en el viejo fuerte de CHÂTILLON donde el C.E.A. inició sus primeros trabajos. Con el transcurso del tiempo y el crecimiento de desarrollo de las investigaciones, el centro primitivo adquiere una nueva fisonomía (1955) bajo el nombre de CENTRO DE ESTUDIOS NUCLEARES DE FONTENAY-AUX-ROSES (CEN-FAR).-

Actualmente dicho lugar es sede -entre otras actividades- de la DIRECCION DE PRODUCCIONES (D.P.) a la que estuvo directamente vinculado durante el desarrollo técnico de la beca.-

- Personas entrevistadas:

Sr. : E. Sialino - Jefe de Laboratorio de Ensayos -

Después de los contactos personales con los colegas franceses de la misma especialidad, tuve oportunidad de analizar los resultados de los ensayos de diferentes minerales, en escala de laboratorio empleando técnicas diversas.-

1. Generalidades

Antes de iniciar el ensayo de un mineral, se considera toda la serie de factores locales que puedan condicionar el tratamiento

posterior: ubicación del yacimiento, distancia, clima, agua, transporte, etc.-

Las muestras a estudiar llegan al laboratorio con sus correspondientes referencias, orígenes y características. Inicialmente se realizan estudios petrográficos y de reconocimiento de los minerales de uranio presente, (en los laboratorios especializados), además del análisis químico completo.-

En algunos casos se estudian por separado los componentes del mineral (arenisca, arcilla, etc.) y a su vez cada fracción granulométrica.-

2. Ensayos de lixiviación por "capilaridad" ó "en pila" (Ver Fig. 1)

Se emplean columnas de vidrio, con capacidad aproximada de 1,5 kg. de mineral. Para todos los ensayos utilizan una granulometría entre 0-20 mm. aproximadamente.-

En la parte inferior y a unos 10 cm. de la base tiene un lecho filtrante de lana de vidrio sostenido por una grilla de acero inoxidable.-

La solución lixiviante se alimenta desde un recipiente lateral mediante una pequeña bomba de caudal regulable que permite mantenener el riego en forma constante.-

Sobre la superficie del mineral una pequeña capa de lana de vidrio asegura la distribución del líquido lixiviante sobre el mineral.-

Un segundo recipiente colecta la solución luego de un pasaje por el lecho de mineral.-

2.1. Lixiviación sulfúrica lenta

Se realiza por dos caminos:

- alimentando siempre con solución fresca;
- reciclando la solución lixivante (previo ajuste del pH fijado).-

En ambos casos se continúa la operación hasta obtener la máxima solubilización del U, con y sin oxidante, dependiendo de las características del mineral y del potencial redox del lixiviado.-

2.2. Lixiviación sulfúrica acelerada

Se realiza por dos caminos:

- agregando todo el reactivo necesario de una sola vez, reciclando varias veces hasta homogeneización del mismo y lavado.-
- alimentando en forma permanente con solución fresca de mediana concentración y retirando la solución colectada a pie de columna (sin reciclar).-

En algunos ensayos se humecta previamente con agua, antes del ataque ácido.-

2.3. Comentarios

- La disolución del uranio es función de la concentración del reactivo en la solución lixivante. La selectividad de la disolución varía según los diferentes tipos de minerales.-

Una vez alcanzada la máxima solubilización del U, el mi

neral se lava con agua acidulada para evitar hidrólisis, en particular del Fe y P. El lavado se detiene cuando la concentración del U está comprendida entre 100 y 150 ppm.-

- Durante la marcha se controla principalmente la acidez libre, uranio o impurezas solubilizados.-
- Es posible reducir el volumen de líquido a tratar, utilizando las soluciones de lavado para el ataque de nuevas columnas (contracorriente).-

3. Ensayos de lixiviación convencional en pulpa agitada (Ver Fig. 2)

Se trata del método convencional, sin variantes novedosas. En general utilizan la relación sólido/líquido = 1, con diferentes granulometrías; con cantidades variables de reactivos, con y sin oxidante, a temperaturas y tiempos variables.-

Como equipo de ensayo utilizan un reactor a reflujo.-

4. Ensayos de lixiviación en pulpa espesa (Ver Fig. 3)

Cuando los ensayos convencionales indican que para obtener rendimientos aceptables es necesario aumentar sensiblemente la concentración del ácido, la pérdida de reactivo como "ácido libre" es importante, tratándose de relaciones sólido/líquido = 1/1 (1000 l/t).-

Para solucionar este problema se ha ensayado el método de lixiviación en "pulpa espesa", utilizando soluciones más o menos concentradas en reactivo, pero aumentando la relación sólido/líquido (250-400 l/t). De esta manera la incidencia de pérdida de reactivo por "ácido libre", es mínima.-

Como equipo utilizan un balón inclinado que gira sobre un eje a 50-60 r.p.m. mediante un pequeño motor acoplado. El conjunto se mantiene a temperatura constante mediante baño-maria.-

5. Ensayos de lixiviación por "acondicionamiento sulfúrico seguido de secado"

Los métodos descriptos anteriormente no son aplicables para minerales con alto contenido de arcilla o para minerales que exigen una concentración elevada de reactivo.-

Para estos casos se está desarrollando el método de "empastado sulfúrico": consiste en impregnar el mineral seco con un volumen reducido (150 l/t) de solución concentrada de ácido. Ello permite:

- a) elevar la temperatura de la mezcla y favorecer la solubilización del U;
- b) favorecer la evaporación de agua con lo que aumenta la concentración del reactivo;
- c) insolubilizar la sílice mejorando la separación sólido/líquido posterior.-

En los ensayos de Laboratorio se opera de la siguiente manera: se mezcla el mineral con solución sulfúrica en cantidades variables (80 a 150 l/t). Se coloca en un desecador (caja de Petri), y seca en estufa a 100-150°C, con tiempos variables (sin ventilación).-

Luego el mineral es tomado con solución sulfúrica, aproximadamente a pH 1, para la separación sólido-líquido, en forma habitual.

Los resultados obtenidos indicarían que este procedimiento es aplicable para minerales con no más de 30% de arcilla, dependiendo

de las características de la misma.-

6. Ensayos de lixiviación alcalina - Comentarios -

Son conocidos los factores que afectan a las velocidades de reacción en la lixiviación alcalina: temperatura, concentración de oxígeno, concentración de reactivo y tamaño de las partículas.-

Algunos minerales con alto contenido de sulfuros y materia orgánica exigen cantidades excesivas de oxidante y de reactivo lixivante para alcanzar resultados satisfactorios.-

En estos tipos de minerales el uranio se encuentra generalmente al estado tetravalente, bajo forma mineralizada o no; por lo tanto es indispensable oxidarlo al estado hexavalente para la disolución en medio alcalino.-

Los sulfuros y las materias orgánicas tienen un poder reductor importante, consumiendo la mayor parte del oxígeno, por lo cual no es posible en este caso oxidar preferentemente el uranio. Por otra parte la presencia de Na_2SO_4 en los líquidos de ataque, indica, que además hay un consumo suplementario de carbonato de sodio por algunos componentes de la ganga del mineral (yeso, piritita, etc.).-

Para economizar oxidante y reactivo es conveniente eliminar previamente los sulfuros por flotación, antes del ataque alcalino y verificar si la pérdida de uranio no es demasiado elevada. Si la fracción concentrada en sulfuros contiene U en cantidad conveniente, puede ser lixiviada por vía ácida, con o sin tostación previa.-

El Sr. Sialino observó en su viaje a U.S.A. que el agregado de magnesio en el curso del ataque alcalino permite el bloqueo de la materia orgánica, mejorando el rendimiento de extracción y el consumo de

oxidante.-

7. Ensayos de recuperación de vanadio

Tuve oportunidad de observar un trabajo realizado en este laboratorio con el objeto de mejorar la calidad del vanadato de hierro (3 - 15 % de V) obtenido en la Fábrica Gueugnon, utilizando el método de BROWN (Segunda Conferencia de Ginebra, 1958). Este método ofrece resultados interesantes pero exige una conducción muy cuidadosa de las operaciones, a saber:

- a) Es necesario oxidar fuertemente el lixiviado vanádífero, mediante ClO_3Na , para transformar totalmente el V presente al estado de V^{5+} . El pH de las soluciones a tratar por solvente debe ser llevado rigurosamente a pH 1,8.
- b) La amina extractante (L.A - 2, 0,10 M) debe sulfatarse previamente, para evitar hidrólisis. Los ensayos de extracción (efectuados en micropiloto) en 6 etapas en contracorriente han permitido obtener, en las mejores condiciones, rendimientos comprendidos entre 85 y 87%. Un circuito con mayor número de etapas (12) podría mejorar el rendimiento llevándolo aproximadamente a 95%.
- c) La reextracción del solvente cargado es efectuada con una solución de carbonato de sodio 0,5 M, en 4 etapas. Se han obtenido en estas condiciones soluciones vanádíferas a 25 - 30 g/l de V.
- d) Estas soluciones deben ser descomplejadas por el ácido sulfúrico, a pH 1,4 antes de hacer la hidrólisis.
- e) La hidrólisis es efectuada con cal durante 2 a 4 horas, a 85-90°C con una ligera ebullición durante algunos minutos. Se obtiene un precipitado de $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ("torta roja") que filtra bien. El ren

dimiento de esta operación varía de 88 a 94 %, pero la solución residual puede ser reciclada a la cabeza de extracción asegurando así una recuperación total de vanadio.

- f) El precipitado se filtra, seca y funde para obtener un producto final que supera el 90 % en V2O5.-

.

C A P I T U L O I I I

- Período: 17 de Junio al 13 de Julio de 1968.-

- Lugar : Estación Piloto de BESSINES.-

La Estación Piloto de BESSINES-sur-GARTEMPE se encuentra ubicada a unos 35 km al Norte de la ciudad de LIMOGES, sobre la ruta nacional N° 20.-

- Visitas:

- a) Estación de Muestreo y Preparación Mecánica de Minerales para la Planta S.I.M.O.-
- b) Planta de Tratamiento de Minerales -S.I.M.O.- BESSINES.-
- c) Lixiviación en la División Minera LA CROUZILLE.-

1. ESTACION PILOTO DE BESSINES (Ensayos del mineral BRUGEAUD)

Personas entrevistadas:

Sres. : J. Grenier - Jefe de la Estación Piloto -
G. Blachon - Encargado de Ensayos de Lixiviación en Pila.
P. Lafforge - Encargado de Ensayos Convencionales.

Esta Estación Piloto depende técnicamente del Servicio de Fábricas y Tratamiento de Minerales.-

Durante mi permanencia en este lugar tuve la oportunidad de observar los resultados de varios trabajos ya realizados y otros en curso de realización.-

1.1. Tratamiento por lixiviación ácida de los minerales inframarginales de la cantera Brugeaud

El yacimiento Brugeaud es explotado por la División Minera de la Crouzille, a 1 km de la Estación Piloto de BESSINES.-

Es un mineral granítico, fracturado. El uranio se encuentra depositado en dicha fractura. Como resultado de la explotación del mineral, las pátinas de uranio quedan fácilmente expuestas a la lixiviación.

Las especies uraníferas reconocidas son: pechblenda difusa, óxidos negros, gummita, autunita, etc.-

De la explotación del mineral se obtienen tres categorías de productos:

- el mineral verdadero, con un contenido superior a 0,02% de U (que es la ley de corte adoptada para la explotación);
- el mineral inframarginal, con un contenido comprendido entre 0,01 y 0,02% de U;
- el mineral estéril, con un contenido inferior a 0,01% de U.

En 1963, se ha considerado la posibilidad de recuperar el mineral inframarginal teniendo en cuenta el bajo contenido de uranio.

1.2. Ensayos previos en pila

En 1964, se realizaron tres ensayos en paralelo, en pilas de 1.000 t cada una, considerando como variables:

- a) la granulometría del mineral;
- b) la composición de la solución lixivante.-

Los resultados obtenidos demostraron que las mejores condiciones de tratamiento son:

- mineral no triturado, tal como sale de la explotación de la cantera (0-400 mm aproximadamente);
- solución de ataque: efluentes estériles de resina de la Planta S.I.M.O. (pH 1,6) ajustados previamente a pH 1,0 con SO_4H_2 . Operan por reciclo y ajuste de pH, hasta la máxima concentración de U.-

Los resultados obtenidos confirmaron que la mineralización queda suficientemente expuesta en la superficie del granito durante la explotación minera. En cambio una molienda más intensiva puede ser perjudicial porque aumenta la superficie expuesta al ataque ácido, introduciendo mayor porcentaje de impurezas y se aumenta el consumo de reactivo.

Los efluentes de la Planta S.I.M.O. contienen iones oxidantes (Fe^{3+}) que favorecen la solubilización del uranio en el ataque del mineral.-

1.3. Lixiviación en pila en escala semi-industrial del mineral infra-marginal

A partir de 1965 se erigieron tres pilas (una por año) empleando todo el mineral infra-marginal de la cantera Brugeaud (10.000-15.000 t/año, con un contenido de 2-3 toneladas de U) (Ver Fig. 4).-

Para el armado de las pilas se adaptó un terreno vecino a la Planta S.I.M.O., con pendiente natural de 3%. Las pilas fueron preparadas de la siguiente manera:

- 1º) Compactación del terreno con residuos estériles de Planta.
- 2º) Refuerzo con una capa de 15-20 cm de residuos.

- 3°) Impermeabilización mediante una capa de polivinilo de 500 micrones de espesor.
- 4°) Preparación del lecho filtrante mediante un estrato de mineral estéril de 10-15 cm de espesor con canales de grava para facilitar el drenaje de las soluciones.
- 5°) Finalmente, se dispone el mineral a lixiviar en altura de 4-5 metros, mediante pala mecánica y con la granulometría según viene de mina (0-400 mm).

Para el tratamiento químico, se emplean los efluentes de la Planta S.I.M.O. (pH 1,6) ajustados previamente con SO_4H_2 . El riego de la solución se realiza mediante regadores de plástico de jardín, impulsada en forma permanente mediante 2 bombas de acero inoxidable (2 H.P) controlando el caudal mediante rotámetros (Ver Fig. 5).-

Las soluciones de drenaje se colectan en una primer pileta (300 m³) impermeabilizada con polivinilo, de donde se envía a la cuba de ajuste de pH antes de reciclarlas a la superficie de la pila.-

Para la recuperación del U de la solución lixiviante se bombean directamente las soluciones drenadas a la Planta S.I.M.O.-distante unos 300 metros- que las incorpora a su circuito convencional.-

El contenido de U en el mineral se controla radiométricamente. Los rendimientos de pilas se establecen según balance de líquidos.-

Resumen de resultados

	P I L A		
	1965/66	1966/67	1967/68 (1)
- Peso mineral (t)	10.000	16.000	11.000
- Ley en U (ppm)	180	240	150
- U contenido (kg)	1.800	3.840	1.650
- U recuperado (kg)	1.437	2.622	1.240
- Rto. de extracc.(%)	79,8	68,0	75,0
- Consumo de A.S.(kg/t)	12,5	10,5	10,0

(1): la pila 1967/68 continúa en tratamiento.

1.4. Observaciones

El presente es un ejemplo de las condiciones óptimas para el tratamiento económico de minerales de muy bajo tenor ya que se presentan las siguientes circunstancias favorables:

- 1º) proximidad del Yacimiento (1 km), con una incidencia mínima en concepto de acarreo;
- 2º) características litológicas y mineralógicas muy favorables que hacen innecesaria la trituración del mineral;
- 3º) proximidad de una Planta convencional para proveer:
 - a. residuos estériles para la preparación terreno;
 - b. soluciones efluentes para el tratamiento químico de la pila;
 - c. ácido sulfúrico para las operaciones de ajuste;
 - d. instalaciones aptas para recuperar los lixiviados de pila, evitando las erogaciones de operación de una planta de recuperación a pié de pila;
 - e. asistencia técnica permanente (laboratorios, talleres, etc.).-

2. ESTACION DE MUESTREO Y PREPARACION PREVIA DE MINERALES PARA LA PLANTA S.I.M.O.

Personas entrevistadas:

Sres. : Avril - Jefe de la División Minera LA CROUZILLE -
C.Chanu- Jefe de Muestreo y Preparación de Minerales -

Estas instalaciones se encuentran ubicadas en BESSINES (a pocos metros de la Planta S.I.M.O.), dependiendo de la División Minera LA CROUZILLE.-

2.1. Introducción

A Bessines llegan minerales de la:

- división Minera LA CROUZILLE (Brugéaud, Fanay, Margnac);
- explotación privada (Cellier, Pierre, Plantée, Lumas).

El uranio contenido en los minerales de explotación de la C.E.A. es estimado radiométricamente. El transporte del mineral se realiza mediante camiones.-

Las explotaciones privadas envían sus minerales por ferrocarril; el muestreo se hace en BESSINES de acuerdo a los contratos de compra.-

Todos estos minerales antes de su preparación mecánica son stockados transitoriamente, en lotes, sobre una planchada de hormigón con pendiente para evitar pérdidas de U en caso de lluvias, ya sea por lixiviación natural o por arrastre de finos.-

2.2. Estación de Muestreo de Minerales Privados (Ver Fig. 6)

Los minerales llegan generalmente por vía férrea en vagones especiales de 20 toneladas y son vaciados en dos fosas de hormigón, con capacidad de 500 t cada una, dispuestas a lo largo de las vías.-

Esas fosas permiten agrupar los minerales de una misma procedencia, por lotes, en lo posible no menos de 200 toneladas cada uno.

El mineral es enviado a la Estación de Muestreo previamente triturado a 100 mm . En esta primera operación se saca automáticamente $1/8$ del total del lote (MUESTRA PRIMARIA) la cual es acumulada en una tolva de 60 t .-

A partir de esta Muestra Primaria se continúan las operaciones de reducción para obtener las muestras para determinación de U y Humedad, a saber:

- 1°) Trituración a 35 mm, mediante trituradora a mandíbulas.
- 2°) Muestreo regulado para recoger $1/8$ de la Muestra Primaria, que se deposita en una tolva móvil con capacidad de hasta 3 toneladas (MUESTRA SECUNDARIA).-

El resto de la Muestra Primaria ($7/8$) continúa un segundo muestreo para separar 100 - 200 kg de muestra para determinación de HU MEDAD.-

La tolva conteniendo la Muestra Secundaria, se eleva mediante un pequeño montacarga para continuar la reducción y muestreo en cascada:

- 3°) Molienda a -10 mm, mediante un molino a rolos.
- 4°) Muestreo automático ($1/8$ de peso).
- 5°) Molienda a -3 mm, mediante un segundo molino a rolos.

6°) Nuevo muestreo automático (1/8 de peso).-

Esta muestra final de algunas decenas de kilos a -3 mm, se divide en tres fracciones:

- 1a. fracción, que se seca y muele a Mallia -200 Tyler para análisis de U (C.E.A.);
- 2a. fracción, para el interesado;
- 3a. fracción, para archivo (dirimente).-

Todos los rechazos de los diversos pasos, son evacuados a la playa de minerales.-

2.3. Preparación Mecánica previa de Minerales para la Planta S.I.M.O.

La S.I.M.O. trata el mineral por cuenta del C.E.A. Es retribuida según el siguiente sistema: por una parte, recibe una suma fija por cada tonelada tratada; por otra parte recibe una prima especial si su rendimiento de fabricación supera un cierto porcentaje prefijado.-

Por lo tanto es sumamente importante, para ambas partes (C.E.A. y S.I.M.O.), conocer de una manera precisa los siguientes parámetros:

- a. Tonelaje de mineral tratado.
- b. Ley del mineral tratado.
- c. Pesos y leyes de los concentrados de Uranio obtenidos.-

Las operaciones necesarias para las diferentes determinaciones han sido codificadas y se han confeccionado "cuadernos de cargas" de común acuerdo entre las dos partes. Un representante del C.E.A. controla en forma permanente dichos "cuadernos".-

2.3.1. Esquema de preparación de los minerales (Ver Fig. 7)

Realizan mezclas de minerales de manera tal que el consumo de ácido sulfúrico sea constante (60-65 kg/t de mineral) y el contenido de U esté comprendido entre 1,2 y 1,8 o/oo. El mineral es colocado en fosas de 900 t cada una.--

La preparación mecánica consta de:

- 1°) una trituración primaria del material de tamaño superior a 100 mm previamente zarandeado;
- 2°) un lavador de mineral en tambor giratorio (debouillage);
- 3°) un grupo de tamices dotados con 2 zarandas cuyas aberturas son de 3 y 50 mm respectivamente obteniendo las siguientes fracciones granulométricas:

50 a 120 mm

3 a 50 mm

0 a 3 mm

- 4°) la fracción granulométrica 50 - 120 mm es tamizada nuevamente con una zaranda cuya abertura es de 80 mm, obteniendo dos fracciones:

80 a 120 mm

50 a 80 mm

- 5°) dichas fracciones se elevan, por separado, en cintas transportadoras, tipo tijera, sobre las cuales se han instalado separadores radimétricos que eliminan automáticamente las fracciones pobres en U (aproximadamente 15%); mientras que las fracciones ricas pasan a una molienda secundaria de 50 mm, clasificándose en dos fracciones granulométricas:

3 a 50 mm

0 a 3 mm

- 6°) la segunda fracción de "molienda primaria" (3 - 50 mm) y la primera

fracción de "molienda secundaria" (3 - 50 mm) son enviadas directamente por cintas transportadoras a los silos de la S.I.M.O.

7°) la fracción de 0 - 3 mm ("molienda secundaria") es escurrida (essorage) y clasificada en dos fracciones granulométricas:

1 a 3 mm
0 a 1 mm

8°) la fracción de 2 - 3 mm es enviada a los silos de la S.I.M.O. por cintas transportadoras;

9°) las pulpas entre 0 - 1 mm son espesadas en decantadores y remitidas a la Planta S.I.M.O. por medio de bombas;

10°) toda el agua de drenaje de los espesadores es remitida nuevamente al tambor de lavado (deboubage).

3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE MINERALES -S.I.M.O.- BESSINES - (Ver Fig. 8)

Personas entrevistadas:

Sres. : Boutonnet - Director de la Planta -
Lavaste - Jefe de Producción -

3.1. Resumen del tratamiento químico

Todos los minerales de la División Minera LA CROUZILLE son tratados químicamente por la Planta de la SOCIETE INDUSTRIELLE des MINERAIS de l'OUEST (S.I.M.O.), en BESSINES.-

Consta de tres líneas independientes. La capacidad de cada una es de 700 t de mineral/día.-

Cada una de estas líneas se inicia con un conjunto de molienda y clasificación que finalmente separa los productos en dos tamaños: material grueso de 0,15 a 0,50 mm (arenas) e inferiores a 0,15 mm

(finos).-

Los productos de 0,15 a 0,50 mm, decantados y escurridos mediante clasificadores a rastrillos, son tratados en "trommels" con agregado de ácido sulfúrico, oxidante y vapor. La separación sólido-líquido es realizada en contracorriente por clasificadores a rastrillos.-

Los productos inferiores a 0,15 mm son espesados en decantadores y remitidos a cubas de lixiviación, en forma de pulpa, conteniendo 450 a 480 g de sólido/litro, la cual es tratada -en caliente- con agregado de ácido sulfúrico y oxidante. La separación sólido-líquido es realizada por decantadores en contracorriente.-

Los licores uraníferos de ambos ataques son ajustados a pH conveniente con carbonato de calcio y clarificados por filtros.-

Para la recuperación del U de los mismos hay dos líneas: resinas y solventes. La elución y reextracción se realizan con solución cloro-sulfúrica.-

Los licores ricos (elución y reextracción) son precipitados en dos etapas:

- 1º) con agregado de sulfato férrico y lechada de cal hasta pH 3,0. Por medio de filtros rotativos, se separa una torta cálcica pobre en U, que se recicla nuevamente al ataque;
- 2º) los licores a pH 3,0 (con pocas impurezas) continúan la precipitación con lechada de magnesia hasta pH conveniente. El uranato de magnesio es filtrado, secado y envasado para el C.E.A.-

3.2. Contabilización del mineral

La contabilización del mineral se hace sobre cada línea

de tratamiento. A la entrada de cada sección de ataque se toman muestras sobre los materiales: gruesos (0,15 - 0,50 mm), y finos inferiores a 0,15 mm, con el objeto de determinar el tonelaje tratado y el contenido de U en el mineral seco.-

Las determinaciones de tonelaje y leyes son efectuados diariamente, resultando de agrupar todas las muestras de cada día.-

3.2.1. Determinación sobre materiales gruesos (0,15 - 0,50 mm)

La determinación del tonelaje se hace sobre los materiales escurridos, mediante básculas, en continuo sobre cintas transportadoras.-

Dos muestras son tomadas del material que alimentan las básculas:

- una para la determinación de la HUMEDAD;
- otra para el CONTENIDO DE URANIO.-

La primer muestra es obtenida recuperando una vez por turno la totalidad del caudal, durante algunos segundos. Dicha muestra es pesada, después secada en estufa a fin de determinar la HUMEDAD para afectar los pesos de los materiales gruesos dados por las básculas.-

Las muestras para leyes son obtenidas por muestreadores automáticos.-

3.2.2. Determinación sobre los finos inferiores a 0,15 mm

El tonelaje de productos tratados diariamente sobre cada línea en las pulpas finas se hace por medida de caudal y determinando pesos de sólido en la unidad de volumen.-

Para tal efecto, un muestreador automático suministra a la entrada de cada circuito de cubas de ataque una muestra que se recoge cada día. Sirve a la vez para la determinación de pesos de sólido contenido en un litro de pulpa y para el análisis de la ley en uranio de ese sólido.-

El volumen de pulpa entrante en cada una de las tres líneas de ataque de finos es dado por un caudalímetro.-

Los caudalímetros en servicio son verificados cada día en las mismas condiciones de tratamiento, reciclando una cantidad de pulpa, durante 10 minutos, en una cuba graduada.-

Las operaciones de muestreo son hechas por el personal de la Planta Química en presencia de un representante del C.E.A. y los análisis son efectuados por los laboratorios locales del C.E.A. y de la S.I.M.O.-

4. LIXIVIACION EN LA DIVISION MINERA LA CROUZILLE

La sede de la División Minera LA CROUZILLE se encuentra en Razes (Haute-Vienne), pocos km al Norte de la ciudad de Limoges.-

Personas entrevistadas:

Sr. : Moureau - Encargado de Lixiviación -

En dos áreas de la División Minera LA CROUZILLE se realizan actualmente trabajos de lixiviación: Yacimiento PANAY y la cantera BRUGEAUD.-

En general se pueden distinguir dos procesos:

- Lixiviación en antiguas labores mineras (subterráneas).
- Lixiviación en pilas.

4.1. Lixiviación en antiguas labores mineras

Se trata de viejos yacimientos, con mineral derrumbado (infra-marginal) relleno de las galerías y paños de explotación.-

Una de las dificultades que se presenta en estos sectores es la efectividad del riego, ya que, para producir la máxima disolución del U, la solución lixivante debe alcanzar a toda la masa mineralizada.-

4.1.1. Lixiviación en el yacimiento FANAY

Este yacimiento presenta un cierto buzamiento y está circunscripto por paredes de granito. Para el riego se dispone de una red de zondajes separados 20 m aproximadamente, por donde se inyecta agua (el mineral contiene pirita) y además por las diferentes chimeneas. Se presume que la solución lixivante no alcanza a la totalidad de la masa mineralizada.-

Dado el contenido de pirita, el pH es netamente ácido al principio del tratamiento, pero en función del tiempo (algunos meses) aumenta por desgaste del reactivo (pirita). Para mantener el potencial ácido de la solución lixivante es necesario una acidificación previa.-

La producción de lixiviados ácidos (pH 2,0 a 2,5) recogidos en el fondo de la mina, son elevados por bomba y remitidos a la estación de precipitación, donde son neutralizados con cal según el siguiente proceso:

- 1º) neutralización por la cal a pH conveniente;
- 2º) agregado de floculante;
- 3º) decantación en espesador;
- 4º) bombeo del producto espesado (contenido de U = 6 o/oo) a un camión

cisterna de 20 m³ para su transporte a la Planta S.I.M.O.-

La estación de FANAY tiene una capacidad de tratamiento de 40 m³/h de lixiviados.-

El material susceptible de ser lixiviado representa a proximadamente 400 t de Uranio.-

4.1.2. Lixiviación en la cantera BRUGEAUD (Ver Fig. 9)

El yacimiento se presenta bajo la forma de tres filones más o menos continuos de 120 m de altura y 50 a 100 m de extensión lateral.-

Por el método de explotación en "sub-Level-Stoping" se extrajo ya 120 toneladas de uranio del sector denominado "Brugaud Oeste", quedando en mina aproximadamente 40 a 60 toneladas de uranio como mineral pobre sometido actualmente a lixiviación "in-situ".-

El tratamiento se realiza por el método de lixiviación estática. Dicho lugar ha sido aislado, sellando con barreras de cemento las galerías que dan acceso a los trabajos mineros (niveles -60 y -125). La parte baja de este depósito (nivel -125) ha sido equipada con un conjunto de bombas que pueden reciclar los líquidos o bien enviarlos hasta la Planta S.I.M.O.-

La solución lixivante está constituida por los efluentes de la Planta (pH 1,6) acidificados aproximadamente a pH 1,0 .-

Se opera de acuerdo al siguiente esquema:

1a. Paso: Llenado del depósito con efluentes y reciclado de la solución lixivante hasta que la concentración en U sea conveniente.-

2a. Fase: Vaciado del depósito lleno de solución y envío de los lixivios a la Planta mediante las mismas bombas, para la recuperación del U por intermedio de resinas.-

4.2. Lixiviación en Pila (Brugaud)

Se ha preparado un área de 14.000 m² para recibir, en principio, 200.000 t de mineral inframarginal de dicha cantera. La preparación de la planchada se realizó de la siguiente manera:

- 1º) Compactación del terreno con pendiente hacia los depósitos colectores de soluciones.
- 2º) Una capa de residuos estériles de minerales de la Planta S.I.M.O. (aproximadamente 15 cm).
- 3º) Paños de polietileno negro de 200 micrones de espesor y 2 m de ancho. Los mismos se superponen en un 50% del paño vecino (acorde con la pendiente del terreno a fin de evitar pérdidas de soluciones) resultando prácticamente un espesor final de 400 micrones.
- 4º) Capa de residuos estériles de minerales de la fábrica S.I.M.O. (aproximadamente 25 cm) con canales de grava por donde circulan las soluciones.
- 5º) Mineral inframarginal a lixiviar con granulometría tal como sale de la cantera.-

Este mineral será lixiviado utilizando los efluentes estériles de fábrica (de igual manera que los ensayos en escala semi-industrial). (Ver Cap.III - punto 1.3).-

C A P I T U L O I V

- Período: 15 al 31 de Julio de 1968.-

- Lugar : Fábrica de GUEUGNON.-

La Fábrica de GUEUGNON está ubicada en el suburbio de Gueugnon (Departamento: Saône-et-Loire), a unos 16 km de Digoín, punto terminal del transporte ferroviario que abastece a la fábrica.-

- Visita : División Minera de FOREZ.-

1. FABRICA DE GUEUGNON - TRATAMIENTO DE CONCENTRADOS DE URANIO -

Personas entrevistadas:

Sres. : Cadhilac - Jefe de Fábrica -
Berret - Jefe de Producción -
Bareille - Jefe de Laboratorio -

1.1. Historia

En su origen (1955) esta Planta estuvo destinada al tratamiento de minerales de la División Minera de GRURY. El primer proceso utilizado fue el del fosfato uranoso. Posteriormente (1956), se utilizó el proceso de carbonatación de la solución de sulfato de uranilo.-

En 1957 se introdujo la neutralización del sulfato de uranilo por la cal, antes de la carbonatación.-

Al comienzo de 1960 la producción de la fábrica se detuvo al estado de uranato de calcio, stockando el mismo en un área especialmente construida para ser tratada posteriormente por el proceso de solven

tes.-

En junio de 1961 se transformó totalmente la fábrica, destinándola al tratamiento de preconcentrados de uranovanadato de magnesio, proveniente de Mounana - GABON, aplicando la recuperación mediante solventes aaminados.-

1.2. Resumen del proceso actual (Ver Fig. 10)

El objeto del proceso es transformar un concentrado de uranio impuro (uranato de magnesio) en un producto nuclearmente puro (nitrato de uranilo).-

Los concentrados primarios son atacados por ácido sulfúrico concentrado, colocando en solución el uranio, vanadio, hierro, alu-minio, magnesio, oto. La sílice es insolubilizada debido al gran poder deshidratante del ácido sulfúrico.-

Como la extracción del uranio por solvente (T.B.P.) se puede hacer solamente en medio nítrico, la pulpa sulfúrica así obtenida es nitrificada por agregado de nitrato de calcio. El nitrato de calcio transforma a todos los sulfatos presentes, en sulfatos insolubles, mien-tras que el uranio y las demás impurezas se mantienen en solución al es-tado de nitratos, en medio nítrico.-

Los sulfatos de calcio formados en el curso de esta ope-ración, junto con la sílice insolubilizada, son eliminados por filtración.

La solución ácida es puesta en contacto con T.B.P. (tri-butilfosfato) que tiene la propiedad de formar un complejo con el uranio, permitiendo separarlo de los otros metales.-

El T.B.P. cargado en uranio es puesto en contacto nueva

mente con agua. El agua modifica el pH del solvente ácido descomponiendo el complejo: el uranio pasa a la fase acuosa en forma de nitrato de uranio nuclearmente puro, que es concentrado por evaporación y luego expedido a las plantas de refinación.-

Después de la extracción del uranio, el tratamiento de la fase acuosa continúa:

- 1°) para la recuperación de vanadio: se agrega lechada de cal a la fase acuosa hasta pH 2,0 - 2,2. Se obtiene un precipitado de vanadato de hierro que se recupera por filtración.-
- 2°) para la recuperación de nitrato de calcio: el líquido filtrado contiene todos los metales de desecho, se continúa la precipitación hasta pH 9,5, el precipitado se elimina y la solución se concentra por evaporación para su reutilización.-

1.3. DETALLES DEL PROCESO

1.3.1. Stockado y acondicionamiento del concentrado (Ver Fig. 11)

El preconcentrado proveniente de Gabón, llega en tambores de madera con un peso total de 65 kg, que representa aproximadamente unos 60 kg de producto a tratar. Son almacenados sobre una planchada de cemento construída para tal efecto, al aire libre, agrupados por lotes de llegada.-

Cada lote está constituido por doscientos tambores.-

El preconcentrado de magnesio es un producto sólido, en polvo muy fino, constituido por uranovanadato de magnesio prácticamente seco.-

Todos los días se toma una cierta cantidad de tambores

del stock y llevan a un local especial, hermético, donde son vaciados en forma automática.-

El producto es transportado por un elevador hasta una tolva de 20 toneladas de capacidad, mientras que los tambores vacíos son lavados con agua en un local vecino. Las aguas de lavado son recuperadas y enviadas al circuito de tratamiento.-

Los tambores lavados se destruyen por incineración, y las cenizas son conservadas para ser tratadas posteriormente. Dichas cenizas contienen aproximadamente 20 % de uranio y 5 % de vanadio.-

1.3.2. Malaxado sulfúrico (Ver Fig. 12)

El uranovanadato es tomado de la tolva de stockado y llevado por medio de un cangilón a una tolva de pesaje. Desde allí y mediante un tornillo de Arquímedes, se alimenta el malaxador.-

Antes de la introducción del concentrado al malaxador, se coloca en el mismo la cantidad de agua y ácido sulfúrico necesarios para la operación. El malaxado tiene por objeto:

- a) poner bajo forma de sulfatos solubles todos los elementos contenidos en el producto a tratar, en particular el uranio y el vanadio;
- b) insolubilizar la sílice, en parte por la exotermia de la reacción y, además, por el aporte de fluoruro de calcio (55 kg por tonelada de concentrado para leyes en sílice del 5% aproximadamente).-

El tiempo de ataque es actualmente de dos horas. Una vez finalizada la operación se descarga el malaxador para iniciar una nueva operación.-

Las cantidades de materias primas y reactivos utili-

zados son:

- 1.000 litros de agua
- 950 kg de uranovanadato (5 % humedad)
- 1.450 kg de ácido sulfúrico al 92 %.

1.3.3. Nitrificación y Filtración de sulfatos (Ver Fig. 13)

La pulpa sulfúrica obtenida por malaxado es adicionada de una cierta cantidad de nitrato de calcio concentrado (400 a 450 g/l), el cual es dosado mediante un distribuidor de velocidad variable.-

La relación (en volumen) nitrato de calcio/pulpa sulfúrica, es de 3/1.-

En general, el agregado de nitrato de calcio resulta ser 2,2 veces el consumo del ácido sulfúrico en el malaxado.-

La nitrificación tiene por objeto:

- a) transformar todos los iones SO_4^{--} en sulfato de calcio insoluble;
- b) reemplazarlos por iones NO_3^- .-

La operación de nitrificación se efectúa en tres cubas (munidas de agitadores) en cascada: una cuba de 3 m³ y dos cubas de 0,8 m³. El tiempo de reacción es de 90 minutos aproximadamente.-

El sulfato de calcio formado en la nitrificación, y la sílice insolubilizada en el malaxado son separados del líquido conteniendo todos los otros elementos: U y V, Fe, Al, Mg, etc. bajo forma de Nitratos.-

La filtración de sulfatos se hace en cuatro filtros de 4 m² cada uno, en dos etapas, para asegurar el lavado del sulfato de calcio que se desecha al campo de estériles.-

Una solución de cola de hueso a 20 g/l es distribuida con bomba dosadora a la entrada de la pulpa sobre el filtro de la primera etapa. La cola de hueso coagula la sílice y por lo tanto facilita la filtración. El lavado de la segunda etapa se hace con agua del sector, el lavado del primero es alimentado por los líquidos de filtración de la segunda etapa.-

1.3.4. Extracción por solvente (T.B.P.) y reextracción con agua permutada (Ver Fig. 14)

-Extracción

La fase orgánica es una mezola compuesta por 25% de tributilfosfato y 75 % de kercsene, en volumen.-

El tributilfosfato es el solvente selectivo del uranio.-

La extracción del uranio por el tributilfosfato se hace en medio nítrico. (Por tal motivo se eliminan los iones sulfatos provenientes del ataque, precipitándolos bajo forma de sulfatos de calcio en la operación de nitrificación).-

La extracción del uranio a partir del nitrato de uranio impuro, se hace en un mezclador-decantador de 5 etapas (Ver Fig. 15). Allí se logra el pasaje selectivo del uranio de la fase acuosa a la fase orgánica, en forma progresiva, por circulación en contracorriente.-

Se obtiene entonces:

- a) una fase orgánica conteniendo el uranio que, en funcionamiento normal se carga hasta 90 g U/l;
- b) ~~una~~ fase acuosa conteniendo todos los otros elementos disueltos en el ataque (en particular el vanadio).-

La relación de caudales fase orgánica/fase acuosa es de 0,45/l.

Previo a la extracción, el solvente es acidificado hasta 1 N, en una columna especial donde es puesto en contacto con solución nítrica 4 N.-

Lavado del solvente cargado de uranio

La fase orgánica saliente de la extracción, cargada en uranio, contiene aún algunas impurezas (hierro, aluminio, etc.) arrastradas mecánicamente, y deben ser eliminadas antes de enviar el solvente a la reextracción.-

Esta operación es hecha en dos mezcladores-decantadores del mismo tipo que los de extracción, agitando el solvente en contracorriente con una solución de nitrato de uranilo proveniente de la reextracción.-

El solvente así lavado, pasa a la etapa de reextracción, mientras que la solución de nitrato de uranilo de lavado se envía a la cabeza del circuito de nitrificación.-

Reextracción por agua permutada

Se designa "agua permutada" al agua potable tomada de la red distribuidora de la Ciudad.-

La reextracción se opera en seis mezcladores-decantadores similares a los de extracción:

- el uranio pasa a la fase acuosa obteniéndose un nitrato de uranilo puro, diluido, cuya ley es de 60 g U/litro aproximadamente;
- el solvente sin uranio, (solvente regenerado) se envía nuevamente a la extracción.-

La relación fase orgánica/fase acuosa es de 1/1,5.-

1.3.5. Tratamiento de la fase acuosa estéril - Precipitación Cálctica -
(Ver Fig. 16)

Después de la separación del uranio, permanece el vanadio, hierro, aluminio y magnesio en las soluciones nítricas. El vanadio se recupera por tratarse de un sub-producto de cierto valor comercial.--

La precipitación con cal se hace en dos etapas. Por una parte permite la recuperación del vanadio y, por otra la eliminación de los hidróxidos para obtener el nitrato de calcio que se reintroduce en el circuito.--

1°) Recuperación de vanadio

Se introduce lechada de cal a la fase acuosa saliente de la extracción, hasta obtener un pH de 2,0 - 2,2 precipitando el vanadio y gran parte del hierro bajo forma de hidróxidos.--

Esta operación se inicia en una cuba de 5 m³ y se continúa en una cuba de 0,8 m³ calentada a 45°C. La exotermia de la reacción eleva la temperatura hasta 60-65 °C, favoreciendo la filtración posterior en un filtro rotativo de 16 m² de superficie.--

El precipitado vanadífero es repulpado en un equipo especialmente reservado para ese fin y enviado por bombeo a la playa de stock.

El producto vanadífero así recuperado, resulta concentrado dos veces en relación al producto original (uranovanadato de magnesio).

2°) Precipitación de hidróxidos y recuperación de nitrato de calcio

En el filtrado de la operación anterior se realiza una eliminación preliminar de los iones SO₄²⁻ (trazas). Esta operación es muy

importante pues ella condiciona el buen rendimiento del evaporador durante la concentración del nitrato de calcio.-

Los filtrados del precipitado de vanadato son reacidificados a pH 1,2 con solución nítrica 4 N y remitidos a una cuba de 3 m³ donde se mezcla con una solución de carbonato de bario conteniendo 25g/l (consumo de reactivo: 17 kg CO₃Ba/m³ de solución).-

Posteriormente se continúa la precipitación con lechada de oal hasta pH 9,5 , en una cuba de 5 m³. Ello tiene por objeto precipitar los elementos restantes, bajo forma de hidróxidos (hierro, aluminio, magnesio) y recuperar el nitrato de calcio por filtración.-

- Temperatura de precipitación : 50°C
- Duración de la precipitación : 2 horas

De la filtración (mediante filtro a tambor), se obtiene:

- a) una solución de nitrato de calcio diluida (180 g/litro aproximadamente);
- b) los hidróxidos, que son enviados a un dique de desechos (estériles).-

1.3.6. Concentración (Ver Fig. 17)

La solución de nitrato de uranio y de nitrato de calcio, diluidas, deben ser concentradas hasta un orden de 400-450 g/l. Para ello se dispone de sendos evaporadores "THERMAP", a doble efecto (ver principio de marcha en Fig. 17).-

Antes de la concentración de la solución de nitrato de uranio se neutraliza a pH 2,5 con amoníaco anhidro, para evitar corrosión del equipo evaporador y el deterioro interior de los recipientes utiliza

dos para la expedición del producto. La solución de nitrato de uranilo se concentra a 25% en peso (400-450 g/litro de uranio) y envasa en recipientes especiales de 2,25 m³ para su envío a las plantas de refinación (Le Bouohet ó Malvesi).-

La solución de nitrato de calcio, concentrada a 400-450 g/litro, es reutilizada en la etapa de nitrificación.-

El evaporador de nitrato de uranilo funciona en discontinuo, mientras que el del nitrato de calcio funciona en continuo.-

1.4. CONTROL DE PRODUCCION

El correcto funcionamiento de los diferentes circuitos obliga a un control permanente de diferentes medidas físicas (pesos, densidades, caudales, etc.) y a tomas de muestras precisas en distintos puntos de la producción.-

1.4.1. Control de pesos, volúmenes, etc.

Los registros más importantes son:

- a) Tolva de pesaje del uranovanadato. Ubicada bajo la tolva de stock al comienzo del tratamiento. Una báscula pesa -en cada operación- el total de concentrado que ingresa al mismo.
- b) Densímetros registradores automáticos. Colocados a la salida de cada evaporador, controlan automáticamente la compuerta de salida de las soluciones concentradas manteniendo a estas últimas a una densidad constante:
 - 1,560 para el nitrato de uranilo.-
 - 1,320 para el nitrato de calcio.-

- c) Caudalímetros. Instalados en todos los circuitos de líquidos.-
- d) Caudalímetro totalizador. Ubicado en la salida de productos estériles que se envía al dique de desechos.-
- e) pHmetros registradores. Ubicados en las etapas de:
 - precipitación cálcica;
 - neutralización del nitrato de uranilo mediante amoníaco.-

1.4.2. Tomas de Muestras

- a) del uranovanadato de magnesio. Mediante un tornillo de Arquímedes, solidario al de alimentación del malaxado.

Sobre esta muestra se determina:

- Uranio y Vanadio;
 - Humedad.-
- b) de los productos estériles. Mediante muestreador eléctrico a cuchara. Se analiza Uranio y Vanadio. Esta muestra permite conocer la pérdida global de U y V en los estériles.-
 - c) de los productos intermedios, a saber:
 - nitrato de uranilo impuro;
 - solvente cargado;
 - estéril de extracción por solvente;
 - solvente descargado;
 - solución de nitrato de uranilo puro, diluido;
 - solución de nitrato de uranilo puro, concentrado;
 - solución de nitrato de calcio.

Sobre todas estas muestras se analiza U y V, y eventualmente, otros elementos comprometidos.-

En general, la mayor parte de las muestras son soluciones, salvo el uranovanadato de magnesio (sólido) y las pulpas de estériles y de vanadato cálcico.-

Las muestras de líquidos se obtienen mediante compuertas de regulación manual; las de sólidos, mediante cangilones o tornillos de Arquímedes y las de pulpas mediante muestreadores a cuchara.-

La reducción del volumen de las diferentes muestras se realiza por cuarteo (caso de sólidos) ó por alícuotas (caso de líquidos ó pulpas).-

En general, se toman muestras dos veces por día para el análisis químico correspondiente.-

2. ENSAYOS DE LIXIVIACION EN LA DIVISION MINERA DE FOREZ

La sede de la División Minera de FOREZ está instalada en Saint-Priest-la Prugne (Loire), entre las ciudades de Vichy y Roanne. Es una región montañosa, de fácil acceso y de clima rudo.-

Personas entrevistadas:

Sros. :	Sanselme	-	Jefe de la División Minera	-
	Pelerin	-	Jefe del Servicio de Explotación	-
	Despois	-	Jefe de Lixiviación Natural	-
	Morand	-	Encargado del Yacimiento de Grezieux-le-Fromental	-
	Genevois	-	Encargado de los viejos yacimientos de la ex División Minera de Grury.	-

La visita a esta División Minera incluyó los yacimientos GREZIEUX-LE-FROMENTAL y LES BROSSES para los cuales se realizan estudios

de lixiviación "en pila" o "in-situ" desde el año 1968.-

2.1. Yacimiento de Grezieux-le-Fromental

Este yacimiento se extiende entre Precieux y Magneux-Haute-Rive (Loire) en terreno sedimentario constituido por capas horizontales de areniscas y arcillas.-

Casi todo el uranio se encuentra en un banco de arcilla permeable. Los bancos superior e inferior son mucho menos permeables y prácticamente estériles.-

La evaluación de este yacimiento es de aproximadamente 2.400 toneladas de uranio con una ley media de 0,6 o/oo.-

La capa arcillosa mineralizada es de color verde (illita con algo de montmorillonita y caolinita). El uranio parece presentarse en forma de ión uranilo libre ó absorbido en parte por la red de minerales arcillosos.-

De acuerdo a la disposición de los estratos (en forma de lechos horizontales) se ha observado que las soluciones circulan mejor en el sentido horizontal que en el sentido vertical, es decir que la permeabilidad horizontal es superior a la vertical.-

En cuanto al tratamiento químico, no se han obtenido resultados alentadores con los métodos convencionales, dada la naturaleza arcillosa de la ganga. Por el contrario, los ensayos en Laboratorio (en pequeñas columnas) demuestran que es fácilmente lixiviable, tanto por vía ácida como alcalina, con rendimientos entre 80 - 90 % .-

Actualmente se estudian las posibilidades de practicar la lixiviación "in-situ" de este yacimiento, pero antes deben resolverse

tres problemas fundamentales:

- 1°) Sistema de inyección de las soluciones lixiviantes y recuperación de las mismas.-
- 2°) Contaminación de las aguas subterráneas.-
- 3°) Recuperación del U de los lixiviados.-

El primer punto es estudiado por el C.E.A. conjuntamente con el Instituto Francés del Petróleo (el cual colabora en todos los Yacimientos de esta División en problemas de lixiviación "in-situ").-

Como primera medida se fabricó un inyector prototipo y se ensayó con agua pura, en los bordes de una cantera (aproximadamente 2 m). En los primeros ensayos el caudal fue de 2 a 10 l/h aumentando la presión de 400 a 900 g/cm², a nivel de inyección. Si se aumenta la presión a 1.400 g/cm² el caudal aumenta a 1.500 l/h, pero se producen pasajes preferenciales. Esperan optimizar los resultados con una inyección de 30-40 l/h.-

Además se han realizado inyecciones con solución de azul de metileno (a fin de observar la circulación del lixiviante) con resultado negativo, puesto que la arcilla decolora dicha solución.-

Piensen repetir nuevamente este ensayo, mediante solución alcalina de carbonato de sodio, realizando zondajes en la periferia a fin de medir la alcalinidad del medio.-

El segundo problema (contaminación de napas) es estudiado en colaboración con el Servicio Central de Protección contra las Radiaciones Ionizantes, dependiente del Ministerio de Salud Pública.-

El tercer problema (recuperación del U) es estudiado por la C.E.A., en los laboratorios del S.E.C. en Fontenay-aux-Roses, y en el

Laboratorio de la Fábrica Gueugnon.-

Para confirmar las posibilidades de este método piensan instalar en el lugar una Planta Piloto, una vez definidos todos los parámetros y realizados los estudios económicos pertinentes.-

2.2. Yacimiento de Broses.

El yacimiento de Broses se encuentra ubicado en la ex-División Minera de GRURY. Está formado por dos lentes a diferentes niveles; uno comprendido entre los niveles -100 y -10, y el segundo entre los niveles -300 y -150 m .-

La cantidad de uranio extraído por los métodos clásicos mineros, con destino a plantas convencionales, ha sido de 120 t, habiendo quedado en mina alrededor de 240 t de U con categoría de mineral pobre.-

Los ensayos previos de laboratorio, demostraron que es posible lixiviar el 40 % por vía ácida (aproximadamente 100 t de U).-

Para su tratamiento piensan realizar una perforación hasta el nivel -300 e instalar una bomba especial para desagotar el yacimiento en una primera operación. Se continuaría luego con la operación de "lixiviación por inmersión" en condiciones similares a las del Yacimiento de Brugaud.-

El yacimiento está ubicado a 15 km de la fábrica de concentración de Gueugnon. Por tal motivo piensan recuperar el U por fijación en resina, mediante una instalación móvil que permita su transporte hasta dicha fábrica, donde el uranio fijado sería eluido por las vías clásicas e incorporado al circuito normal de tratamiento.-

3. ENSAYOS DE LIXIVIACION EN PILA DEL MINERAL GREZIEUX-LE-FRONTAL -- (GUEJGNON)

3.1. Ensayos de Lixiviación ácida

Primer ensayo: fue ejecutado en columna siguiendo los procesos clásicos de lixiviación, es decir con un pH de riego del orden de 1,2. Ley del mineral: 0,255 o/oo de U.-

Este ensayo demostró que en la primera etapa de tratamiento había solamente neutralización del reactivo sin disolución del uranio. El consumo de ácido se elevó a 57 kg/t para un rendimiento del 87,5%. Además, han comprobado que el lavado con agua pura no es favorable puesto que produce hinchamiento del mineral impidiendo la circulación de los líquidos.-

Segundo ensayo: se ha realizado sobre un mineral más rico: 0,895 o/oo de U. Se operó reciclando los lixiviados con ajuste de reactivo. El lavado ha sido efectuado con agua acidulada a pH 1,2. El consumo de reactivo disminuyó a 46 kg/t, mientras que el rendimiento se elevó a 96%.--

Tercer ensayo: destinado a confirmar el primero con un pH de riego ligeramente inferior. Se ha obtenido un tiempo de duración menor: 39 días en lugar de 54 días para igual rendimiento y consumo de reactivo. El volumen de lixiviados: 2,7 m³/t.-

3.2. Ensayo de Lixiviación acelerada

Luego del ensayo anterior se pensó atacar el mineral con una solución ácida más concentrada (aproximadamente 100 g/l). Se ensayó con la muestra más rica, obteniendo un tiempo de lixiviación de 17 días

en lugar de 39 días. El consumo de reactivo es similar pero el rendimiento de extracción es algo inferior (90,0 %). El volumen de lixiviado por tonelada de mineral fue de 0,9 m³ contra 2,7 m³ en el caso de la lixiviación lenta.-

3.3. Ensayos de Lixiviación alcalina

En una serie de ensayos se han obtenido rendimientos del orden del 80%, con los siguientes agregados de reactivo:

- Na ₂ CO ₃	:	36	kg/t
- OH Na	:	6	kg/t

Se comprobó la formación de abundante bicarbonato (debido a la sílice presente) para cuya transformación en carbonato es necesario la adición de soda.-

La recuperación del U de los lixiviados se hará mediante resina (previa neutralización del bicarbonato) reciclando los efluentes para continuar la lixiviación. De esta manera consideran posible reducir el consumo de reactivo a aproximadamente la mitad del valor inicial.-

Se ha constatado que el agregado de amoníaco a la solución lixivante mejora la permeabilidad de la arcilla presente y, por consiguiente, la circulación de las soluciones.-

3.4. Ensayo en curso - Escala Piloto (Ver Fig. 18)

Forma de la pila: pirámide truncada, altura media 2 m; con un borde vertical adosado a una vieja pila y tres bordes con talud de 45° C (aproxinadamente).-

Terreno utilizado: una vieja planchada de hormigón con u

na pendiente del 3 %, cubierta de una capa asfáltica, sobre la cual se ha colocado una funda de plástico de color negro de 300 micrones, denominada "Cleyetel", fabricada por "Kleber Colombes". Es un producto sumamente elástico y de gran resistencia mecánica.-

Lecho filtrante: constituido por capas sucesivas de gravas de diferentes granulometrías.-

Peso de mineral seco: 219 t .-

Ley del mineral: 0,845 o/oo en U .-

Granulometría: según sale de la explotación minera.-

Riego: se realiza por dos caminos simultáneos:

- a) tubos Nobel-Bozel colocados en la superficie y alimentados por una bomba automática;
- b) por inyección mediante tubos de inoxidable a diferentes profundidades (1,0 y 1,5 m) con tres orificios rodeados por un aro de arena para una mejor distribución de la solución lixivante. La distancia entre inyecciones es de aproximadamente 1,5 m. Son alimentados por un depósito colocado a unos 60 cm sobre la superficie de la pila.-

Tratamiento:

- . solución fresca de ácido sulfúrico: concentración 1 a 2 N (no se recicla);
- . los lixiviados pasan por resina (IRA 400) para la recuperación del U;
- . los efluentes estériles se desechan.-

Resultados a la fecha:

•	Tiempo	:	43 días
•	Agregado de A.S. (100 %)	:	60 kg/t
•	Rendimiento	:	53 % de U

C A P I T U L O V

- Periodo: 1° al 31 de Agosto de 1968.-
- Lugar : Laboratorio "TENEURS" - S.E.C. - Dirección de Producciones-
 -(Fontenay-aux-Roses) -

Personas entrevistadas:

Sres. : Martin - Jefe de Laboratorio -
 Bisson - Sub-Jefe de Laboratorio -

Durante mi permanencia en el laboratorio de Control Ana
lítico ("Teneurs") dependiente de la Dirección de Producciones, me inte
resé someramente en los diferentes métodos analíticos utilizados para el
Uranio y en la interpretación de los resultados obtenidos con los mismos.-

Particular atención merecieron los:

- Análisis completos de minerales y concentrados.
- Análisis para el estudio de tratamiento de minerales.

A este laboratorio llegan muestras de diferentes secto-
res:

- Prospección.
- Evaluación de yacimientos.
- Producción (minerales del C.E.A. y privados; concentrados de fábricas
del C.E.A. y S.I.M.O.).
- Laboratorios y Plantas Pilotos de Ensayos.

En forma somera se describen a continuación algunos de
los métodos analíticos habituales utilizados para la determinación del u
ranio. Considero innecesario abundar aquí en mayores detalles que podrán

encontrarse suficientemente tratados en los informes de anteriores becarios argentinos de la especialidad Analítica.-

1. Determinación Radimétrica (valor orientativo)

El método consiste en medir el número de emisiones β y γ , siguiendo el método Thommeret.-

El aparato utilizado es fabricado por el C.E.A. escala 1.000. Utilizan un tubo 3 G 12 para el conteo de las emisiones γ , y 3 B 17 para el conteo de las emisiones β , colocados en cámaras de plomo.-

El valor de uranio determinado por este método es de carácter orientativo. Estas determinaciones sirven por otra parte, para determinar el equilibrio del mineral conociendo las relaciones U/ γ .-

2. Determinación fluorimétrica (para contenido inferior a 1.000 ppm de U)

El uranio es puesto en solución por un ataque ácido (en caso de tratarse de una muestra sólida). Después de dilución conveniente, se toman alícuotas de 0,1 ml que son evaporadas en navetas de platino y fundidas con un flux compuesto de fluoruro y carbonato de sodio.-

La fluorescencia de las pastillas así obtenidas se mide mediante un fluorímetro. Para eliminar el "quenching" debido a elementos extraños, se opera paralelamente sobre otras alícuotas de la misma solución a la cual se ha hecho una "adición standard".-

El método es aplicable para leyes inferiores a 0,1% de U, pero inspira mayor confianza en rangos inferiores a 0,05%.-

3. Colorimetría con D.B.M. (contenido entre 0,05 y 5 %)

Es utilizado para dosaje del uranio en minerales y com
puestos uraníferos.-

Después del ataque nítrico-perclórico, llevado casi a se
quedad, es retomado con solución nítrica. El nitrato de uranilo extraído
por el acetato de etilo (consideran que esta extracción es mejor que con
T.B.P.), se dosa por colorimetría tomando una alícuota de la fase orgánica
con agregado del reactivo colorimétrico (dibenzoilmetano).-

4. Volumetría (contenido superior a 5 % de U)

El uranio es puesto en solución según la forma conven
cional y separado de las impurezas mediante resina amónica.-

Los pasos siguientes son:

- 1º) Elución con solución clorhídrica.
 - 2º) Destrucción de materia orgánica.
 - 3º) Reducción en columna de plomo.
 - 4º) Titulación con dicromato de potasio.
- .

C A P I T U L O VI

- Período: 2 al 21 de Agosto de 1968.-

- Lugar : División Minera de VENDEE.-

La sede de la División Minera de VENDEE, se aloja en Mortagne-sur-Sèvre, al este del territorio de Francia (Departamento de Vendée) próximo a la ciudad de Nantes.-

- Visita : Planta de tratamiento de Minerales - S.I.M.O. - Ecarpière -

1. LIXIVIACION SUBTERRANEA EN LA DIVISION MINERA DE VENDEE

Personas entrevistadas:

Sres. : Poughon - Jefe de la División Minera Vendée -
 Harel - Jefe de Explotación de la División -
 Magalhes - Jefe de Explotación Sector Oeste -
 Lemettre - Jefe de Explotación Sector Este -
 Lhuillery- Jefe de Muestreo y Preparación de Minerales -

1.1. Generalidades

Los yacimientos de esta División se extienden sobre un macizo granítico entre Nantes y Châtillon-sur-Sèvre, abarcando el territorio de cuatro departamentos: Loire-Atlantique, Vendée, Maine-et-Loire y Deux-Sèvres. La mineralización se ubica en un vasto campo filoniano intragranítico.-

En estos momentos se encuentran realizando lixiviación subterránea (in-situ) en dos yacimientos: l'Ecarpière y Chapelle-Longeau.-

1.2. Lixiviación en la mina de l'Ecarpière

La mina de l'Ecarpière se extiende siguiendo la forma de un paralelepípedo de 2,5 km de largo, 0,5 km de ancho y 200 m de profundidad.--

Es atravesado por una red de galerías de aproximadamente unos 20 km, habiendo iniciado su explotación en 1953.--

Los paños vacíos, después de su explotación, fueron rellenos con mineral marginal.--

El yacimiento se asienta sobre un macizo de granito muy fracturado que permite la infiltración de aguas subterráneas provenientes de una napa superficial alimentada por el río La Moine. La llegada de agua natural hasta el fondo de la mina está bastante bien repartida sobre toda la extensión de los trabajos mineros, con una media de 250 m³/hora.--

En 1963 se observó que las aguas del fondo de la mina contenían acidez y uranio. Se inició entonces la investigación, realizando un inventario de todos los sitios donde se localizaba agua subterránea, midiendo su caudal y contenido en uranio. Se comprobó que las aguas cargadas en metal provenían de la circulación a través de los viejos paños explotados y rellenos con mineral pobre.--

Tres problemas se han presentado para desarrollar la producción por este método: (Ver Fig. 19)

- a. Selección de las aguas mineralizadas.
- b. Factores que afectan la solubilización y movilización del uranio.
- c. Recuperación del uranio de los lixiviados.

1.2.1. Selección de las aguas mineralizadas

Los cinco pisos de la mina están separados unos de otros aproximadamente 40 m. Han sido conectados por perforaciones y redes de cañerías de polietileno, separando, por un lado las aguas estériles (hacia la red habitual de drenaje) y por otro las aguas uraníferas.-

Estas últimas son colectadas por gravedad en los niveles más profundos de la mina (-160 y -200 m), desde donde son elevadas a la superficie por bombas especiales (bombeo primario) y depositadas en cuatro piletas de 250 m³ cada una.-

Hay estaciones de bombeo secundario instaladas en los puntos donde no es posible enviar, por gravedad, las aguas uraníferas a la estación de bombeo principal.-

En superficie se dispone de una pequeña instalación para el control diario de los lixiviados: caudal, contenido en uranio y pH.-

El caudal es medido cronometrando el llenado de un volumen conocido. El pH es medido con papeles indicadores. Las leyes son determinadas por el método D.B.M. ó el método de sulfocianuro, por colorimetría con escala de referencia. Dichos controles son de baja precisión.-

1.2.2. Lixiviación del uranio

La lixiviación del uranio se la puede considerar en varias etapas.-

En una primera etapa (hasta junio de 1965) se obtuvo 5.000 kg de U, sin necesitar riego artificial, apelando solamente a las aguas de lluvias y al agua proveniente de la napa superficial. La solubilización del U se obtuvo por la reacción con la pirita que contiene el mineral.-

En una segunda etapa (hasta mayo de 1967) se forzó la

producción, regando artificialmente los lugares con déficit de agua, utilizando para ello las aguas casi neutras de mina.-

Para tal fin, se realizaron perforaciones en diferentes lugares para alcanzar los paños ciegos con inyecciones de agua. Se procedió además a regar la parte superior (superficial) de todas las chimeneas.-

La producción en esta segunda etapa alcanzó así a los 49.000 kg de U, pero se comprobó simultáneamente que la acidez y concentración de los lixiviados disminuían en función del tiempo transcurrido.-

En la tercera etapa (hasta octubre de 1967) se continuó acidificando las aguas utilizadas en el riego y en los sondajes.-

En esta tercera etapa se alcanzó una producción de 7.800 kg de U .-

No obstante el agregado de ácido sulfúrico, no se comprobó un aumento sensible en la solubilización del U .-

A partir de octubre de 1967 se inició una cuarta etapa con ensayos que incluyen el agregado de oxidantes a las aguas acidificadas, utilizando para tal fin sulfato ferroso mezclado con bioxido de manganeso.-

Esta innovación tampoco mejoró el grado de solubilización del U. La concentración de U en los lixiviados se mantiene hasta la fecha en unos 70 ppm.-

La producción actual de U por este medio alcanza a 1.200-1.500 kg/mes y el consumo de ácido sulfúrico se eleva ya a cerca de 100 kg/kg U .-

1.2.3. Recuperación del uranio de los lixiviados

Para la recuperación del uranio de los lixiviados (concentración: 100 mg U/l), se remiten los mismos a la Planta S.I.M.O., ubicada al pie del yacimiento. Inicialmente se emplearon las mismas columnas de resinas intercambiadoras de iones que utilizan para la planta convencional. Sin embargo, como este excedente de producción superaba la capacidad instalada, se construyeron tres columnas suplementarias (similares a las ocho columnas existentes, de 9 m³ de resina cada una). En estas condiciones se cuenta con una capacidad de absorción de 60 m³/hora.-

La elución de la resina se realiza con solución cloro sulfúrica, precipitando los eluidos ricos en dos etapas: la primera con lechada de cal a pH 2,8 - 3,0 y una segunda con magnesia, obteniéndose un uranato de magnesio del 70% en U aproximadamente.-

1.3. Lixiviación en la Mina de Chapelle-Longue

Este yacimiento se encuentra a unos 40 km de l'Ecarpière, sobre la misma cuenca y con características similares a aquél.-

Tanto la disposición de las labores de mina, como el procedimiento de lixiviación subterránea ("in-situ") son similares a los de la mina l'Ecarpière, descritos en el punto anterior, pero a diferencia de aquélla no se dispone en la cercanía de una planta capaz de recuperar directamente las aguas uraníferas de esta mina.-

Para ello debió instalarse un circuito de precipitación cálcica a fin de obtener un preconcentrado de fácil transporte.-

En líneas generales, la instalación (Ver Fig. 20) consta de dos cubas de precipitación en continuo, un espesador y un filtro rotativo para la separación del uranato de calcio impuro. El producto, húmedo, es transportado en camión hasta la Estación de Lixiviación de l'Ecarpière donde es redisoluto con ácido sulfúrico e incorporado a los lixivios

dos (agua de mina) que se envía a la Planta S.I.M.O. para recuperar por resinas.-

1.4. Producción de U por lixiviación subterránea

En la tabla siguiente se resume la producción de U obtenida por lixiviación subterránea a partir del año 1962, en las minas de: 1'Ecarpière y Chapelle-Largeau.-

A ñ o	1'Ecarpière (Kg de U)	La Chapelle-Largeau (Kg de U)
1962	1.800	-
1963	500	-
1964	2.500	-
1965	11.200	-
1966	29.900	700
1967	21.600	8.000
T o t a l	67.500	8.700

2. ESTACION DE MUESTREO DE MINERALES (C.E.A.) - ECARPIÈRE -

Esta Estación tiene por objeto el muestreo de:

- a) los minerales privados que recibe el C.E.A.;
- b) los minerales que el C.E.A. remite a Planta S.I.M.O. para su tratamiento químico.-

Descripción: (Ver Fig. 21)

El mineral ingresa a la Estación previamente triturado a -200 mm, para sufrir inmediatamente una segunda trituración a -50 mm.-

Mediante un muestreador automático se separa, en continuo, un 7% del total para constituir la MUESTRA PRIMARIA, que es nuevamente triturada a -25 mm .-

Un segundo muestreador separa en forma continua un 14 % del mineral para constituir la MUESTRA SECUNDARIA.-

Esta muestra se muele a -10 mm y divide por mitades (2 pasajes por divisor). Una de estas fracciones se destina a muestra para determinación de HUMEDAD.-

La segunda fracción se seca y muele a -3 mm , se reduce por divisor (5 pasajes), hasta obtener la muestra para determinación de U y otros elementos.-

3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE MINERALES - S.I.M.O. - ECARPIÈRE -

Personas entrevistadas:

Sres. : Martin - Jefe de Producción -

Ridez - Jefe de Laboratorio -

3.1. Ubicación o Historia

Se encuentra ubicada al pie del yacimiento l'Ecarpière, a unos 40 km de la ciudad de Nantes.-

Es la primera planta de este tipo instalada por la S.I.M.O., utilizando el proceso de intercambio iónico para el tratamiento de uranio

de los minerales. Entró en funcionamiento en Marzo de 1957.-

3.2. Capacidad

- Mineral : 300.000 toneladas/año
- Uranio producido : 300 toneladas/año
- Producto obtenido : Uranato de magnesio

3.3. Minerales tratados

Minerales provenientes de:

a) División Minera de Vendée (C.E.A.); yacimientos:

- L'Ecarpière;
- La Chapelle-Largeau;
- La Commanderie.-

El mineral es extraído de granitos, en el cual el uranio se encuentra frecuentemente bajo forma de pechblenda.-

b) Privados: procedente de la región de la Bretaña, propiedad de compañías particulares. Algunos lotes acusan alto contenido de uranio.-

El C.E.A. suministra mineral a la Planta S.I.M.O. de las siguientes características:

- Granulometría : 0 - 50 mm
- Mezcla de minerales en dos niveles de leyes: 1 y 2 o/oo de U.-

3.4. Proceso empleado (Ver Fig. 22)

El mineral es provisto por el C.E.A. triturado a 0 - 50 mm. El mismo sufre a continuación las operaciones convencionales de

molienda húmeda (deslamado, trituración, molienda en molinos a barras y a bolas, clasificación y espesado) para proveer en definitiva una pulpa de mineral molido a - 48 mallas Tyler que ingresa al circuito de lixiviación.-

El ataque del mineral se efectúa en 6 cubas con agitación, revestidas en caucho. Trabajan en continuo y en línea. Utilizan como reactivo: ácido sulfúrico y oxidante (clorato de sodio), a temperatura aproximada de 60° C. El agregado de dichos reactivos se realiza solamente en la primera cuba de ataque.-

La separación sólido-líquido es realizada en contracorriente por clasificadores a rastrillos, lo cual permite separar las arenas de la pulpa. Esta última continúa a decantadores para lavado final.-

Los licores uraníferos de la separación sólido-líquido son clarificados mediante filtros de arena.-

La recuperación de uranio de los lixiviados se efectúa por resinas de intercambio iónico (IRA 400). El circuito consta de 8 columnas de 10 m³ cada una, instaladas en dos líneas de 4 columnas cada una. La elución se realiza con solución de cloruro de sodio y ácido sulfúrico.-

Los eluidos ricos son precipitados en dos etapas:

- 1°) Con agregado de sulfato férrico y lechada de cal hasta pH 3,0 , con el fin de reducir la acidez y eliminar gran parte de impurezas. Por medio de filtro rotativo se separa una torta cálcica que contiene un poco de uranio, la cual es reciclada a las cubas de ataque.-
- 2°) Los licores a pH 3,0 son llevados a pH 7,0 por medio de lechada de magnesia. El uranato de magnesio es filtrado, secado, envasado y expedido a las fábricas de refinación del C.E.A.-

La ley media del uranato de magnesio seco, varía entre 68 y 72 % en U .~

Los rendimientos globales de recuperación varían entre 94 y 95 % .-

C A P I T U L O V I I

- Período: 23 al 27 de Septiembre de 1968.-

- Lugar : Centro de Estudios Nucleares de CADARACHE - (Visita) -

El C.E.N. de Cadarache se encuentra ubicado al sur del territorio de la comuna de Saint-Paul-lez-Durance, (Bouches-du-Rhône), a 25 km de Manosque y a 38 km de Aix-en-Provence.-

Su superficie es de 16.000 hectáreas, de las cuales 700 están urbanizadas para los diferentes sectores de trabajo.-

Cadarache es esencialmente un centro de ensayos de reactores prototipos, tanto para la producción de energía eléctrica, como así también para la propulsión naval. Paralelamente, se prosiguen los estudios experimentales sobre los materiales de estructuras de pilas y elementos combustibles, como así también estudios diversos en materia de física de reactores, química, protección contra las radiaciones, biología vegetal, etc.-

Se eligió este lugar, entre otras razones, por disponer de cantidades suficientes de agua para la refrigeración de los reactores y suelos firmes que permiten asegurar la estabilidad de sus estructuras. Por otra parte es una zona rural poco explotada y no demasiado alejada de centros habitados para asegurar el alojamiento del personal.-

Durante mi permanencia tuve la oportunidad de realizar una recorrida general por el centro y visitar:

- Estación de Tratamiento de Efluentes.
- Reactor RAPSODIE.
- Departamento de Química.

1. ESTACION DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

Personas entrevistadas:

Sres. : Mery - Jefe de Servicio de Protección contra las Ra
diaciones -
Marcaillou - Jefe de Servicio de Decontaminación y Trans
porte -

Estas instalaciones tienen por objeto descontaminar los
ofluentes del Centro con una eficiencia tal que les conduce a obtener
desechos con una actividad específica del orden de algunos CMA (Concen
tración Máxima Admisible).-

Los efluentes recibidos son stockados antes de su trata
miento, de acuerdo a su origen, radioactividad, concentración de sales,
etc.-

Hay dos tipos de depósitos:

- tanques de acero inoxidable, con capacidad de 250 m3 cada uno (para con
taminaciones de baja actividad);
- tanques de hormigón, con capacidad de 250 a 500 m3 cada uno, revestidos
interiormente de resina o caucho (destinado para líquidos corrosivos pa
ra el inoxidable y de alta actividad).-

El stockado es alimentado:

- por camiones-cisternas;
- por conductos de tuberías desmontables.-

1.1. Unidad de Evaporación (Ver Fig. 23)

Esta unidad es utilizada para tratar los efluentes con
poca concentración en sales. Hay dos instalaciones separadas pero comple

mentarias:

- una instalación de evaporación primaria para tratar las actividades i niciales inferiores o iguales 1 Ci/m^3 ;
- una instalación de concentración con la ayuda de un evaporador más sim ple y susceptible de tratar las actividades superiores.-

La reducción de volúmenes depende de las concentracione s iniciales en sales, llegando estos barros a tener una actividad final de 20 Ci/litro aproximadamente.-

1.2. Unidad de Tratamiento Químico (Ver Fig. 24)

Esta unidad está destinada a tratar:

- por una parte, los efluentes conteniendo exclusivamente las emisiones α , provenientes de la fabricación o del tratamiento de combustibles no irradiados;
- por otra parte, los efluentes con contaminación β y γ , de débil activi dad específica y generalmente cargada en sales o conteniendo solvente s que no son susceptibles de ser tratados por evaporación.-

Los efluentes a tratar sufren uno o numerosos tratamiento s en serie hasta que la actividad sea conveniente.-

Hay dos líneas paralelas e idénticas en un mismo edifici o.-

Cada una de estas líneas está compuesta de 4 cubas, con agitación y trabajan en cascada en forma continua.-

En las dos primeras se hace el ajuste de pH y en las dos restantes se introducen los diferentes reactivos precipitantes. Los líquido s de co-precipitación pasan a una cuba de maduración, donde finaliza la precipitación. Luego son enviados a dos filtros rotativos a pre-capa.-

Los líquidos claros resultantes de la filtración son recogidos en los recipientes de vacío y enviados a los filtros de arena destinados a retener los flóculos remanentes antes del stockado intermedio. Después de su control, y de acuerdo a los resultados obtenidos, se reciclan las soluciones para un nuevo tratamiento o bien se desechan.-

Se emplean diferentes reactivos precipitantes según sea el tipo de contaminación:

- a) para contaminaciones α : medio alcalino de carbonato de sodio y lechada de cal;
- b) para contaminaciones β y γ : medio ácido con ferrocianuro de níquel y hierro.-

Los precipitados recogidos en los filtros (barros) son colocados automáticamente en tambores de cemento revestidos interiormente con una capa asfáltica, se tapan en forma hermética y luego son llevados hacia las fosas de stockado. Igual sistema se emplea para los residuos radioactivos tratados por evaporación.-

2. REACTOR RAPSODIE

Este reactor experimental es construido por el C.E.A. conjuntamente con el EURATOM dentro del marco de colaboración mutua.-

Tiene una potencia térmica de 20 MW y un flujo máximo de neutrones rápidos de: 2×10^{15} n/cm²/seg.-

El edificio que abriga la pila está constituido por un recinto metálico. La pila y los circuitos primarios, como así también el block de traspaso de los conjuntos críticos se encuentran por debajo del nivel del suelo y están dispuestos en compartimentos de hormigón, estancos y llenos de aire muy enriquecido en nitrógeno.-

El corazón está dispuesto en una cuba estanca, en acero inoxidable al molibdeno, cerrado por la parte superior mediante tapones móviles que permiten la manutención del combustible.-

Utilizaron como combustible, para la primera carga, una mezola de óxidos de uranio y de plutonio (25 % aproximadamente de plutonio) colocado en vainas de acero inoxidable.-

Para el enfriamiento se utiliza sodio (metal líquido) y la circulación se hace por medio de bombas mecánicas.-

3. DEPARTAMENTO DE QUIMICA

Persona entrevistada:

Sr. : P. Pottier - Jefe de la Sección de estudios de Tratamiento de Efluentes y de Minerales -

Este Departamento está constituido por tres secciones, a saber:

- a) Servicios de Estudios Químicos y Análisis.
- b) Servicio de Análisis y de Química Aplicada.
- c) Sección de Estudio de Tratamiento de Efluentes y de Minerales.-

Después de una recorrida general por los dos primeros sectores, acompañado por el Sr. Pottier, pasamos a la Sección a la cual pertenece, donde se exployó particularmente acerca de los conocimientos adquiridos en el dominio de la lixiviación mediante bacterias ferro-oxidantes para la extracción de uranio de algunos minerales franceses. De lo expuesto en dicha oportunidad, se pueden extraer las siguientes conolusiones:

- 1) La utilización de las bacterias ferro-oxidantes en el dominio de la

hidrometalurgia del uranio puede conducir a una economía importante de reactivos y acelerar el proceso de recuperación. La presencia de estas bacterias en el mineral activan la oxidación del hierro ferroso a hierro férrico y de esta manera se acelera la oxidación del uranio a su máxima valencia, favoreciendo así su disolución en medios débilmente sulfúricos.-

- 2) Las mejores condiciones de temperatura para el desarrollo de las baterias ferro-oxidantes se ubica entre los 20 y 30 ° C mientras que a + 4 ° C cesan sus actividades.-
- 3) No es necesario esterilizar el mineral antes de la siembra, evitando así una operación industrialmente costosa.-
- 4) La aplicación en escala industrial es muy delicada, especialmente en lugares cuyos climas tienen grandes variaciones de temperaturas.-

C A P I T U L O V I I I

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

La Dirección de Producciones, en cuyo ámbito se desarrolla toda la actividad minera y fabril para el abastecimiento de materias primas nucleares, mantiene una permanente preocupación por el incremento de reservas y por la reducción de los costos de elaboración.-

Para ello concede particular importancia a la investigación aplicada y desarrollo de métodos, tecnologías, equipos, etc., que puedan contribuir a dicha finalidad, aún a riesgo de realizar inversiones considerables sin la certeza de obtener resultados positivos.-

Actualmente ha centrado su interés en profundizar tres vías principales para atacar el problema del incremento de reservas y/o reducción de costos, a saber:

- 1) Estudio de métodos ó procedimientos que permitan reducir el número de etapas en los procesos hidrometalúrgicos actuales, desde la lixiviación del mineral hasta la obtención del U metálico purificado.-

A esta finalidad contribuye grandemente el desarrollo creciente de compuestos y reactivos orgánicos que posibilitan una más rápida y selectiva separación del U de los compuestos acompañantes.-

- 2) La preconcentración física, para eliminar un porcentaje apreciable de ganga estéril reduciendo así el tonelaje de mineral antes de seguir o poraciones costosas de molienda y de ataque por reactivos.-

Han explorado dos vías de preconcentración física:

- a) Separación granulométrica, en los casos en que el U se localiza

específicamente en determinados tamaños de granos.-

- b) Separación radimétrica, automática y en continuo sobre cinta transportadora, en los casos de minerales con U distribuido en diversos tamaños granulométricos.-

Estos sistemas de preconcentración física han tenido ya suficiente difusión por lo cual no considero oportuno ampliar sus alcances.-

- 3) Puesta a punto de los métodos de lixiviación subterránea ("in-situ") y en pilas, con lo cual es posible recuperar los sectores pobres de las minas ó el mineral inframarginal de las explotaciones convencionales.

Sobre este particular ya se han descrito (Capítulos III y VI) las instalaciones y técnicas actualmente en uso. Las ventajas, inconvenientes, alcance y posibilidades de la lixiviación subterránea y en pila merece una consideración más amplia:

3.1. Lixiviación Subterránea (in-situ)

Se encuentran en tratamiento en Francia, a la fecha, cuatro yacimientos con minerales infra-marginales: dos de ellos en los viejos trabajos mineros de la División LA CROUZILLE y dos en la División de VENDEE (estos últimos todavía en explotación).-

Las características de los mismos son sumamente favorables por una serie de factores tales como: especies mineralógicas de fácil solubilización localizadas en granito fracturado; bajo consumo de reactivo por las características de la ganga y -en algunos casos- por el contenido de pirita.-

No hay peligro de contaminación de napas subterráneas, porque los yacimientos se encuentran confinados por granito. Un ejemplo

típico es la cantera de BRUGEAUD donde se realiza la lixiviación por el método estático, como si se tratara de una batea (Ver Cap.III,punto 4.1.2).

Por otra parte, en la División Minera de FOREZ se han iniciado estudios similares a comienzos del año 1968.-

Las características de algunos de sus yacimientos son diferentes a los observados en las otras dos Divisiones Mineras: algunos son de tipos sedimentarios (por ejemplo el yacimiento de GREZIEUX-le-FROMENTAL) pero su tratamiento es más complicado. Para su estudio han intervenido en colaboración con el C.E.A. varios centros especializados como sor:

- a) El Instituto Francés del Petróleo, en lo atinente a perforaciones e inyección de las soluciones lixiviantes.
- b) El Servicio Central de Protección contra las Radiaciones Ionizantes, por la posible contaminación de napas freáticas, etc.-

La lixiviación subterránea de minerales de U adquiere cada día mayor importancia pues reduce el número de operaciones convencionales, desde la explotación del yacimiento hasta la producción de concentrados. Ello permite incorporar económicamente nuevas reservas de minerales a partir de yacimientos ya explotados (pero con tonelaje aún importante de mineral marginal) ó bien de nuevos yacimientos inexplorados por su bajo tenor.-

La programación y realización de la lixiviación subterránea reclama generalmente la participación simultánea de expertos en geología, hidrología, físico-química, hidrometalurgia, etc., para atender la complejidad de las situaciones que se presentan según sea el tipo o características del yacimiento.-

En general los procedimientos a seguir, varían según se

trate de yacimientos de roca dura e impermeable ó de rocas sedimentarias, estratificadas, y/o semi-permeables.-

En el primer caso debe procederse previamente a un laboreo minero más o menos convencional: apertura de galerías, selección de paños, fragmentación, derrumbe del mineral, y adecuación del mismo para la lixiviación posterior. La colección de las soluciones de lixiviación se realiza en las galerías, convenientemente impermeabilizadas y en depósitos colectores ubicados a menor nivel.-

Para el caso de yacimientos de minerales sedimentarios y estratificados es posible realizar perforaciones (desde la superficie) que alcanzan el nivel mineralizado. A través de estas perforaciones se inyecta la solución lixivante la cual se difunde en el estrato interesado y recoge por perforaciones secundarias, estratégicamente dispuestas respecto del orificio de inyección.-

Se indicó anteriormente que la importancia de la lixiviación subterránea radica en la reducción de las etapas necesarias para llegar a un concentrado normal. El siguiente es un cuadro comparativo de las operaciones requeridas en el proceso clásico frente a las de la lixiviación subterránea, en particular para un caso de yacimiento de rocas duras.-

<u>Proceso Clásico</u>	<u>Lixiviación Subterránea</u>
1°- Reconocimiento del Yacimiento.-	1°- Reconocimiento del Yacimiento.-
2°- Preparación de niveles y paños.-	2°- Preparación de niveles y paños.-
3°- Evaluación del mineral por paño.-	3°- Evaluación del mineral por paño.-
4°- Derrumbe del mineral.-	4°- Derrumbe del mineral.-
5°- Llenado de mineral en tolvas y descarga.-	5°- Transporte al exterior del mine <u>ra</u> l de "esponjamiento".-
6°- Transporte subterráneo horizon <u>ta</u> l y vertical, hasta boca-mina.-	6°- Lixiviación del mineral "in-si <u>tu</u> ".-

<u>Proceso Clásico</u>	<u>Lixiviación Subterránea</u>
7°- Relleno de paños vacíos.-	7°- Recuperación del U de los lixi- viados.-
8°- Transporte de mineral de bo- ca-mina a Fábrica	
9°- Trituración y molienda del mineral.-	
10°- Lixiviación.-	
11°- Separación sólido-líquido.-	
12°- Recuperación de U de los li- xiviados.-	
13°- Eliminación de residuos.-	

Para el caso de lixiviación en un yacimiento de roca permeable se llegaría a eliminar las etapas 4a. y 5a., pero debe agregarse un trabajo delicado de perforaciones para inyección y captación de solu-
ciones.-

No obstante las ventajas mencionadas, la lixiviación subterránea no parece llamada -por el momento- a reemplazar los métodos convencionales salvo para el caso de minerales marginales, según se indicó anteriormente. Un primer inconveniente radica en la imposibilidad de establecer un rendimiento de lixiviación ajustado correctamente en base al U estimado como reserva, desde el momento que no es posible determinar el peso y tenor real del material que se lixivía. Por otra parte no se asegura en todos los casos una correcta circulación de las soluciones a través de la masa de mineral, ni se controlan las pérdidas inevitables dada la naturaleza del sistema.-

Existe pues un riesgo técnico, difícil de calcular, en toda lixiviación de este tipo. La conducción de la operación se gobierna

entonces por un criterio puramente económico más que por los presuntos rendimientos a obtener.-

3.2. Lixiviación en Pila

Los estudios de lixiviación en pila se realizan actualmente en dos escalas:

- a) Ensayos de Laboratorio, en el servicio de Estudios de Concentración (S.E.C.).-
- b) Ensayos en Pilas Experimentales, dependientes del Servicio de Fábricas y Tratamiento de Minerales.-

Las características y variantes de los ensayos de laboratorio han sido descritas en el Capítulo II con algunos comentarios.-

Debido a su magnitud, dichos ensayos son de carácter orientativo, aportando solamente algunos conocimientos con respecto al consumo de reactivos, y posibilidad de solubilización del uranio.-

Los ensayos en Pilas Experimentales se realizan en el interior de Francia, próximos a las Divisiones Mineras; ejemplo: la Estación Piloto de Bessines y la Fábrica "Gueugnon", atendidas por personal técnico especializado, apoyados con una infraestructura ampliamente adecuada para su atención y control.-

Por otra parte -y a diferencia de lo experimentado en nuestro país-, los yacimientos franceses tienen características favorables no sólo en cuanto al mineral en sí (Ver Cap.III - Mineral BRUGEAUD), sino también a sus ubicaciones geográficas, vías y facilidades de acceso, proximidad a lugares poblados, etc.-

La tecnología francesa para la lixiviación en pilas no

difiere sensiblemente de la que actualmente se sigue en nuestro país, salvo en el sistema de riego (Francia: riego por aspersión con molinetes ó tubos Nobel-Bozel; Argentina: riego por "espejo"), aunque ello, en realidad, está determinado por las características granulométricas de los minerales y por las condiciones climáticas de la región.-

Fuera de esta circunstancia no podría el suscripto señalar novedades que puedan modificar o perfeccionar el sistema tal cual se lo practica hasta el momento en nuestro país.-

En cuanto a la recuperación del U solubilizado en pila, Francia ha solucionado su problema a un costo ínfimo por disponer en todos los casos de plantas de tratamiento convencional a muy escasa distancia. En nuestro país aún no se cuenta con esta facilidad y, en tal sentido, debemos recurrir a procedimientos muy simplificados de recuperación (ejemplo: preconcentración cálcica) ó a instalaciones costosas, realizadas expreso a pié de pila para tal fin (resinas, solventes).-

Dobe destacarse que las realizaciones francesas en el terreno de la lixiviación en pila se encuentran aún en escala semi-industrial (Bessines: 16.000 t), pero se está desarrollando el proyecto de aprovechamiento de 200.000 t de mineral Brugaud (infra-marginal), lo cual habla por sí mismo de la confianza de los técnicos en las posibilidades del método.-

Finalmente, diremos que los resultados franceses obtenidos con ambos procedimientos (lixiviación subterránea y en pilas) son muy alentadores y comprometen a nuevas iniciativas. Nuestro país posee una experiencia habilitante en el dominio de la lixiviación en pilas (así lo reconocen y enfatizan nuestros colegas franceses). En cambio queda aún abierto el camino para la lixiviación subterránea, un terreno donde la iniciativa y la inventiva no pueden estar ajenas de la técnica y del tra

bajo en equipo, sobre todo existiendo el convencimiento de que los métodos y resultados obtenidos en otros países no siempre son reproducibles en el nuestro, ya que ellos dependerán de las diferentes condiciones regionales, geológicas, mineralógicas y aún climáticas del lugar.-

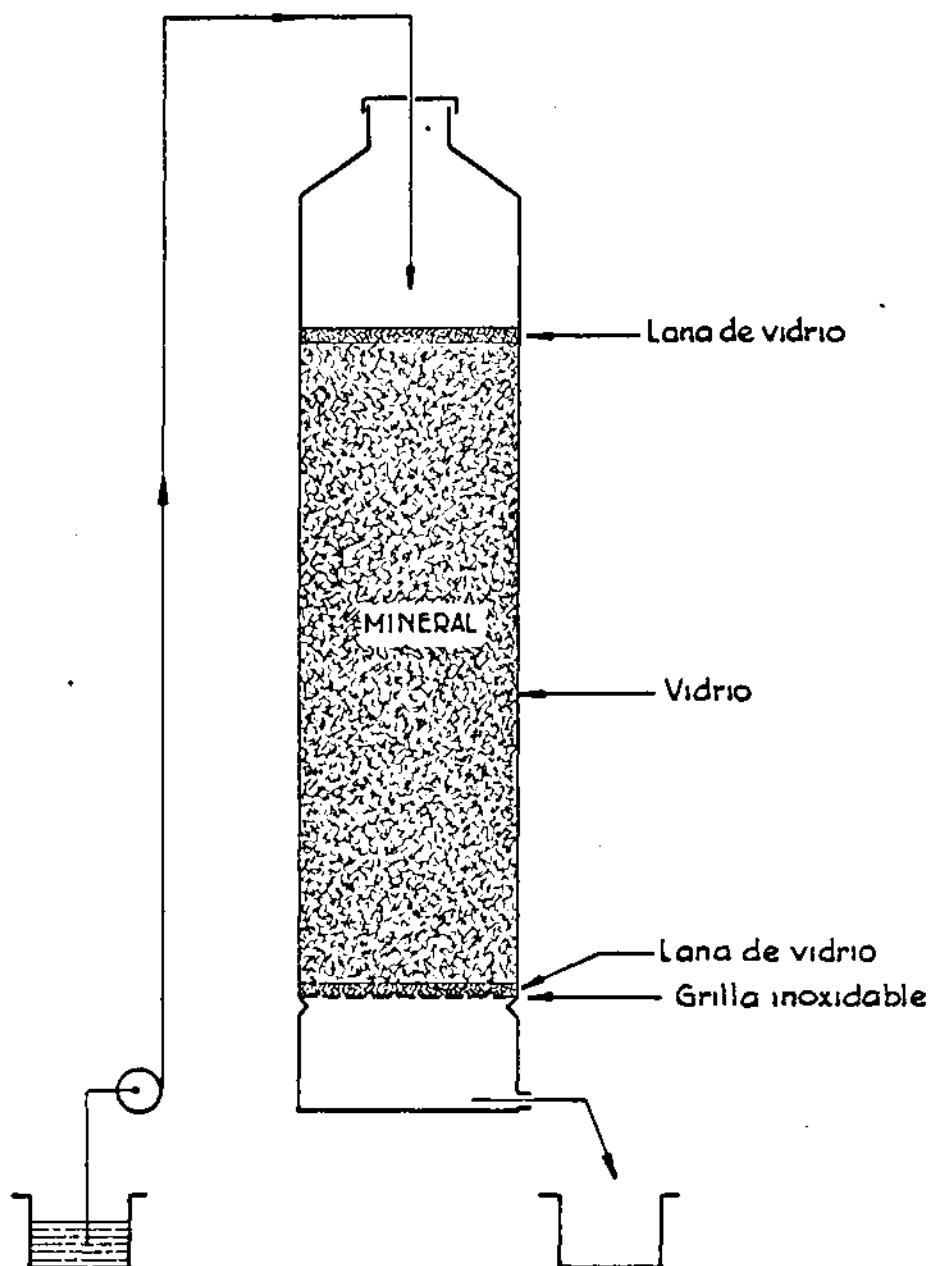
CONCLUSIONES FINALES

Debiendo resumir de alguna manera los resultados más significativos de esta beca, dentro de las finalidades que le fueran asignadas, debo señalar que ella ha hecho posible -entre otros resultados- los siguientes:

- 1º) Realizar un valioso intercambio de ideas y criterios sobre diversos problemas del tratamiento de minerales y comparar los resultados de los ensayos y proyectos de ambos países.-
- 2º) Obtener una vista general del desarrollo francés y de la orientación actual en el terreno de la extracción y elaboración de los minerales de uranio.-
- 3º) Profundizar particularmente en la evolución y estado actual de los métodos de lixiviación subterránea y en pilas, desde los estudios de laboratorio hasta su aplicación industrial, y evaluar cuantitativamente los resultados obtenidos.-
- 4º) Ratificar la importancia de ambos métodos como una de las posibles soluciones para el incremento de las reservas y la reducción de los costos de elaboración.-
- 5º) Analizar algunos aspectos teóricos y prácticos poco comunes de la lixiviación, que pueden inspirar nuevas orientaciones en los ensayos de determinados minerales.-

Fig.1

LIXIVIACION POR CAPILARIDAD



REACTOR A REFLUJO

Fig.2

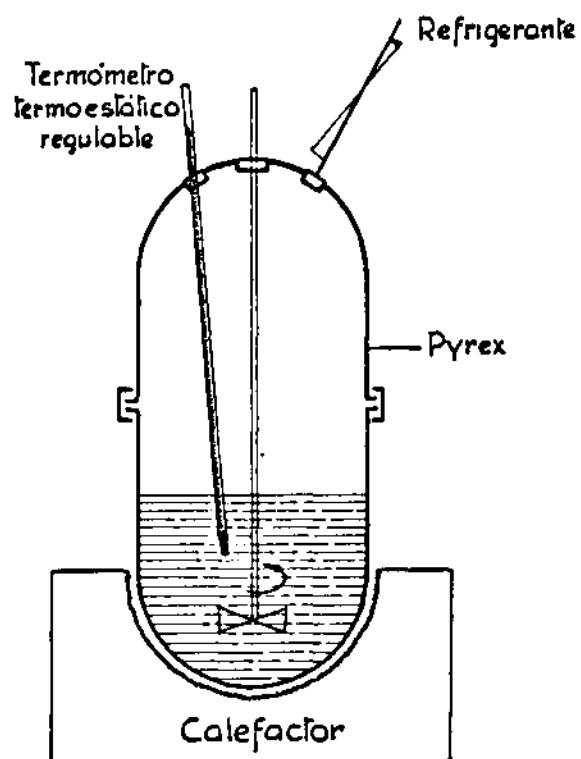
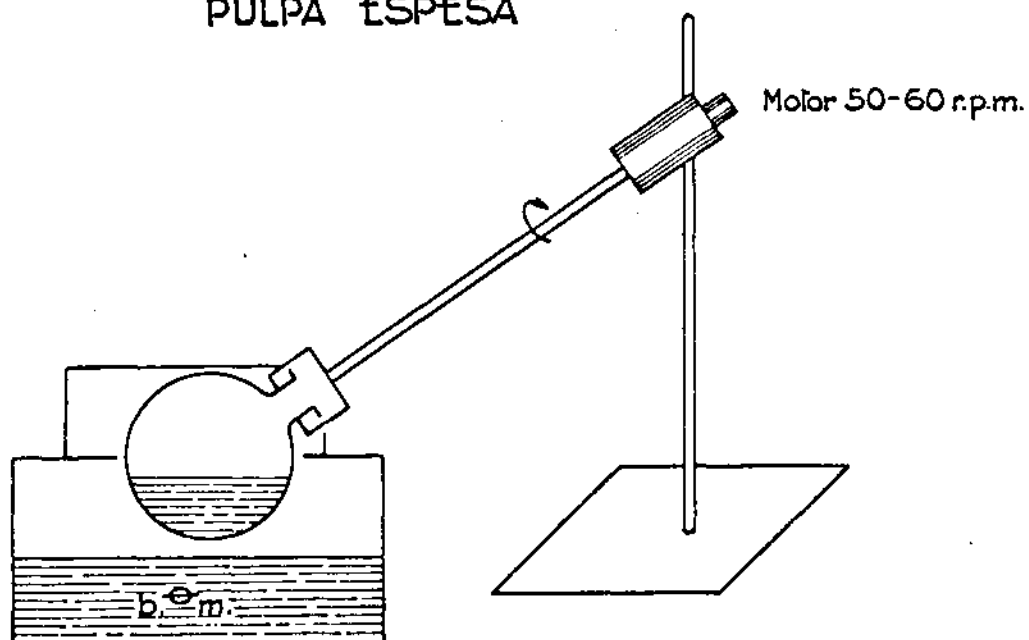


Fig.3

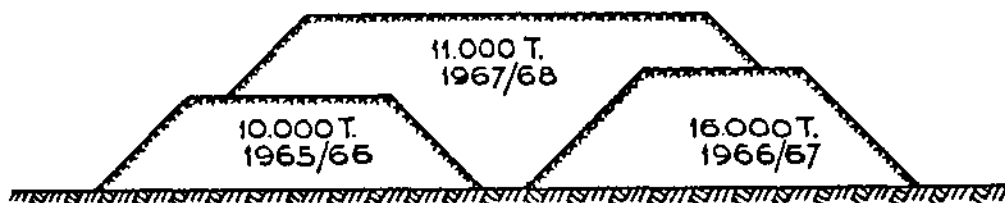
PULPA ESPESA



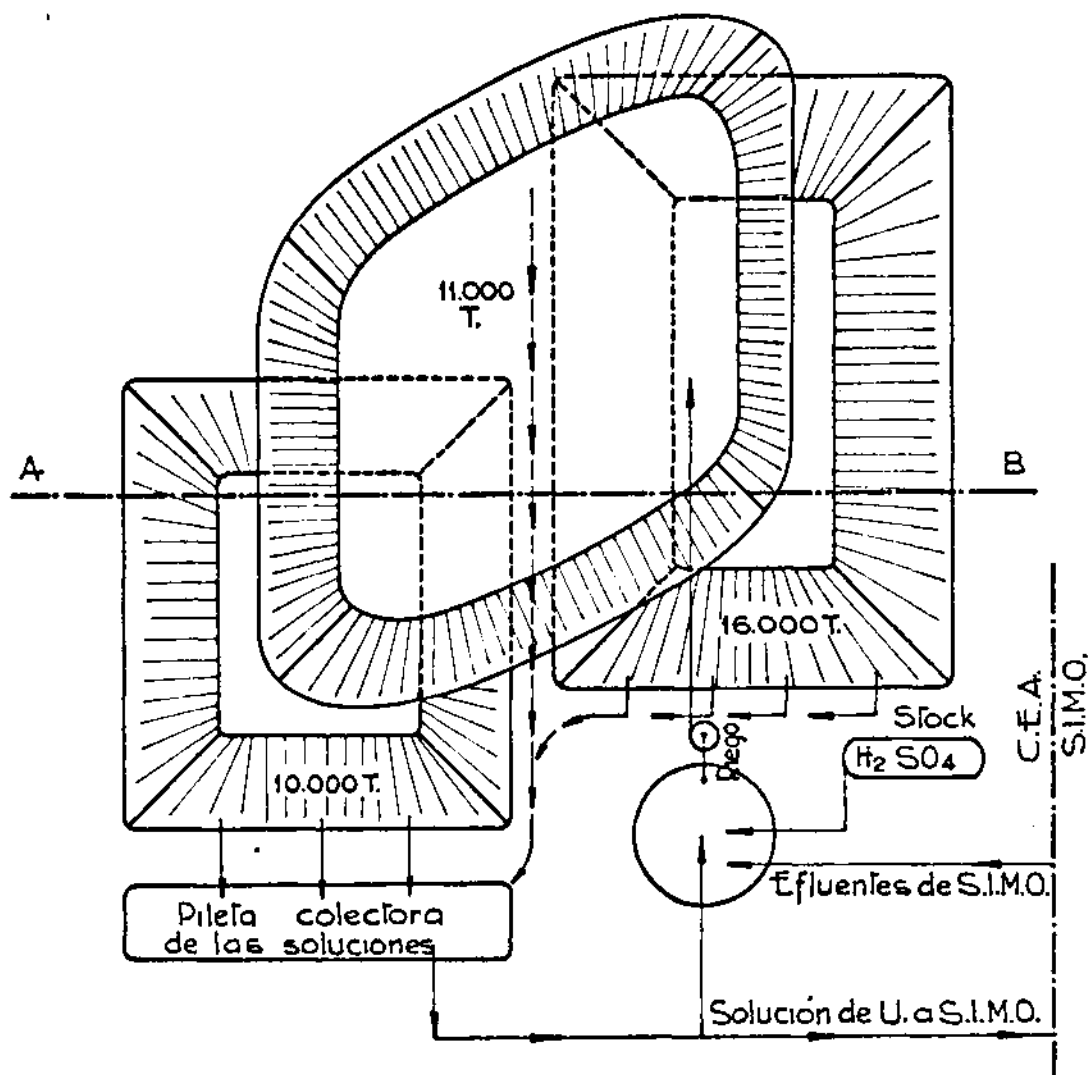
MONTAJE Y DISTRIBUCION DE PILAS MINERAL: BRUGAUD (BESSINES)

- Sin escala -

CORTE AB



PLANTA



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO E INSTALACIONES - BESSINES -

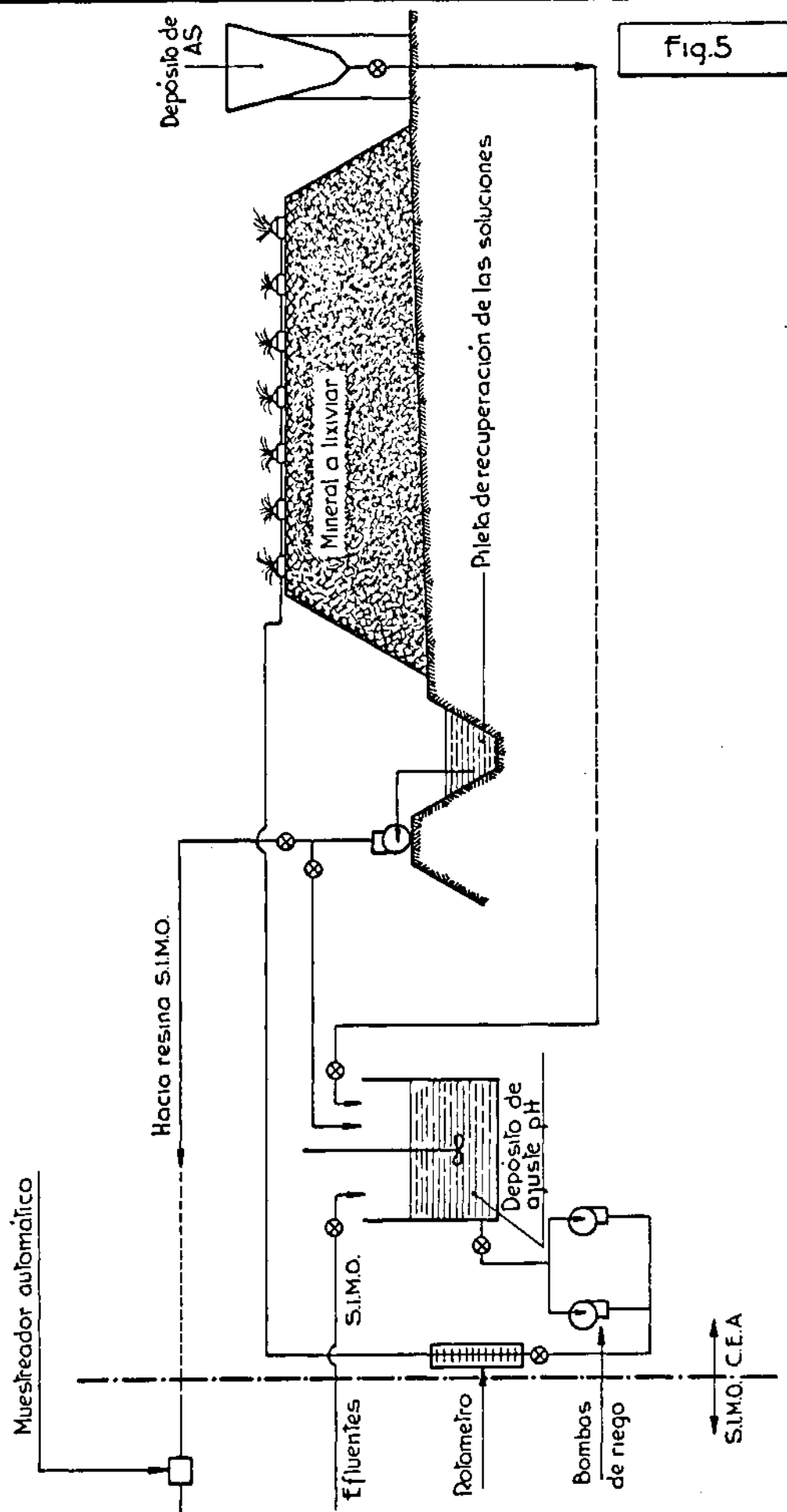


Fig.5

ESTACION DE MUESTREO DE MINERALES-BESSINES-C.F.A.

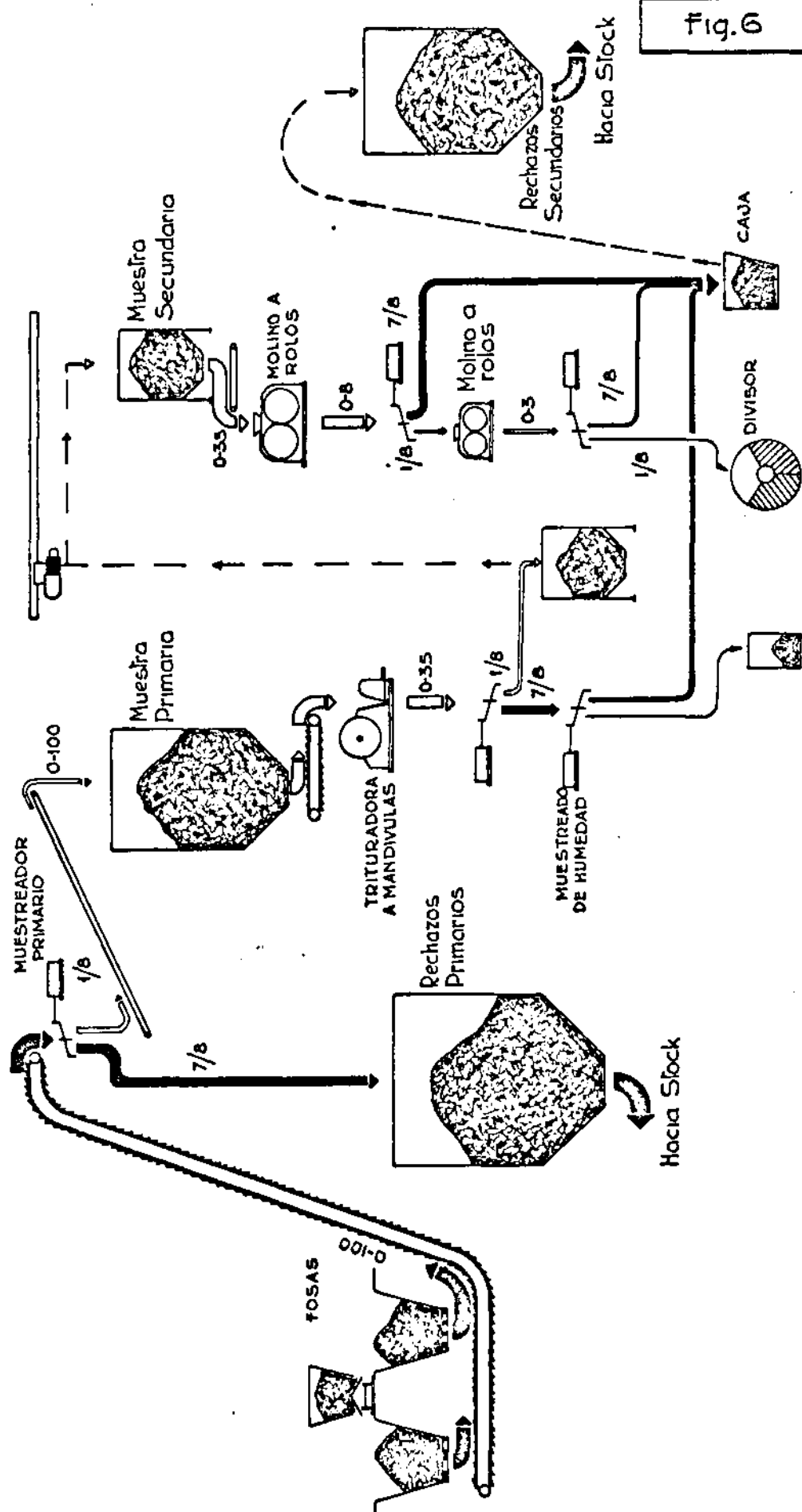


Fig. 6

MUESTRA PARA HUMEDAD MUESTRA PARA ANALISIS

Fig. 7

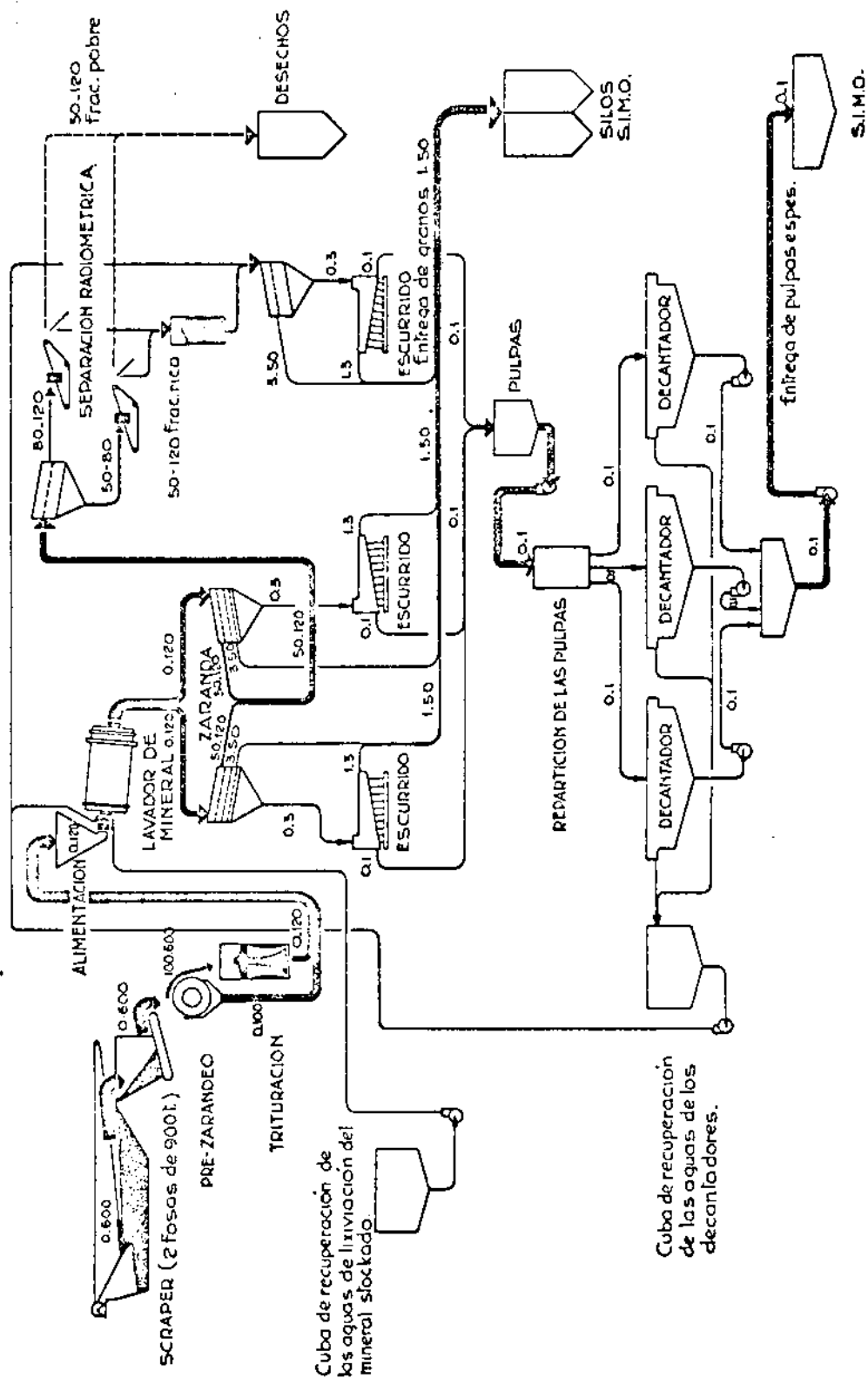
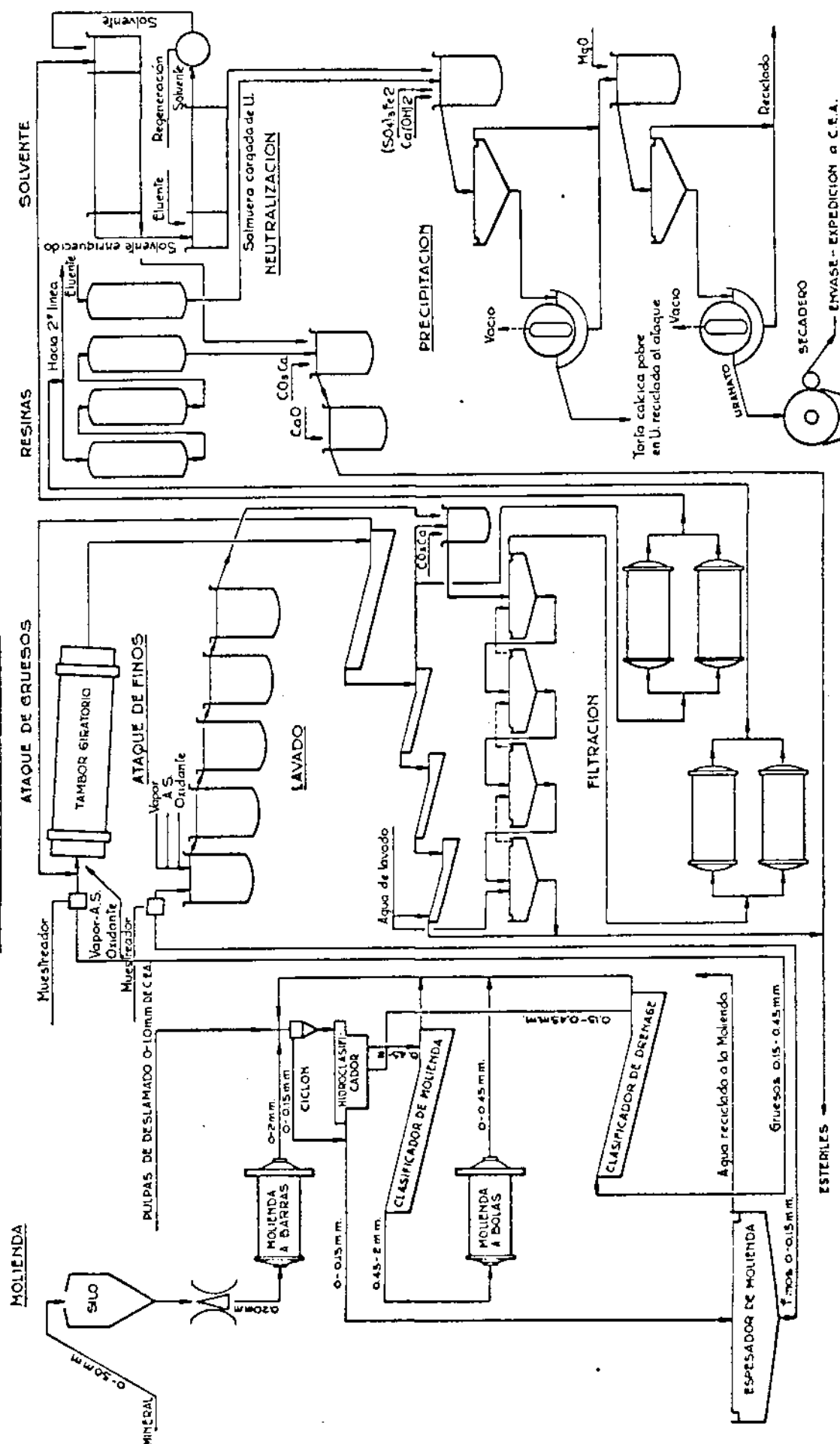


Fig. 8

FABRICA S.I.M.O. - BESSINES-



LIXIVIACION BRUGEAUD OESTE

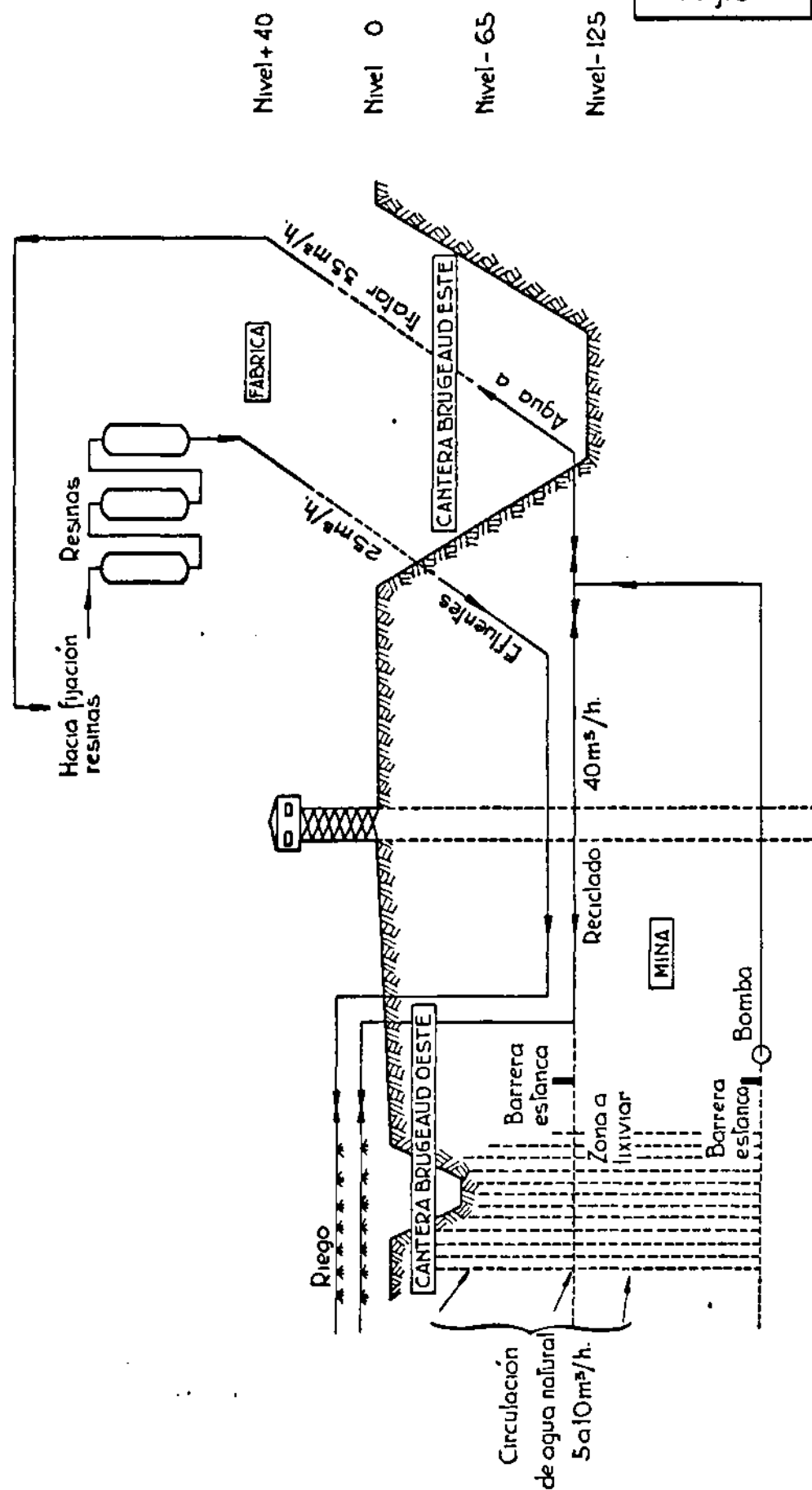
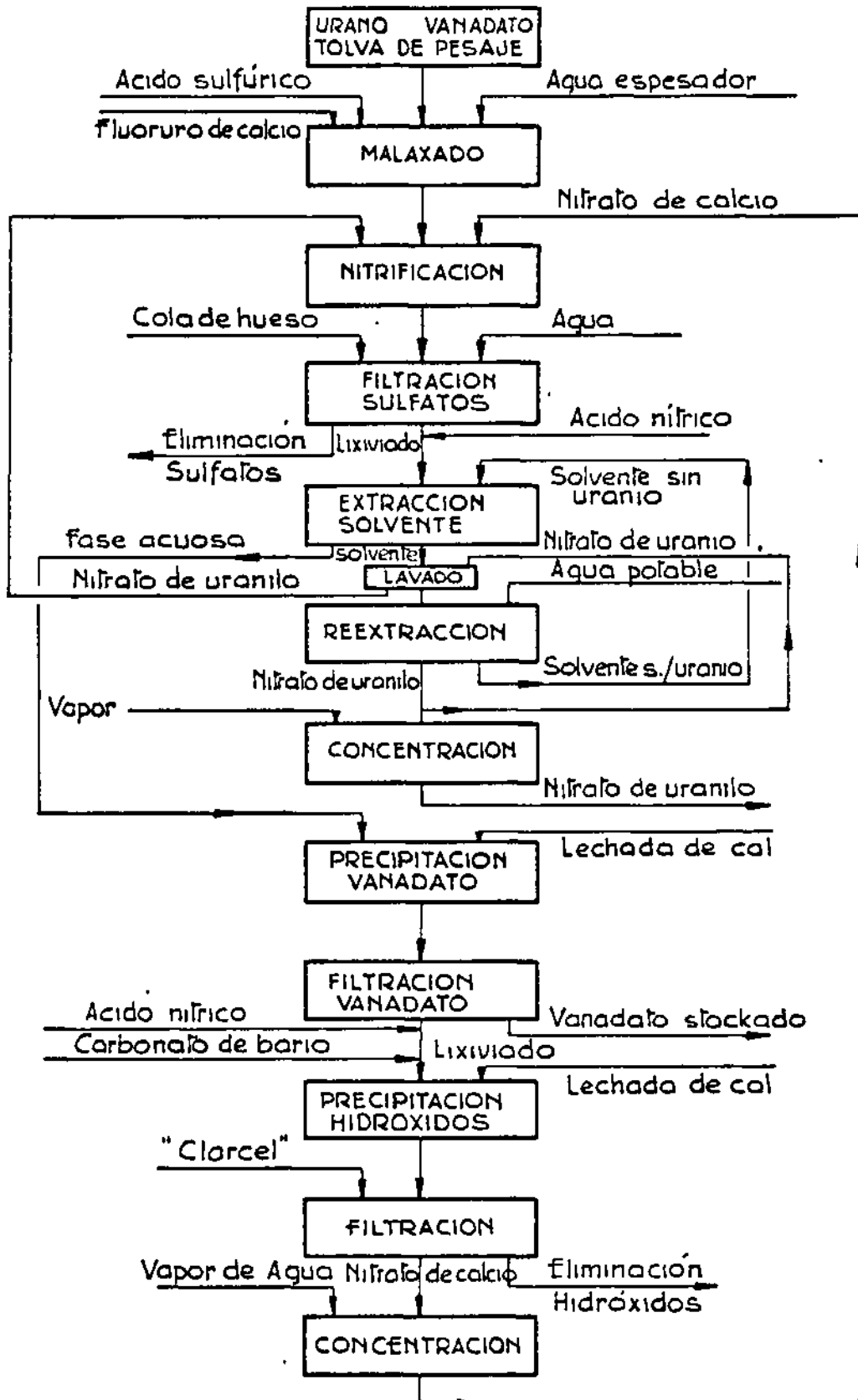


Fig.9



STOCKADO Y ACONDICIONAMIENTO DE LOS CONCENTRADOS -GUEUGNON-

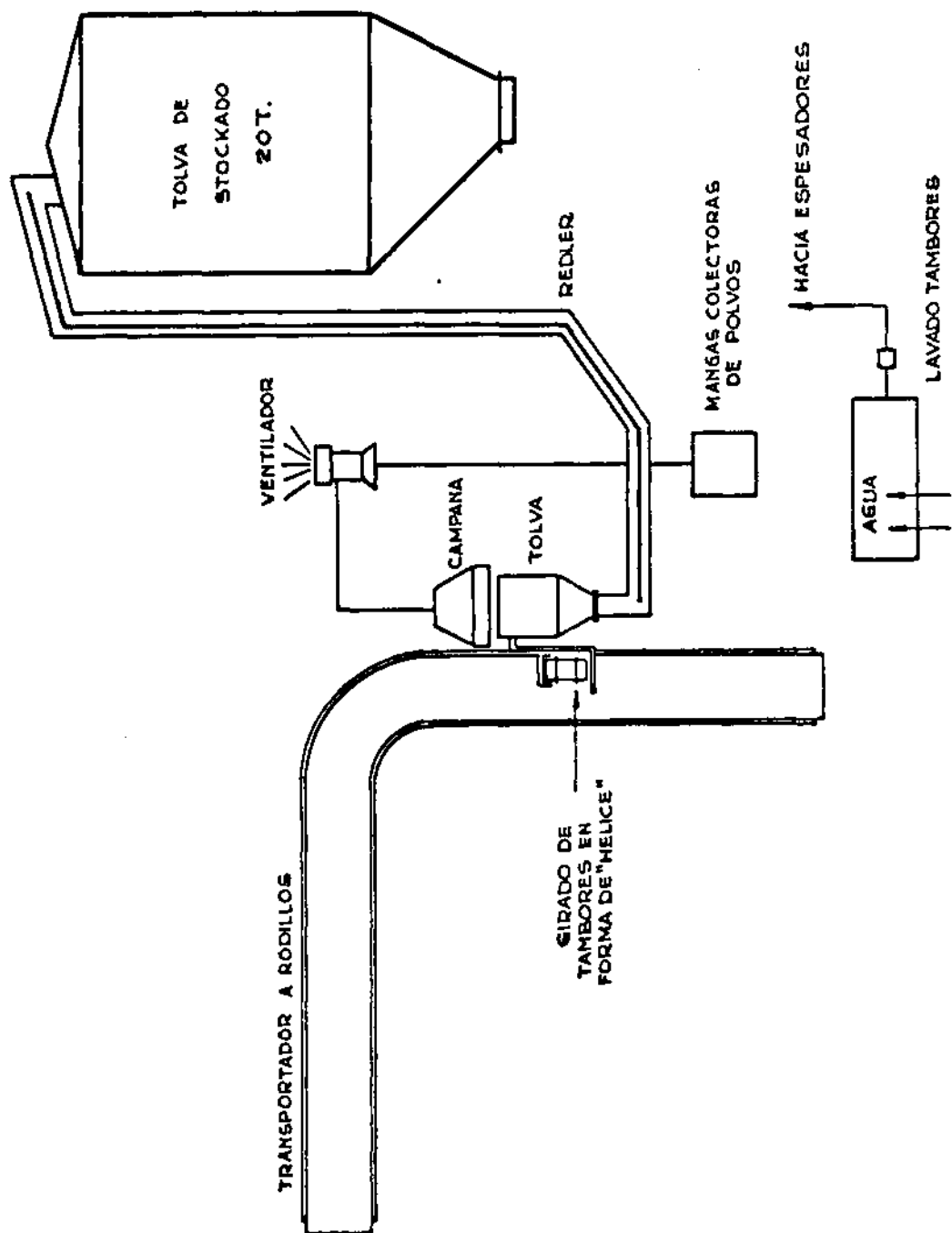
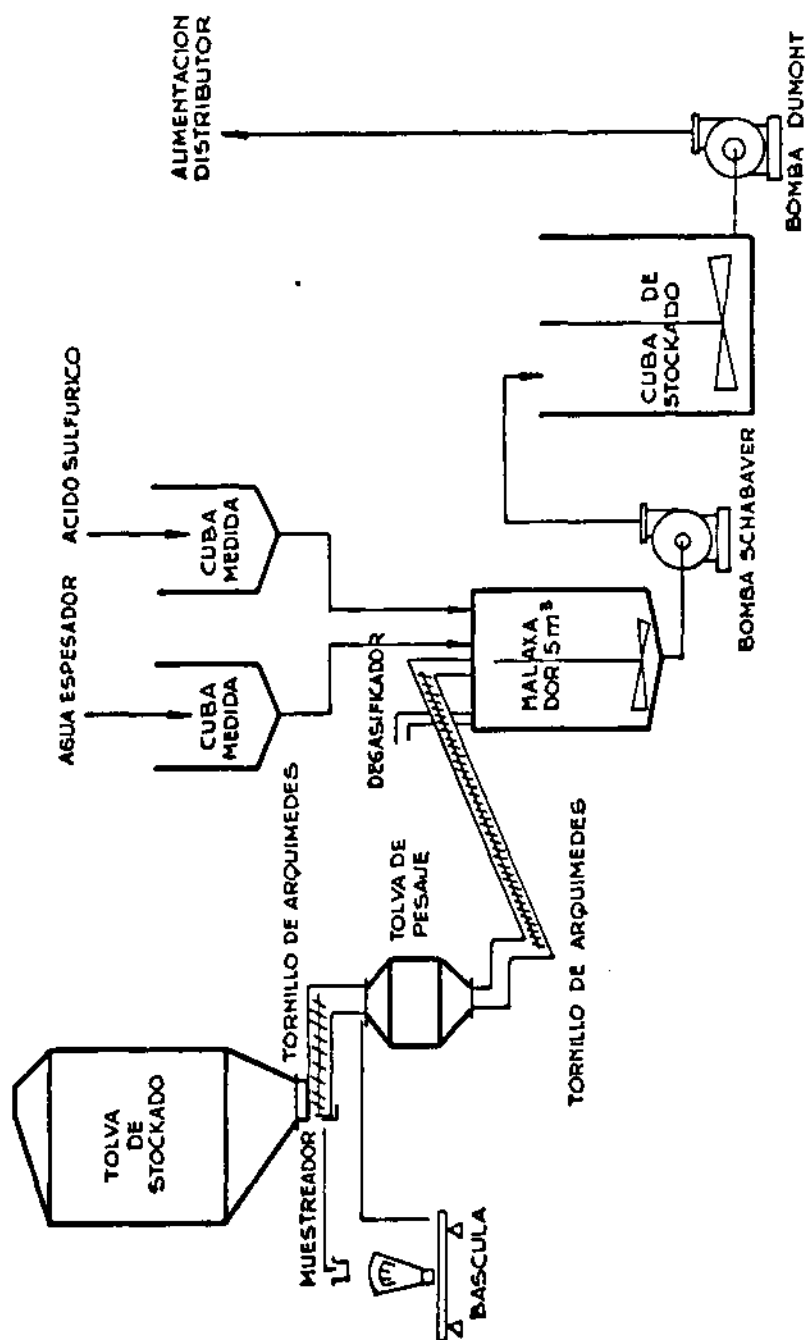


Fig.11

MALAXADO SULFURICO - GUEUGNON -

Fig.12



NITRIFICACION-FILTRACION SULFATOS - GUEUGNON -

DISTRIBUIDORES DE REACTIVOS
 nitrato de calcio pulpa sulfurica

nitrato de
 uranilo

ácido
 nítrico

Reciclado de líquidos 2º Etapa

agua cala vapor

agua

agua

2ª etapa filtración
 2 filtros de 4m²

1ª etapa filtración
 2 filtros de 4m²

CUBAS DE NITRIFICACION

REPUCLADO

Rechazos
 hidróxidos

Muestreadores

Altoflux

cuba para
 ESTÉRILES

Muestreador

Fig.13

líquidos ricos

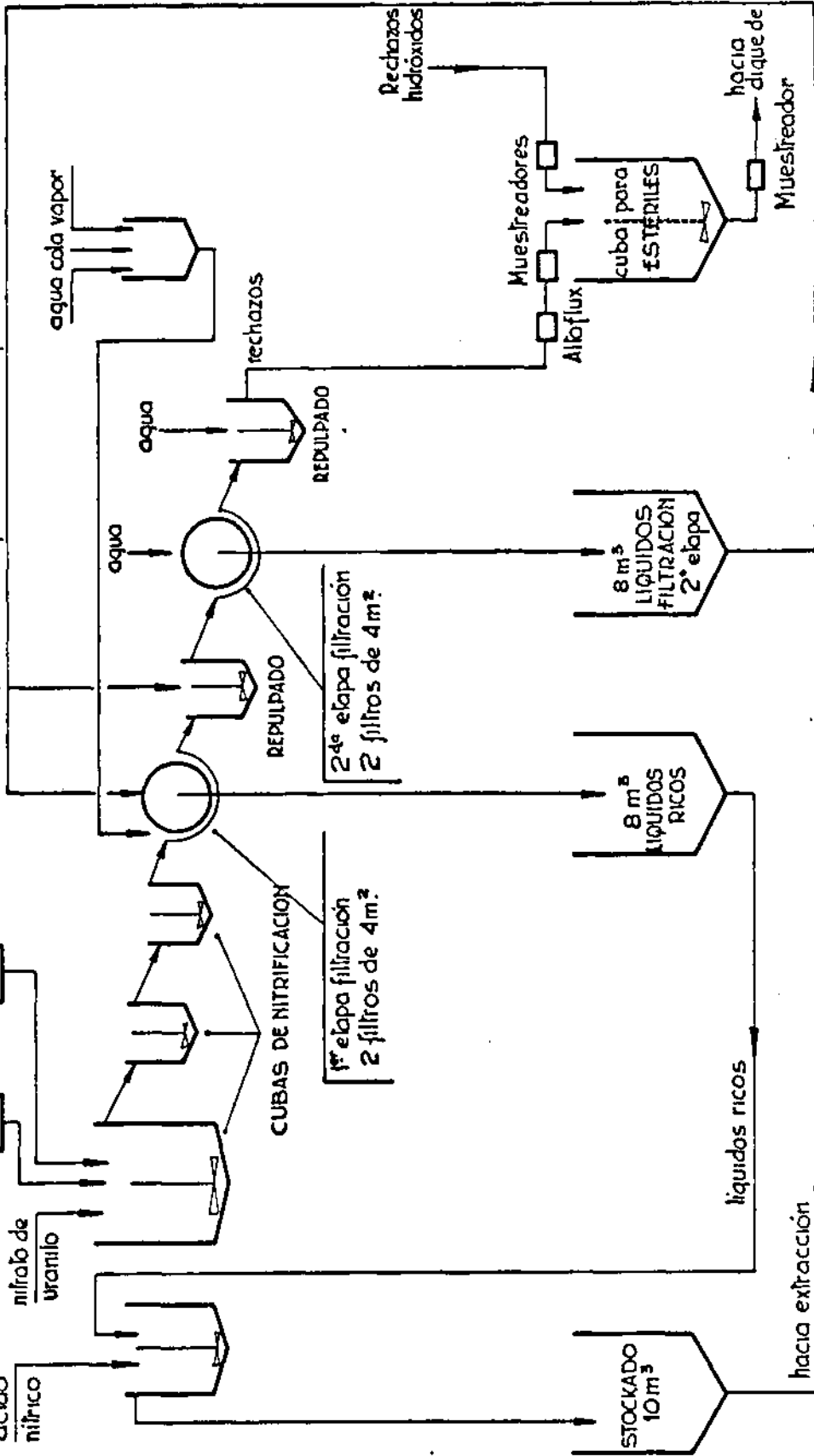
hacia extracción

STOCKADO
 10 m³

8 m³
 LÍQUIDOS
 RICOS

8 m³
 LÍQUIDOS
 FILTRACION
 2ª etapa

hacia dique de estériles



CIRCUITO SOLVENTES - GUEUGNON -

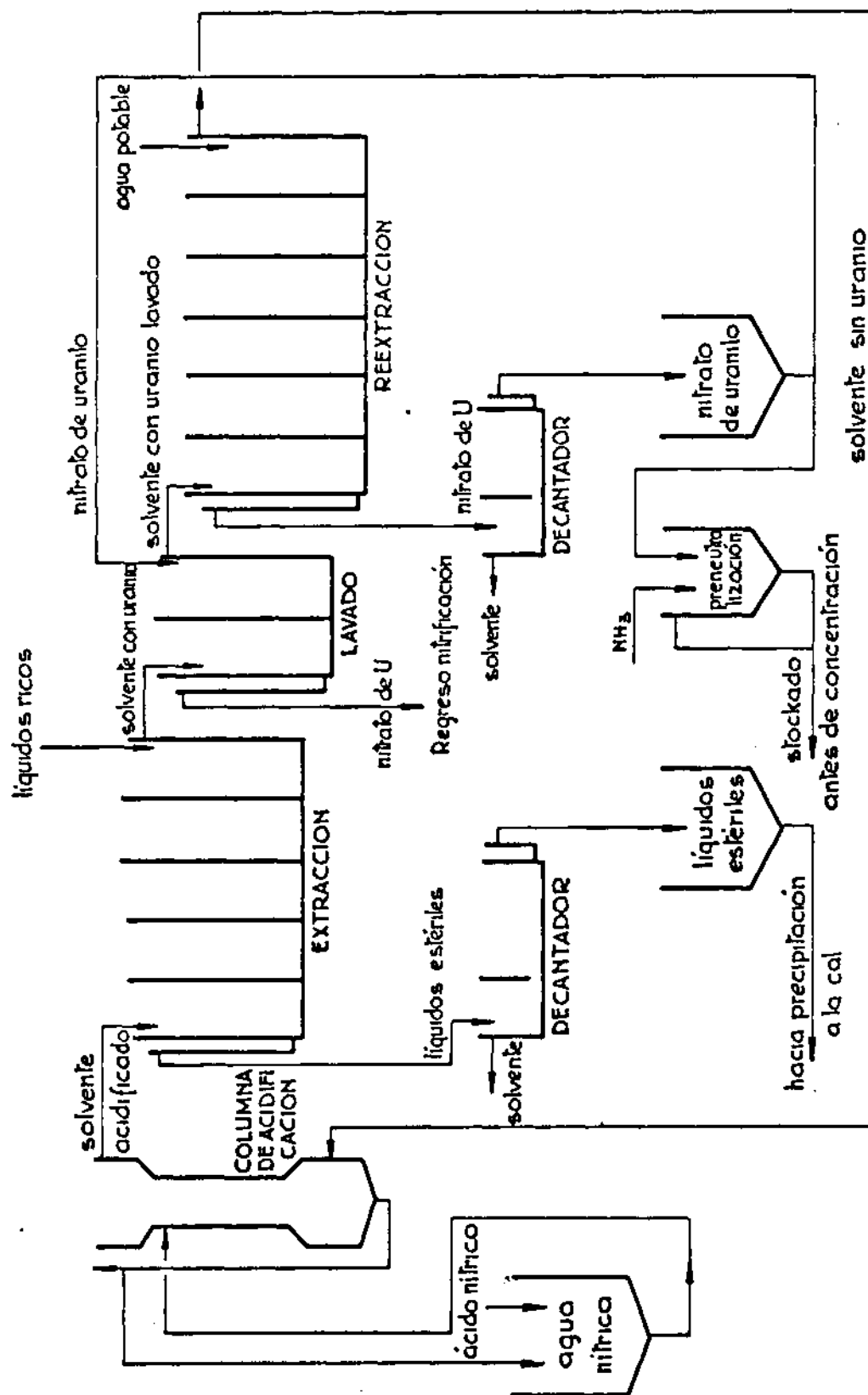


Fig.14

MEZCLADORES-DECANTADORES EXTRACCION - GUEUGNON -

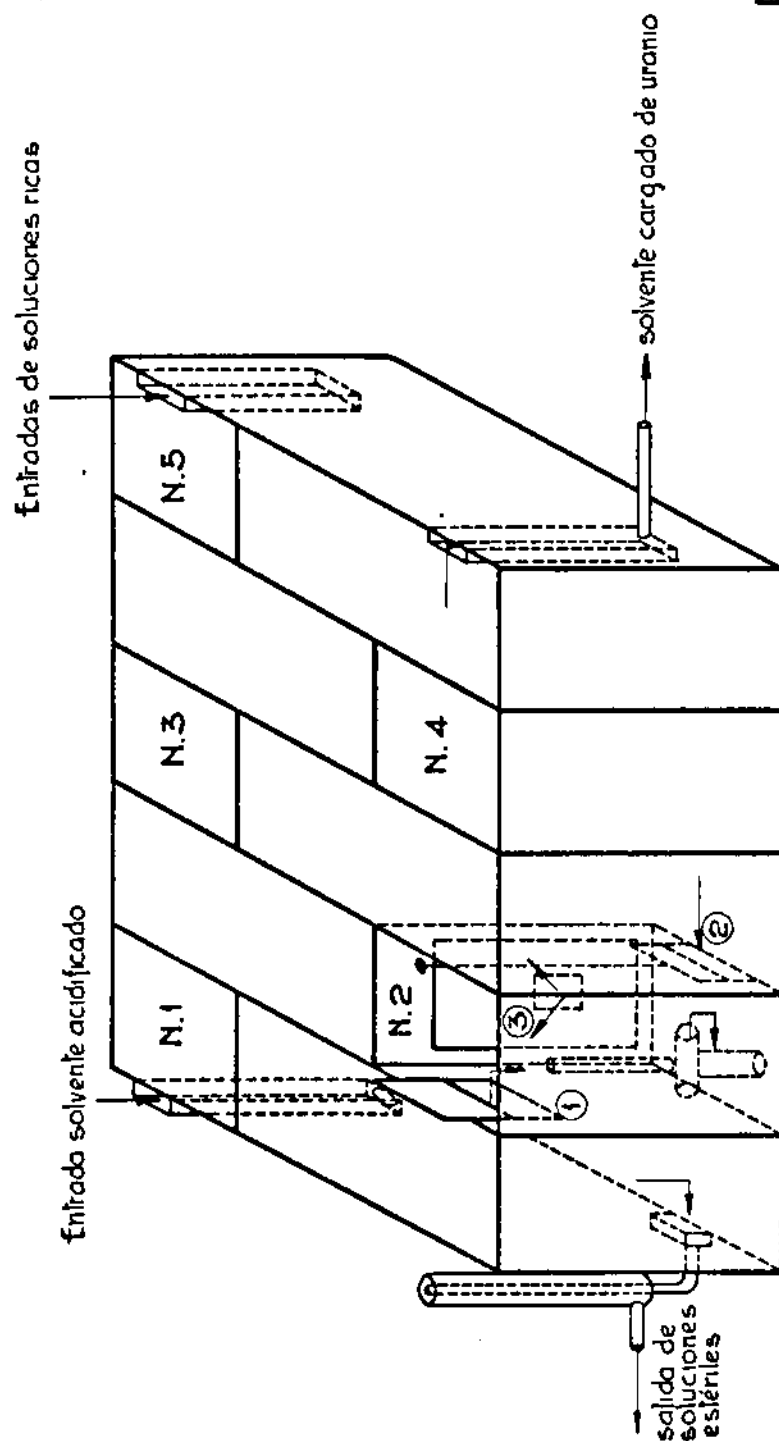
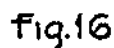


Fig.15

- ① Circulación de solvente
- ② Circulación fase acuosa
- ③ Difusión fases mezcladas

- GUEUGNON -



hacia
evaporador

CONCENTRACION:EVAPORADOR "THERMAP" A DOBLE EFECTO

- GUEUGNON -

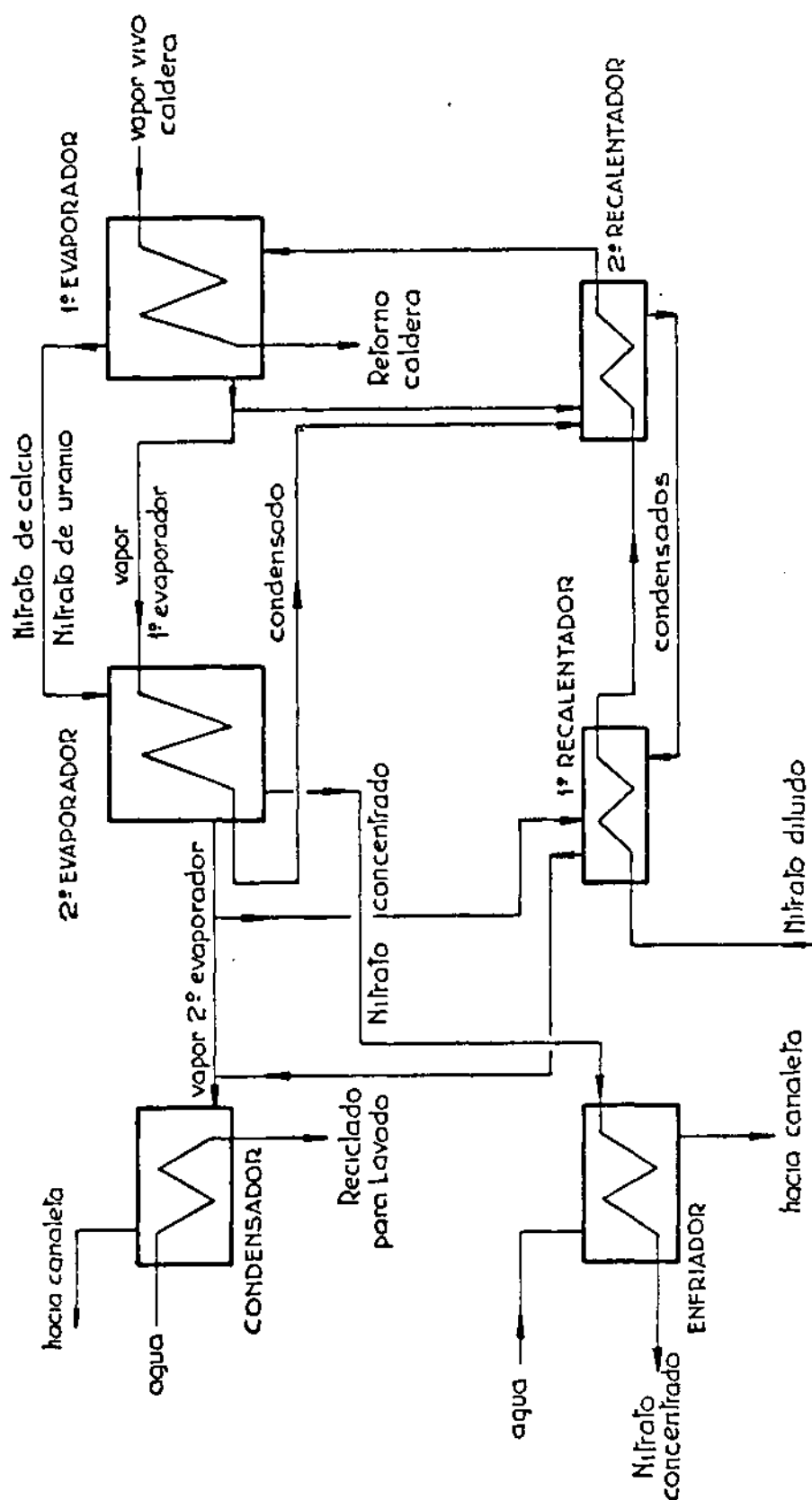


Fig.17

PILA EXPERIMENTAL - GUEUGNON -

MINERAL: GREZIEUX LE FROMENTAL

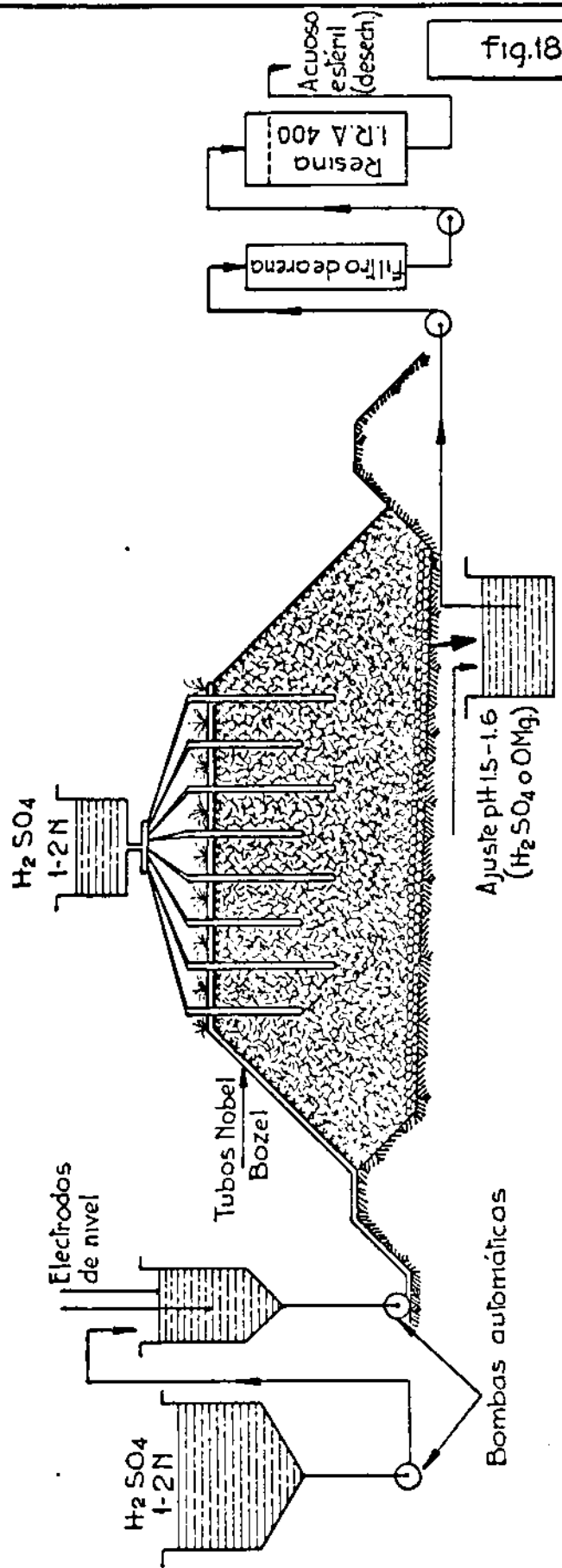
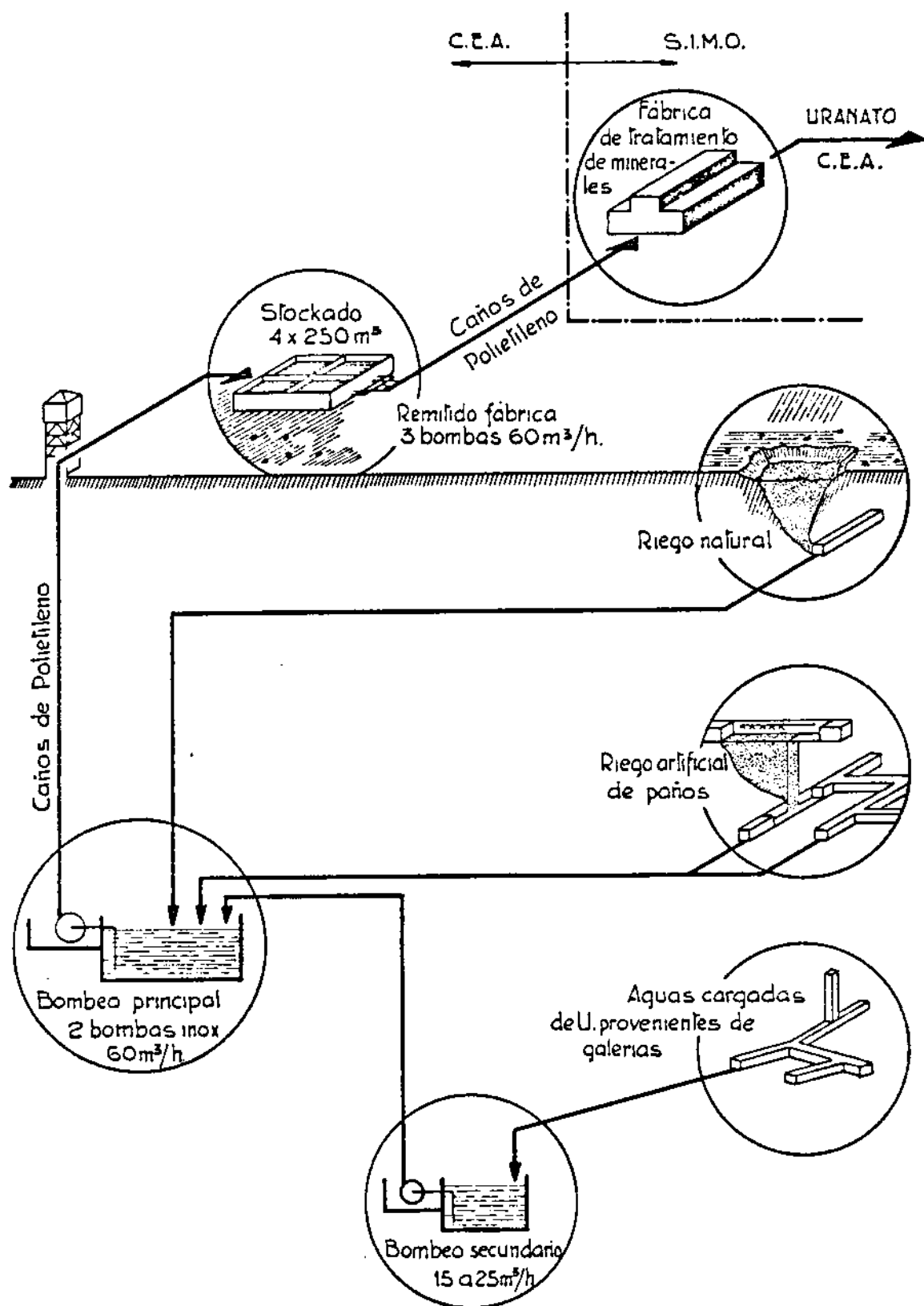


Fig.19

ESQUEMA GENERAL DE RECUPERACION DE URANIO SUBTERRANEA YACIMIENTO: L'ECARPIERE



ESTACION PRECIPITACION CALCICA-YACIMIENTO: CHAPELLE-LARGEAU

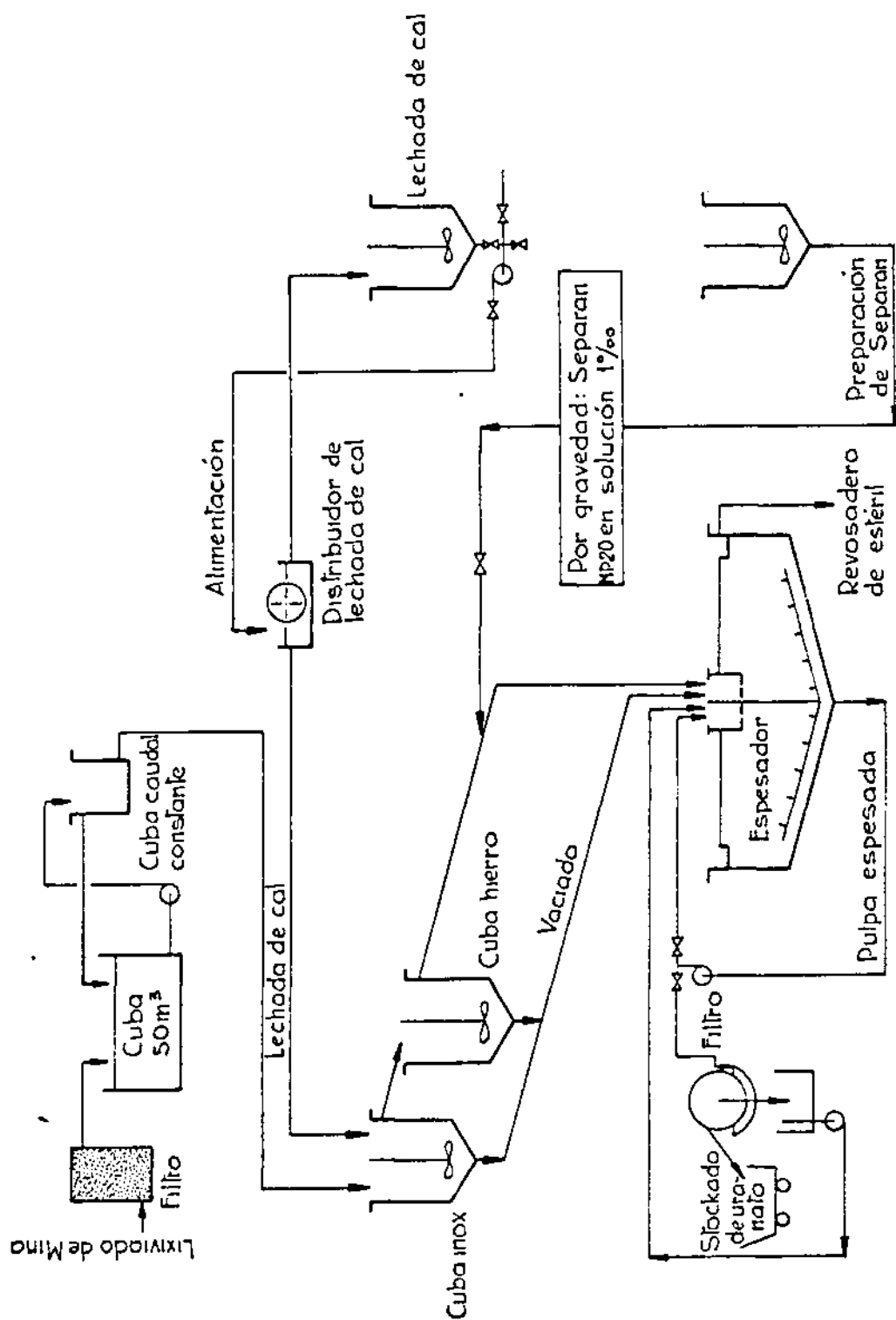


fig.20

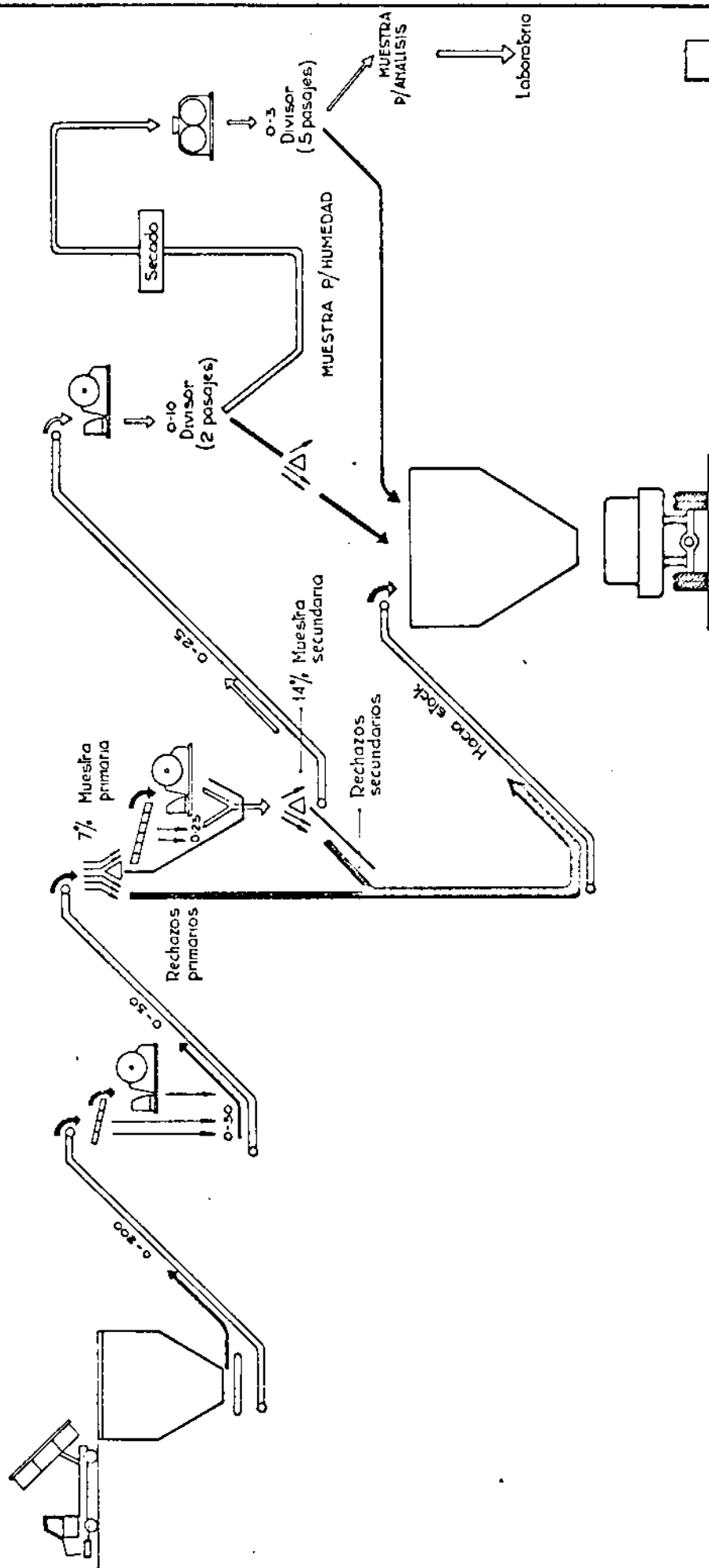


Fig. 21

FABRICA S.I.M.O. - ECARDIERE-

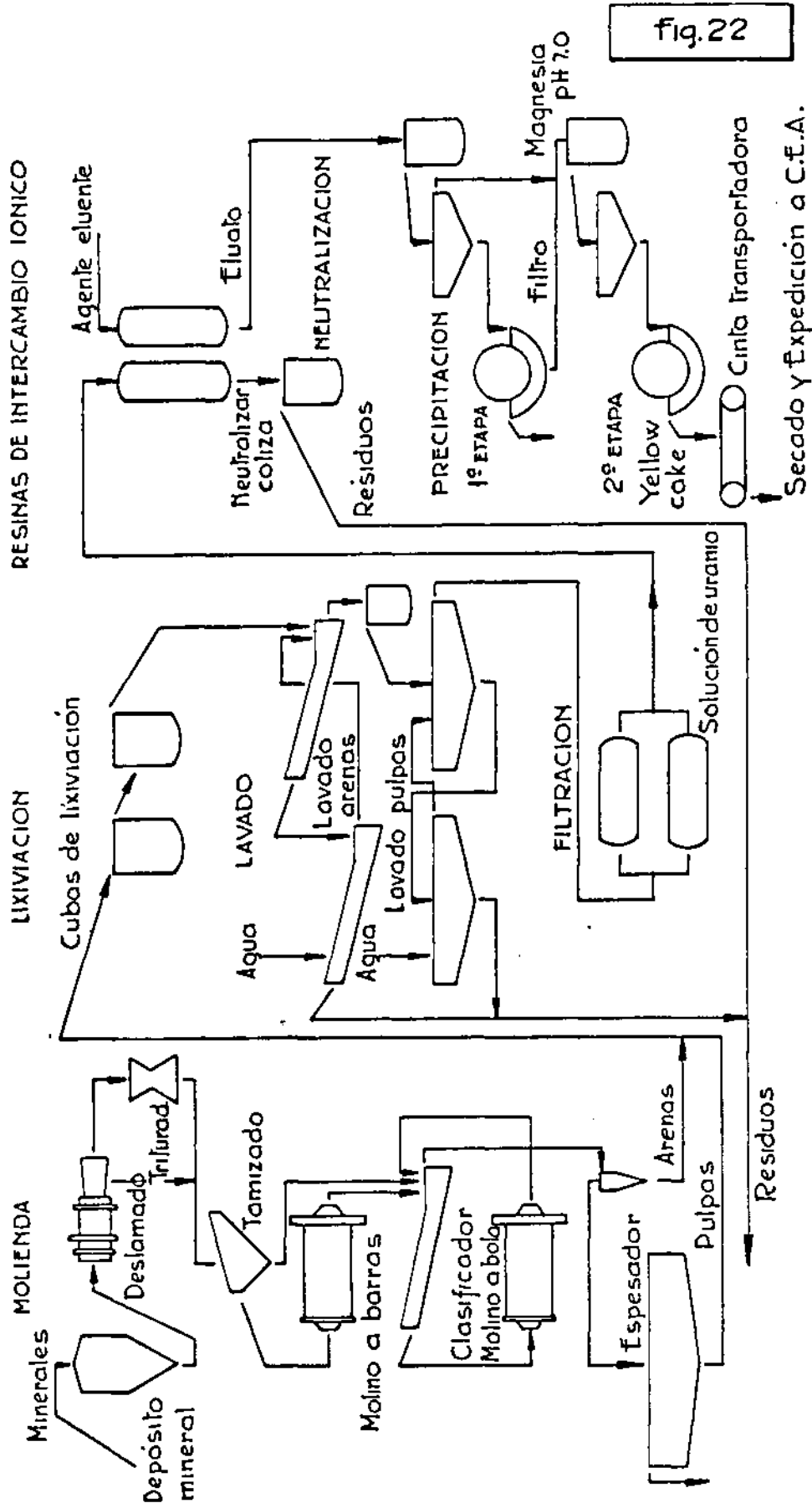
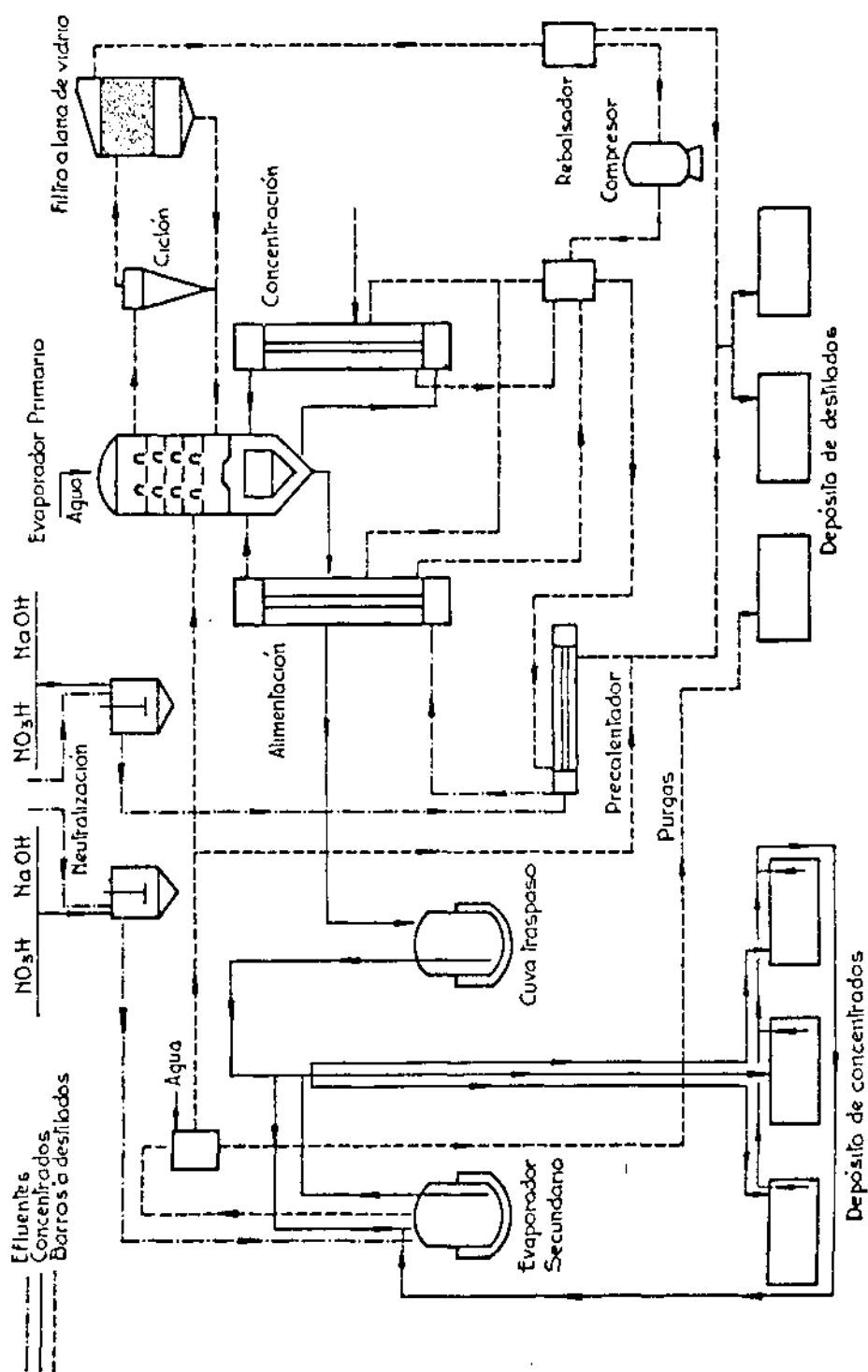


fig.22

TRATAMIENTO DE EFLUENTES: EVAPORACION (CADARACHE)

Fig. 23



TRATAMIENTO DE EFLUENTES: PROCESO QUÍMICO (CADARACHE)

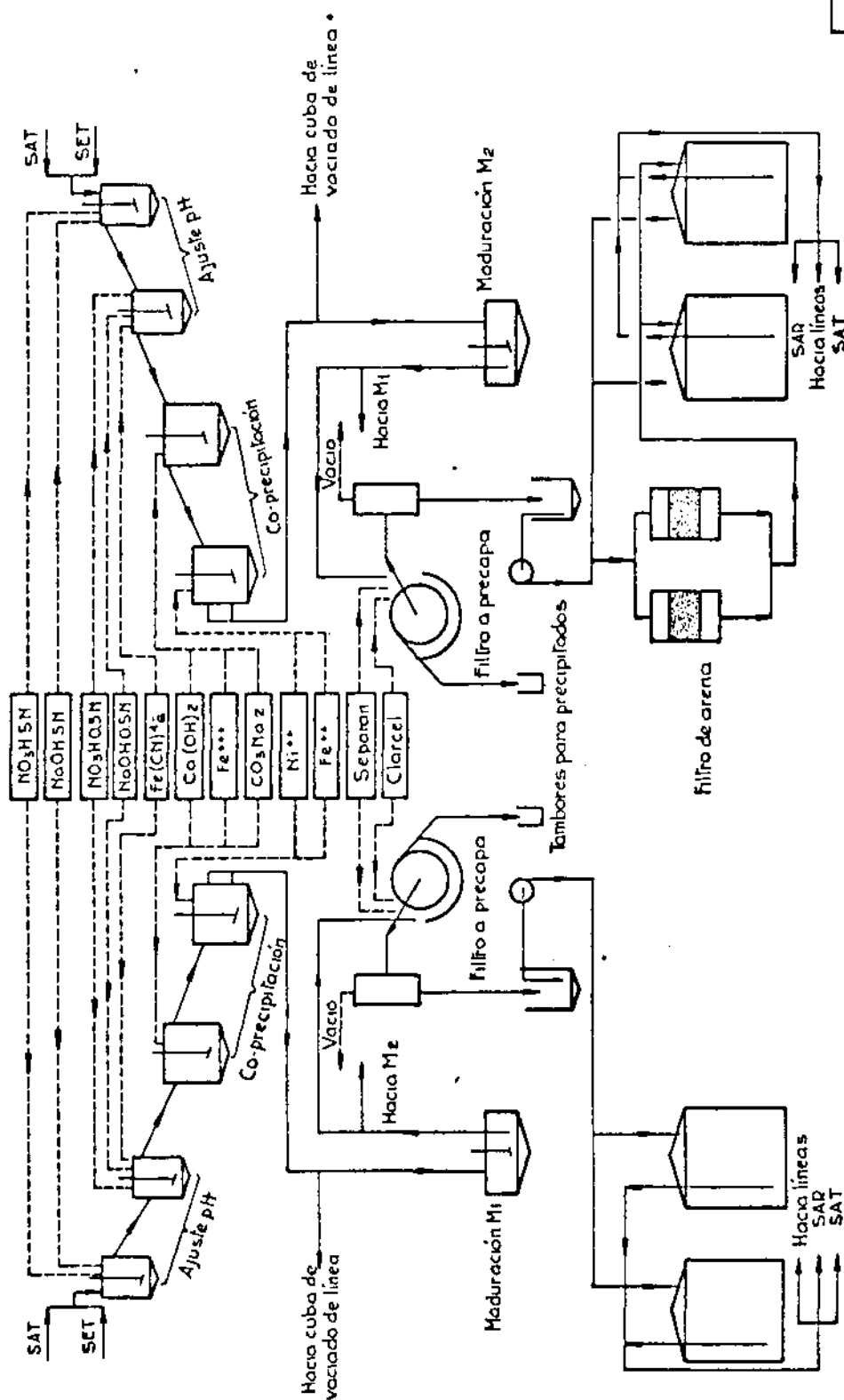


Fig. 24