

# PURIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE MINERAL FELDES-PATICO EXISTENTES EN SILAN (VIVERO-LUGO).

Por Andrés Varela (\*).

INSTITUTO DE MINERALES DE SARGADELOS INTEGRADO EN EL AREA DE XEOLOXIA E MINERIA DEL SEMINARIO DE ESTUDOS GALEGOS.

## RESUMEN

Se ha estudiado el área denominada PENALONGA del yacimiento de mineral feldespático situado al Sur de Vivero en la costa de la provincia de Lugo. El mineral identificado por técnicas analíticas de tipo físico y químico, resultó ser una pegmatita impurificada con micas y turmalina principalmente.

Estas impurezas que acompañan a la pegmatita impiden su aplicación a la cerámica, en especial a las pastas blancas, por lo que se puso a punto una técnica de separación magnética de alta intensidad para el tratamiento y eliminación de estos minerales magnéticos.

La pegmatita purificada ha sido ensayada en pastas de porcelana de uso industrial antes y después de su tratamiento de purificación observándose una mejora en la blancura y una mayor estabilidad durante la vitrificación.

## SUMMARY

The area called PENALONGA belonging to feldspathic mineral deposit of Silán located at South of Vivero (coast of the Lugo province) was studied. The mineral was indentified via physical and chemical analytical techniques, resulting a pegmatite with micas and tourmalines as the main impurities.

These impurities prevent pegmatite of its ceramic application specially in white-ware; for this reason a high intensity magnetic separation techniques was applied for the treatment and elimination of these contaminants.

The purified pegmatite was tested in industrial porcelain bodies before and after purification showing an increase of brightness and better vitrification range.

## 1. ANTECEDENTES GEOLOGICOS Y CARACTERISTICAS DEL YACIMIENTO

### 1.1. Situación geográfica (Fig. 1).

El «Grupo Minero Silán» está situado en la costa de la provincia de Lugo como se puede apreciar en el mapa que se adjunta. Está situado a 22 kms. al Sur de Vivero en plena sierra del Xistral y el yacimiento bordea la carretera local Vivero-Villalba. Se encuentra entre los 450 y 700 m. de altitud.

---

(\*) Este trabajo ha sido desarrollado en colaboración con la Sección de Materias Primas del Departamento de Edafología de la Universidad de Santiago y de D. Carlos R. Baltar, Asesor de Investigación del Instituto.

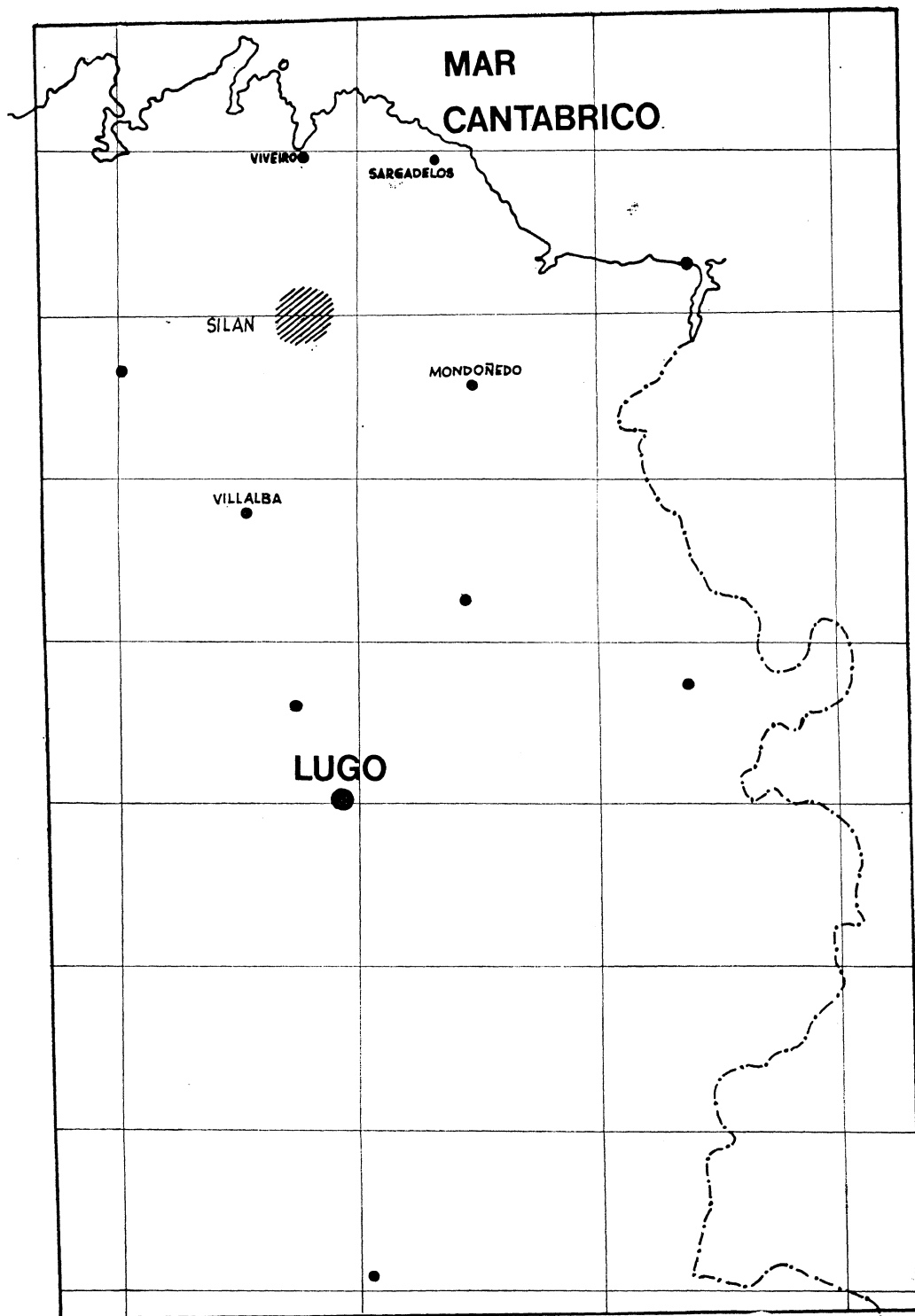


Fig. 1.—Situación geográfica

## 1.2. Características geológicas (1).

El «Grupo Minero Silán» se compone de 800 pertenencias y comprende por lo menos siete filones de pegmatita y aptitas incluidas en las formaciones graníticas y metamórficas de la Sierra del Xistral correspondientes al período Precámbrico dentro del estrato cristalino de Vivero. La dirección de los filones parece ser de N-S y están caracterizados por un acusado paralelismo separados unos 150 m. y con potencias reales que oscilan entre los 8-15 m.

Las reservas supuestas se estiman como seguras 1.500.000 Tm. y como probables un mínimo de 4.000.000 Tm. con una riqueza promedio estimada de

Feldespato ... ..	60 %
Cuarzo ... ..	25 %
Micas, etc. ... ..	15 %

## 2. IDENTIFICACION MINERALOGICA DEL MINERAL EN BRUTO

La zona del yacimiento que se eligió para iniciar el estudio es la denominada PENALONGA. El mineral estaba ya arrancado previamente mediante voladuras superficiales. Se tomó una amplia muestra de rocas, suficientemente representativas del área a investigar, algo más de las 10 toneladas. Las piedras se quebrantaron en una machacadora de mandíbulas y a continuación se redujeron al tamaño de granos en un molino de tipo industrial destinado a la molienda de feldespato.

Todos los ensayos se hicieron referidos a 10 Tm. de mineral molido en un espectro granulométrico concreto.

### 2.1. Análisis químico

Se hicieron 25 determinaciones mediante análisis por absorción atómica y el resultado promedio obtenido fue el siguiente:

Oxidos	%	Desviación
SiO <sub>2</sub>	75,4	1,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,6	0,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,62	0,03
TiO <sub>2</sub>	0,38	0,10
CaO	0,66	0,10
MgO	0,08	0,02
Na <sub>2</sub> O	3,64	0,03
K <sub>2</sub> O	3,64	0,02
P.C.	0,62	0,10

(1) Pegmatites et feldspaths de Galice :G. Vié. L'industrie Ceramique núm. 618. Datos particulares facilitados por el propietario de la concesión.

## 2.2. Difracción de Rayos X

El análisis cualitativo de difracción de rayos X de la muestra (polvo cristalino) indica la presencia de feldespato sódico y potásico además de cuarzo y mica muscovita aunque ésta en menor cantidad. Los minerales minoritarios que por su baja concentración no se detectan por difracción de rayos X se reconocen al microscopio y se identifican turmalina, estaurolita, circón, esfena, clorita, de las cuales la más abundante es la turmalina.

De los difractogramas de rayos X se puede deducir la composición mineralógica en forma semi-cuantitativa. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Anortita ... ..	5 %
Microclina ... ..	22 %
Albita ... ..	30 %
Cuarzo ... ..	35 %
Mica, turmalina ... ..	8 %

## 2.3. Microscopía en lámina delgada

La observación al microscopio de muestras de la roca preparadas en lámina delgada indican que se trata de una pegmatita en la que el mineral dominante es el feldespato potásico, fundamentalmente microclina, los términos sódicos de las plagioclasas (albita), el cuarzo y las micas que se identifican como moscovita. Se observan también turmalinas en menor proporción y algunos cristales de clorita.

Las maclas más frecuentes en los feldespatos son la de la albita y la macla en enrejado de la microclina.

## 2.4. Textura

En general la roca se encuentra contituida por grandes cristales normalmente alotriomorfos salvo los prismáticos de la turmalina.

En algunas zonas se observan el cuarzo y feldespato con textura gráfica. Es frecuente también la presencia de pertitas en las que la albita aparece intercrecida con la microclina.

## 3. JUSTIFICACION DE UN TRATAMIENTO MAGNETICO DE ALTA INTENSIDAD PARA LA PURIFICACION DE LA PEGMATITA

Considerando la posibilidad de purificar estas masas pegmatíticas mediante un tratamiento magnético de alta intensidad vamos a determinar el estado en que se encuentra el hierro en la masa mineral y la susceptibilidad de las distintas especies mineralógicas que componen el todo-uno.

### 3.1. Determinación del estado en que se encuentra el hierro

El fraccionamiento del hierro presente en la pegmatita se realiza por métodos de disolución selectiva con hidrosulfito sódico. Los resultados se ofrecen a continuación:

Hierro total muestra en bruto ...	0,60 % ...	100 %	referido al total		
Hierro en minerales accesorios.	0,50 % ...	83 %	»	»	
Amorfos de hierro ... ..	0,04 % ...	7 %	»	»	
Hierro en la red ... ..	0,06 % ...	10 %	»	»	

De los resultados se deduce que un 83 por 100 del hierro presente podría separarse por un tratamiento de tipo magnético.

El hierro que se encuentra en estado amorfo podría separarse mediante un tratamiento de lixiviación en medio ácido, pero dada su pequeña concentración y el destino prioritario de esta materia prima a aplicaciones de tipo cerámico no se justificaría desde el punto de vista económico.

El hierro restante incluido en la red no se puede extraer de ninguna forma por lo que quedaría en la estructura mineralógica.

### 3.2. Determinación de la susceptibilidad magnética de las distintas especies mineralógicas

Se realizó según el método de Gouy que consiste en determinar la variación de peso que experimenta una sustancia mineral al ser introducida en un campo magnético.

Especie mineralógica	Susceptibilidad magnética
Pegmatita en bruto ... ..	$1,5 \times 10^{-6}$ CGS
Mica ... ..	$24,5 \times 10^{-6}$ »
Turmalina ... ..	$110 \times 10^{-6}$ »

Se comprueba que el valor positivo de la susceptibilidad magnética de la pegmatita corresponde al de una sustancia paramagnética y por lo tanto sólo sería factible su tratamiento por separación magnética de alta intensidad.

## 4. PURIFICACION DEL MINERAL FELDESPATICO

### 4.1. Descripción de la máquina utilizada (Fig. 2).

El equipo separador magnético de alta intensidad «BALTAR» Pat. 279977 está diseñado para la clasificación de minerales granulados en seco.

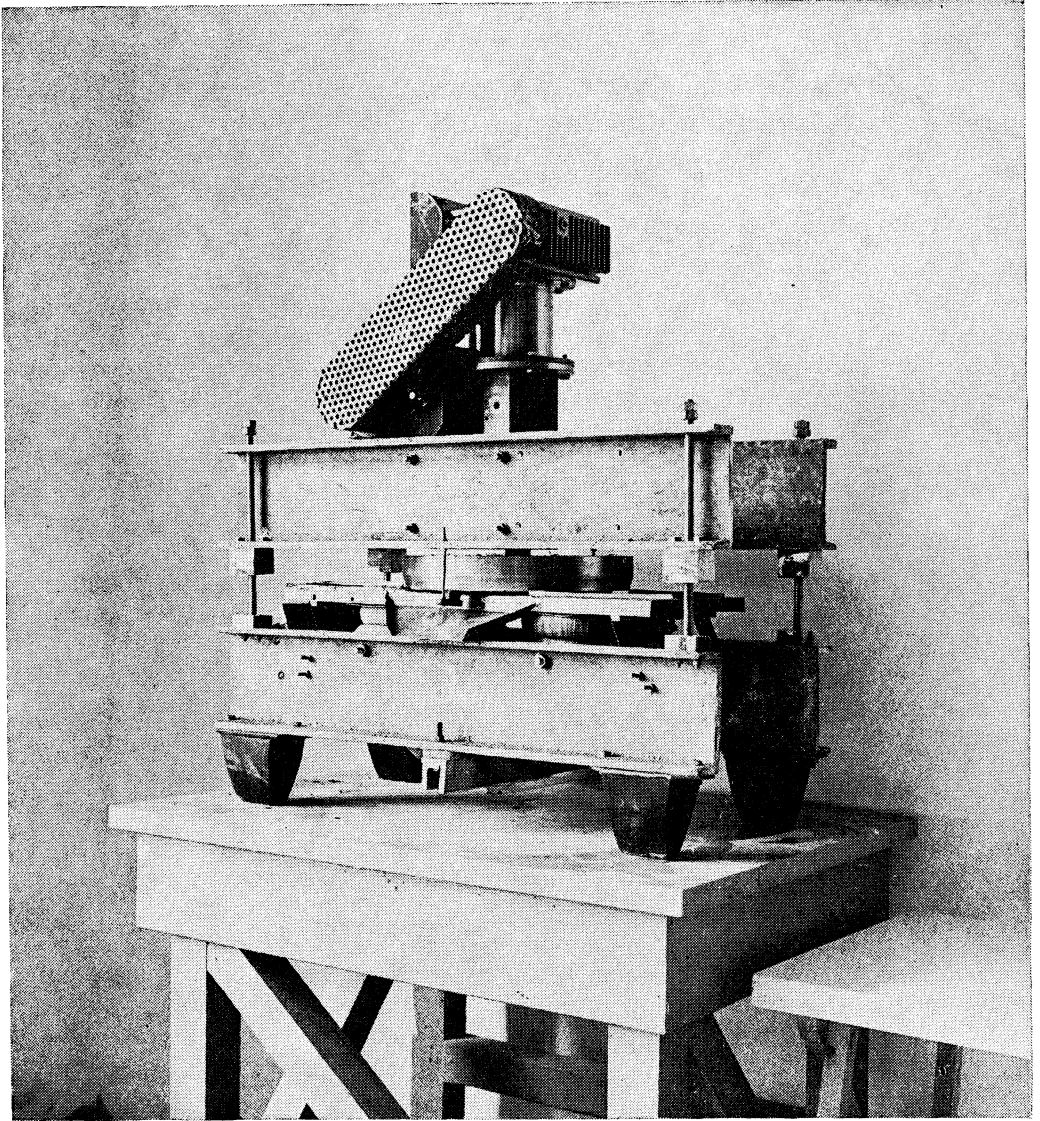


Fig. 2.—Separadora magnética alta intensidad y lecho fluido mod. BALTAR

Consta de dos sistemas diferenciados:

- a) Equipo electromagnético con electroimán semicircular y culata móvil giratoria con la instrumentación de control correspondiente.
- b) Sistema de transporte del mineral a separar por canal vibrante con amplitud y frecuencia de vibración regulables.

Las mejoras que introduce este modelo con respecto a las separadoras magnéticas clásicas son:

- 1.ª) Elimina la banda transportadora del mineral y todo el complejo arrastre de la misma.
- 2.ª) Gracias al empleo de una placa rígida de transporte, se disminuye al máximo el espacio polar dando como resultado un mayor aprovechamiento del flujo magnético.
- 3.ª) Por efecto de la vibración a que se ven sometidas las partículas del mineral a tratar, éstas se distribuyen de modo uniforme sobre la superficie de la placa transportadora, eliminando las acumulaciones y superposiciones que pueden perturbar la selección magnética de las mismas.
- 4.ª) Dado que las partículas del mineral atraviesan el flujo magnético seleccionador en un lecho fluido no estacionario, se encuentran en condiciones óptimas de respuesta al sentido direccional del campo.
- 5.ª) La existencia de la placa metálica vibrante sobre la que se desplazan las partículas, elimina la carga electrostática de las mismas y las existentes entre ellas y las bandas de transporte.
- 6.ª) La selección de las partículas puede realizarse a temperaturas relativamente altas.
- 7.ª) La forma semitoroidal del núcleo del electroimán permite emplear materiales de alta permeabilidad magnética disponiéndolos en las mejores condiciones de transmisión del flujo. El diseño de aristas en el núcleo elimina la dispersión magnética dando como resultado la máxima concentración de flujo en el espacio polar.
- 8.ª) El equipo es muy ligero y compacto.

#### **4.2. Preparación de la muestra**

De la roca en bruto que hemos quebrantado para reducir su tamaño mediante una quebrantadora de mandíbulas seleccionamos lotes de 10 kg. que pasamos por un molino de laboratorio de palas, tipo RETSCH en el que se prueban diversas rejillas para conseguir espectros granulométricos variados. El tamizado se efectúa por vía seca mediante un prototipo de tamizadora diseñado con tal fin y que describiremos a continuación.

La granulometría media resultante que se eligió para realizar los diversos ensayos de tratamiento fue la siguiente:

Fracción I	...	...	...	...	— 1 mm. + 0,500 mm.	...	...	...	11 %
» II	...	...	...	...	— 0,500 mm. + 0,250 mm.	...	...	...	52 %
» III	...	...	...	...	— 0,250 mm. + 0,100 mm.	...	...	...	21 %
» IV	...	...	...	...	— 0,100 mm.	...	...	...	16 %

## 5. TRATAMIENTO DE LAS DISTINTAS FRACCIONES GRANULOMETRICAS PARA SU PURIFICACION

Se trata de estudiar la efectividad de la separación magnética y ver cómo va evolucionando al ir modificando alguna de las variables que actúan sobre el proceso, tales como la temperatura de paso del mineral, y la variación de la intensidad del campo magnético. En la siguiente tabla indicamos los resultados obtenidos, así como las variaciones efectuadas.

**Tabla. RENDIMIENTOS CUANTITATIVOS DEL TRATAMIENTO MAGNETICO**

Fracción	%	No Magnéticos (grs.)	%	Magnéticos derecha (grs.)	%	Magnéticos izquierda (grs.)	%
I	10,5	1.000	92,2	77	7,1	7	0,6
II	53,5	5.000	93	340	6,3	35	0,7
III	20	1.850	96	60	3,1	20	1
IV	16	1.500	98,5	16	1	8	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>9.350</b>	<b>94,3</b>	<b>493</b>	<b>5</b>	<b>70</b>	<b>0,7</b>

OBSERVACIONES: Se pasa el mineral en frío. Intensidad de campo en la referencia 3,2 amp. de los controles de la máquina.

I	17	1.400	91,7	114	7,5	12	0,8
II	69	6.100	94	317	4,9	70	1,1
III	6	500	95,5	17	3,3	6	1,1
IV	8	660	98,5	8	1,2	1,5	0,2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>8.660</b>	<b>94</b>	<b>456</b>	<b>5</b>	<b>89,5</b>	<b>1</b>

OBSERVACIONES: Se pasa el mineral en caliente. 50-60° C. La intensidad de campo igual que la vez anterior.



Fracción	%	No Magnéticos (grs.)	%	Magnéticos derecha (grs.)	%	Magnéticos izquierda (grs.)	%
I ... ..	12	1.050	96	96	8,4	3	0,3
II ... ..	52	4.650	92	375	7,4	22	0,4
III ... ..	22,5	1.950	94,4	108	5,2	7	0,3
IV ... ..	13,5	1.300	98,2	19	1,4	5	0,4
TOTAL ... ..	100,0	8.950	93,4	598	6,2	37	0,4

OBSERVACIONES: Se pasa el mineral en frío. La intensidad de campo en la posición máxima que permite este prototipo.

De cada fracción separada se hacen probetas de fusión tanto de los magnéticos como de los no magnéticos y se pasan por un horno de tipo industrial para controlar la efectividad de la separación por la coloración marrón-rojiza que imparten los minerales magnéticos. El resultado de las distintas probetas controladas se ha agrupado para poder sacarle una fotografía en conjunto en la que se observan las diferencias (Fig. 3).

### 5.1. Interpretación de los resultados obtenidos

Comparando los datos en conjunto vemos que en cada tabla se repite la disminución de los porcentajes de los magnéticos a medida que va disminuyendo la granulometría. Esto en principio indica una acumulación de los minerales magnéticos en las fracciones gruesas lo que en el caso de las micas es lógico porque son difíciles de moler a causa de su estructura laminar.

La efectividad de la máquina de separación la podemos considerar de muy buena ya que en una sola pasada el mineral sale limpio cuando trabajamos a la máxima intensidad de campo que permite y ya incluso en frío. Esta apreciación la tenemos de la observación de las probetas vitrificadas que también nos están indicando que para las fracciones granulométricas que hemos elegido los minerales a separar se encuentran completamente liberados de la masa pegmatítica.

El porcentaje medio de minerales magnéticos separados en las distintas condiciones oscila entre un 5,7-6,6 por 100 que coincide bastante bien con los resultados obtenidos por vía experimental.

Considerando los resultados en función de la intensidad que pueda ejercer la intensidad de campo no vemos una diferenciación notable para los valores a los que hemos trabajado, pero por otra parte no nos interesa seguir bajando el campo porque ya en el ensayo de intensidad de campo 3,2 observamos cómo la fracción I presenta ya diferencias apreciables.

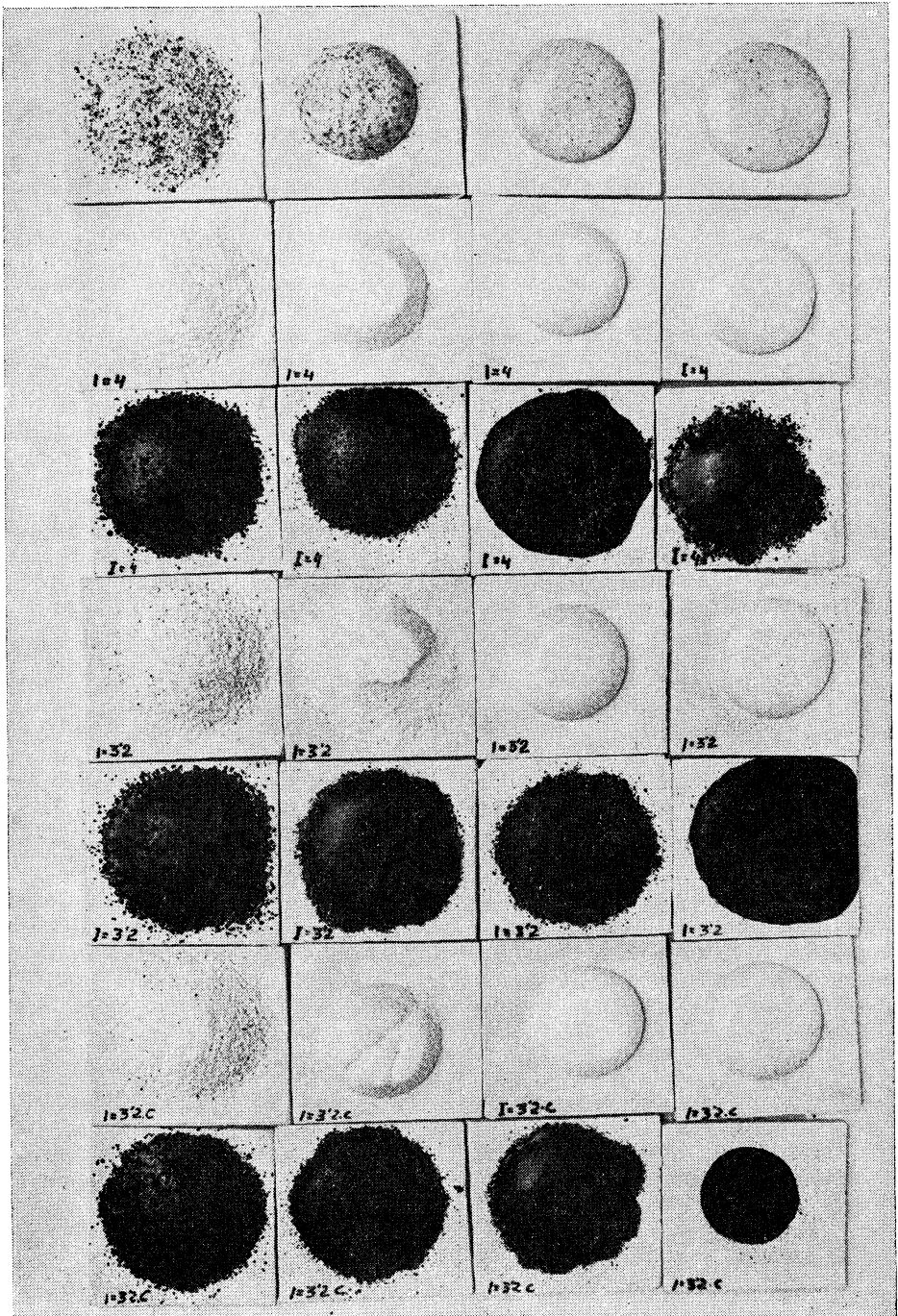


Fig. 3.—Probetas vitrificadas antes y después de la separación magnética. Las muestras oscuras corresponden a los minerales magnéticos

## 5.2. Caracterización de las distintas fracciones separadas en el tratamiento magnético

La máquina separa tres fracciones. Una de ellas son los minerales no-magnéticos que no son atraídos por el campo y salen del mismo sin desviar su trayectoria. Otra corresponde a los minerales magnéticos que son atraídos a la entrada del campo y constituyen la fracción derecha. Visualmente se observa la preponderancia de las micas con turmalina. Una tercera, corresponde a partículas que son atraídas a la salida del campo y corresponden a la fracción magnética de la izquierda. Visualmente también, se observa la preponderancia de las micas con algo de turmalinas, pero el tamaño de las partículas es sensiblemente menor que en la fracción anterior.

En consecuencia el paso siguiente a dar será la identificación de estas dos fracciones magnéticas.

### 5.2.1. Caracterización de las fracciones magnéticas

#### 5.2.1.1. Análisis químico de las micas

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Fracción derecha	44	29	4,5	0,04	0,63	8,3	0,64	4,8
» izquierda	44,5	31,5	4,2	0,07	0,68	9,1	0,68	4,8

#### 5.2.1.2. Propiedades físicas de las micas

	Densidad	Susceptibilidad magnética
Fracción derecha ... ..	2,50 gr/cc	$2,45 \times 10^{-6}$ CGS
» izquierda ... ..	2,90 »	$21,5 \times 10^{-6}$ »

En los análisis químicos observamos una gran semejanza por lo que se deduce que se trata de la misma especie mineralógica. Hay que hacer notar el alto contenido de potasio que tienen y que hará que disminuya el potasio en la fracción no magnética.

También la susceptibilidad magnética es muy semejante lo que nos confirma en lo anteriormente dicho. Sin embargo la densidad nos ofrece una variación de relativa importancia. Las micas que se separan en la parte derecha, a la entrada en el campo magnético, tienen menor densidad que las que lo hacen en el lado izquierdo cuando el mineral sale del campo. Consecuentemente al tener una menor densidad se hacen menos intensas las fuerzas gravitatorias y más preponderantes las fuerzas de atracción del campo magnético y por ello estas micas son atraídas con prioridad.

Por lo que respecta a las turmalinas su caracterización por rayos X indica que se trata de una especie mineralógica pura que por su elevada susceptibilidad magnética queda ya atraída y en consecuencia separada prioritariamente al entrar en el campo magnético. En este caso juega un papel preponderante el tamaño de las partículas.

## 5.2.2. Caracterización de la fracción no magnética

### 5.2.2.1. Análisis químico

Oxidos	%
SiO <sub>2</sub> ... ..	78,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	13,52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0,10
TiO <sub>2</sub> ... ..	tz
CaO ... ..	0,73
MgO ... ..	0,05
K <sub>2</sub> O ... ..	3,20
Na <sub>2</sub> O ... ..	3,74
P.C. ... ..	0,26

### 5.2.2.2. Identificación semicuantitativa por difracción de rayos X

Feldespatos ... ..	63 %
Cuarzo ... ..	37 %

### 5.2.2.3. Determinación de la susceptibilidad magnética

—  $0,2 \times 10^{-6}$  CGS que corresponde a una sustancia diamagnética.

## 6. COMPORTAMIENTO DE LA PEGMATITA ANTES Y DESPUES DE SER PURIFICADA EN LAS PASTAS CERAMICAS. ESTUDIO COMPARATIVO

El objetivo de esta comparación es observar en forma práctica las diferencias que puedan existir al introducirlas en una composición típica de porcelana triaxial. Para mayor verosimilitud hemos reproducido la que venimos utilizando normalmente en fábrica.

### 6.1. Composición

Composición	I	II
Caolín ... ..	62 %	62 %
Cuarzo ... ..	20 %	20 %
Pegmatita bruta ... ..	18 %	—
Pegmatita purificada ... ..	—	18 %

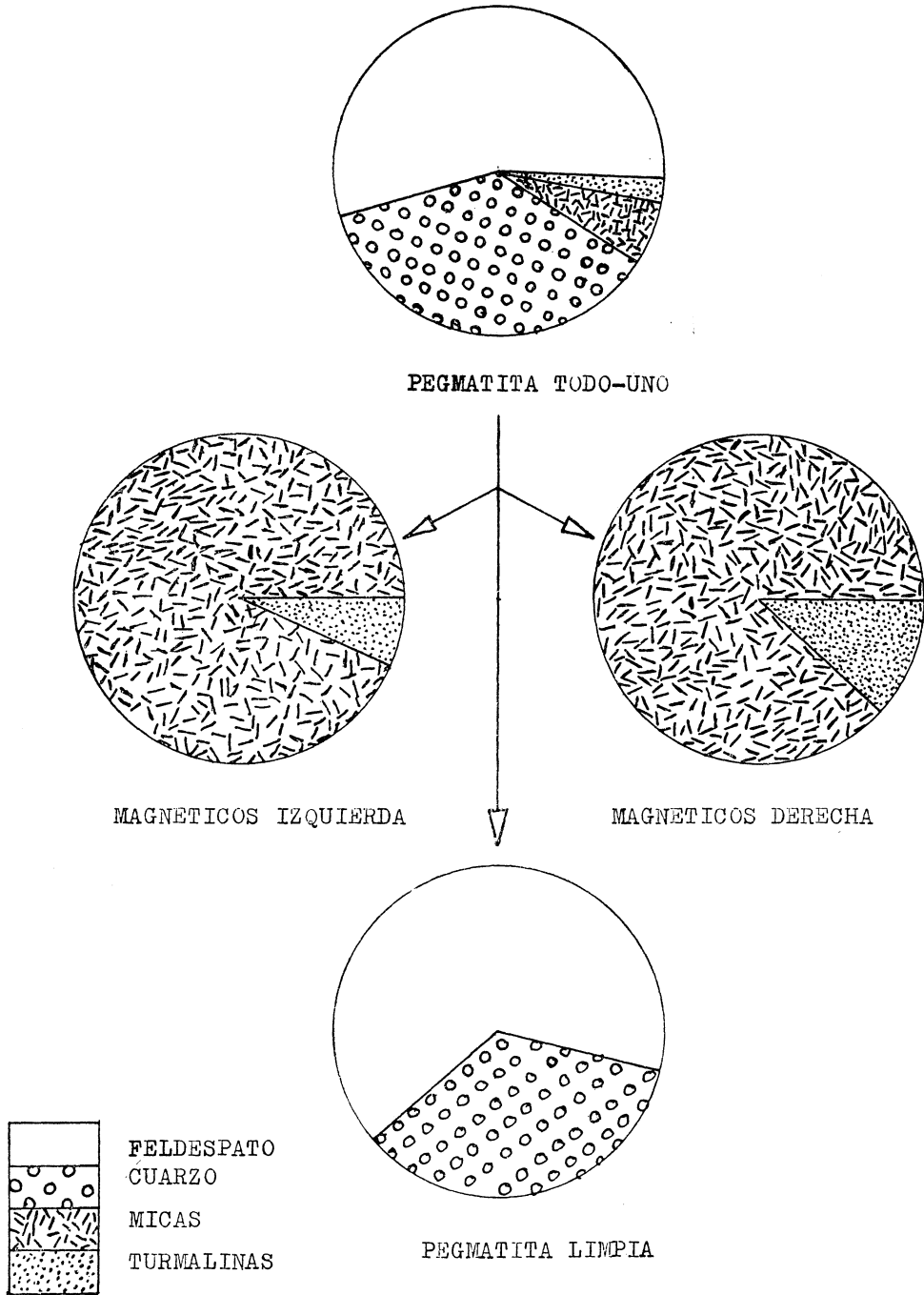


Fig. 4.—Esquema mineralógico de la separación magnética

El caolín y el cuarzo proceden del lavado del caolín de Fazouro que se realiza en Burela.

Se parte en ambos casos de 2 kgr. de carga total a la que añadimos el 50 % de agua y 5 c. c. de  $\text{SiO}_3\text{Na}_2$  comercial que actúa de defloculante. Estas composiciones se muelen en jarros de esteatita durante 40 horas.

## 6.2. Características físicas

Granulometría	I	II
Residuo 74 micras	1 %	0,6 %
» 44 »	8 %	8 %
Contracción		
Verde - Seco	4 %	4 %
Seco - Cocido	10 %	10 %
Módulo de Rotura (Kg./cm <sup>2</sup> )		
Absorción de agua (%)	1	1,5

Podemos apreciar que las variaciones no son muy acusadas. La granulometría presenta en el tamiz de las 74 micras un aumento en el residuo de la pegmatita sin purificar que identificado con la lupa estereoscópica resulta ser en su totalidad micas. Esto en principio parece lógico pues las micas en medio acuoso son difíciles de moler ya que flotan debido a su forma laminar. Este dato tiene su importancia económica pues la purificación de la pegmatita nos va a permitir reducir las horas de molienda con el consiguiente ahorro energético.

El módulo de rotura es ligeramente más alto en la composición purificada pero no está claro el papel que puedan jugar las micas en esta variación.

## 6.3. Medida de la blancura

A la vista de estos resultados que son menos espectaculares que el ver las probetas del mineral feldespático vitrificadas vamos a medir la blancura de las pastas cerámicas a iguales horas de molienda. La preparación de las pastas fue igual que la vez anterior y la determinación de la blancura se hizo con un aparato PHOTOVOLT.

Las probetas crudas se secaron y tamizaron por un tamiz de 0,250 mm. de luz de malla y a continuación se prensaron unas pastillas de 50 mm. de diámetro por 5 mm. de grueso sobre las que se determinó directamente la blancura.

En la siguiente tabla ofrecemos los resultados obtenidos.

## COMPOSICION I

Horas molienda	Residuo (%)		Blancura (%)	
	74	44	crudo	cocido
5	26	5	79	79
10	15	13	79	80
15	10	6	80,5	81
20	3	8	81	81

## COMPOSICION II

5	21	10	79,5	81,5
10	7	19	80	82,5
15	5	8	82	84
20	1	3	82,5	84

Observamos en los valores de esta tabla que por lo que respecta a la composición hecha con la pegmatita sin purificar hay muy poca variación. Sin embargo sí la hay en lo referente a las muestras purificadas. La ganancia de blancura es de casi 3 puntos. La explicación hay que buscarla a que antes del tratamiento el mineral feldespático irá acompañado de micas y turmalinas que al fundir y debido a su alto contenido de hierro imparten una coloración marrón-rojiza característica que resta blancura a las pastas cerámicas.

También se aprecia un aumento de la blancura al ir aumentando las horas de molienda y más acusado en la composición purificada como consecuencia del aumento de la fase vítrea por aumentar el contacto entre partículas.

## 7. CONCLUSIONES

1.ª Se estudia una zona del yacimiento de Silán (Vivero-Lugo) denominada PENALONGA y se identifica el mineral feldespático como una pegmatita de composición:

Feldespatos ... ..	57 %
Cuarzo ... ..	35 %
Mica, turmalina, etc. ...	8 %

El contenido en hierro es de un 0,62 % expresado como óxido.

2.ª Se propone para la purificación de esta pegmatita un tratamiento magnético como consecuencia de los resultados obtenidos en la determinación del estado del hierro y los valores de la susceptibilidad magnética del todo uno.

3.<sup>a</sup> Utilizamos para este tratamiento una separadora magnética tipo «BALTAR» de alta intensidad y lecho fluido cuya eficacia de separación puede considerarse como muy buena a la vista de los resultados de las probetas cocidas en un horno de tipo industrial.

4.<sup>a</sup> Hubo necesidad de diseñar y construir una tamizadora de pulsación regulable para el estudio de las granulometrías óptimas de liberación de las impurezas.

5.<sup>a</sup> Se realizó un ensayo semi-industrial de purificación que dio como resultado promedio la separación de un 6,5 % de minerales magnéticos fundamentalmente mica y turmalina de diversas granulometrías.

6.<sup>a</sup> La pegmatita purificada resultante del tratamiento tiene la composición:

Feldespatos ... ..	63 %
Cuarzo ... ..	37 %

El contenido en hierro se rebajó de un 0,62 % a un 0,10 % y el contenido en álcalis es  $K_2O = 3,20 \%$  y  $Na_2O = 3,74 \%$ .

7.<sup>a</sup> La susceptibilidad magnética es negativa lo que nos habla de una sustancia diamagnética.

8.<sup>a</sup> Se estudia el comportamiento de la pegmatita antes y después de ser purificada en una composición de porcelana de uso industrial. Observamos que las pastas con la pegmatita tratada aumentan la blancura en tres puntos o lo que es igual un 15 por 100 respecto a la sin tratar.

9.<sup>a</sup> Dado que con este tratamiento se ha llegado a obtener dos especies mineralógicas definidas queda dispuesta esta pegmatita para ser enriquecida mediante la separación cuarzo-feldespatos según un tratamiento adecuado lo que constituirá la 2.<sup>a</sup> fase de este Plan de Investigación.

Sargadelos, 1 de diciembre 1979