

ACTUALIZACION Y MEJORA DEL ARCHIVO DE  
ROCAS INDUSTRIALES GALICIA

TOMO II DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA



GEOTEHIC, S.A.  
INGENIEROS CONSULTORES

**5**

OTROS ENSAYOS E INFORMES  
COMPLEMENTARIOS

10615

ESTUDIO ECOLOGICO Y GRANULOMETRICO  
DE LAS ARENAS DEL RIO MIÑO  
(ZONA DE TUY)

## I N D I C E (\*)

1. GENERALIDADES
2. METODOLOGIA
3. MEDIDAS DE TURBIDEZ Y SEDIMENTACION
4. ESTUDIO ESTADISTICO DEL PROBLEMA
5. CONCLUSIONES GENERALES

(\*) *Se ha procurado la transcripción literal del informe, sobre todo para los apartados más útiles al estudio litológico y granulométrico del aluvial.*

## 1.- GENERALIDADES

Este estudio ha sido amablemente cedido a los técnicos de este Proyecto, por los concesionarios de las areneras del Río Miño. Desde aquí manifestamos nuestro agradecimiento hacia ellos, no sólo por este motivo, sino también por el de su cordial amabilidad con todos nosotros durante las jornadas de campo compartidas con ellos.

A continuación transcribimos las partes que, a nuestro juicio, sirven de complemento al estudio global que hemos realizado de las graveras y areneras del Miño.

### 1.1.- ESTUDIO DE LA BATIMETRIA DE LA ZONA DE MUESTREOS

Las profundidades de la zona de operaciones, han sido realizadas personalmente en Agosto mediante una sonda de profundidad, obteniéndose las siguientes cifras en localizaciones estratégicamente tomadas como representativas:

Zona del "Mal Paso": profundidad 1º: 3,35 metros.

Zona del "Mal Paso": profundidad 2º: 3,50 metros.

Zona del "Mal Paso": profundidad 4º: 5,00 metros.

Zona del "Mal Paso": profundidad 5º: 5,00 metros.

Zona del "Mal Paso": profundidad 3º: 4,55 metros.

Esto lleva a una primera conclusión:

La profundidad media donde se sitúan los barcos para bombear arena es de **4,28 metros**.

### 1.2.- ANALISIS DE TEMPERATURA Y pH

Tenia interés medir el pH o mejor dicho las diferencias de pH que pudieran haber ya que pueden ser un indicativo de fermentación anómalas. Así mismo se aprovechó la ocasión para comprobar la diferencia de temperatura que podría haber entre el fondo —zona de trabajo de las bombas— y la superficie del Río.

Los datos obtenidos fueron:

DIAS	Temperatura superficial	Temperatura de fondo	Diferencia
22-8	17,5 °C	16,5 °C	1 °C
23-8	17 °C	16 °C	1 °C
26-8	18 °C	17,5 °C	0,5 °C
29-8	18 °C	17 °C	1 °C
30-8	18 °C	17 °C	1 °C
31-8	17,5 °C	17 °C	0,5 °C

Temperatura media en superficie: 17,5°C.

Temperatura media en profundidad: 16,8°C

Como era de esperar son —véase gráfico— totalmente paralelas las diferencias de temperatura entre la superficie y el fondo o zona de trabajo.

Así mismo no se nota diferencias entre la temperatura del agua (superficie y fondo) cuando están paradas o funcionando las bombas areneras.

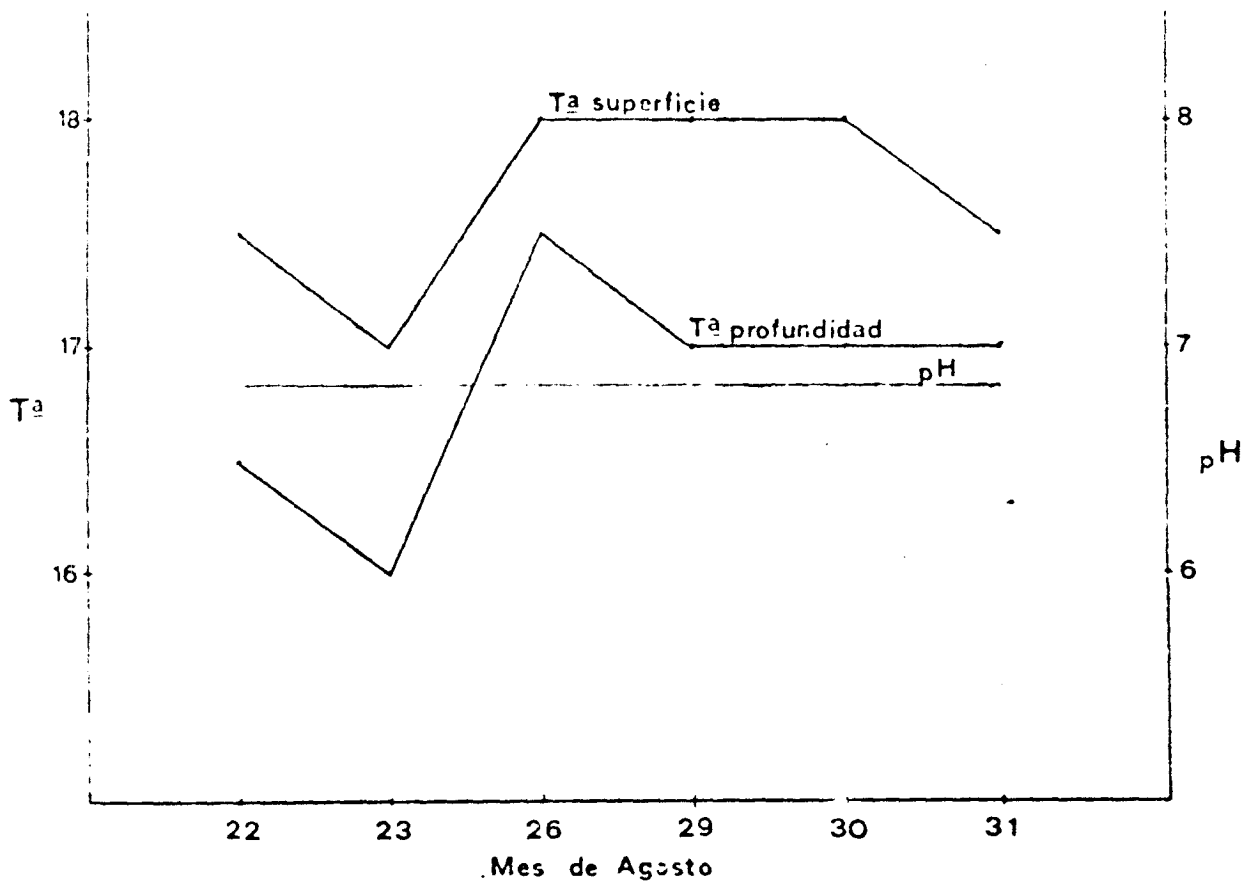
En concreto: el trabajo de las bombas no influye en la temperatura del Río Miño.

Las mediciones de pH en distintas muestras de agua no acusaron variaciones con un constante (y diríamos normal en Rías Gallegas) de 6,8, explicado por el carácter ácido de los suelos gallegos.

DIAS	pH
22-8	6,8
23-8	6,8
26-8	6,8
29-8	6,8
30-8	6,8
31-8	6,8

Gráficas de las Isotermas de superficie y profundidad:

Idem de mediciones de pH, con relación a día de muestreo:

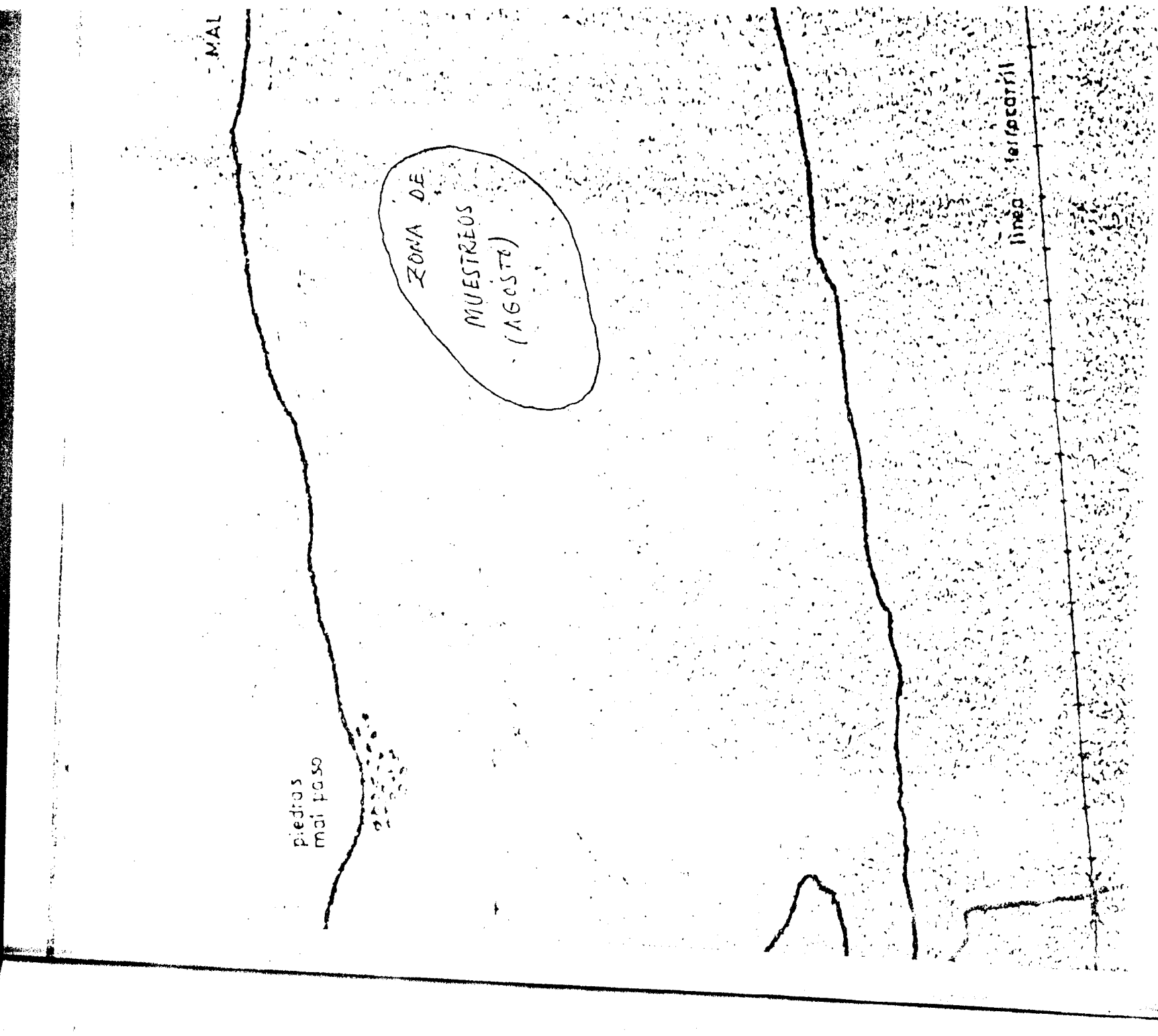


MAL

piedras  
mal paso

ZONA DE  
MUESTREOS  
(AGOSTO)

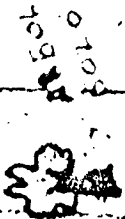
línea ferrocarril



MAL PASO

A DE

OS



POLO  
POLO

SEGADÃES

línea telefónica



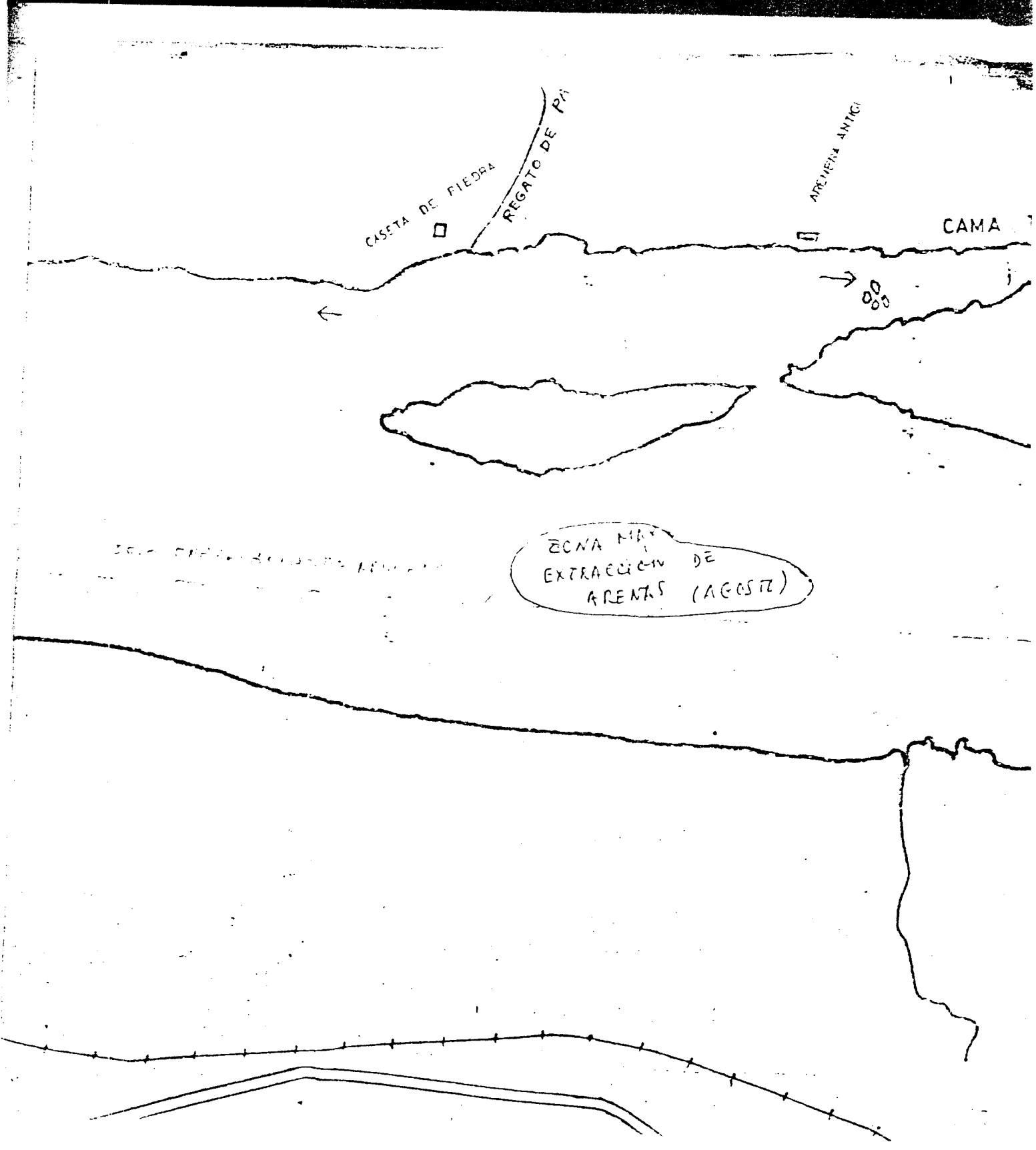
CASETA DE PIEDRA

REGATO DE PVA

ARENERIA ANTICI

CAMA

ZONA MAS  
EXTRACCION DE  
ARENAS (AGOSTO)



ARENERA ANTIGI

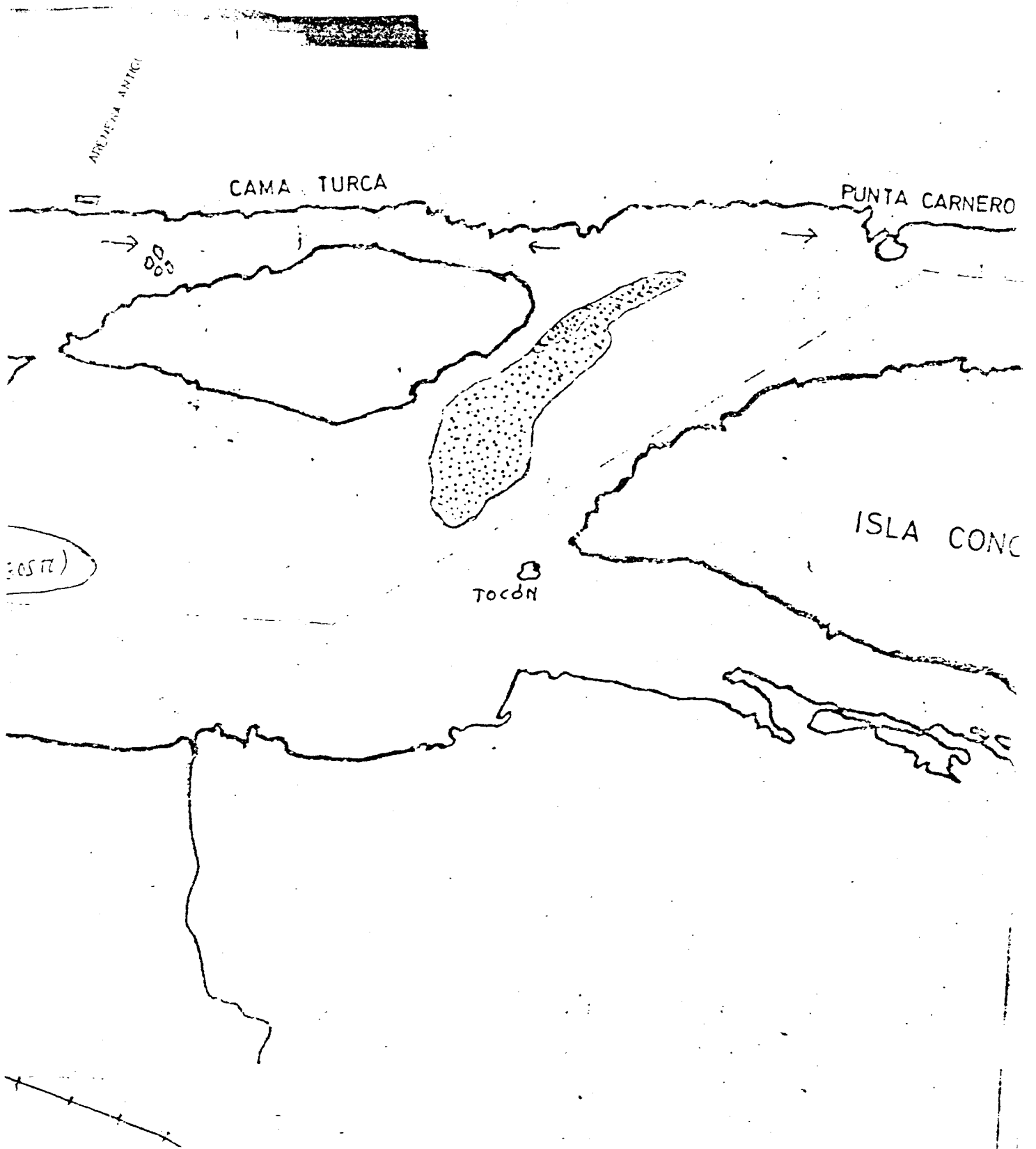
CAMA TURCA

PUNTA CARNERO

ISLA CONCO

TOCÓN

(1750)



### 1.3.— VELOCIDAD DE LA CORRIENTE

Tomando como referencia orientativa objetos flotantes y puntos fijos, se calculó la velocidad superficial del Río en la zona de trabajo: entre 10—19 metros/minuto.

### 1.4.— CONCLUSIONES DE CARACTER GEOGRAFICO

1º.— Como en la zona que están trabajando tiene:

Superficie de agua (m <sup>2</sup> )	Volumen estático (m <sup>3</sup> )
168.329 m <sup>2</sup> (Guillarrey)	706.981 m <sup>3</sup> (Guillarrey)
343.332 m <sup>2</sup> (Tuy)	1.441.996 m <sup>3</sup> (Tuy)

Siendo la distancia a la próxima Arenera de casi 8 Km. (7.900 m.).

Esto explica por qué el trabajo de las bombas no modifican las condiciones físicas del agua, siendo constantes las mediciones hechas de pH y variaciones de temperatura.

2º.— Se ha observado que en la zona del "Mal Paso", se forman promontorios de arena que no favorecen la navegación, ni migraciones de peces. Frecuentemente sitúan en ellos la bomba de toma de arena.

### 2.0.— FORMA DE REALIZAR LOS MUESTREOS

Por rigor científico no se consideraba representativo el muestreo a la llegada de los barcos y tolvas de almacenamiento de arena, que se sabe fue utilizada en otros casos.

Por ello se decidió realizarlo personalmente en los barcos, controlando el trabajo en los lugares de extracción y de modo más concreto las aguas que rebosan de los depósitos, que tienen los barcos.

Como material básico se utilizaron tamices ingleses calibrados, modificados a las condiciones de abordó. El control se hizo durante todo el proceso y con el fin de llegar a detectar partículas de hasta 1 mm<sup>2</sup> de superficie de malla, que se considera suficiente para la captura de alevines y huevos de peces.

En determinados casos causó objeciones el gran volumen de agua, pero esto no altera la representatividad de los muestreos.

En las primeras fases del filtrado quedaba la parte vegetal, restos del arrastre. No se identificaron algas fluviales.

Al mismo tiempo periódicamente se tomaban muestras para determinar la turbidez y, sedimentación, etc., (como la velocidad de sedimentación es en relación al cuadrado del tamaño de la partícula, esto daba una idea de la característica de los sólidos en suspensión.

## IDENTIFICACION DE ESPECIES EN EL RIO MINO

Especies encontradas	Citadas como frecuentes pero no encontradas	Nombre científico	Observaciones
<b>PECES:</b>			
Anguila		<i>Anguilla anguilla</i> L.	Viene del mar en forma de <b>anguila</b>
	Barbo	<i>Barbus barbus</i> L.	Pasa toda su vida en los ríos.
Lamprea de Río		<i>Lampetra fluviatilis</i> L.	Proviene del mar para realizar la puesta.
Lamprea marina		<i>Petromyzon marinus</i> L.	Es comestible, proviene del mar para realizar la puesta.
Lampreña		<i>Lampetra planeri</i> Bloch	Pasa toda su vida en los ríos.
	Mugil	<i>Mugil capito</i> Cuvir y Val	Penetra en los ríos y lagoa para alimentarse pero proviniendo del mar.
	Trucha común	<i>Salmo trutta</i> L.	Nunca emigra al mar.
	Salmón del Atlántico	<i>Salmo salar</i> L.	Emigra al río para realizar la puesta.
Solla o Platija		<i>Platichthys flesus</i> L.	Realiza la puesta en el mar.
<b>MOLUSCOS:</b>			
Almeja de río		<i>Unio pictorum</i> L.	Especies semejantes se extraen perlas.
Bígamos		<i>Limnea truncatula</i> L.	Sin interés comercial.
Gamaruxos		Littorinas (diferentes especies)	Sin interés comercial.
<b>CRUSTACEOS:</b>			
Pulga de río grande		<i>Asellus acuaticus</i> L.	Sin interés comercial
Pulga de río pequeña		<i>Gammarus</i>	Sin interés comercial.

Se hicieron medidas de salinidad en las primeras muestras y al identificarlas como la del 23 por ciento o de río, sin influencia de mareas, no se prosiguieron los análisis. Concretamente agua dulce.

Al mismo tiempo que se controlaban las aguas, tenían especial interés ver gravas y cantos rodados ya que el salmón desova en fondos de este tipo, aunque los salmónidos inferiores suelen realizar sus desoves en zonas de grava más fina y arena, pero a menores profundidades de las muestreadas.

Por las condiciones de trabajo (75 por ciento de agua) las bombas no absorben cantos rodados, aunque eventualmente aparecen grava, en los momentos finales de la extracción, que se identifica fácilmente en la capa superior de los depósitos de los barcos.

La turbidez realizada mediante sistema Sacchi (por popularidad), confirma las finas partículas en suspensión que surte producto del movimiento de aguas y fondos; esto aconsejó prestar atención a las cortinas de agua según se detalla en páginas siguientes.

## 2.1.— IDENTIFICACION DE ESPECIES DE EL RIO MIÑO

Mucho más importante que las medidas físicas tenía el estudio de la Fauna.

Cuadro de especies encontradas, citadas pero no encontradas y con el nombre científico correspondiente; de las de mayor interés turístico—pesquero.

## 2.2.— GRANULOMETRIA DE LAS MUESTRAS DE ARENA

Con las tradicionales normas para tomar una muestra representativa, se separan de las Areneras:

VICTO — ADON y CAMILO — CRISOSTOMO — SERAFIN  
arena que se analizó granulométricamente según las normas de la "América Noundry Association", cuyos resultados quedan reseñados comparativamente en el diagrama que se incluye:

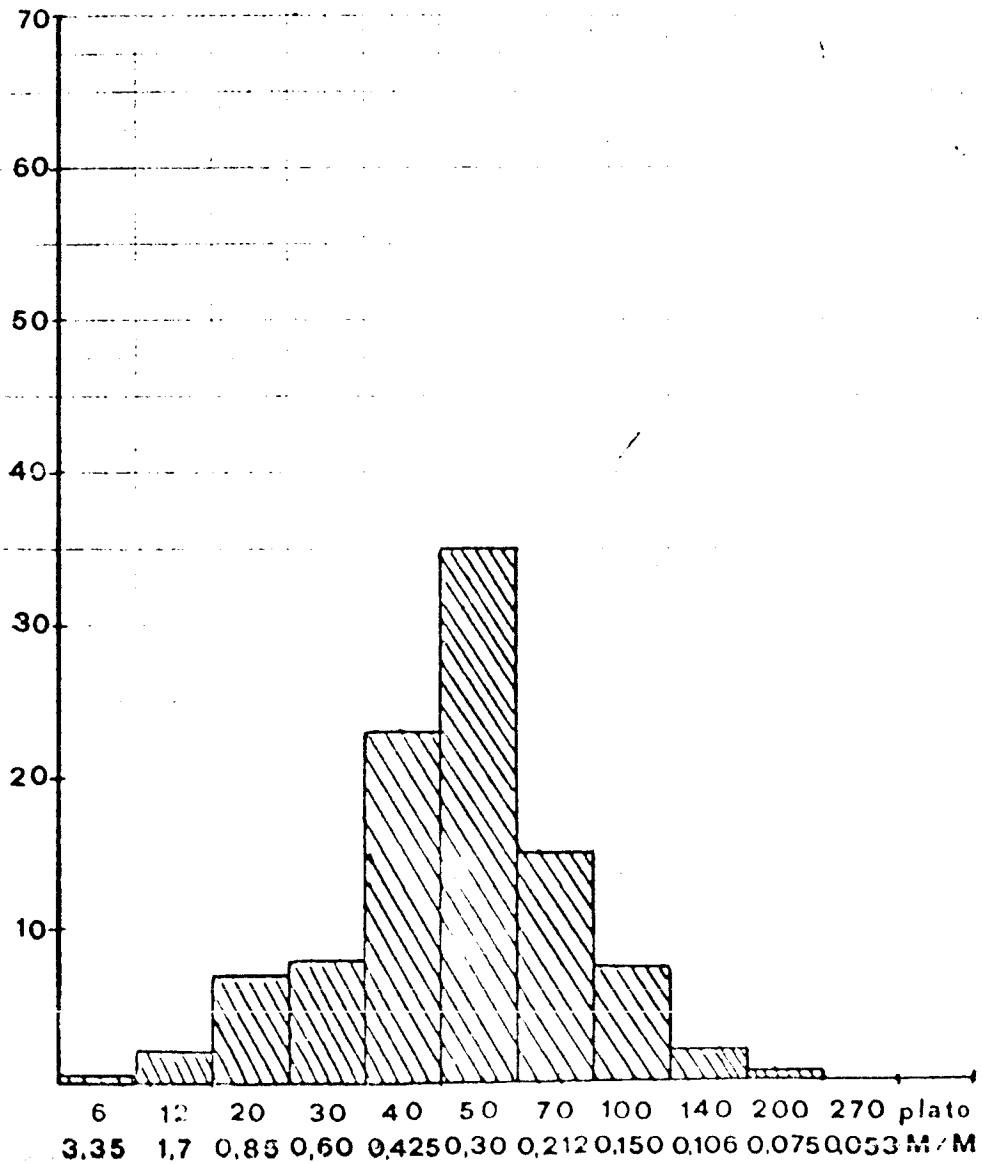
La interpretación de estos gráficos indica:

Considerando los platos de 20—50 que equivalen a lados de malla de 0,83—0,212 mm., hay en la primera Arenera el 72,6 por ciento del total y en la segunda el 89,2 por ciento también del total extraído, cifras que en ambos casos indican enorme uniformidad de arena y que presupone que procede de arrastres invernales del Río. Se resalta la ausencia de grava y polvillo detalles de interés secundario aquí, pero de gran importancia en la construcción a la que van destinadas.

La interpretación de estos análisis podría concluir a clasificar el carácter torrencial o no del Río, pero consideramos que las limitaciones tantas veces comentadas del mes de Agosto, aconsejan también aquí no extralimitarse en conclusiones.

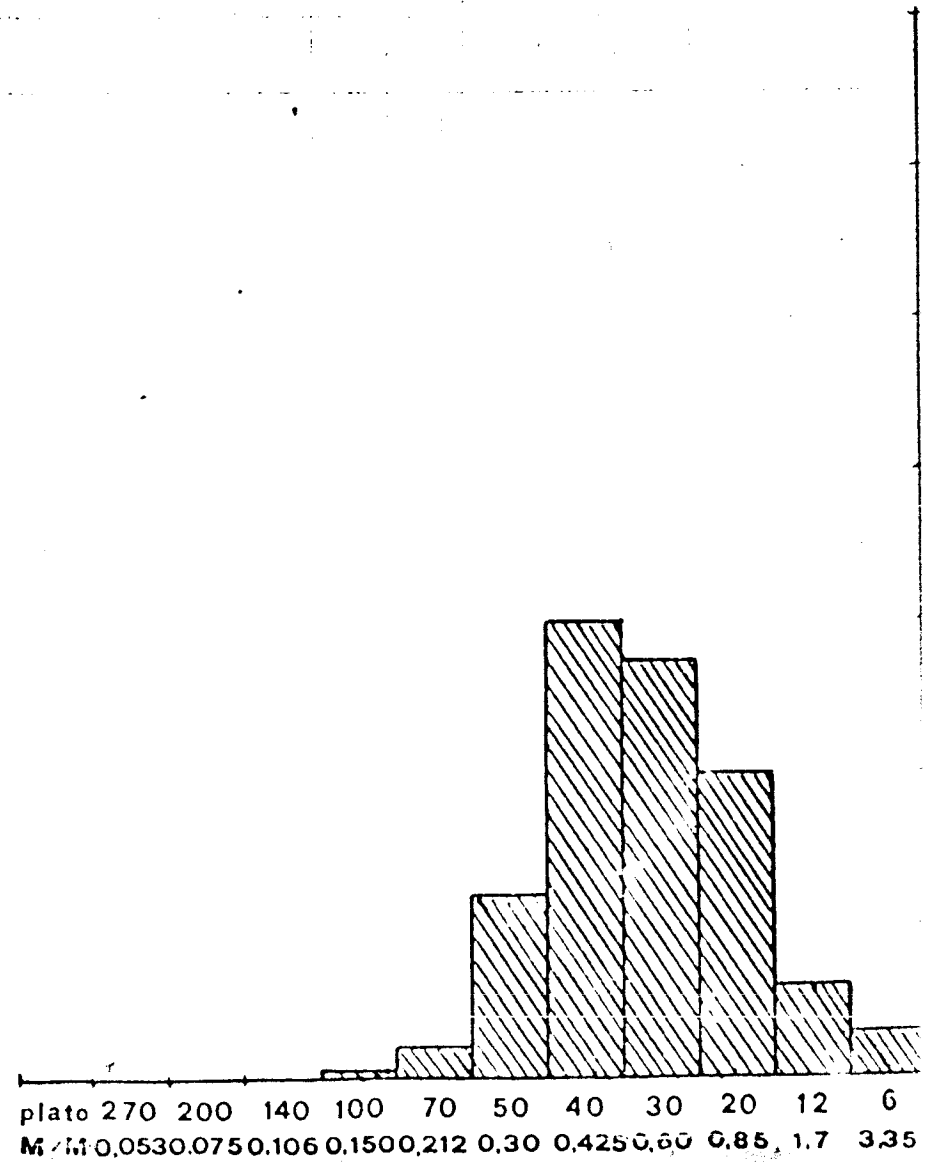
ARENA VICTOR-ADON  
22-9-77

A.F.A. 38.38



ARENA CRISOSTOMO-CAMILO-SERAFIN  
22-9-77

A.F.A. 22.59



### 3.0.— MEDIDAS DE TURBIDEZ Y SEDIMENTACION

Por su importancia y ser el motivo básico de este trabajo, se estudiaron antes las bombas desmontadas, así como su colocación en las embarcaciones. Considerando que esto es fundamental y explica en gran parte los resultados. La situación es así:

La bomba de aspiración, en forma de caracol, va enmarcada por dos tubos por los que sale agua (con muy poco aire) a presión. Todo este aparato va unido entre sí y se sitúa en el fondo de arena, escogido. Se hacen funcionar los chorros de agua que renuevan la arena que es inmediatamente absorbida por la bomba de succión.

El tema tenía especial interés por otros motivos profesionales, pues es causa de preocupación, ya que prácticamente éste es el procedimiento que se utiliza en el extranjero para extraer (sin romperlo) los moluscos, según queda reseñado en la composición de un trabajo nuestro cuya fotocopia se incluye.

Interpretamos que los chorros de agua espantan los peces y alevines antes de ser absorbida por la bomba.

Es fundamental resaltar que según cálculos hechos y conocimiento completo las bombas descargan aproximadamente:

75 % AGUA  
25 % ARENA

Las medidas de turbidez se han realizado mediante un disco Sachi, de 30 cm. de diámetro (color blanco), por ser ésta la medida más usual y práctica para el espectro visible, aunque existen aparatos más perfectos.

La determinación matemática se realizó mediante el coeficiente de extinción  $K$

Las determinaciones matemáticas totales se realizaron para todas las empresas conjuntamente, pues todas utilizan el mismo método de extracción y operan en la misma zona.

#### 3.1.— RELACION DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUES DE LAS EXTRACCIONES

DIA	Antes de extraer	Coficiente Extinción	Después de extraer	Coficiente de Extinción
22-8	3,50 m.	0,485	2,70 m.	0,629
22-8	4,36 m.	0,389	4,00 m.	0,425
23-8	2,50 m.	0,680	2,00 m.	0,850
23-8	3,25 m.	0,583	3,30 m.	0,739
26-8	3,50 m.	0,485	3,00 m.	0,566
26-8	3,00 m.	0,566	1,50 m.	1,133
30-8	3,30 m.	0,515	2,50 m.	0,680
30-8	3,15 m.	0,539	2,35 m.	0,723

Coficiente de extinción medio del Río en condiciones normales:

$$k = 0,5227$$

Coefficiente de extinción después de las extracciones:

$$k = 0,5931$$

De lo que se deduce que se produce un incremento notable de la turbidez de las aguas a la salida de las rebosaderas en la zona inmediata a las mismas.

Ante el interés que tiene esta medida de turbidez se trató de compaginarla con las de sedimentación, aún sabiendo que las condiciones del Río no son reproducibles fácilmente en tierra.

### 3.2.— ANALISIS SEDIMENTOLOGICO

La sedimentación de partículas en suspensión, se ha realizado en volúmenes de 2 litros de agua, turbulenta, recogida en el área de las bombas de aspiración de arena, obteniéndose los siguientes resultados:

Tiempo en minutos	V. Sedimentado	Tiempo en minutos	Volumen Sedimentado
5	0	40	0
10	0	50	0
20	0	55	0
25	0	60	0
30	0	320	0

En reposo (sobre barco o en tierra) la sedimentación a lo largo del tiempo es prácticamente nula. Esto indica que son partículas de diámetro mínimo y sustancias coloreadas en disolución (arcillas).

Como conclusión es completamente normal —en su aspecto físico— la turbidez que se origina a la salida de las bombas.

Las cortinas de barro, arenillas, limos, arcillas, etc., levantadas se extienden por el Río, formando casi siempre dos figuras típicas, representadas seguidamente:

Como detalles complementarios tenemos que resaltar:

1º.— Maderas en descomposición, en bastante cantidad, pero (lo confirman medidas de pH) con nula influencia bioquímica.

2º.— Anómalos módulos de barro cuya procedencia será probablemente ajena a la zona muestreada. Es decir nos encontramos como es sabido en el tramo ya final del curso del Río.

3º.— No hay cantos rodados (croyos).

4º.— Mareas—sal.



#### 4.3.- RECTAS DE REGRESION PARA LA LAMPREA

En los muestreos lo más sobresaliente era la Lamprea y a pesar de las limitaciones de número se hizo el estudio conjunto de la relación entre la extracción de arena y la captura de Lampreas por las bombas de extracción. Esto se realizó mediante una recta de Regresión que enfrenta Tm. de arena (factor principal) contra unidades de Lamprea absorbidas.

Las rectas de Regresión para la Lamprea: Se realizaron conjuntamente para todas las areneras.

X	Y	n	Xini	Yini	EX <sup>2</sup> ni	EY <sup>2</sup> ni
450	5	1	450	5	202.5000	25
75	0	1	75	0	5.625	0
75	1	1	75	1	5.625	1
60	1	1	60	1	3.600	1
		4	660	7	217.350	27

Ecuaciones normales:

$$\bar{y} = a + b\bar{x}$$

$$a_{11} = a\bar{x} + ba_{20}$$

$$\bar{x} = \frac{660}{4} = 165$$

$$\bar{y} = 7/4 = 1,75$$

$$a_{20} = 543.375$$

$$a_{02} = 6,75$$

$$a_{11} = 596,25$$

$$S_x^2 = 453.375 - 27.225 = 516.150$$

$$S_y^2 = 6,75 - 3,06 = 3,69$$

$$S_{xy} = 596,25 - 288,75 = 307,5$$

$$a = 1,75 - 307,5 \times 165 / 516.150 = 1,652$$

$$b = 307,5 / 516.150 = 0,00059$$

LA RECTA DE REGRESION ES:  $Y = 1,65 + 0,00059X$

COEFICIENTE DE CORRELACION:  $r = S_{xy} / S_x.S_y = 307,5 / 718,4 \times 1,92$   
 $r = 0,222$

Conclusiones:

Esto indica que en los muestreos del mes de Agosto no hay relación o dependencia entre las capturas de Lamprea por las bombas y M<sup>3</sup> de arena extraída:

En concreto, que aparezca Lamprea en la bomba es completamente aleatorio y al azar, producto de tratarse de la naturaleza y animales vivos.

## 5.0.— CONCLUSIONES GENERALES

1º.— Los Autores, perseguirán estos estudios, ya que consideran que el tiempo de muestreo (5 semanas), resulta limitado pues la época en que se realizaron (Agosto—Septiembre—1977) es la de mínimo caudal y a la vez el período de ausencia de angulas, subida de sábalos y otros.

Esperan en un futuro próximo, generalizar sus conclusiones a un ciclo biológico anual.

	Arenera "A"	Arenera "B"
Superficie	343.332 m <sup>2</sup> Tuy	168.329 m <sup>2</sup> Guillarey
Volumen estático	1.441.996 m <sup>3</sup> Tuy	706.981 m <sup>3</sup> Guillarey
Velocidad corriente superficial	10—19 m/min.	10—19 m/min.
Separación entre Areneras	7.900 m.	7.900 m.

Estos datos, permiten suponer que las bombas areneras (máximo diámetro contrastado: 40 cm  $\phi$ ), representan una ínfima extensión frente al total de la superficie de operaciones industriales.

3º No hay variación de temperatura ni pH. Existen fundadas dudas sobre la adversa influencia del Río Louro por sus aportes químicos, sobre la contaminación en la confluencia con el Miño.

No se identifican algas (macrofitas) fluviales en la zona estudiada.

4º.— Por análisis de cloruros, no hay presencia de aguas salobres, aunque sí hay influencia dinámica de las mareas litorales.

La incidencia de las mareas, unida a otros factores, incluye especialmente sobre el ascenso de Sollas o Platijas (algunas identificadas) y sobre todo angulas. Toda extracción de arenas, favorece este conveniente movimiento de aguas. Por esto, se considera de gran utilidad (tanto para la navegación, como la subida de peces emigrantes) el dragado del Río, máxime en aquéllas de gran acúmulo de arenas (Mal Paso, Tracón, etc.).

5º.— Especies encontradas en los muestreos.

**Amnocoetes** (larva de Lamprea). Se encontraron 8 ejemplares. Resultando una talla media de 11,5 cm., talla que consideramos cercana al animal adulto (La Lamprea se considera adulta a partir de los 13 cm.).

**Platichthys flesus** (Solla o platija). Encontrado un ejemplar de 7 cm.

**Anguilla anguilla** (Anguila). Encontrado un ejemplar de 15 cm.

De estos resultados y apoyándonos en los cálculos estadísticos (ver páginas 19 y 20) en los que se obtuvieron una recta de regresión para la Lamprea (única especie cuantitativamente interesante en el muestreo) de fórmula  $Y = 1,65 + 0,00059 X$ , con un coeficiente de correlación de  $r = 0,222$ , podemos afirmar que durante este estudio no hay relación entre cantidad de arena y extraída y lamprea y otras especies citadas.

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS  
DE LAS  
PIZARRAS DE TECHAR

E  
c

;

Q

G

E  
2

;

En este ANEJO reseñamos los datos disponibles, relativos a ensayos geomecánicos, de las pizarras de la Formación Luarca (Ordovícico) de la región gallega. El trabajo ha sido realizado por el IGME y ha conllevado no sólo la toma de datos y muestras de superficies, sino también la ejecución y testificación de sondeos.

Se adjuntan fotocopias de los planos 1:50.000, para mostrar la situación de sondeos. Su número corresponde con el de las muestras tomadas. Hay que añadir que la toma de muestras ha sido, deliberadamente variada, tomándose trozos de roca fresca, y otros en diversos estadios de alteración. Con todas ellas se han tallado probetas cilíndricas o cúbicas que, más tarde, han sido sometidas a ensayo.

Los principales resultados se adjuntan en forma de cuadros, indicándose, en todos los casos, la calidad de la muestra (grado de alteración) y su situación geográfica.

También se adjunta un informe geotécnico relativo a las generalidades sobre ensayos específicos tendentes a determinar los índices de calidad de estas rocas y la normativa vigente que los regula.

Por último, se acompañan sendos informes, publicados en el Boletín Geológico y Minero del I.G.M.E. T. LXXXVIII—I y II de 1977, y que tratan las características físico—mecánicas de algunos granitos de Galicia.

LISTA DE MUESTRAS-BLOQUES TOMADAS EN EL PROYECTO

I. DE PIZARRAS DEL NW

Nos.	Calidad de la muestra	CANTERA	Nos.	Calidad de la muestra	CANTERA
1	M	BOZADAIS	31	R	PENA
2	M	"	32	M	"
3	R	"	33	M	QUEIVANE (II)
4	R	JUANITA (I)	34	R	"
5	B	"	35	R	"
6	R	"	36	R	TRANQUILA
7	B	"	37	R	"
8	B	"	38	R	PEDRIÑA
9	M	CARMIÑA	63	M	"
10	R	"	40	R	"
11	R	"	41	R	QUEIVANE (III)
12	M	BIANZOLAS	42	M	"
13	B	"	43	B	"
14	B	"	44	B	LAVANDEIRA
15	M	JUANITA (I)	64	M	"
16	B	"	66	R	"
17	B	"	47	M	OS FOYOS
18	M	LOS MOLINOS	48	R	"
19	R	"	49	B	"
20	R	"	68	R	CASTAÑEIRO (I)
21	M	CASTAÑEIRO	51	R	"
22	R	"	67	M	"
23	R	"	53	M	"
24	B	RIODOLAS	54	R	ARDEMOURO
25	B	"	72	M	"
26	B	"	56	B	"
27	M	TRANQUILA	68	R	"
28	R	"	65	B	ZONA DE QUIROGA (VILLARBACU)
29	R	PENA	71	B	"
30	M	"			

GRUPO	BUENA MALA REGULAR	FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So HORIZONTAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So HORIZONTAL	FRANKLIN SEGUN EL EJE DEL CILINDRO	FRANKLIN SEGUN EL DIAMETRO DEL CILINDRO	CORTE
5	B	136.68			428.68	721.62	14.16	5.72	
5	B	333.36			729.95	1112.80	18.98	11.74	
5	B	586.63			964.55	1557.57	22.71	13.90	
7	B		597.01	952.33					
7	B		721.99	1155.61					28.44
7	B		965.90	1.341.26					
8	B	139.21	217.14	528.66					
8	B	327.77	320.56	914.40					22.61
8	B	618.10	636.49	1158.39					
13	B	317.77	464.40	655.46					
13	B	425.27	590.83	720.87					30.25
13	B	610.16	693.74	810.57					
14	B				657.32	753.77	9.58	13.53	
14	B				755.56	945.79	16.39	16.52	
14	B				853.80	1100.30	20.04	20.14	
16	B	385.00	686.62	771.38					
16	B	573.60	851.31	1002.24					27.32
16	B	821.77	964.85	1233.11					
17	B	324.50	700.94	679.28					
17	B	592.38	722.89	907.63					
17	B	849.89	744.85	1070.58					
24	B				475.13		13.77	2.13	
24	B				655.53		16.52	6.23	
24	B				835.94		20.30	11.08	

GRUPO	BUENA MALA REGULAR	FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	COMPRESION SIMPL MUESTRA CUBICA S VERTICAL	COMPRESION SIMPL MUESTRA CUBICA S HORIZONTAL	COMPRESION SIMPL MUESTRA CILINDRICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPL MUESTRA CILINDRICA So HORIZONTAL	FRANKLIN SEGUN E EJE DEL CILINDRO	FRANKLIN SEGUN E DIAMETRO DEL CILINDRO	CORTE
25	B	261.55	546.39	872.15					
25	B	410.77	603.81	1053.83					28.44
25	B	686.93	662.97	1292.01					
26	B	160.87			396.53				
26	B	373.23			475.12				
26	B	660.00			539.43				
38	B				617.02	1093.62	32.83	8.17	
38	B				902.98	1700.00	39.66	10.59	
38	B				1106.39	2255.33	51.63	13.20	
43	B	363.67	667.31	865.72					
43	B	566.10	811.51	1218.45					26.56
43	B	768.24	955.72	1616.87					
44	B				536.17		20.67	4.40	
44	B				578.72		34.00	6.92	
44	B				621.28		46.61	11.81	
49	B	301.09		1011.55					
49	B	478.92	998.81	1374.02					
49	B	640.00		1736.50					
56	B	283.13							
56	B	401.91	1279.48	2209.77					
56	B	618.38							
65	B	351.47	972.85	1223.79					
65	B	535.29	1094.53	1287.62					
65	B	698.00	1216.21	1366.69					
71	B	341.00							
71	B	522.33							
71	B	690.21							

GRUPO	BUENA MALA REGULAR	FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So HORIZONTAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So HORIZONTAL	FRANKLIN SEGUN ELI. EJE DEL CILINDRO	FRANKLIN SEGUN ELI. DIAMETRO DEL CILINDRO	CORTE
1	M	151.55	416.24	559.06					
1	M	277.12	553.09	732.36					41.20
1	M	396.00	848.96	988.07					
2	M	181.50	538.24	692.19					
2	M	366.31	624.58	817.72					26.56
2	M	562.19	772.56	894.57					
9	M	195.55	647.19	514.73					
9	M	442.52	877.52	647.27					
9	M	804.37	1080.32	757.20					
12	M				285.79	535.86	16.13	13.58	
12	M				403.68	676.07	18.84	15.69	
12	M				521.57	753.77	23.47	17.18	
15	M	222.44							
15	M	457.56						41.18	
15	M	869.13							
18	M					1382.52			
18	M				521.57	1411.10			
18	M					1453.97			
21	M	331.34	564.15	1243.67					
21	M	521.41	976.78	1540.96					34.00
21	M	750.00	1389.41	1838.25					
27	M	300.09							
27	M	565.11							
27	M	990.00							



GRUPO	BUENA MALA REGULAR	FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So HORIZONTAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So HORIZONTAL	FRANKLIN SEGUN EI, EJE DEL CILINDRO	FRANKLIN SEGUN EI, DIAMETRO DEL CILINDRO	CORTE
30	M		640.38	1447.57	650.17	707.33	21.96	5.72	
30	M		973.32	1751.21	907.38	858.56	25.59	9.15	33.69
30	M		1381.34	2260.11	1143.17	1071.72	30.73	17.18	
32	M				726.33		17.14	4.42	
32	M				900.79		21.48	7.89	
32	M				1075.26		24.65	9.89	
33	M	352.00							28.44
33	M	491.57							
33	M	712.80							
42	M		645.96						
42	M		772.66	636.22					
42	M		997.46						
47	M	346.50							
47	M	493.24							
47	M	673.66							
53	M	331.34	571.59						
53	M	335.15	1025.52	1134.90					
53	M	952.91	1479.45						
63	M	263.60	693.27	984.91					
63	M	394.27	840.42	1521.04					
63	M	501.18	952.18	1991.18					
64	M	208.28	584.96	1185.43					
64	M	374.96	868.14	2056.91					
64	M	516.65	995.91	2462.56					
67	M	296.15							
67	M	355.11							
67	M	406.36							



GRUPO	BUENA MALA REGULAR	FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So HORIZONTAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So HORIZONTAL	FRANKLIN SEGUN EL EJE DEL CILINDRO	FRANKLIN SEGUN EL DIAMETRO DEL CILINDRO	CORTE
3	R	116.01	724.04	1244.36					22.61
3	R	424.07	762.21	1352.60					
3	R	962.50	800.37	1415.42					
4	R	195.26	807.96	761.60					
4	R	398.56		917.16					
4	R	567.11		1072.72					
6	R				428.68	739.48	17.27	7.34	
6	R				677.86	1357.88	23.56	11.23	
6	R				689.47	2014.83	28.74	15.61	
10	R	261.55	508.86	804.03					30.25
10	R	526.89	762.72	964.35					
10	R	803.84	933.20	1089.10					
11	R				650.17	610.88	17.47	17.07	
11	R					886.46	24.81	17.67	
11	R					1178.89	32.94	19.36	
19	R	302.50	693.99	1145.72					36.08
19	R	363.57		1307.05					
19	R	528.00		1468.38					
20	R	283.41	547.80	1315.50					
20	R	398.90	628.68	1585.61					
20	R	510.00	709.56	1855.71					
22	R	176.78	756.24	710.14					34.34
22	R	462.38	773.70	1067.79					
22	R	743.51	790.40	1595.03					
23	R	249.33	523.25	807.54					
23	R	487.20	1024.15	958.51					
23	R	646.53	1543.33	1239.46					

GRUPO	BUENA MALA REGULAR	FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So HORIZONTAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So HORIZONTAL	FRANKLIN SEGUN EL EJE DEL CILINDRO	FRANKLIN SEGUN EL DIAMETRO DEL CILINDRO	CORTE
28	R	396.00							
28	R	635.75							
28	R	782.71							
36	R	335.50	647.00	848.44					30.25
36	R	547.95	886.39	1225.25					
36	R	687.50	1263.32	1521.23					
37	R	344.97	687.38	1268.33					
37	R	535.90	842.90	1587.25					
37	R	663.71	1102.26	1917.36					
29	R	359.87	481.85	915.43					28.44
29	R	539.95	869.71	1515.39					
29	R	946.00	1206.71	1806.02					
34	R				1089.37	1097.88	20.65	7.23	
34	R					5268.12	33.95	8.50	
34	R					2527.67	46.57	9.55	
35	R	275.00	780.99	971.75					24.62
35	R	463.05	1174.30	1253.78					
35	R	731.42	1470.58	1535.80					
40	R	236.50	556.57	993.61					27.69
40	R	517.17	875.06	1317.62					
40	R	726.00	1269.17	1784.35					
48	R	228.03	984.33	1598.69					26.56
48	R	542.60	1142.33	1709.32					
48	H	775.83	1300.33	1819.95					
31	R				382.98	519.15	32.63	4.21	
31	R				642.55	653.90	34.09	8.01	
31	R				872.34	744.68	35.64	11.81	

GRUPO	BUENA MALA REGULAR	FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So HORIZONTAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So HORIZONTAL	FRANKLIN SEGUN EL EJE DEL CILINDRO	FRANKLIN SEGUN EL DIAMETRO DEL CILINDRO	CORTE
51	R					476.59			
51	R				1000.00	720.57			
51	R					1004.26			
54	R	49.50	1069.22	2226.06					
54	R	432.35	1224.88	2245.41					
54	R	879.12	1380.55	2264.76					
66	R	315.56	677.51	932.77					
66	R	492.53	905.15	1300.45					
66	R	698.95	1230.76	2002.18					
68	R	318.65							
68	R	380.67							
68	R	454.51							

GRUPO	BUENA MALA REGULAR	FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So HORIZONTAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So HORIZONTAL	FRANKLIN SEGUN EL EJE DEL CILINDRO	FRANKLIN SEGUN EL DIAMETRO DEL CILINDRO	CORTE
8	M	340.07	583.72	636.22	403.68	676.07	18.84	8.77	28.44
8	M	464.74	856.55	1213.61	610.24	981.77	21.59	12.23	34.23
8	M	565.11	1025.52	1751.21	905.49	1411.10	24.35	15.69	41.18
11	R	384.39	650.45	863.53	650.17	687.23	23.55	8.01	22.61
11	R	486.51	922.30	1383.97	787.32	1259.72	29.09	11.36	28.98
11	R	608.51	1224.88	2245.39	1089.37	2107.24	34.08	17.08	36.08
8	B	331.15	521.27	720.87	547.28	945.79	16.39	6.23	25.52
8	B	463.63	837.52	1230.62	702.89	1252.86	25.11	10.40	27.61
8	B	579.93	1279.48	2209.77	902.72	1700.00	39.66	16.52	30.25
3	R	422.09	762.20	1352.60					22.61
4	R	398.50	807.96	917.16					
6	R				677.86	1357.95	23.55	11.23	
10	R	526.93	762.73	863.53				30.25	
11	R				650.17	886.46	24.81	17.67	
19	R	363.64	693.99	1307.05					36.08
20	R	398.92	628.68	1585.60					
22	R	462.32	773.69	1067.79					39.34
23	R	487.15	1024.15	958.51					
28	R	741.72							
36	R	547.93	886.38	1225.24					30.25
37	R	535.89	842.90	1587.25					
29	R	539.86	869.71	1515.38					28.44
34	R				1089.37	2107.24	33.94	8.59	
35	R	463.01	1174.30	1253.77					24.62
40	R	517.13	875.05	1317.62					27.69
48	R	542.56	1142.33	1709.32					26.56
51	R				731.91	687.23	39.08	8.01	
54	R	432.46	1224.88	2245.39					
66	R	492.50	905.14	1300.45					

GRUPO	BUENA MALA REGULAR	FLEXION kg/cm <sup>2</sup>	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CUBICA So HORIZONTAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So VERTICAL	COMPRESION SIMPLE MUESTRA CILINDRICA So HORIZONTAL	FRANKLIN SEGUN EL EJE DEL CILINDRO	FRANKLIN SEGUN EL DIAMETRO DEL CILINDRO	CORTE
68	R	380.64							
5	B				729.95	1112.80	18.98	11.74	
7	B	333.36	721.99	1155.61					28.44
8	B	327.77	320.56	914.40					22.61
13	B	425.27	590.83	720.87					30.25
14	B				755.56	945.79	16.39	16.52	
16	B	573.60	851.31	1002.24					27.32
17	B	592.38	722.89	907.63					
24	B				655.53		16.52	6.23	
25	B	410.77	603.81	1053.83					28.44
26	B	373.23			475.12				
38	B				902.98	1700.00	39.66	10.59	
43	B	566.09	811.51	1218.45					26.56
44	B				578.72		34.00	6.92	
49	B	483.92	998.81	1374.02					
56	B	401.91	1279.48	2209.77					
65	B	535.29	1094.53	1287.62					
71	B	522.33							
1	M	277.12	553.09	732.36					41.20
2	M	366.31	624.58	721.15					26.56
9	M	442.52	877.52	647.27					
12	M				403.68	676.07	18.84	15.69	
15	M	457.56							41.18
18	M				521.57	1411.10			
21	M	521.66	976.78	1540.96					34.00
27	M	565.11							
30	M		973.32	1751.21	907.38	858.56	25.59	9.15	33.69
32	M				900.79		21.48	7.89	
33	M	491.57							28.44
42	M		772.66	636.22					
47	M	493.24							
53	M	535.15	1025.52	1134.90					
63	M	394.27	840.42	1521.04					
64	M	374.96	868.14	2056.91					
67	M	355.11							
72	M	463.12	756.52	153379					

B	R	M	CANTERA	B	R	M	CANTERA	B	R	M	CANTERA
		1	ROZADAIS			19	LOS MOLINOS	38			PEDRIÑA
		1	"			19	"	38			"
		2	"			20	"		40		"
		2	"			20	"		40		"
	3		"				21			42	QUEIVANE III
	3		"	21			"			42	"
	4		JUANITA			22	"	43			"
	4		"			22	"	43			"
5			"			23	"	44			LAVANDEIRA
5			"			23	"	44			"
	6		"	24			RIODOLAS			47	OS FOYOS
	6		"	24			"			47	"
7			"	25			"		48		"
7			"	25			"		48		"
8			"	26			"	49			"
8			"	26			"	49			"
8			"			27	TRANQUILA		51		CASTADEIRO I
		8	"			27	"		51		"
		9	CARMIÑA			28	"			53	"
		9	"			28	"			53	"
	10		"			29	PENA		54		ARDEMOURO
	10		"			29	"		54		"
	11		"				"	56			ARDEMOURO
	11		"			30	"	56			"
		12	BIANZOLAS			30	"				ARDEMOURO
		12	"			31	"			63	PEDRIÑA
13			"				"			63	"
13			"			32	"			64	LAVANDEIRA
14			"			32	QUEIVANE II			64	"
14			"			33	"	65			QUIROGA
			"				"	65			"
		15	JUANITA			34	"			66	LAVANDEIRA
		15	"			34	"			66	"
16			"			35	"				67/62
16			"			35	"				CASTAÑEIRO
17			"			36	TRANQUILA		68		"
17			"			36	"		68		ARDEMOURO
			"			37	"	71/21			QUIROGA
		18	LOS MOLINOS			37	"				ARDEMOURO
		18	"				"			72/72	"

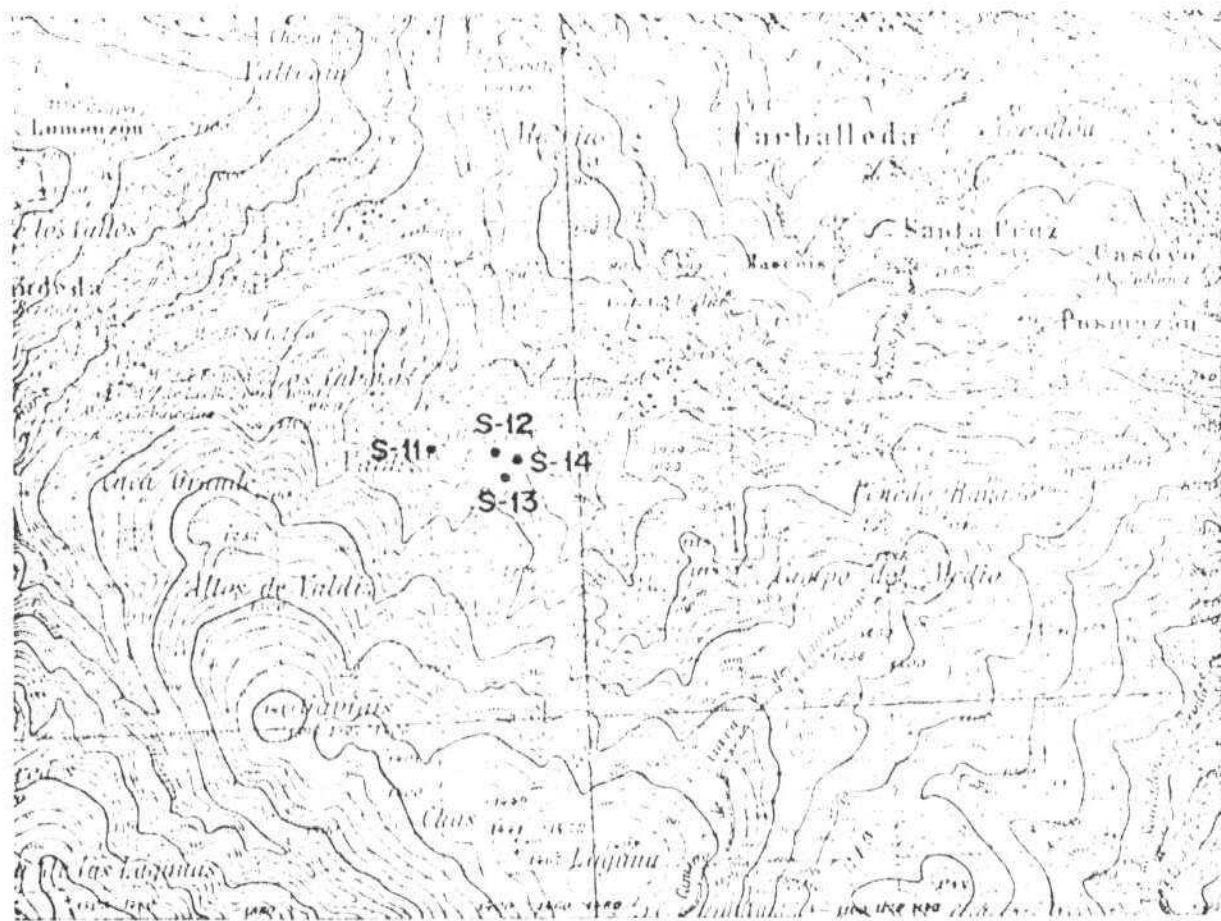




OENCIA (157)

ESCALA 1:50.000

• Muestra



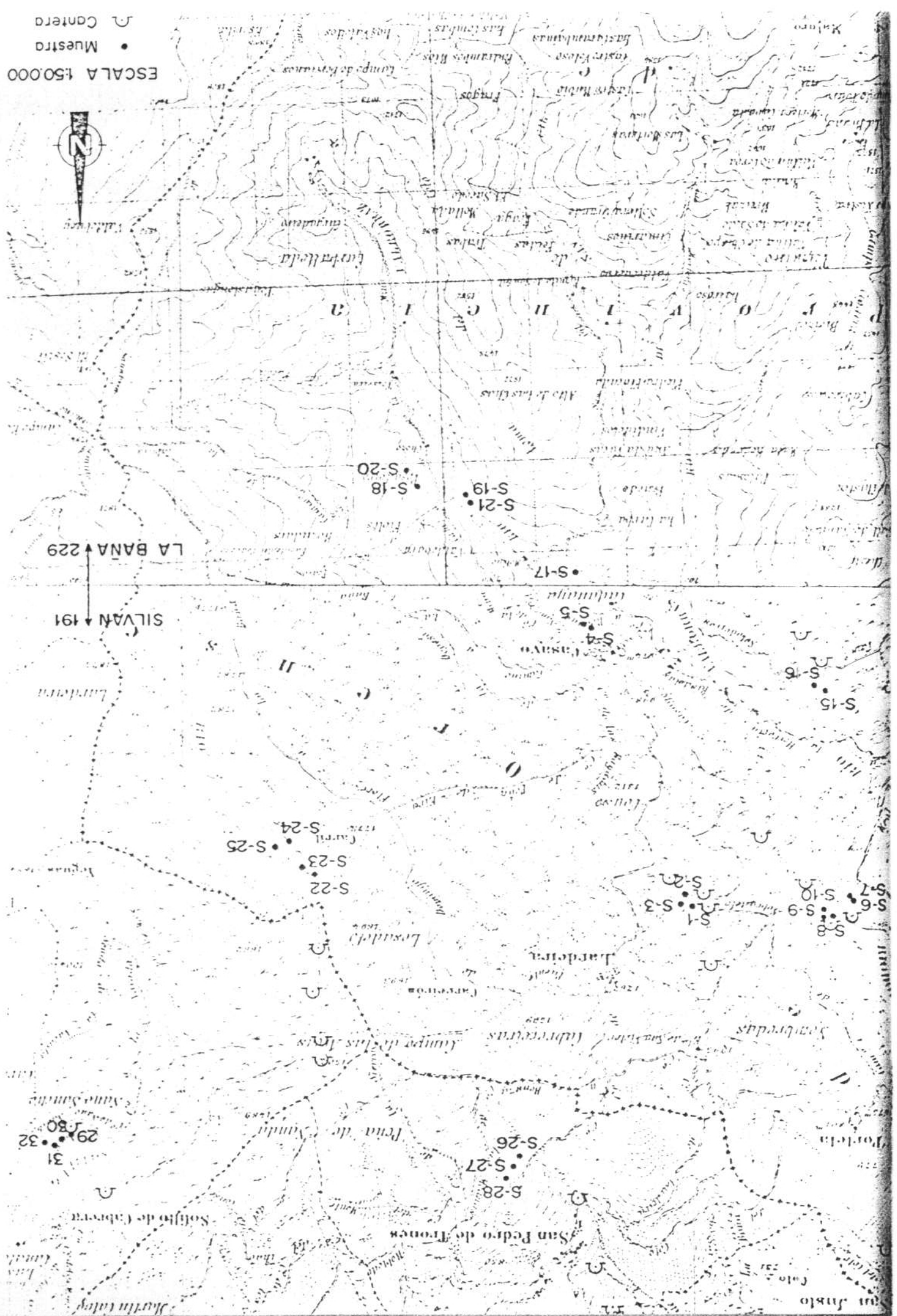
EL BARCO (190)

ESCALA 1:50.000

• Muestra



ESCALA 1:50,000  
● Muestra  
○ Cautera





MINISTERIO DE INDUSTRIA

Instituto Geológico  
y Minero de España

DIVISION DE GEOTECNIA

LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS

TRABADO: PIZARRAS DE MURAS

ENSAYO DE FLEXION

G R O S O R (mm)

R E S I S T E N C I A (kg/cm<sup>2</sup>)

3,80	-----	397,64
3,50	-----	488,93
3,90	-----	325,44
4,00	-----	408,37
3,50	-----	452,57
3,20	-----	497,90
3,10	-----	437,82
3,60	-----	389,58

## INDICE DE CALIDAD DE LAS ROCAS, RQD.

El índice de calidad (RQD) se basa en la recuperación modificada de testigo, que a su vez depende indirectamente del número de fracturas y del grado de debilitamiento o alteración del macizo rocoso, según se puede observar por los testigos extraídos de un sondeo. En lugar de contar las fracturas, se obtiene una medida indirecta sumando la longitud total de testigo pero considerando únicamente aquellos trozos de testigo de longitud igual o superior a 10 cm, en estado sano y compacto.

El RQD es un índice más sensible y consistente de la calidad general de una roca que el porcentaje de recuperación total.

Si el testigo se ha roto por el manejo o por el proceso de perforación (por ejemplo, cuando se aprecian superficies de fracturas recientes y regulares en lugar de diaclasas naturales), se juntan los trozos partidos y se cuentan como una pieza única, siempre que alcancen la longitud requerida de 10 cm. Es necesario un cierto criterio en el caso de rocas sedimentarias o rocas metamórficas estratificadas, no siendo tan exacto el método en estos casos como en las rocas ígneas, calizas en estratificación gruesa, areniscas, etc. Sin embargo, el método es aplicable con éxito incluso en pizarras, aunque es necesario medir los testigos inmediatamente después de sacados, antes que se produzca el desmenuzamiento y disgregación al aire.

Evidentemente este método es muy rígido para la roca cuando la recuperación es escasa, si bien una escasa recuperación suele indicar una pobre calidad de la roca. Pero esto no siempre es cierto, sin embargo, ya que un equipo de perforación o una técnica deficientes pueden también dar lugar a una recuperación escasa. Por esta razón se requiere una batería de sondeo de doble tubo de diámetro número NX (54 mm), siendo fundamental una adecuada vigilancia de la perforación.

Por simple que parezca el procedimiento, se ha encontrado que existe una correlación bastante buena entre los valores numéricos del RQD y la calidad general de la roca a efectos prácticos de ingeniería.

La relación entre el RQD y la calidad de la roca se presenta en la tabla siguiente:

Índice de Calidad (RQD) (0/o)	Calidad
0-25	Muy mala
25-50	Mala
50-75	Regular
75-90	Buena
90-100	Excelente

## ENSAYO DE ABSORCION DE AGUA

Este ensayo nos da una idea de la porosidad de un material y aunque existen otros métodos para lograrlo pero llevan consigo una elaboración previa y un equipamiento adecuado. Para fines comparativos, el ensayo de absorción proporciona una simple y suficiente media

puntual de obtener la información que se desea.

Se denomina absorción específica del material, el tanto por ciento en peso, de agua absorbida, expresado en relación al peso de la probeta deseada.

Las normas que rigen este tipo de ensayo son:

UNE 7089      y      B.S. 680  
ASTM-C 121 - 48 (Revisado en 1970)

Las muestras se preparan dividiéndolas en lascas de los espesores requeridos y posteriormente se cortan los bordes a las dimensiones del ensayo, que para la norma UNE es de 50 x 50 mm, teniendo cuidado no producir grietas ni escamas.

En el procedimiento operativo se desean las probetas sometiéndolas a 105° hasta peso constante. La última pesada es el peso en seco  $P_s$ .

A continuación se sumergen en el agua durante un tiempo determinado; al cabo de ese tiempo y después de escurridas superficialmente, se pesan y de esa forma se obtiene el peso después de la absorción  $P_H$ .

La absorción específica de la probeta puede calcularse mediante:

$$A \text{ o/o} = \frac{P_H - P_s}{P_s} \times 100$$

El agua absorbida es la diferencia  $P_H - P_s$ .

## ENSAYO FRANKLIN O DE RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL

Por medio de este ensayo se pretende calcular la resistencia de una muestra de pizarra cuando está sometida a cargas concentradas aplicadas por medio de dos placas cónicas.

Las probetas utilizadas en este caso son cilíndricas, provenientes de testigos de sondeos, con lo cual nos permite hacer los ensayos de carga puntual: "diametral", apliando la carga según el diámetro, y "axial" en el que la carga se aplica según el eje.

En el ensayo "diametral", la relación longitud/diámetro de las muestras debe ser mayor de 1,4. La muestra se coloca en la máquina y las placas de carga cónicas se cierran hasta que hagan contacto con la muestra de forma diametral. La distancia del punto de contacto de los conos al extremo más cercano de la muestra debe ser como número de 0,7 D, siendo D el diámetro de la probeta cilíndrica. La carga se aumenta lentamente hasta que se produce la rotura.

En el ensayo "axial", la relación longitud/diámetro de las muestras debe ser de 1,1. Las probetas de la longitud requerida pueden obtenerse como producto del ensayo "diametral" descrito anteriormente, de forma que uno de los trozos que resulten del ensayo "diametral" puede servir para el ensayo "axial".



Es absolutamente necesario asegurarse de que la carga se ejerza según los planos "débiles" y perpendicular a ellos.

El índice de resistencia a Carga Puntual,  $I_s$ , se define como la relación:

$$I_s = \frac{P}{D^2}$$

siendo:  $I_s$  = el índice de resistencia a carga puntual en kg/

$P$  = la carga aplicada en Kg

$D$  = distancias entre las placas de carga

En el caso de empleo de máquinas con manómetro de medida de presiones hidráulicas (como es el caso de la prensa Franklin de que dispone el I.G.M.E.), hay que multiplicar la presión leída en dicho manómetro por el área efectiva del émbolo para obtener la carga. La sección efectiva de la prensa del I.G.M.E. es  $S = 14,426 \text{ cm}^2$ .

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION

Este ensayo es propio de materiales rocosos de estructura planar, como es el caso de las pizarras.

La flexión es una de las tensiones que solicitan a las pizarras en techados, por efecto de la acción del viento, cargas de nieve, etc.

Debido a las propiedades de la pizarra, el ensayo de flexión se adapta mejor, para la determinación de su resistencia y elasticidad que los ensayos de compresión y tracción. Este hecho además se ve después del tratamiento estadístico efectuado con los resultados obtenidos de los ensayos.

Las normas por las que se rige este ensayo son:

UNE 7 - 090 - 73

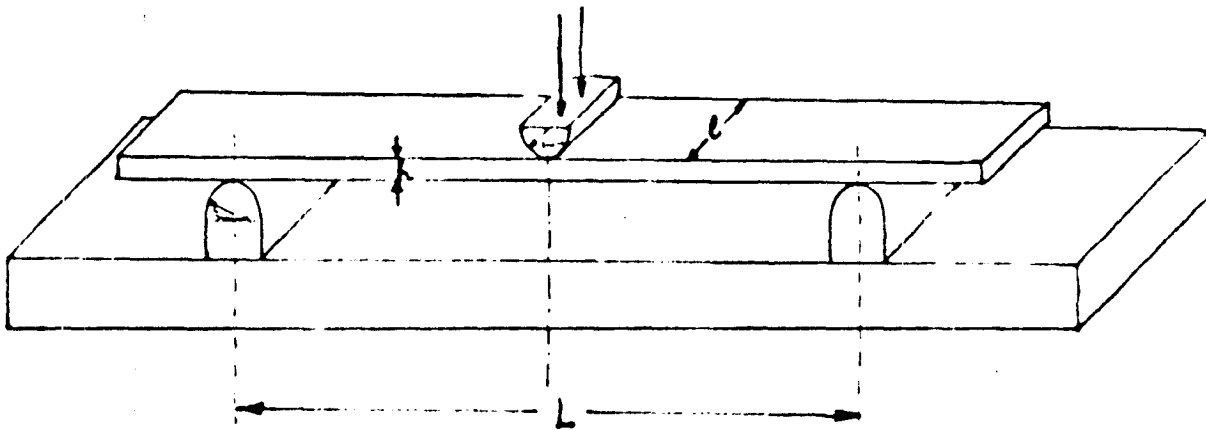
ASTM C120 - 52 (Revisada en 1970)

NORMA FRANCESA. NF - P 32-301

Se mide la resistencia mecánica a la flexión sobre testigos en forma de prismas rectangulares; estas probetas para el ensayo de flexión, serán placas de dimensiones apropiadas para colocarse sobre los apoyos, en este caso de 120 x 40 mm. Las probetas se cortan con herramientas adecuadas (cuchillas, sierras, discos, abrasivos, etc.) procurando que las láminas tengan las dimensiones requeridas.

El aparato necesario para efectuar este ensayo consta de dos apoyos semicilíndricos de 3 mm de radio. La distancia entre los ejes de estos dos apoyos será, según las normas española UNE y francesa, de 200 mm. La norma ASTM distingue esta distancia según sea el ensayo sobre pizarra estructural o eléctrica o sobre pizarra para techar, y en este último caso será de 50,8 mm. La carga se transmitirá por medio de una barra cilíndrica, del mismo radio que los apoyos y longitud apropiada, no inferior a la placa de pizarra a ensayar, y situada a igual distancia de los dos apoyos.





Según la norma UNE 7.090.73 se efectúan ensayos sobre lotes de 10 probetas; cuatro de las cuales han sido desecadas, otras tres son embebidas en agua durante 48 horas y otras tres de un anterior ensayo de heladicidad.

Se aplica la carga de una forma creciente y sin saltos, golpes, ni brusquedades, hasta la rotura.

El cálculo del módulo de rotura o resistencia a la rotura se obtiene mediante la fórmula:

$$R_T = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot l \cdot h^2}$$

siendo:  $R_T$ : módulo de rotura o resistencia en  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ .

F: carga en Kg

L: longitud entre apoyos en cm.

l: anchura de las placas en cm.

h: grosor de la placa en  $\text{cm}^2$

Los catálogos americanos suministran generalmente el módulo de ruptura que para las pizarras oscila entre 5 y 16 psi (libras por pulgada<sup>2</sup>), es decir entre 351,5 y 1.126  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ .

Los franceses dan el siguiente cuadro:

Espesor mm	Carga por cm de longitud de la pizarra en decaNw	Carga para 10 cm de longitud de pizarra en kg.	Resistencia en $\text{kg}/\text{cm}^2$ para placas de pizarra de 10 cm de longitud.
2,7	0,8	8,16	419,75
3	1	10,20	425
3,3	1,2	12,24	421,65
3,6	1,4	14,20	413,35
4	1,6	16,32	382,65
4,4	1,9	19,38	375,53
4,8	2,2	22,44	365,38

El grosor de las muestras ensayadas no debe superar el medio centímetro.

## ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

Para calcular la resistencia a la rotura a compresión simple se ha efectuado este ensayo sobre muestras cúbicas y cilíndricas.

Este ensayo se rige por medio de la norma ASTM D 2938-71a.

Dada la importancia que tiene en las pizarras la estratificación y pizarrosidad y su influencia en la resistencia, los ensayos tanto en las muestras cúbicas y cilíndricas se efectúan distinguiendo estratificación vertical y horizontal. A la vista de los resultados se comprueba la influencia de la situación de la estratificación.

Las muestras cilíndricas se obtienen a partir de sondeos in situ o en bloques, cortándolos posteriormente perpendicularmente a la generatriz del cilindro. Es importante el conseguir el paralelismo de los dos planos de apoyo para lo cual son refrendados. Las probetas tienen una relación de longitud/diámetro comprendida entre 2 y 2,5.

Las muestras cúbicas se obtienen por medio de una máquina de corte (sierra) intentando conseguir un máximo paralelismo entre las caras del cubo.

Los ensayos de compresión simple se disponen mediante una prensa en la cual la presión sobre la probeta, ejercida sobre las bases, se obtienen por medio de dos placas, una de ellas provista de rótula que facilita el ajuste perfecto a las bases de la probeta.

La velocidad de aplicación de carga es constante y continua, sin choques ni brusquedades de tal forma que el ensayo se realice en un período de tiempo comprendido entre 5 y 15 minutos.

El valor de la resistencia a compresión simple se obtiene mediante la aplicación de la fórmula:

$$R_c = \frac{P}{S}$$

siendo: R<sub>c</sub>: Resistencia a compresión simple en Kg/cm<sup>2</sup>.  
P: Carga en Kg.  
S: Superficie de la base de la probeta en cm.

La resistencia a compresión simple obtenida de las muestras ensayadas es bastante aceptable ya que se han obtenido medias de:

Muestra cúbica estratificación vertical: 826,42 Kg/cm<sup>2</sup>.

Muestra cúbica estratificación horizontal: 1.222,16 Kg/cm<sup>2</sup>.

Muestra cilíndrica estratificación vertical: 731,60 Kg/cm<sup>2</sup>.

Muestra cilíndrica estratificación horizontal: 1.182,38 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los ensayos con estratificación vertical nos da el número de hojas producidas al llegar a la rotura que coincide con el número de niveles estratigráficos.

Los términos de estratificación vertical u horizontal indican simplemente su posición en la prensa Mohr, o sea, que cuando se dice "estratificación horizontal" en realidad se debería decir que la dirección de aplicación de la carga es perpendicular a la estratificación o pizarrosidad y cuando se utiliza el término "estratificación vertical" se quiere indicar que la dirección de aplicación de la carga es paralela a la estratificación o pizarrosidad.

## ENSAYO DE CORTE

Por medio de este ensayo podremos obtener la resistencia de pico y la resistencia residual de un determinado plano de discontinuidad que nos llevará a conocer el ángulo de fricción y la cohesión de dicho plano.

Para la realización de este ensayo es necesario hormigonar en un molde la muestra que contiene la discontinuidad que se va a ensayar, una vez las piezas hormigonadas se retira el encofrado y se transfiere a la máquina de corte, situando el plano de discontinuidad en posición horizontal. Una vez en esta posición se aplica la tensión normal constante, perpendicular a dicho plano, a la cual se va a efectuar el ensayo. Bajo esta tensión normal constante, se aplica la tensión de corte según la dirección del plano de discontinuidad, lo que provocará un desplazamiento de la parte superior de dicho plano sobre la inferior. El máximo de la tensión de corte es lo que se llama tensión de pico. A medida que se produce el desplazamiento llega la tensión de corte a permanecer constante y a este valor se le llama tensión residual.

Se llega a un desplazamiento máximo de unos 2,5 cm.

Las dimensiones de la muestra entran comprendidas alrededor de 10 x 10 cm.

Para obtener el ángulo de fricción y la cohesión se requiere por lo menos efectuar tres ensayos con tres tensiones normales constantes diferentes, normalmente múltiplos de 1, 2 y 4. Las tensiones normales están comprendidas entre 2 y 20 Kg/cm<sup>2</sup>.

## ENSAYO DE HELADICIDAD

La heladicidad es una manera de determinar la resistencia de las rocas a la interperie, con variaciones bruscas de temperatura. Se define por la pérdida de peso de la probeta que se ensaya, calculada en tanto por ciento del peso inicial de la muestra seca después de haber sido sometida a una serie de ciclos de heladas y deshielos en la forma que indica la norma UNE 7062.

Se efectúan 25 ciclos de  $-15^{\circ}\text{C}$ .

El final del ensayo, las muestras de pizarra no deben haber experimentado pérdida apreciable de peso y no presentarán señales de alteración, exfoliación o desintegración.

Se emplea una cámara frigorífica cuya temperatura puede regularse automáticamente a  $-15^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

## ENSAYO DE RESISTENCIA AL ACIDO

Esta norma es aplicable a todas las placas de pizarra empleadas en la construcción de cubiertas ya que es interesante la determinación de esta propiedad, sobre todo cuando las pizarras van a ser destinadas a atmósferas muy viciadas, es decir, a localidades donde el ambiente contenga humos o agentes agresivos que ataquen a las placas.

El ensayo permite poner de manifiesto la presencia perjudicial de los componentes accesorios de las pizarras, que son atacados por el ácido sulfúrico, tales como carbonatos, apatito, óxidos y sulfuros metálicos, por el comportamiento de las probetas frente a la solución de este ácido.

Las probetas para el ensayo de inmersión en ácido sulfúrico son placas de 50 x 50 mm.

Las probetas se cortan con herramientas adecuadas (sierras, cuchillas, discos, abrasivos, etc.), procurando no producir grietas o escanias en las muestras. Todas las aristas se limarán con un abrasivo fino y agua.

En el ensayo se mantienen sumergidas las placas en una solución de sulfúrico de  $\gamma = 1,145$ , a temperatura ambiente durante 240 horas. El término de ese tiempo no deberán observarse indicios de exfoliación, ni hinchamientos o alteraciones en la superficie.

Las normas por las que se rige este ensayo son:

UNE 7091

SECRETARIAT D'ÉTAT AUX UNIVERSITÉS

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS



LABORATOIRE NATIONAL D'ESSAIS

C.N.A.M. LABORATOIRE NATIONAL D'ESSAIS

1532-20-00

1, RUE CARTON BOISBIKH - 75013 - PARIS

PARIS, LE 8 Décembre 1977



-o- MC -o-

S O D E X

Zone Industrielle " Les Joncaux "

64700 - H E N D A Y E -

ESSAI N° 710.283.  
LRE/25.107.

PROCÈS-VERBAL -o- N° 6 -o-

CONTROLE DE CONFORMITE A LA NORME FRANCAISE P 32 301  
D'UN LOT D'ARDOISES

CHANTILLON PRESENTE

Le Laboratoire National d'Essais a reçu un lot de 20 ardoises  
de 30 cm x 20 cm, référencé,

~~SECRET EN MATIÈRE DE COMMERCE~~

~~Classement de la VZANALIS~~

~~SECRET EN MATIÈRE DE COMMERCE~~

Référence : N° 7.

I. MESURE DE LA MASSE VOLUMIQUE ET DE LA POROSITE

MODE OPERATOIRE

L'essai a été effectué sur sept ardoises prélevées dans le lot reçu.

Les mesures de la masse volumique et de la porosité ont été effectuées  
suivant le mode opératoire décrit aux paragraphes 4-21 et 4-22.

Il est interdit de com-  
mencer les résultats des  
pendeur desirer les  
références du labora-  
toire le fait que par  
l'intégrité du procès-  
verbal on a réglé  
laboratoire a publier les  
résultats des essais.

RESULTATS

Repère de l'ardoise	Masse sèche g	Volume cm <sup>3</sup>	Eau absorbée g	Masse volumique g/cm <sup>3</sup>	Porosité en volume %
1	598,8	215,5	3,7	2,78	1,7
2	620,6	223,0	3,5	2,78	1,6
3	528,8	189,3	3,0	2,79	1,6
4	533,4	190,8	3,0	2,80	1,6
5	557,0	200,5	2,8	2,78	1,4
6	528,2	189,3	2,9	2,79	1,5
7	576,9	206,0	2,3	2,80	1,1

II. ESSAI DE GELIVITEMODE OPERATOIRE

Les sept ardoises imbibées d'eau ayant servi aux mesures précédentes ont été soumises à vingt cinq cycles de gel, suivant le mode opératoire décrit au paragraphe 4-23, chaque cycle comprenant :

- 4 heures à une température comprise entre - 15°C et - 20°C, puis
- 4 heures dans l'eau douce à une température comprise entre + 15°C et + 20°C

A la fin de l'essai, les ardoises ont été desséchées à 70°C jusqu'à masse constante.

...

RESULTATS

Après vingt cinq cycles de gel, il a été observé aucune altération apparente et les pertes de masse étaient comprises entre 0,1 % 0,2 %.

III. ESSAI DE FLEXIONMODE OPERATOIRE (paragraphe 4-3)

L'essai de résistance à la flexion a été réalisé sur quatre ardoises desséchées, trois ardoises imbibées d'eau, et trois ardoises ayant donné les moins bons résultats à l'essai de gélivité.

Les ardoises, posées successivement sur deux couteaux distants de 20 cm, ont été rompues par l'application d'une force graduellement croissante sur un couteau parallèle aux appuis et équidistant de chacun d'eux, l'essai étant effectué dans le sens transversal de l'ardoise.

...



RESULTATS

Etat des ardoises	Epaisseur en mm	Charge de rupture en daN/cm de largeur
Ardoises desséchées	3,5	1,8
	3,9	1,9
	3,9	2,1
	4,1	2,5
Ardoises imbibées d'eau	2,7	0,8
	3,8	2,4
	3,9	2,2
Ardoises desséchées après 25 cycles de gel	3,6	1,8
	4,1	1,8
	4,2	2,6

IV. PYRITE DE FER

Conformément au paragraphe 2-4I, il a été observé quelques inclusions superficielles de pyrite de fer, réparties sur toute la surface des ardoises.

...

V DOSAGE DE CARBONATE DE CALCIUM (paragraphe 2-422)

Les carbonates ont été dosés par calcimétrie sur des prises d'essai broyées et homogénéisées, prélevées sur deux ardoises.

Les résultats sont exprimés conventionnellement en carbonate de calcium % ( $\text{CaCO}_3$ ).

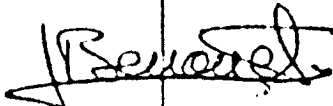
RESULTATS

Teneur moyenne en  $\text{CaCO}_3$  % = 0,8

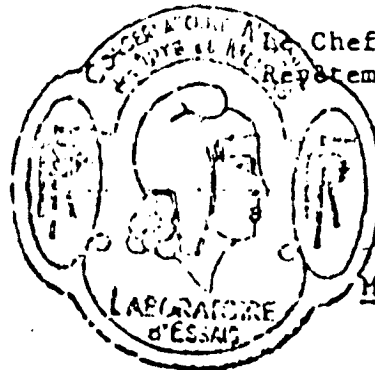
CONCLUSION

Le lot d'ardoises présenté, est conforme aux exigences de la Norme Française P. 32-301.

Le Responsable de l'Essai



L. BEROUET.



Chef du Laboratoire des  
Reparations et Matériaux.



M. BELILOS.

## SOMMAIRE

	Pages
1 GÉNÉRALITÉS .....	2
1.1 OBJET DE LA NORME .....	2
1.2 DOMAINE D'APPLICATION .....	2
1.3 DÉFINITION DU PRODUIT .....	2
2 SPÉCIFICATIONS .....	2
2.1 CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES .....	2
2.1.1 Dimensions .....	2
2.1.2 Planitude .....	2
2.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES .....	2
2.2.1 Nœuds .....	2
2.2.2 Couleur .....	2
2.2.3 Sonorité .....	2
2.2.4 Masse volumique .....	2
2.2.5 Porosité .....	2
2.2.6 Célivité .....	2
2.3 CARACTÉRISTIQUE MÉCANIQUE .....	2
2.3.1 Résistance à la flexion .....	2
2.4 INCLUSIONS .....	2
2.4.1 Pyrite de fer .....	2
2.4.2 Carbonate de calcium - Oxyde de fer .....	2
3 ÉPROUVETTES .....	4
3.1 DIMENSIONS DES ÉPROUVETTES .....	4
3.2 PRÉPARATION DES ÉPROUVETTES .....	4
4 TECHNIQUE DES ESSAIS .....	4
4.1 GÉNÉRALITÉS .....	4
4.2 ESSAIS PHYSIQUES .....	5
4.2.1 Masse volumique .....	5
4.2.2 Porosité .....	5
4.2.3 Célivité .....	5
4.3 ESSAI MÉCANIQUE .....	5
4.3.1 Flexion .....	5
5 ÉCHANTILLONNAGE .....	6
5.1 FORMATION DES LOTS .....	6
5.2 PRÉLÈVEMENTS .....	6
6 CLAUSES RELATIVES A L'ACCEPTATION OU AU REJET DE LA FOURNITURE .....	6
6.1 ÉPREUVES ET CONTRE ÉPREUVES .....	6
6.2 FRAIS D'ESSAI .....	6
7 RÉDACTION DES COMMANDES .....	6
COMMENTAIRES NON HOMOLOGUÉS .....	7
RÉSISTANCE DES ARDOISES EN ATMOSPHÈRE CORROSIVE .....	7
ESSAI D'IMMERSION DANS L'ACIDE SULFURIQUE .....	7

Homologuée  
le 31 août 1958  
D.O. n° 19-10-58

Le présent texte diffère du précédent par des modifications d'ordre  
technique notamment en ce qui concerne les unités.

## GÉNÉRALITÉS

### 1.1 OBJET DE LA NORME

La présente norme a pour objet de définir les ardoises de couverture, de préciser les caractéristiques générales qu'elles doivent présenter et de fixer les méthodes propres à les déterminer.

### 1.2 DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme est applicable aux ardoises employées pour la couverture des bâtiments, quels que soient les modèles et les dimensions de celles-ci.

### 1.3 DÉFINITION DU PRODUIT

1.3.1 L'ardoise provient d'une roche naturelle (phyllade) de nature schisteuse caractérisée par sa fissilité, d'où l'on peut tirer des plaques qui, après façonnage, servent principalement à couvrir les bâtiments et que, par extension, il est d'usage courant d'appeler « ardoises ».

1.3.2 Le mot « ardoise » employé seul doit désigner exclusivement toute plaque de couverture tirée du schiste ardoisier.

1.3.3 L'appellation « coffine » s'applique à une ardoise présentant une courbure dans le sens de la hauteur.

## 2 SPÉCIFICATIONS

### 2.1 CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

#### 2.1.1 DIMENSIONS.

Les dimensions des ardoises sont indiquées par les fabricants avec éventuellement les tolérances dimensionnelles qui leur sont applicables.

#### 2.1.2 PLANITUDE.

2.1.2.1 Les ardoises peuvent présenter une courbure dont la flèche ne doit pas dépasser 1,5% de la hauteur.

2.1.2.2 Les ardoises présentant une flèche supérieure à cette valeur sont considérées comme coffines. Elles peuvent être utilisées dans des emplois particuliers.

### 2.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

#### 2.2.1 NŒUDS.

Les ardoises ne doivent pas présenter de nœuds, saillant de plus de la moitié de leur épaisseur nominale, avec un maximum de 2 mm, dans les parties où la présence de nœuds est susceptible de gêner la pose.

#### 2.2.2 COULEUR.

2.2.2.1 Les ardoises doivent satisfaire aux conditions de couleur fixées au marché (\*) et elles doivent être, sauf stipulations contraires, de même couleur, le ton et le reflet pouvant varier légèrement.

2.2.2.2 Sont tolérées les taches naturelles, les veines de couleurs et les stries, toutes particularités qui ne nuisent pas à la solidité de l'ardoise.

#### 2.2.3 SONORITÉ.

Les ardoises doivent rendre un choc un son clair.

(\*) Les ardoises ont des teintes diverses dépendant de leur lieu d'origine et, dans une même carrière, des différents bancs. Le fond est toujours gris allant du foncé au clair avec des nuances vertes, bleues, violettes, rouges.

**MASSE VOLUMIQUE**

Les plaques constituant les ardoises doivent avoir une masse volumique au moins égale à 2,5 g/cm<sup>3</sup>.

**POROSITÉ**

Les ardoises doivent avoir une porosité en volume ne dépassant pas 3%.

**GÉLIVITÉ**

Les ardoises ne doivent pas être gélives, c'est-à-dire qu'après l'essai de gélivité spécifié par l'article 4.20 elles ne doivent pas présenter de dégradation importante telle qu'exfoliation atteignant localement au plus la moitié de l'épaisseur nominale de l'ardoise, ni une perte de poids supérieure à 3%.

Les ardoises ayant subi l'essai de gélivité doivent en outre présenter une résistance à la flexion qui ne sera pas inférieure à 80% de celle d'une ardoise desséchée (article 4.211) n'ayant pas subi l'essai de gélivité.

**CARACTÉRISTIQUE MÉCANIQUE****RÉSISTANCE A LA FLEXION.**

Les ardoises soumises à l'essai de flexion prévu à l'article 4.31 doivent résister à une charge de rupture au moins égale à la valeur indiquée au tableau suivant :

Epaisseur nominale (*) ou épaisseur majorée (art. 2.121)	Charge par centimètre de largeur de l'ardoise en décanewtons
2,7	0,8
3	1
3,3	1,2
3,6	1,4
4	1,6
4,4	1,9
4,8	2,2

**INCLUSIONS****PYRITE DE FER.**

1 Les inclusions de pyrite de fer oxydable ne sont admises que pour les ardoises destinées à être posées sur trois épaisseurs à putois entier, à la condition que celles-ci ne contiennent pas de pyrite de fer oxydable sous forme de grains ou de bandes les traversant dans la zone définie comme suit :

2 Cette zone est formée (Fig. 1) d'une bande axiale ayant le tiers moyen comme hauteur et pour largeur le tiers de la largeur de l'ardoise, prolongée haut et bas par deux demi-cercles de rayon égal au sixième de la largeur de l'ardoise.

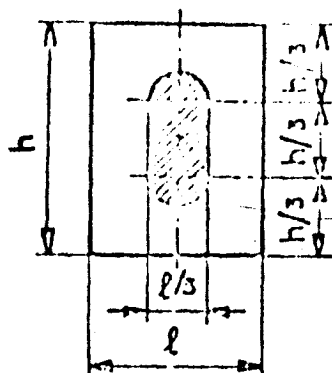


Fig. 1

(\*) L'épaisseur nominale, servant à désigner l'épaisseur de l'ardoise, a une valeur exprimée en millimètres telle, qu'une pile de 100 ardoises, posées à plat les unes sur les autres, ait une hauteur au moins égale à 100 fois l'épaisseur nominale.

**2.42 CARBONATE DE CALCIUM - OXYDE DE FER.**

**2.421** La présence de carbonate de calcium ou d'oxyde de fer est tolérée à condition que ces corps soient en quantité suffisamment réduite et dans un état tel que la résistance de l'ardoise aux agents atmosphériques ne soit pas sensiblement modifiée.

**2.422 Carbonate de calcium :**

Les ardoises ne doivent pas présenter une teneur en  $\text{CO}_3\text{Ca}$  supérieure à celles indiquées ci-dessous.

Pour que dans les limites de ces teneurs, la résistance des ardoises aux agents atmosphériques réponde à la condition 2.421, leur épaisseur nominale doit être majorée conformément au tableau ci-après :

Épaisseur nominale	Épaisseur nominale majorée pour teneur $T$ en $\text{CO}_3\text{Ca}$ (mm)	
	$5\% \leq T < 15\%$	$15\% \leq T < 25\%$
2,7	3	3,3
3	3,3	3,6
4	4,4	4,8

**2.423 Oxyde de fer.**

Les teneurs limites en oxyde de fer  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ne sont pas fixées par la présente norme.

**3 ÉPROUVETTES****3.1 DIMENSIONS DES ÉPROUVETTES**

**3.11** Les essais sont effectués sur des éprouvettes constituées par des ardoises entières.

**3.2 PRÉPARATION DES ÉPROUVETTES**

**3.21** Le lot dont l'éprouvette fait partie est repéré sur chacune d'elles.

**3.22** Les faces de clivage des éprouvettes doivent être laissées, dans tous les essais, à l'état naturel, mais brossées pour faire disparaître le poil.

**4 TECHNIQUE DES ESSAIS****4.1 GÉNÉRALITÉS**

**4.11** Les essais ont pour but de vérifier la conformité de la fourniture avec les spécifications qui précèdent.

**4.12** Les essais définis ci-après sont effectués sur deux séries de 7 éprouvettes par lot défini à l'article 5.1.

Chaque essai est caractérisé par la moyenne arithmétique des résultats obtenus.

## ESSAIS PHYSIQUES

2

### 21 MASSE VOLUMIQUE

#### 211 Dessiccation

Placer les 7 éprouvettes de la première série dans une étuve maintenue à la température de 70 °C. La dessiccation est poursuivie jusqu'à ce que deux pesées successives, faites à une heure d'intervalle, donnent une masse constante à 1 cg près.

Après refroidissement à la température de 20 °C ± 1 °C, chaque éprouvette est pesée à 1 cg près.

Soit  $M$  (g) la valeur obtenue.

#### 12 Imbibition

Placer séparément chaque éprouvette dans l'eau de façon qu'elle soit immergée jusqu'au tiers de sa hauteur pendant 24 heures, puis complètement pendant 48 heures.

#### 13 Mesure du volume

Après imbibition, l'éprouvette étant maintenue immergée, elle est pesée à l'aide de la balance hydrostatique.

Soit  $V$  (cm<sup>3</sup>) la valeur obtenue.

#### 14 Résultats d'essai

La masse volumique de chaque éprouvette est exprimée par le rapport :

$$\frac{M}{V} \text{ (g cm}^{-3}\text{) exprimé avec deux décimales.}$$

### 2 POROSITÉ

La mesure est effectuée à la suite de la mesure de la masse volumique. Les opérations de dessiccation et d'imbibition étant effectuées normalement comme prévu aux articles 4.211 et 4.212, l'éprouvette est retirée de l'eau, essuyée au papier filtre et pesée dans l'air à 1 cg près.

Soit  $M'$  (g) la valeur obtenue.

#### 22 Résultats d'essai

La porosité en volume (%) est exprimée en pour cent, par le rapport :

$$\text{Porosité} = \frac{M' - M}{V} \times 100$$

exprimé avec une décimale.

### CÉLIVITÉ

Les éprouvettes imbibées d'eau ayant servi aux mesures précédentes sont soumises pendant 1 heure à une température comprise entre - 15 °C et - 20 °C, puis placées dans l'eau douce à une température comprise entre + 15 °C et + 20 °C, pendant au moins 4 heures.

Le cycle est répété 25 fois.

Les éprouvettes sont ensuite desséchées comme il est dit à l'article 4.211.

## ESSAI MÉCANIQUE

### FLEXION

#### 1 Définition de l'essai

Rompre par flexion chacune des 7 éprouvettes de la deuxième série, les 4 premières desséchées comme il est dit à l'article 4.211, les 3 autres imbibées comme il est dit à l'article 4.212 ainsi que les 3 éprouvettes de la première série qui ont donné les moins bons résultats parmi celles ayant subi l'essai de célévité.

#### 2 Conduite de l'essai

Chaque éprouvette posée sur deux supports distants de 20 cm est chargée en son milieu par un troisième couleau.

(\*1) ~~Le rapport est définit le coefficient d'imbibition en masse : rapport de la masse d'eau absorbée à la masse~~

L'application de la charge est effectuée de façon continue sans choc ni à coup jusqu'à rupture, à raison d'une augmentation de charge de 1 daN au maximum par seconde.

#### 4.313 Résultats d'essai.

La charge de rupture est exprimée en décanewtons avec une décimale.

## 5 ECHANTILLONNAGE

### 5.1 FORMATION DES LOTS

En vue des essais à effectuer, chaque fourniture est répartie en lots de 5.000 ardoises.

La fraction complémentaire compte pour un lot si elle est supérieure à 2.000 ardoises ; elle est groupée avec le dernier lot dans le cas contraire.

Une fourniture inférieure à 5.000 ardoises compte pour un lot.

### 5.2 PRÉLÈVEMENTS

Les ardoises sont prélevées, d'accord entre les parties et sauf stipulations contraires au marché à raison, pour chaque lot, de 7 pour la détermination de la masse volumique et les essais de porosité, gélivité et de 7 pour l'essai de flexion.

Les ardoises prélevées ne doivent pas constituer d'exceptions manifestes et sont prises au hasard dans les parties différentes du lot mis en tas.

Toutes dispositions sont prises pour repérer le lot dont proviennent les ardoises prélevées.

## 6 CLAUSES RELATIVES A L'ACCEPTATION OU AU REJET DE LA FOURNITURE

Sauf spécifications différentes formulées à la commande, les clauses relatives à l'acceptation ou au rejet de la fourniture sont les suivantes :

### 6.1 ÉPREUVES ET CONTRE-ÉPREUVES

Les essais sont exécutés dans un laboratoire agréé par les deux parties.

6.11 Lorsque les ardoises prélevées dans un lot n'ont pas satisfait à tous les essais et conditions prévus au marché, on procède à des contre-épreuves pour les essais n'ayant pas donné satisfaction. Dans ce cas le prélèvement des ardoises est effectué dans le lot intéressé à raison de 4 par l'acquéreur et 3 par le vendeur, pour chacune des séries définies à l'article 4.12.

6.12 Si le résultat de la contre-épreuve est encore défavorable, le lot est rejeté ; si ce résultat est favorable on procède à une deuxième contre-épreuve ; si celle-ci est favorable, le lot est accepté ; dans le cas contraire, le lot est rebute.

### 6.2 FRAIS D'ESSAI

Les frais d'essai sont, sauf stipulations contraires, à la charge de l'acquéreur à moins de rejet du lot. Dans le cas de contre-épreuve, les frais sont à la charge du fournisseur.

## 7 RÉDACTION DES COMMANDES

7.1 La commande spécifiera dans l'ordre :

- la catégorie, les dimensions nominales et éventuellement la couleur,
- s'il y a lieu, les essais exigés,
- la référence à la présente norme.

7.2 Exemple de spécification

Ardoise de 1<sup>re</sup> catégorie ordinaire 250 x 150 x 2,7, couleur blicuo, devant subir l'essai de porosité, NF P 32-301.



## COMMENTAIRES NON HOMOLOGUÉS

### RÉSISTANCE DES ARDOISES EN ATMOSPHÈRE CORROSIVE.

Lorsque les ardoises peuvent être utilisées dans une atmosphère polluée par des vapeurs d'acide sulfurique ou autre, on peut, en le prévoyant expressément à la commande, soumettre les ardoises à l'essai décrit ci-dessous.

Il est reconnu que certaines ardoises peuvent ne pas supporter cet essai, mais donner cependant de bons résultats dans les conditions atmosphériques indiquées ci-dessus. Si en envisage de les utiliser, l'évaluateur éventuel pourra se baser sur l'expérience locale pour en déduire leur comportement réel.

### ESSAI D'IMMERSION DANS L'ACIDE SULFURIQUE.

Trois éprouvettes de 5 cm x 5 cm, tirées chacune d'une ardoise différente, sont immergées pendant 10 jours (240 heures) dans une solution d'acide sulfurique de pH = 1. L'essai est effectué à la température de  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

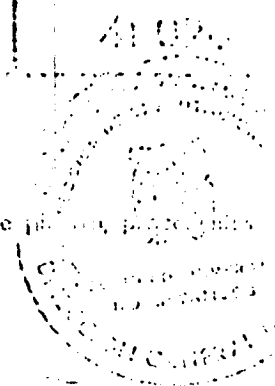
Les éprouvettes ne doivent pas donner de dégagement gazeux pendant leur immersion.

À la fin de cet essai, les 3 éprouvettes sont examinées à la loupe grossissement 2. Aucune ne doit présenter de signes d'écaillage le long des tranches, ni de gonflement, d'amollissement ou de craquelures sur sa surface.

Les clauses des chapitres 5 et 6 sont applicables à cet essai.

# Pizarra para cubiertas

## Norma de calidad



### 1. Objeto

Esta norma tiene por objeto definir las calidades, condiciones y medidas de las placas de pizarra, pizarras y formaciones rocosas puzozaicas, que se utilizan para cubrir edificios.

### 2. Clasificación

Las placas de pizarra a que se refiere esta norma, se clasifican según sus medidas, aplicación y resistencia a la flexión, como se define en los apartados 2.1, 2.2 y 2.3.

2.1 Clasificación según las medidas. Con arreglo a este criterio se establecen las dos clasificaciones siguientes:

2.11 Rectangulares. Tendrán todas sus medidas normales según el apartado 4.1. Se usarán, principalmente, en las construcciones en zonas urbanas o en otras importantes.

2.12 Irregulares. Tendrán sus medidas y formas arbitrarias. Se usarán, principalmente, en zonas rurales o agrestes y, en general, donde el efecto estético lo permita.

2.2 Clasificación según la aplicación. Con arreglo a su aplicación, se establecen las dos clasificaciones siguientes:

2.21 Pizarras para atmósferas viciadas. Son las destinadas a localidades donde el ambiente contiene gases o agentes agresivos que atacan a las placas de pizarra.

2.22 Pizarras para atmósferas sanas. Son las destinadas a localidades donde el ambiente está desprovisto de gases o agentes agresivos.

2.3 Clasificación según su resistencia a la flexión. Según la resistencia o la flexión, las pizarras se clasifican según el cuadro siguiente:

Clase	Carga mínima kgf
A	2,5
B	1,25

Los ensayos de flexión, se efectuarán de acuerdo con la norma UNE 7 090.

### 3. Condiciones generales

a) Las pizarras para cubiertas serán exfoliables, con relativa facilidad, en hojas delgadas, perfectamente planas elásticas. También se podrán perforar y cortar sin que se produzcan escamas ni grietas.

b) Al ser golpeadas, emitirán un sonido claro.

c) Los granos estarán orientados longitudinalmente, pero no transversalmente.

### 4. Condiciones especiales

4.1 Medidas normales. Las medidas normales de longitud y anchura de las placas rectangulares, serán:

- 60 x 30 cm
- 50 x 25 cm
- 40 x 20 cm
- 40 x 15 cm
- 30 x 20 cm
- 30 x 15 cm
- 20 x 20 cm

Continúa

Instituto Nacional de Normalización (INEN) - Calle Trabajo - Avda. de la Libertad - Lima - Perú

Pizarras. Oculada entre 4 y 6 mm.

Absorción de agua. La máxima absorción de agua admisible será el 10,7 % y se determinará según se describe en la norma UNE 7002.

Resistencia. Se recibirán 25 ciclos de prueba con la norma UNE 7009. Al final del ensayo las muestras no tendrán señales de alteración, agrietamiento, estrofiación o desintegración.

Inmersión en ácido sulfúrico. Las pizarras para cubiertas muy vitrificadas se someterán a este ensayo, según lo exige la norma UNE 7001. Al final del ensayo la pizarra no presentará descomposición ni alteración de ningún clase.

### Observaciones

Este informe informativo y para que sirva de orientación y tanteo al proyectar una cubierta de pizarra, en el cuadro siguiente se incluyen algunas características medias de las pizarras procedentes de tres zonas productoras: Galicia, Extremadura y Segovia.

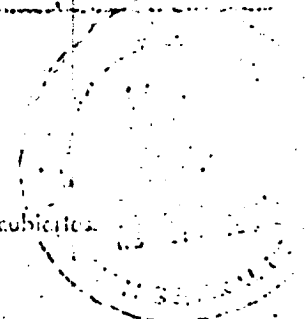
Medida normal cm	Procedencia	Peso por mil piezas kg	Piezas por m <sup>2</sup> de cubierta útil
40 x 30	Extremadura	2150	13
50 x 25	Segovia	1650	18
	Extremadura	1600	18
40 x 20	Segovia	1050	30
	Extremadura	950	30
	Galicia	1200	30
40 x 15	Segovia	800	40
	Extremadura	700	40
	Galicia	950	40
30 x 20	Segovia	800	43
	Extremadura	700	43
30 x 15	Segovia	600	57
	Extremadura	550	57
20 x 20	Segovia	525	75

### Normas para consultar

Los ensayos de flexión, véase la norma UNE 2020 - Determinación de la resistencia a la flexión en pizarra para cubiertas. Para la absorción del agua, véase la norma UNE 7009 - Determinación de la absorción del agua en pizarras para cubiertas. Para la inmersión en ácido sulfúrico, véase la norma UNE 7001 - Ensayo de inmersión en ácido sulfúrico de pizarras para cubiertas.

172

Medidas en mm



1. Objeto

Esta norma es aplicable a todas las placas de pizarras empleadas en la construcción de cubiertas.

2. Definiciones

Se denomina absorción específica del material, el tanto por ciento en peso, de agua absorbida en el ensayo descrito a continuación, expresado en relación al peso de la probeta desecada.

3. Toma de muestras

Los probetas para el ensayo serán placas de 50 x 50 mm.

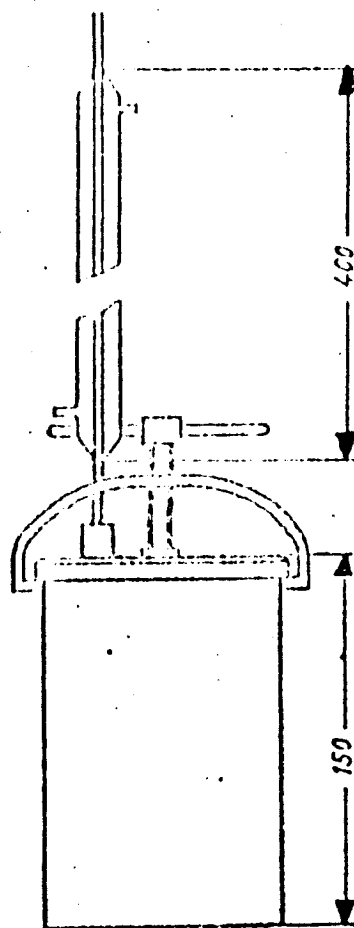
Las probetas se cortarán con las herramientas adecuadas (sierras, cuchillos, abrasivos, etc.), procurando no producir grietas o escamas en las muestras. Todos las aristas se quitarán con un abrasivo fino y agua.

No se emplearán las probetas con defectos de preparación.

4. Aparatos empleados

Para la ejecución del ensayo, prescrito en la presente norma, se emplearán los aparatos siguientes:

- 4.1 Calderín. Un calderín provisto de un condensador de refrijo, cuyos medidas se detallan en la figura.
- 4.2 Balanza. Una balanza de precisión no inferior a  $\pm 0,01$  g.



Continúa

Instituto Nacional de Recionalización del Trabajo - Madrid - Serrano, 150 - Teléfono 334206 - Reproducción prohibida

## Procedimiento operatorio

Deseca las probetas de 50 x 50 mm hasta peso constante, en una estufa a la temperatura de 105° a 110° C. La masa pesada es el peso en seco,  $G_s$ .

Continuamente, se sumergen en el agua contenida en el calorín, provisto de condensador de reñijo, y se hierve activamente durante 23 h.

Después se enfría el aire durante 5 min y se colocan en agua, a la temperatura ambiente de la habitación donde se están, dejándolas así durante 30 min.

Después de ocurrir las probetas y de pasarlas un paño húmedo, con objeto de quitarles el exceso de agua superficial, se pesan y, de esta forma, se obtiene el peso después de la absorción,  $G_a$ .

El agua absorbida es la diferencia entre  $G_a$  y  $G_s$ .

### Obtención de los resultados

La absorción específica  $A$ , de cada probeta, se calculará mediante la aplicación de la expresión siguiente:

$$A \% = \frac{G_a - G_s}{G_s} \cdot 100.$$

La absorción específica que se tomará como resultado del ensayo, será la media aritmética de los resultados obtenidos con las tres probetas y se expresará con una cifra decimal.

### Correspondencia con otras normas

La norma concuerda esencialmente con la B. S. 630.

# Ensayo de resistencia a la flexión de los pizarras para cubiertas

7 070

## 1. Objeto

Esta norma es aplicable a todas las placas de pizarra, empleadas en la construcción de cubiertas.

## 2. Fundamento del método

La muestra que se ha de ensayar, saturada de agua, se apoya sobre dos soportes paralelos y se carga hasta la rotura, según se indica en el capítulo 5.

## 3. Toma de muestras

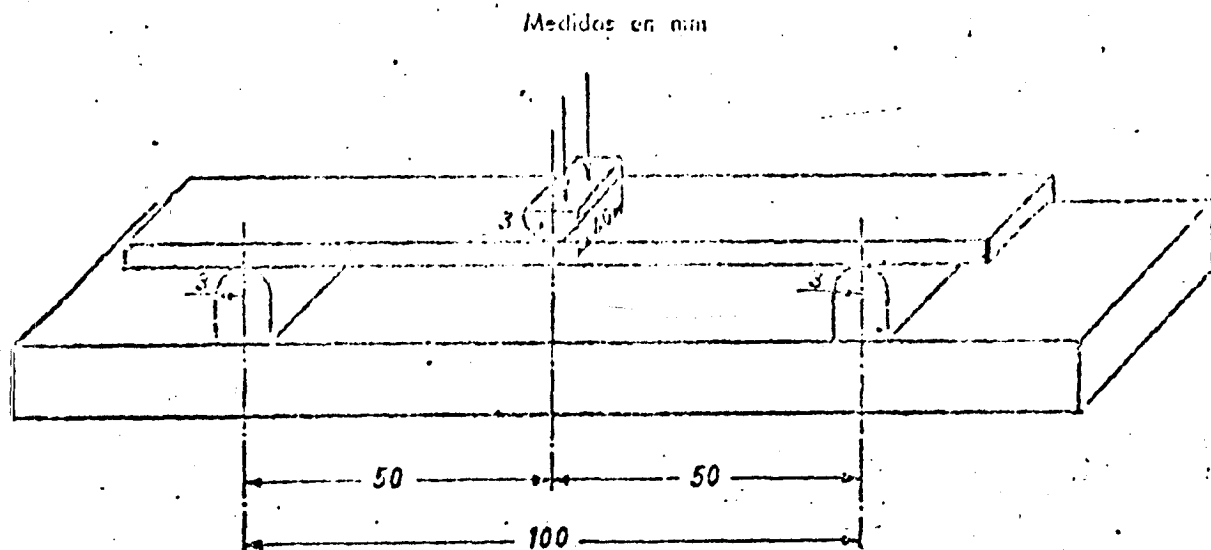
Los probetas para el ensayo de flexión, serán placas de 120 x 40 mm.

Los probetas se cortarán con herramientas adecuadas (sierras, cizallas, discos, abrasivos, etc.) procurando no producir grietas o escamas en las muestras.

De cada millar de hojas de pizarra o parte menor, se tomarán seis muestras.

## 4. Aparatos empleados

El aparato necesario para este ensayo, consistirá de dos apoyos paralelos semicilíndricos, cuya sección se indica en figura. La distancia entre los ejes de estos dos apoyos será de 100 mm. La carga se transmitirá por medio de un barra semicilíndrica, del mismo radio que el de los apoyos y 40 mm de longitud, situada a 20 mm del eje de cada uno de ellos.



## 5. Procedimiento operatorio

Las probetas se sumergen en agua colocándolas de canto y de la manera siguiente: primero hasta un tercio de altura, transcurridos 2 h se eleva el agua a los dos tercios y pasados 22 h se eleva 50 mm por encima de la probeta totalmente sumergida. A las 24 h el agua superficial se seca con un paño y puede considerarse saturada probeta.

Inmediatamente después de saturadas, se someten al ensayo de flexión en el aparato descrito en el capítulo 4 de esta norma, o en otra máquina apropiada para el ensayo, cuya separación entre apoyos sea la indicada. En todos los casos, se aplicará la carga a una velocidad aproximada de 4 kgf-min.

## 6. Obtención de los resultados

El resultado será la media aritmética de los resultados de ensayar seis probetas, y se expresará en kilogramos (kg) con una cifra decimal.

# Ensayo de inmersión en ácido sulfúrico de pizarra para cubiertas

7 091

## 1. Objeto

Esta norma es aplicable a todas las placas de pizarra, empleadas en la construcción de cubiertas.

## 2. Definición

El ensayo permite poner de manifiesto la presencia perjudicial de los componentes excesivos de las pizarras, que reaccionan por el ácido sulfúrico, tales como carbonatos, epalita, óxidos y sulfuros metálicos, por el comportamiento de las probetas frente a la solución de este ácido.

## 3. Toma de muestras

Las probetas para el ensayo de inmersión en ácido sulfúrico, serán placas de 50 x 50 mm.

Las probetas se cortarán con herramientas adecuadas (sierras, machetas, discos, abrasivos, etc.) procurando no producir grietas o escamas en las muestras. Todas las aristas se limarán con un abrasivo fino y agua.

No se usarán en los ensayos probetas con defectos de preparación.

## 4. Método de ensayo

En una solución de ácido sulfúrico, de  $\gamma = 1,145$ , se sumergen tres probetas de 50 x 50 mm.

Dicha solución se obtiene añadiendo 1 volumen de ácido sulfúrico concentrado, de  $\gamma = 1,84$ , a 7 volúmenes de agua destilada.

Las probetas se mantienen sumergidas, a la temperatura ambiente, durante 240 h.

## 5. Obtención de los resultados

No deberán observarse indicios de ebullición ni hinchamientos o alteraciones en la superficie. Tampoco deberá aparecer desprendimientos gaseosos.

## 6. Correspondencia con otras normas.

Esta norma concuerda esencialmente con la B. S. 680.

## ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL

Con este ensayo se pretende determinar la resistencia de un espécimen de roca, cuando está sometido a cargas concentradas aplicadas por medio de dos placas de carga cónicas. Los especímenes, pueden tener tanto la forma cilíndrica de los testigos de un sondeo (para hacer los ensayos de carga concentrada puntual "diametral" y "axial"), como la forma irregular de fragmentos cualquiera de roca (para el ensayo "fragmento irregular" de carga concentrada puntual). Un Índice de Resistencia a Carga Concentrada Puntual,  $I_s(50)$ , puede obtenerse de los resultados de los ensayos, y es utilizado tanto para hacer una clasificación de rocas por su resistencia como por su calidad.

Aunque este ensayo puede realizarse en laboratorio, está mucho más indicado para campo, haciéndolo sobre testigos de sondeo o sobre fragmentos de rocas arrancadas.

### APARATOS

La máquina de ensayos, lleva incorporado un sistema de carga (Sistema de compresión, bastidor de carga, bomba, émbolo, y placas de carga), un sistema para medir la carga  $P$  requerida para romper la probeta, y un sistema para medir la distancia  $D$  entre los dos puntos de las placas en contacto con el espécimen.

Aparte, es fundamental reseñar los aspectos siguientes:

a) El sistema de carga, debe ser capaz de abrazar la muestra y también tener capacidad de carga suficiente para producir la rotura de la roca, por ejemplo para tamaños entre 25 y 100 milímetros del espécimen, se necesita, normalmente, una capacidad de carga de 50 KN.

Por otro lado, un émbolo de rápida recuperación ayuda a evitar pérdidas de tiempo en los ensayos. También, el émbolo debe ser de baja fricción con el fin de no disminuir la exactitud de la medida de la carga.

b) Para transmitir la carga al espécimen, se emplean placas de carga consistentes en dos conos truncados, con ángulos del cono de  $60^\circ$  y 5 milímetros de radio esférico. Los conos pueden estar tratados con objeto de endurecerlos y evitar los daños durante los ensayos. Las placas (conos), deben estar exactamente alineadas, y ser coaxiales la una con la otra, al mismo tiempo tienen que estar unidas rígidamente a la máquina para asegurar que permanecerán alineadas durante el ensayo. También es posible utilizar placas de cargas no esféricas o que no sean completamente rígidas.

c) El sistema de medida de la carga, indica la carga de rotura con un error de  $\pm 2$  por ciento y consecuentemente la resistencia del espécimen. Puede también incorporarse a un sistema que permita retener la lectura de la carga de rotura después de la rotura de la probeta. El sistema de medida debe ser resistente a shock hidráulicos y vibraciones para que la exactitud de las medidas sea mantenida durante el ensayo.

d) El sistema de medida de la distancia,  $O$ , entre los puntos de apoyo de las placas de carga con el espécimen, tiene una exactitud de 1 0,5 milímetros. Debe estar diseñado de forma que el cero pueda ser comprobado y ajustado, a la vez que ser lo suficientemente robusto como para que no pierda su exactitud durante los ensayos.



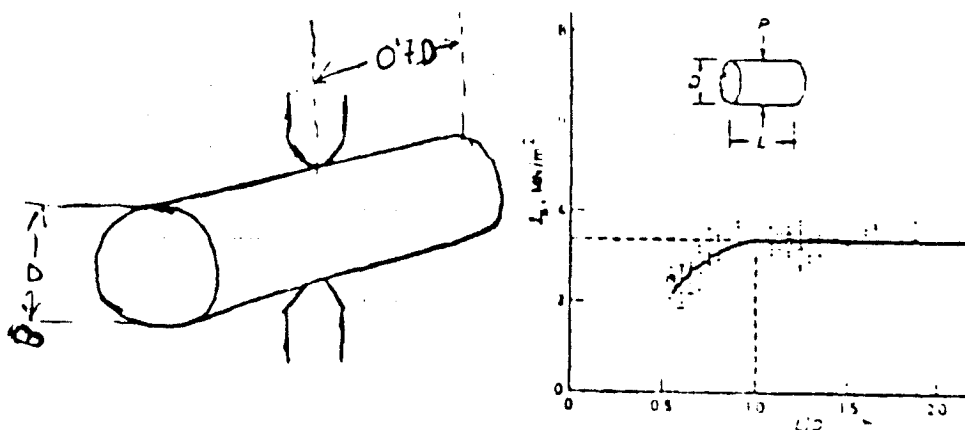
## PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Las rocas a clasificar serán divididas primeramente en grupos o unidades en base a una primera inspección y una resistencia uniforme. Una muestra de roca con suficiente material para sacar de ella el número requerido de testigos ensayables, se seleccionará para cada grupo o unidad. Los especímenes con forma cilíndrica (testigos de sondeo), son preferibles cuando se pretende hacer una clasificación exacta. Para una clasificación standard, las probetas pueden ensayarse en condiciones de "saturadas de agua", pero cuando esto es imposible, por ejemplo si los ensayos se realizan a pie de sondeo en el campo, las probetas pueden utilizarse tanto en "condiciones naturales" como "recaladas al aire", en cuyo caso, cabe esperar una resistencia entre el 10 y el 20 por ciento más elevada que en las condiciones de "saturado de agua".

## ENSAYO DIAMETRAL

La relación longitud/diámetro de los especímenes para este tipo de ensayo debe ser mayor que 1,4. Preferiblemente 10 o más ensayos por muestra son los necesarios, dependiendo esta cantidad de las características y uniformidad de la roca. El espécimen se coloca en la máquina y las placas de carga cónicas se cierran hasta que hagan contacto con el espécimen de forma diametral, asegurándose de que la distancia entre el punto de contacto de los conos al más cercano extremo libre de la muestra sea como mínimo  $0,7 D$ , siendo  $D$  el diámetro de la probeta cilíndrica.

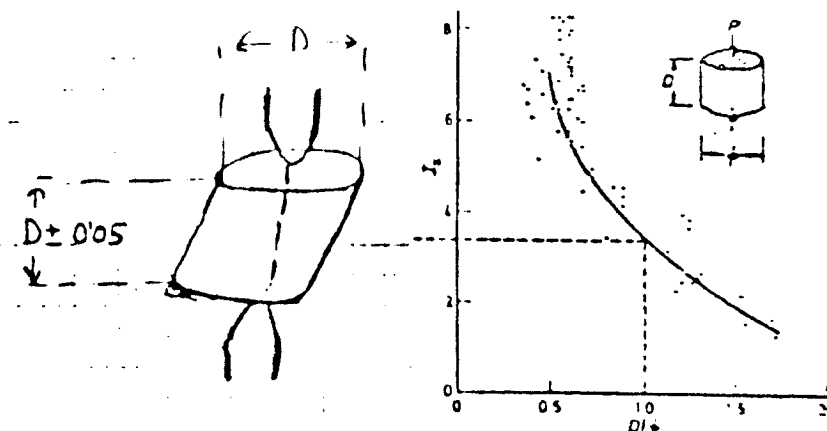
La distancia  $D$  se recoge, y la carga se hace aumentar lentamente hasta la rotura. La carga de rotura se anota, y el proceso se repite para los restantes especímenes de la roca.



## ENSAYO AXIAL

La relación longitud/diámetro de los especímenes para este tipo de ensayo, es aconsejable sea de  $1,1 \pm 0,05$ . Las probetas de la longitud requerida pueden obtenerse como producto del ensayo "diametral" arriba descrito, para ello es conveniente marcar la longitud deseada en la probeta antes de realizarlo, de forma que al menos uno de los trozos que resulten tenga las dimensiones requeridas para el ensayo axial. Generalmente 10 o más especímenes por muestra son los que se necesitan, dependiendo este número de las características y uniformidad de la roca. El espécimen se coloca en la máquina y las placas de carga cónicas se cierran hasta que hagan contacto con el espécimen de forma axial.

Se anota la distancia  $D$  y se hace crecer la carga lentamente hasta llegar a la rotura. La carga de rotura se anota y el proceso se repite para las restantes probetas de la muestra.



### ENSAYO DE FRAGMENTOS IRREGULARES

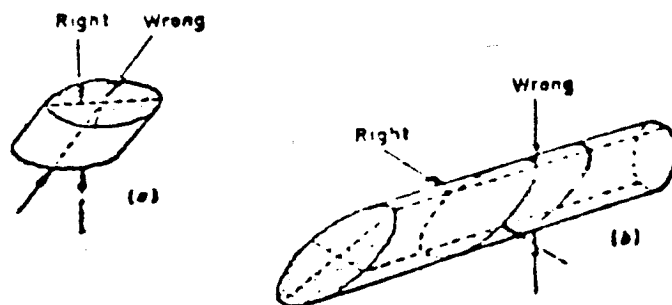
Para este ensayo, se seleccionan fragmentos de roca con un diámetro típico de aproximadamente 50 milímetros y con una relación entre longitud y el más corto diámetro de 1,0 y 1,4, seleccionando y escogiendo por medio de una técnica conveniente. Como mínimo 20 probetas por muestra deben ser ensayadas. Cada fragmento se coloca en la máquina de ensayos y las placas de carga cónicas cerradas hasta que hagan contacto con el espécimen a través de un diámetro, hay que procurar evitar filos y esquinas si es posible.

La distancia  $D$  se anota y la carga se aumenta lentamente hasta la rotura. La carga de rotura  $P$  también se anota y se repite el proceso para los restantes especímenes de la muestra.

### ROCAS ANISOTROPAS

Con rocas de tipo sedimentario, esquistos u otras que presentan una anisotropía patente, el ensayo debe realizarse según dos direcciones, una según los propios planos "débiles" y otra aquella en la que aparece mayor resistencia, es decir, perpendicular a los planos "débiles". Con testigos horizontalmente estratificados, por ejemplo el ensayo "diametral" dará una serie de valores de la resistencia más bajos que los obtenidos con una carga perpendicular a los planos "débiles".

Es absolutamente necesario asegurarse de que la carga se ejerza según los planos "débiles" y perpendicular a ellos.



El espaciamiento del ensayo "diametral" ha de ajustarse con precisión para asegurar que los trozos resultantes sirvan para el ensayo "axial". Se hace resaltar que la separación entre las placas de carga cónicas, en el ensayo "axial", se mide perpendicularmente a los planos "débiles", y no, necesariamente, según el eje del espécimen. Un procedimiento similar se sigue cuando se trata del ensayo "fragmentos irregulares".

Los resultados se tabulan separadamente para especímenes cargados según los planos "débiles" o perpendicular a éstos.

Le llama la atención sobre la necesidad, en el caso de ensayo "fragmentos irregulares", de que dichos fragmentos sean aproximadamente equidimensionales, particularmente cuando la roca tiene tendencia a romperse según lascas o piezas elongadas.

### CALCULO

a) El Índice de Resistencia a Carga Puntual,  $I_s$ , se define como la relación.

$$I_s = \frac{P}{D^2}$$

Y puede también ser calculado a partir del gráfico que se da a continuación.

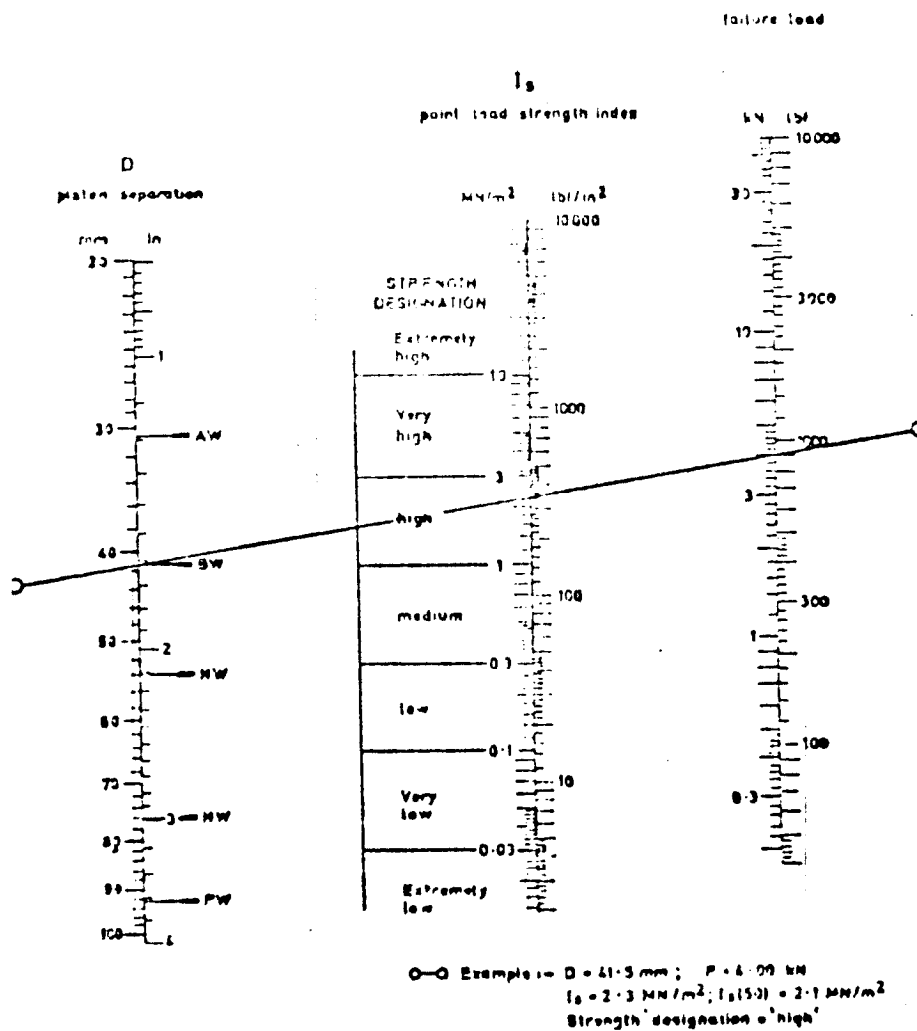


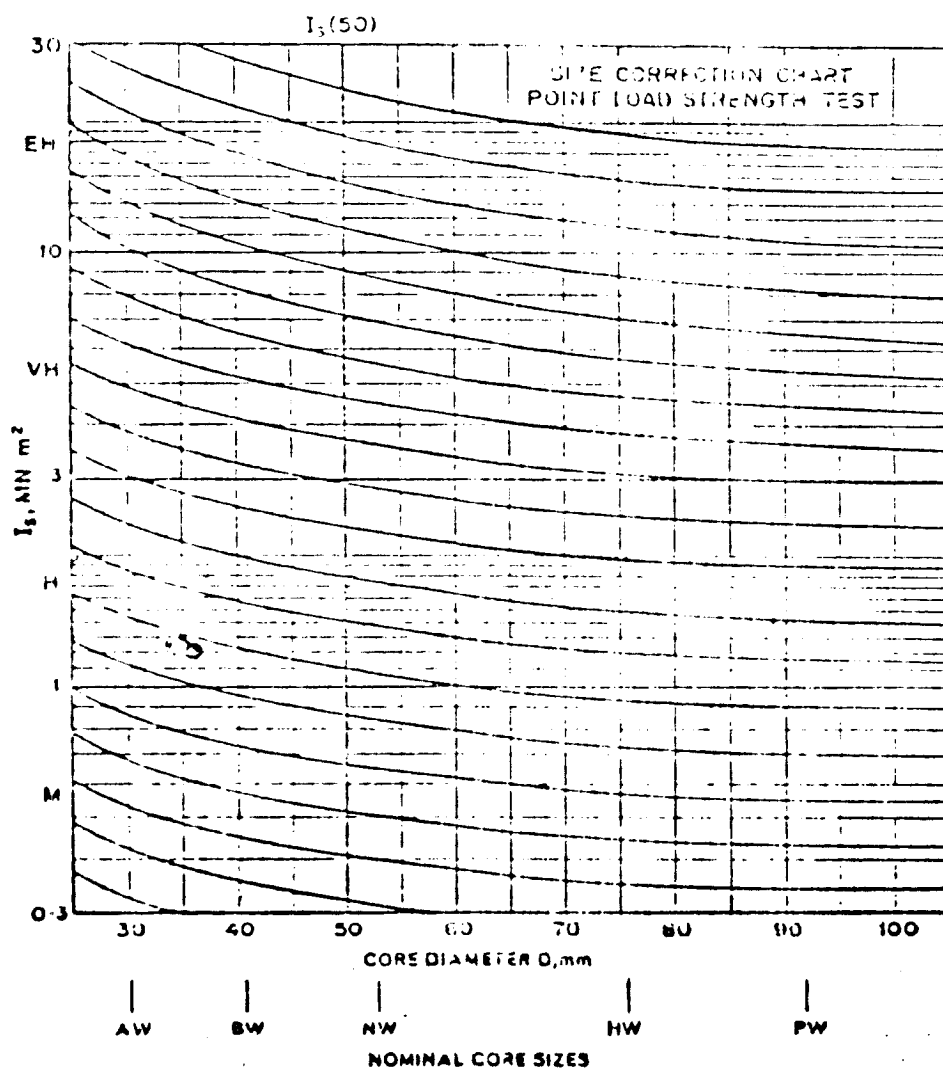
GRAFICO PARA CALCULAR EL INDICE DE RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL  $I_s = \frac{P}{D^2}$

En(\*) el caso de empleo de máquinas con manómetro de medida de presiones hidráulicas (como es el caso de la prensa Franklin de que dispone el I.G.M.E.), hay que multiplicar la presión leída en dicho manómetro por el área efectiva del émbolo para obtener la carga, el gráfico puede ser ajustado para lectoras directas, por medio de un desplazamiento vertical de la escala de carga de rotura.

(\*) Nota.— La sección efectiva de la prensa del I.G.M.E. es:

$$S = 14,426 \text{ cm}^2 = 2,236 \text{ cm}^2.$$

b) Para hacer una clasificación standard, se emplea el índice  $I_3(50)$ , que se obtiene del  $I_3$  hallado con el ensayo haciendo una corrección de este valor referida al diámetro 50 milímetros, utilizando para ello el siguiente gráfico.



c) El valor medio de los resultados de una serie de ensayos puede hallarse despreciando sistemáticamente los más altos y los más bajos hasta que sólo quedan dos valores. La media aritmética de estos dos valores será la media buscada.

d) En ensayos "diametrales", donde el valor D es constante, debe de calcularse en primer lugar la media de la carga de rotura, después el índice correspondiente a este valor medio, y más tarde la corrección por tamaño.

En ensayos "axiales" y en "fragmentos irregulares" el índice para cada uno la corrección por tamaño. El valor medio de los índices corregidos por tamaño será el buscado.

e) El índice de Resistencia Anisotrópica  $I_\alpha (50)$ , se calcula como la relación entre las respectivas medias de los índices de resistencia para cargas perpendiculares y paralelas a los planos "débiles".

$$I_\alpha (50) = \frac{I_s (50) \text{ perpendicular planos "debiles"}}{I_s (50) \text{ paralelo planos "debiles"}}$$

$I_\alpha (50)$ , toma valores muy próximos a 1, para rocas isotrópicas, y valores mayores cuando son rocas anisótropas.

## PRESENTACION DE RESULTADOS

Los resultados de los ensayos "diametrales", "axiales", y "fragmentos irregulares", deberán tabularse separadamente, y además contener la siguiente información para cada muestra de roca ensayada:

a) Número de la muestra y localización, condiciones de humedad (agua contenida), e historia de su almacenaje. Si es posible, dar los valores numéricos del contenido de agua y grado de saturación. Descripción de la orientación y naturaleza de cualquier plano "débil" presente en la roca.

b) Una tabulación de la carga de rotura P, y de la distancia D entre placas de carga.

c) Los valores de  $I_s$  e  $I_s (50)$  para cada ensayo. Estos valores pueden omitirse en el caso de ensayo "diametral", per entonces deberá darse al valor medio de la carga de rotura P.

Los valores medidos de  $I_s (50)$  paralelo y perpendicular a los planos "débiles", y a partir de éstos deberá darse también el Índice de Resistencia Anisotrópico  $I_\alpha (50)$ .

## NOTAS

Este ensayo pretende facilitar un procedimiento sencillo para la clasificación en campo de materiales rocosos, pero no se descarta la posibilidad de que se haga necesario modificar alguno de los procedimientos expuestos con el fin de soslayar limitaciones prácticas.

Quando sea necesario, en lugar de los valores numéricos de los Índices de Resistencia,

pueden utilizarse ciertas denominaciones para clasificar las rocas (tales como "alto" "largo", resistencia, etc.), pero de todas formas los valores numéricos conviene conservarlos.

La Resistencia a la Carga Puntual está íntimamente correlacionada con los valores de la resistencia a la compresión simple para una misma roca, así como también con los resultados de otros ensayos. Se admite que se cumple.

Resistencia a la compresión simple =  $24 \times I_p$  (50) para una misma roca.

## CONSIDERACIONES SOBRE LA MEDIDA DE LA RESISTENCIA ANISOTROPICA

Muchos tipos de rocas presentan una evidente anisotropía de sus características mecánicas debido a que contienen planos preferenciales de rotura o planos "debido", tal es el caso de la pizarras con sus planos de pizarrosidad. Por lo anterior, ocurre que en especímenes de tales rocas la Resistencia puede variar diez veces o más según la dirección de la carga con respecto a la pizarrosidad.

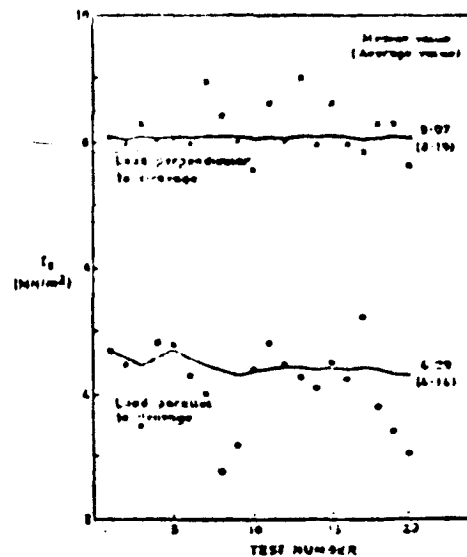
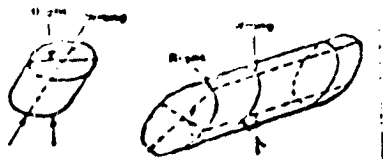
A continuación se describen los resultados de los ensayos llevados a cabo sobre 20 cubos de 38 milímetros de lado cargados según la dirección de la pizarrosidad, y de otros 20 cubos de las mismas dimensiones cargados perpendicularmente a la pizarrosidad.

El Índice de Resistencia Anisotrópica (definido como la relación Índice Resistencia perpendicular pizarrosidad/Índice Resistencia paralelo pizarrosidad), fue de 1,88.

Es interesante la observación de las roturas, así se vio que cuando la carga era paralela a la pizarrosidad, la fractura era limpia según un plano "débil", pero por contra cuando la carga era perpendicular a la pizarrosidad la rotura era muy desigual y la probeta rompía en un número de trozos indeterminados. Sin embargo, sí resultó sorprendente que la dispersión de los valores obtenidos con la carga perpendicular fue mucho menor que con la carga paralela a la pizarrosidad.

Para realizar medidas tales como las descritas en pizarras, es más cómodo el sacar bloques grandes y fabricar probetas cúbicas mediante un aserrado, pero también se puede trabajar con testigos cilíndricos de sondeos.

Así, para clasificar rocas yacentes a profundidad se emplean los testigos de sondeos de reconocimiento, y son necesarios los ensayos "diametrales" y "axiales" en este caso. El testigo se somete en primer lugar al ensayo "diametral" de carga puntual, según los planos de pizarrosidad, más tarde se realiza el ensayo "axial" perpendicular a los planos de pizarrosidad. Las direcciones óptimas de carga se muestran en la figura.



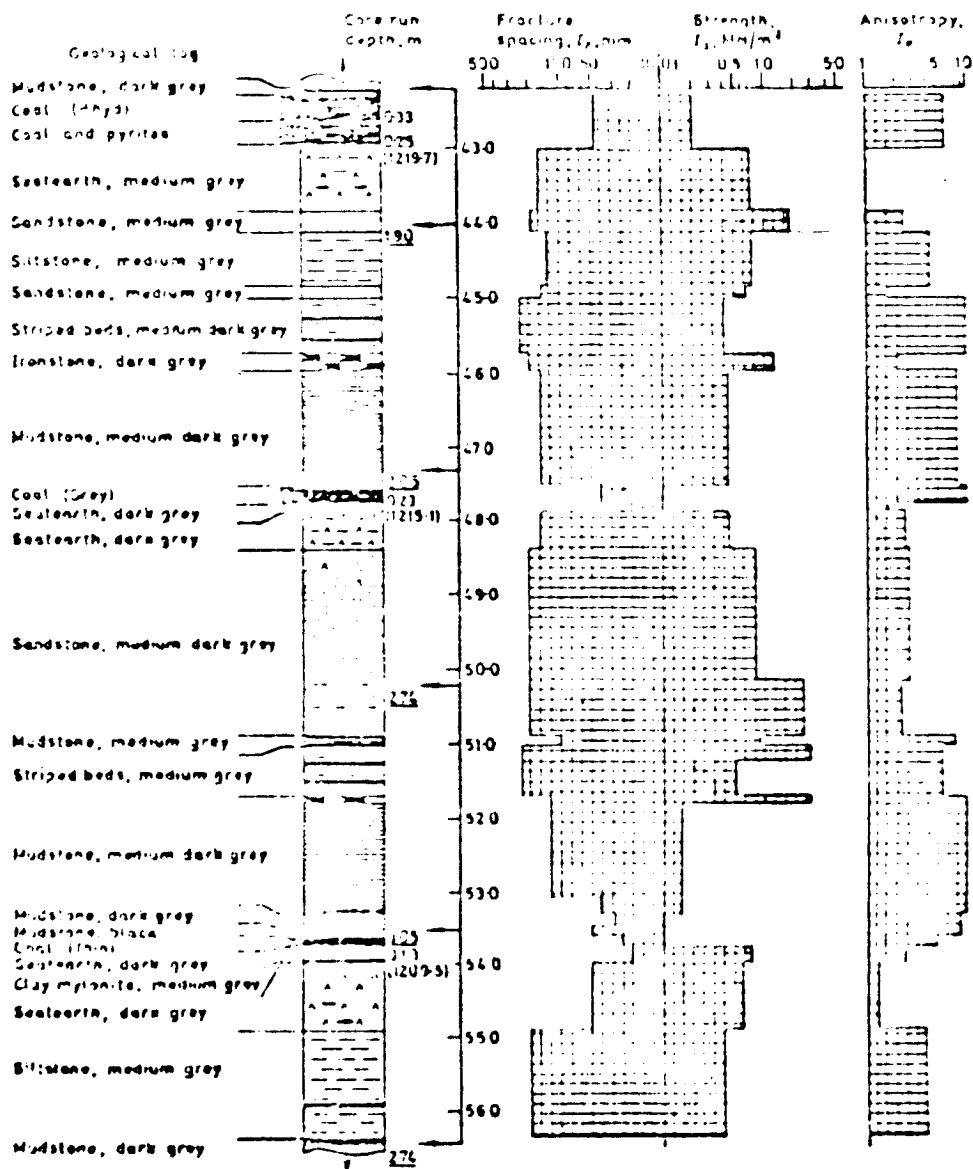
Antes de proceder al ensayo "diametral", el testigo ha de ser cuidadosamente mareado para asegurar que los trozos que resulten una vez roto den un cilindro con una relación longitud/diámetro de  $1,1 \pm 0,05$ .

El índice de Resistencia Anisotrópica se obtiene de la relación Resistencia más fuerte/Resistencia según la pizarrosidad.

Un ejemplo de la aplicación de estas técnicas se da en la figura siguiente, procedentes de una investigación de carbón, y en la que además de una serie de medidas convencionales se realizarán ensayos puntuales de carga.

### THE POINT-LOAD STRENGTH TEST

685





Los valores de  $I_s$  corresponden al ensayo "diametral" que se representan en escala log. Los valores del ensayo "axial" también se calcularán y puede representarse como las del "diametral" (cosa que no se hizo).

### ENSAYOS MECANICOS DE CALIDAD DE LAS ROCAS (HOEK)

Diversas técnicas han sido propuestas para determinar un índice de calidad de rocas a partir de la información que es posible obtener de un sondeo.

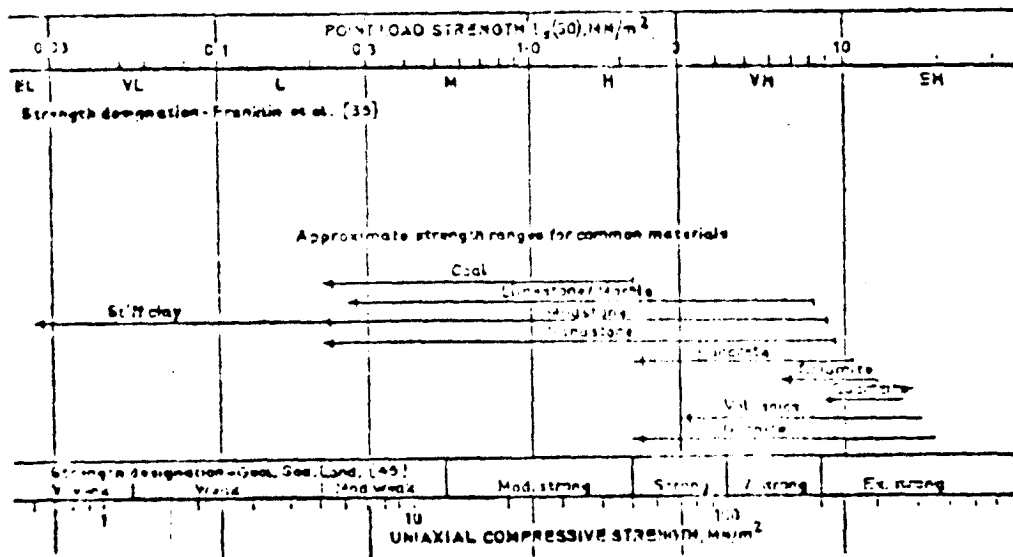
Hoek, sugiere que al sacar un testigo de un sondeo es interesante el medir el espaciamiento entre discontinuidades (eliminando aquellas fracturas que se estimen sean imputables a las operaciones de sondeo) 'Así, el Índice de Espaciamiento es simplemente el número de discontinuidades por unidad de longitud, por ejemplo, 5 fracturas por pie.

Otro sistema es hacer el R.Ó.D., que se define como el porcentaje de trozos de testigo de 10 cm o más de longitud, respecto a la longitud total. El diámetro de sondeo óptimo es el NX (2 1/4 in).

Otro índice es el Índice de Resistencia a la Carga Puntual, definido como la relación entre la carga P necesaria para romper una probeta y el cuadrado del diámetro del testigo  $I_s = P/D^2$ .

### CUADRO PARA CLASIFICACION DE ROCAS

THE POINT-LOAD STRENGTH TEST



El cuadro, muestra dos sistemas utilizados para clasificación de rocas, en función de su Resistencia, además tiene la correlación (que es de 0,88), entre resistencia, al ensayo "axial" de carga puntual.

# Sobre las características físico-mecánicas de algunos granitos industriales de Galicia

(1.ª Parte)

Por J. ORDAZ y R. M. LESBERT (\*)

## RESUMEN

Se estudian bajo un criterio petrográfico, cuatro tipos de rocas graníticas de Galicia (NW de España), utilizadas con fines ornamentales y conocidas con las denominaciones: "Rosa Porriño", "Dante", "Albero" y "Austral Red". Se establece un "índice de deterioración" basado en observaciones micropetrográficas que nos expresa el estado global de deterioración de la roca.

## SUMMARY

Four types of granitic rocks, used for ornamental purposes and known by the names of "Rosa Porriño", "Dante", "Albero" and "Austral Red" from Galicia (NW of Spain) have been studied with a petrographic criterion. A "deterioration index" based on the micropetrographic observations is established in order to state the degree of total rock deterioration.

## I. INTRODUCCION

Este trabajo, dividido en dos partes, se centra en el estudio de las propiedades físico-mecánicas de cuatro tipos de rocas "graníticas" gallegas, utilizadas industrialmente.

Esta primera parte se dedica a la descripción petrográfica textural y de alteración de las citadas variedades.

Dichas variedades graníticas corresponden a las siguientes denominaciones comerciales: "Rosa Porriño", "Dante", "Albero" y "Austral Red", siendo sus principales usos industriales: ornamentación, pavimentación y áridos.

Bajo este punto de vista la variedad "Rosa Porriño" es la de mayor importancia, estándose sus explotaciones ubicadas en la zona de Atiós-Porriño (Pontevedra) (CAPDEVILA, 1969). El granito "Dante"

procede de la misma zona de Porriño. La variedad "Austral Red" se ha extraído de Santa Eugenia de Ribeira (Coruña) aunque es un tipo de material que se encuentra a lo largo de un amplio tramo de la costa gallega, desde Finisterre a Villagarcía de Arosa (Pontevedra). Finalmente el granito "Albero" se explota en la zona de Rebordanes-Tuy (Pontevedra).

## II. PETROGRAFIA Y TEXTURA

### "ROSA PORRIÑO".

Este granito presenta en lámina pulida color rosado y un aspecto sumamente vistoso que le confiere un valioso carácter ornamental. Es, sin duda alguna, de los granitos estudiados, el más preciado desde el punto de vista comercial. Petrologicamente se clasifica como un granito de tendencia alcalina con estructura granuda pegmatítica.

(\*) Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad de Oviedo.

### *Composición mineral.*

Mineralógicamente está formado por dos elementos mayoritarios, cuarzo y ortosa. Otros minerales esenciales, aunque mucho menos abundantes son la mica, la plagioclasa y la biotita.

Como minerales accesorios presenta: apatito, circon, esfena y cristales muy bien conformados de allanita. Como productos secundarios: clorita, sericita y magnetita, esta, por lo general, en el seno de la biotita y clorita.

Los cuarzos muestran evidentes señales de tectonización, están muy fisurados y generalmente poseen extinción ondulante y en mosaico.

La ortosa está muy poco alterada y es de naturaleza peritética. Frente a ella la plagioclasa muestra evidentes signos de sericitización. En algunas ocasiones se observan intercrecimientos mirmequíticos.

La biotita presenta, asimismo, extinción ondulante y sus líneas de exfoliación arqueadas la mayoría de veces. Esta en ocasiones alterada a clorita.

### *Textura.*

Se trata de un granito de grano medio a grueso (tamaño medio estadístico de grano = 4.5 mm.), con tendencia pegmatítica.

Tanto en lámina pulida como en sección delgada se reconoce la presencia de una notable red de microfisuras, inter, intra y transgranulares las cuales son más abundantes en los núcleos cuarcíferos. La microfisuración se desarrolla dimensionalmente según dos, o a veces tres, direcciones bien definidas.

Los núcleos feldespáticos alcanzan considerable desarrollo, seguidos de los cuarcíticos. La biotita se presenta en hojuelas de tamaño mucho menor.

### "DASII".

Granito de vistosa apariencia en sección pulida en la que puede observarse una mezcla de tonalidades blanquecinas, grisáceas y "salmón" con un moteado más o menos denso de pequeños cristales negros de biotita. Petrográficamente se trata de un granito biotítico.

### *Composición mineralógica.*

Como minerales esenciales consta de: cuarzo, ortosa, plagioclasa y biotita. Como accesorios posee: esfena y allanita, ambas en pequeñísima proporción. Como secundarios aparecen clorita, sericita y magnetita.

La ortosa que aparece en cristales de gran desarrollo es peritética, las perfitas venuladas se presentan perfectamente orientadas, dentro de cada grano, en una dirección determinada. A veces hay evidentes núcleos de microcristalización. Las plagioclasas están bastante alteradas, con abundantes granos de sericita en su seno. Son, por lo general, cristales idiomorfos, con extinción zonal. La mica es clorita, bastante ferrífero y muy fina.

### *Textura.*

Es un granito de grano medio (tamaño medio de grano = 4.2 mm.), aunque no puede hablarse ni de uniformidad en los tamaños ni en la repartición de los constituyentes minerales.

Así en el cuarzo encontramos granos cuyos tamaños oscilan de los 2 ó 3 mm. hasta los 7 ó más, a veces forman núcleos de varios cm. de superficie, otras son cristales aislados.

Los feldespatos potásicos son por lo general idiomorfos, bien desarrollados, con fenecestos de 15 o 20 mm. de máxima longitud, siendo los granos con 1 cm. de superficie aproximadamente los más abundantes. La plagioclasa está más uniformemente repartida aunque suele formar núcleos de muy variable desarrollo pero que no superan los 2 ó 3 centímetros cuadrados.

La biotita se presenta en placas individuales de 1 mm. o en concentraciones más o menos densas que llegan a alcanzar 10 por 5 mm. A veces se presenta incluida en los minerales antes citados.

La microfisuración es muy acusada. Presenta recorridos de hasta 15 mm y afecta a distintos granos minerales en contacto. En la red de microfisuración existe una dirección privilegiada según la cual la frecuencia de ellas es notablemente elevada. En este sentido el cuarzo es el mineral con mayor microfisuración, seguido de la ortosa.

### "ALBERO".

Granito de grano fino caracterizado en lámina pulida por un fondo de color blanco dominante al que se asocia el gris "acaramelado" debido a la mineralización del cuarzo y un abundante porcentaje de granos micáceos moscovíticos, de coloración marrón-rojo amarillenta que le confiere el brillo característico a esta roca.

Desde el punto de vista petrográfico se trata de un granito moscovítico.

*Composición mineralógica.*

Esencialmente consta de: cuarzo, ortosa, microclina y plagioclasa tipo albita y moscovita.

Como minerales accesorios encontramos apatito y zircón y como secundarios gran cantidad de hidroxi-óxidos que se presentan en el seno de los feldespatos.

Los cristales de microclina, aunque poco abundantes, están perfectamente conformados, es decir, presentan la maclación típica según la ley de la albita y microclina. La ortosa es en algunos casos pertitizada y junto con la plagioclasa está considerablemente alterada. Por la naturaleza de la alteración, hidroxi-óxido tipo sericita, parece que los feldespatos se han visto afectados por un proceso de sericitización.

*Textura.*

Se trata de un granito de grano fino (diámetro medio de los granos 0,68 mm.), con estructura granular. Las mitas, que por lo general están distribuidas al azar, se presentan en pequeñas pajueltas de 1 a 4 mm. de longitud por 0,4 a 1 mm. de anchura, formando asociaciones en la que los cristales se entrelazan entre sí y que llegan a alcanzar un desarrollo de 50 ó 60 mm<sup>2</sup>.

Los granos de cuarzo son más o menos equidimensionales y suelen presentarse formando núcleos de unos 4 mm<sup>2</sup> aunque en ocasiones, estas concentraciones pueden llegar a los 50 mm<sup>2</sup>. Por lo general los bordes de estos granos son indentados.

Los feldespatos son los minerales que se presentan más individualizados.

La fisuración no está muy desarrollada, casi nunca supera la escala del cristal, y afecta casi exclusivamente al cuarzo y feldespatos.

**AUSIRAI RED.**

Petrográficamente se clasifica como una monzoita de tendencia cuarcífera, es de grano medio y coloración rojiza debido a sus feldespatos, adoptando tonalidades que oscilan del "salmón" claro al tenue. Macroscópicamente, en la masa mineral se conocen abundantes núcleos verdosos de epidota.

*Composición mineralógica.*

Presenta como elementos esenciales: ortosa, plagioclasa sódica, epidota y cuarzo. Como accesorios zircón, apatito y esfena.

La ortosa es por lo general alotriomorfa, destacando frente al idiomorfismo de la plagioclasa. Muchos granos están pertitizados, con abundancia de pertitas difusas, y otros, en vías de microclinitización. La epidota es, por lo general, idiomorfa o con marcada tendencia al idiomorfismo. El granate presente es tipo grosularia, con una cierta birrefringencia y maclado en sectores tipo "pie-cut".

*Textura.*

Roca de grano medio a grueso (diámetro medio de los granos 4,6 mm.) El feldespato se agrupa en núcleos que a veces llegan a alcanzar los 15 x 10 mm., y que destacan de la granulometría normal de la roca.

El cuarzo es escaso, forma pequeños núcleos de 2 ó 3 mm., de desarrollo máximo. Los núcleos verdes de epidota son notablemente abundantes en la roca, presentan tamaños variables desde 2 ó 3 mm., hasta 7 u 8 mm.

La microfisuración inter e intragranular alcanza escaso desarrollo, sus recorridos son más bien locales, afectando a uno o dos granos minerales. Una característica notable de esta roca es la presencia de huecos dispersos por toda ella, tal como se constata en las observaciones mediante microscopía electrónica de "scanning".

Realizados los análisis mineralógicos cuantitativos, de los diferentes tipos graníticos, se han obtenido los resultados que figuran en la tabla I.

**III. GRADO DE DETERIORACION DE LOS MATERIALES**

Con objeto de valorar el estado de deterioración o degradación de los materiales graníticos, se ha ideado un índice que nos define numéricamente un determinado estado de alteración mineral en las rocas, dentro de la escala de la roca "intacta".

Para ello se parte de una caracterización cualitativa de los diversos niveles de deterioración, englobando en éstos tanto la alteración química (alteración mineral secundaria) como la física (destrucción mecánica de los granos a través de la microfisuración). Estos niveles de deterioración para cada uno de los principales grupos de minerales petrográficos (cuarzo, feldespatos, máficos) se incluyen dentro de cinco categorías (de 0 a 4), cuyo esquema de valoración viene expresado en la tabla II.

TABLA I

Distribución de la muestra	MINERALOGÍA (%)					
	Cuarzo	Feldespato potásico	Parafelsita	Biotita	Moscovita	Epidota
Río Parrón	39,0	51,7	5,6	3,0		0,7
Austral Red	5	53,3	36,0			6,0
Alberca	31,2	38,3	11,5	0,4	17,8	0,6
Dante	28,7	37,7	21,8	11,8		

TABLA II

Grados	Niveles de deterioración del feldespato	Niveles de deterioración de máficos	Niveles de deterioración de cuarzo
0	No alterado aparentemente: sano.	No alterado: sano.	Aparentemente sano.
1	Con microfisuras aisladas de orden inferior al del tamaño de grano. Ligera alteración secundaria.	Alterado sólo marginalmente y en las líneas de exfoliación.	Con microfisuras de orden inferior al tamaño de grano.
2	Con microfisuras de orden del tamaño de grano. Interconexiones entre microfisuras. Alteraciones inferiores al 50 por 100 de la superficie del grano.	Alteración marginal, con pequeñas manchas de alteración repartidas por el interior del grano. Microfisuras.	Con microfisuras de orden del tamaño de grano. Interconexiones entre las microfisuras.
3	Microfisuras abundantes. Áreas de alteración superiores al 50 por 100 de la superficie del grano.	Áreas de alteración inferiores al 50 por 100 de la superficie del grano. Microfisuras.	Microfisuración abundante y principios de subindividualización granular.
4	Microfisuración abundante. Áreas de alteración ocupando prácticamente todo el grano.	Áreas de alteración superiores al 50 por 100 de la superficie del grano. Microfisuración abundante.	Microfisuración abundante. Subindividualización granular.

Dicha tabla se basa fundamentalmente en la observación microscópica (en lámina delgada) de los granos minerales. Hay que hacer constar que estas escalas de degradación son convencionales e independientes para cada grupo o especie mineral en concreto, y que sus grados no se corresponden necesari-

amente con otros grados (por ejemplo, el grado 2 de feldespatos no es en principio equivalente al 2 de los máficos o del cuarzo), aunque sí señalan, en ambos casos, estadios de deterioración progresiva (de menor a mayor) de los granos minerales (fotografías 1-5).

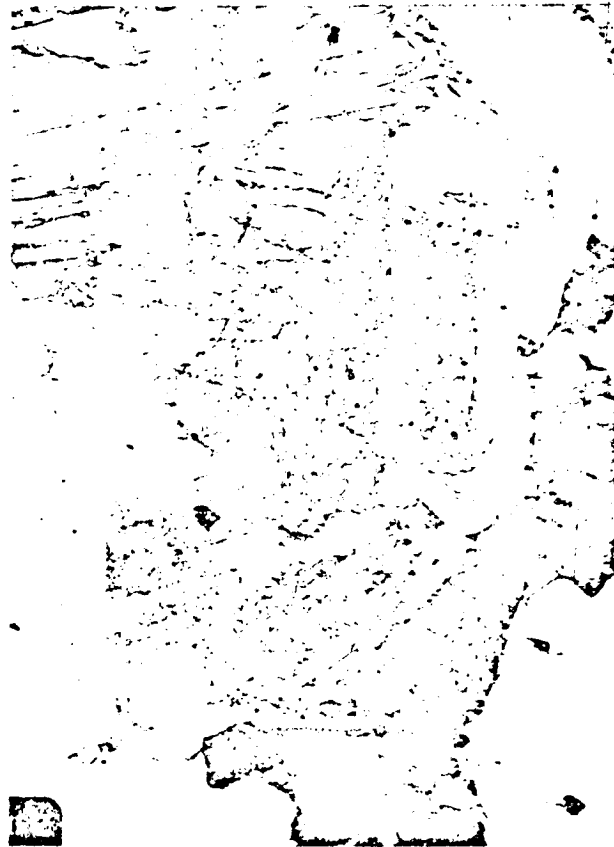


Fig. 1. Grano de cuarzo en el cuarzo de un granito de San Juan, N. P. (100x)

Fig. 2. Grado de deterioración 3 en los feldespatos de un granito de San Juan, N. P. (100x)

mento para la obtención del "índice de deterioración mineral".

Se preparan, sobre láminas delgadas, un número suficiente representativo de contajes de cada fase mineral esencial de la roca en cuestión, en función de los grados de deterioración de 0 a 4, según la escala antes mencionada. De esta manera se obtienen una serie de porcentajes cuantitativos resultante de multiplicar los diversos grados (de 0 a 4) de los granos contabilizados por los porcentajes respectivos nos dará una cantidad que refleje el estado de degradación para el mineral considerado, y que quedará comprendido entre los límites teóricos de 0 (todos sanos) y 400 (el 100 por 100 de los granos deteriorados).

Finalmente, la suma de los productos obtenidos dividida por cien para obtener un índice más

manejable, entre 0 y 4. Este índice sería el índice de deterioración mineral  $D$ , para los feldespatos ( $D_f$ ), cuarzo ( $D_c$ ) y máficos ( $D_m$ ). En la tabla III se exponen los distintos índices parciales obtenidos en los cuatro "granitos" considerados.

Se define, pues, el índice de Deterioración Mineral  $D$ , como:

$$D_{f, c, m} = \frac{\sum g_i p_i}{100}$$

siendo  $p_i$  los diversos porcentajes obtenidos de granos de un determinado grupo mineral (feldespatos, máficos) con grado de alteración o destrucción  $g_i$  (entre 0 y 4).

A su vez, la suma de los índices  $D$  para las distintas fases minerales de una roca nos dará una idea bastante aproximada del grado de deterioración glo-



Foto 3

Grado 4 de deterioracion en feldspato y 2 en cuarzo  
(Granito Dante) N. P. ( $\times 22$ )

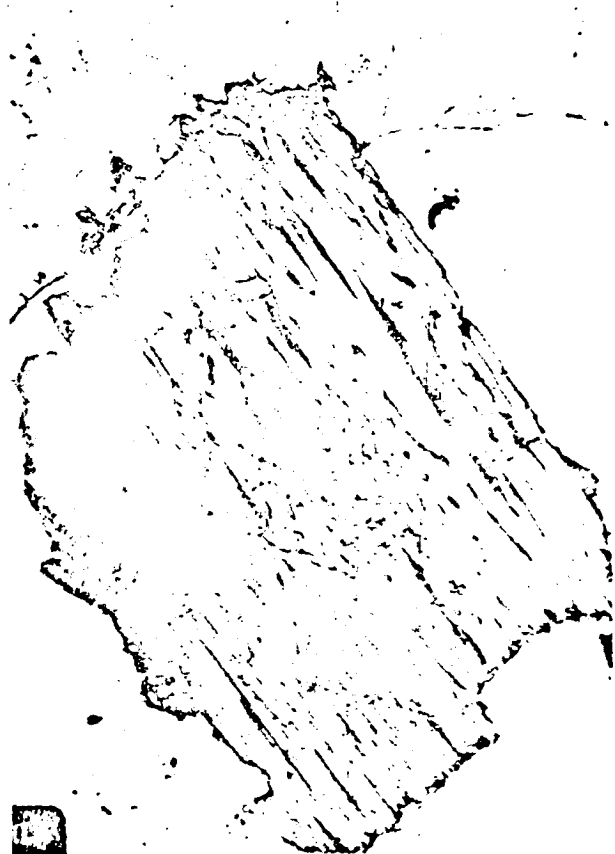


Foto 4

Grado de deterioración 2 en biotita  
(Rosa Porrño) N. P. ( $\times 32$ )

TABLA III

Roca	INDICES DE DETERIORACION MINERAL			Indice Global de Deterioración I.	Observaciones
	D.	D.	D.		
Dante	1.5	1.0	0.8	1.4	La ortosa está muy poco alterada frente a las plagioclasas, que muestran evidentes signos de sericitización.
Dante	2.1	0.9	0.5	1.1	La ortosa es perfitica y sana, aunque con abundante microfisuración. La plagioclasa está alterada.
Albero	1.9	1.2	0.6	1.2	Tanto la ortosa, como la plagioclasa están bastante alteradas, si bien la microfisuración está poco desarrollada.
Austral Red.	1.7	0.7	2.9	1.8	Los granos de epidota están mecánicamente degradados, pero muy poco alterados.



Foto 5

Grados 3 y 4 de deterioración en epidota (Austral Red) N. P. (x 80)

de la roca considerada. Es decir, el Índice Global de Deterioración  $I_d$  vendrá dado por:

$$I_d = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$$

De acuerdo con esto, podemos clasificar a las rocas graníticas según la siguiente escala de degradación o alteración progresiva:

- De 0 a 1 Sano o muy poco alterado.
- De 1 a 2 Poco alterado.
- De 2 a 3 Medianamente alterado.
- De 3 a 4 Muy alterado.

Según este criterio, las cuatro rocas estudiadas corresponden al grupo de las "poco alteradas", resultado presumible si tenemos en cuenta que se trata de muestras frescas de materiales cuya aplicación principal es la ornamentación.

El  $I_d$  representa un estado de alteración general para la roca, independiente de los porcentajes cuantitativos de los distintos minerales constituyentes. Es fácil suponer, sin embargo, que según sean los porcentajes modales mayores o menores intervendrán de una manera más o menos significativa (sumando o contrarrestando sus efectos) a la hora de analizar la repercusión o influencia de los índices de deterioración mineral sobre las propiedades físicas y mecánicas de dichas rocas.

En este sentido, en el granito Porrño el  $D_1$  (1,9) es el mayor de los tres índices siendo el contenido en cuarzo (39 %) también el mayor porcentaje; el  $D_3$  (0,8) corresponde a un bajo porcentaje (3 %).

Habría que pensar que el cuarzo jugará en este caso el papel de máxima influencia puesto que a su propio grado de destrucción granular se suma el factor de que sea la especie mineral que ocupa mayor volumen dentro de la roca. La resistencia de este granito, por ejemplo, vendrá condicionada, en gran parte, por el efecto combinado de ambos factores. En cambio, el efecto o influencia que puede esperarse de los máficos (biotita) serán mínimo, tanto por el escasísimo grado de alteración de los granos como por su porcentaje modal muy pequeño dentro de la roca.

Los granitos Dante y Albero muestran que su deterioración --muy escasa globalmente-- recae principalmente en la alteración de los feldespatos ( $D_1$  2,1 y 1,9, respectivamente), siendo el contenido en feldespatos, en ambas, 59,5 y 49,8 por 100, respectivamente. A diferencia de los otros tres, el Austral Red tiene los máficos (epidota) muy deteriorados ( $D_3 = 2,9$ ); pero, en cambio, los feldespatos, con su alto porcentaje modal (76,5 por 100) y relativamente poca alteración ( $D_1 = 1,7$ ) es de esperar ejerzan una mayor influencia.

BIBLIOGRAFIA

ORDAZ, J.: *Propuesta de un índice de deterioración mineral para rocas graníticas*. Departamento de Petrología, Facultad de Ciencias, Oviedo (inédito) (1975).

CAPDEVILA, R.: *Le métamorphisme régional progressif et les granites dans le segment hercynien de Galice nord orientale (NW de l'Espagne)*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad de Montpellier, 430 p (1969).

Recibido: Junio 1976.



## Aplicaciones del microscopio en relación con la calidad de las pizarras de techar.

Por CASILDA RUIZ GARCIA (\*)

### RESUMEN

Hasta el momento presente no se han empleado métodos científicos para la determinación de la calidad de las pizarras de techar.

En este trabajo se intentan establecer unos criterios previos para la diferenciación por medio del estudio microscópico, de las distintas calidades de pizarra.

De esta forma, se determinan algunas características diferenciales de tipo textural y mineralógico, las cuales pueden servir de guía u orientación para la futura investigación y localización de nuevas masas de pizarras de techar.

### RESUMÉ

Jusqu'à présent des méthodes scientifiques n'ont pas été employées pour préciser la qualité des ardoises de couverture.

Au moyen du microscope nous essayons d'établir certains critères préalables qui nous soient utiles dans l'étude des qualités des ardoises de couverture.

Par ce moyen nous indiquons quelques caractères propres de la texture et de la minéralogie qui nous peuvent aider à prospecter et à localiser dans l'avenir des nouvelles masses d'ardoises de couverture.

### SUMMARY

Up to now scientific methods have not been used for the determination of the roofing slates quality.

Here we try to establish some previous criteria for the differentiation, by means of the microscopical study of the several qualities of slates.

We can so determine some differential characteristics of a textural and mineralogical kind, which can lead us in a future research and localization of new masses of roofing slates.

### INTRODUCCION.

El hecho de que hasta el momento no se aplique ningún criterio de tipo científico para determinar el grado de calidad de las pizarras de techar, nos decidió a investigar a escala microscópica este tipo de pizarras, dado que su aspecto macroscópico no mostraba diferencias claras entre las de buena o mala calidad y más aún, si el reconocimiento se hacía sobre testigos de sondeo, puesto que sus

características físicas (grado de humedad, etc.) cambian del campo al laboratorio, lo que hace prácticamente imposible una investigación por medio de sondeos. Todo esto nos llevó a investigar si existe alguna característica que aporte luz sobre la calidad de la pizarra, sin que sea imprescindible la observación de su comportamiento en el frente de la cantera.

Con este fin, se tomaron muestras de once zonas, confeccionándose dos láminas delgadas por cada muestra orientada de pizarra cuya calidad era perfectamente conocida. Partiendo de este conocimiento

(\*) Laboratorio de Petrología y Metalogenia del IGME.

Se quería intentar establecer alguna relación entre las características observadas al microscopio y el grado de calidad de las pizarras.

Otro aspecto interesante a revisar era la presencia de lo que se ha venido llamando pizarras con "pirita oxidable" y pizarras con "pirita no oxidable", pero que semejantes términos no son empleados en petrología, lo cual nos hizo pensar en la posible existencia de diferentes minerales metálicos, algunos de los cuales tendrían relación con la presencia de productos oxidados en algunas pizarras.

Para el estudio de estos minerales metálicos se han preparado 23 probetas pulidas de muestras de pizarras que previamente se conoce si corresponden a los tipos establecidos tradicionalmente de pizarra con "pirita oxidable" o pizarra con "pirita no oxidable". En el reconocimiento por luz reflejada de dichas muestras se intenta establecer en qué consiste la diferencia entre ambos tipos de pizarras.

CUADRE GEOLOGICO.

Las pizarras de techar estudiadas están situadas en la zona suroccidental de la hoja número 191 (Sayan) y en la suroccidental de la hoja número 190 (Barco) del mapa topográfico nacional a escala 1:50,000.

Estratigráficamente corresponden al Ordovícico. Se localizan en la parte oriental del sinclinal de Uruchas, en la formación de las pizarras de Luarca, y según PÉREZ ESTAIN, A. (1975) en niveles próximos al techo de las mismas, por tanto situadas cercanas al contacto con la formación inmediata superior de Agüeira, de turbiditas.

ESTUDIO POR LUZ TRANSMITIDA.

Las pizarras estudiadas están compuestas por los siguientes minerales: Sericita, cuarzo, material carbonoso, clorita y cloritoide.

Mientras que la clorita es sintectónica con la esquistosidad primera, el cloritoide que se presenta en pequeños prismas, es discordante respecto a la misma.

Los minerales enumerados están presentes en todas las pizarras estudiadas, excepto el cloritoide, que no aparece en las muestras 1, 4, 5, 6 y 8 (cuya localización y calidad citaremos más adelante). El carbonato se presenta en cantidad accesoria en las

muestras 1, 3, 4 y 9. Minerales muy accesorios son circón y turmalina. Los minerales metálicos son siempre accesorios, excepto en las muestras 6, 7 y 8.

El grado de metamorfismo que presentan estas pizarras es, siguiendo a WINKLER, H. G. F. (1974), de muy bajo a bajo.

La calidad de las pizarras era conocida previamente, lo que nos ha permitido diferenciar los tres grupos siguientes: Pizarras de buena calidad, pizarras de rendimiento inferior al normal y pizarras de mala calidad.

*Pizarras de buena calidad:*

- Zona de Domiz-Muestra 1.
- Zona de Castañeiro-Muestra 2.
- Zona Benuza (Armadilla)-Muestra 4.
- Ardemouro-Muestra 5.
- Zona Folgoso del Caurel (Campa)-Muestra 7.

Las texturas que presentan es de microcristalina a microcristalina muy fina casi criptocristalina, con orientación paralela marcada; dentro del conjunto destacan algunas lenticulas con el eje mayor paralelo al bandeado, que pueden ser de cuarzo (muestras 1, 2 y 4), clorita (muestras 1 y 4), metálicos (muestra 2) o carbonato (muestra 4).

La estratificación primitiva de la roca viene marcada por un bandeado que corresponde a ligeras diferencias de composición que se observan claramente en todas las muestras de este grupo, aunque de forma casi imperceptible en la muestra 7.

En todas estas pizarras estratificación y esquistosidad prácticamente son coincidentes (foto 1).

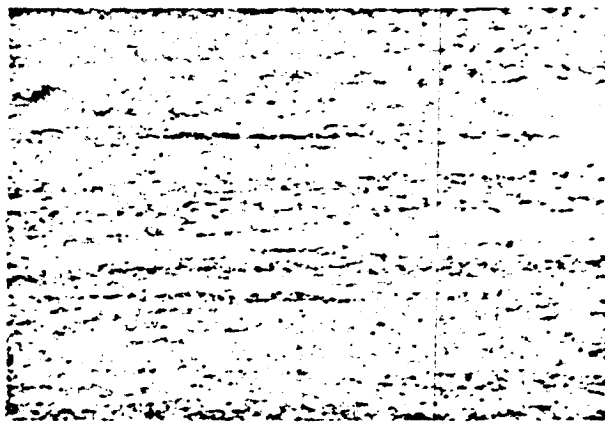


Foto 1

Esquistosidad coincidente con estratificación en pizarra de buena calidad (x36, N II)

*Pizarras de rendimiento inferior al normal:*

Zona S. Pedro de Trones (S. Pedro)-Muestra 3.  
A. Fraguña-Muestra 6.

Presentan textura de microcristalina a microcristalina muy fina, con orientación paralela. Destacan del conjunto algunas lenticulas aisladas, con el eje mayor paralelo al bandeado, de cuarzo en agregado; en la muestra 3 estas lenticulas coexisten con otras de carbonato y cuarzo, y en la 6 con lenticulas de clorita.

En la muestra 3 esquistosidad y estratificación forman un cierto ángulo (aproximadamente 20°), observándose claramente cómo la estratificación está atravesada por la esquistosidad (foto 2).

Por el contrario, en la muestra 6 estratificación y esquistosidad principal coinciden, aunque se observa una incipiente crenulación de la esquistosidad, especialmente en las bandas más arcillosas (foto 3).

*Pizarras de mala calidad:*

Valdemiguel-Muestra 8.  
Zona Casayo (Queivanel)-Muestra 9.  
Zona Casayo (Pena)-Muestra 10.  
Castañero-Muestra 11.

La textura que muestran es microcristalina fina bandeada; destacan del conjunto lentejas de clorita (muestra 8), de cuarzo y carbonato (muestra 9), de cuarzo y opacos (muestra 10), o de opacos (muestra 11).



Foto 2

Esquistosidad formando ángulo con estratificación en pizarra de rendimiento inferior al normal ( $\times 36$ , NII)



Foto 3

Esquistosidad coincidente con la estratificación. Obsérvese la crenulación de la esquistosidad. Pizarra de rendimiento inferior al normal ( $\times 36$ , NII)

En este tipo de pizarras estratificación y esquistosidad no coinciden, formando entre ambas un pequeño ángulo.

...

Como se ve, la composición mineralógica de las pizarras es muy semejante entre sí y no está en relación con su calidad, por lo que se tienen en cuenta los aspectos texturales.

Los pliegues que presentan estas pizarras son de tipo similar, dado el grado de competencia de este tipo de rocas; este plegamiento apretado da pliegues isoclinales de eje subhorizontal con dirección WNW-ESE.

La esquistosidad primaria es de plano axial, es decir, subvertical, coincidente con el plano de fragilidad de la roca; esta esquistosidad primaria, correspondiente a la primera fase de MATTEI, PH. (1968), sería perpendicular a la estratificación en las charnelas y oblicua en los flancos, pero como el plegamiento es isoclinal, esquistosidad y estratificación son paralelas, salvo en zonas próximas a las charnelas.

A la vista de las características de estos tres grupos de pizarras se deduce que la coincidencia o no coincidencia de los planos de esquistosidad con los de estratificación es un factor relacionado directamente con la mejor o peor calidad de las pizarras.

La justificación de cómo la muestra 9 no es de buena calidad, aún siendo coincidentes estratificación y esquistosidad, lo atribuimos a la crenulación que presenta, comienzo incipiente de una esquistosidad de crenulación.

**ESTUDIO POR LUZ REFLEJADA.**

Las muestras para el estudio por luz reflejada se han seleccionado en función del mayor o menor grado de oxidación que presentan, según el cual pueden dividirse en cuatro grupos: pizarras no oxidables, pizarras algo oxidables, pizarras oxidables y pizarras muy oxidables.

Los minerales metálicos de estas muestras están generalmente en cantidades accesorias y toda referencia que se haga a mayor o menor proporción hay que entenderla dentro del conjunto de ellos, que no sobrepasan unidades por ciento.

La enumeración de los minerales metálicos se ha hecho en orden de mayor a menor cantidad, dentro de cada grupo.

Estos se presentan en granos formados por un solo mineral, solo como excepción hay casos de minerales asociados.

*Pizarras no oxidables.*

Presentan los siguientes minerales metálicos:

**Ilmenita.** En granos de diámetro medio comprendido entre 0,035 mm. a 0,07 mm. Se presenta en cristales tabulares, o en formas más o menos equidimensionales; ocasionalmente, los granos de este mineral tienen una incipiente alteración a leucóxeno.

La mayoría de las pizarras de este grupo presentan este mineral (foto 4).



Foto 4

Grano de ilmenita en pizarra no oxidable (Luz reflejada, x 225, N II)

**Pirita.**—Por la forma de presentarse este mineral, las pizarras de este grupo las podemos dividir en dos tipos:

a) Con pirita muy escasa, ocasional e incluso ausente, de tamaño de grano muy reducido, marcadamente inferior a la ilmenita.

b) Con mayor proporción de pirita y representada por pocos granos que pueden llegar a 4 mm. de diámetro medio.

Se da la circunstancia de que en las pizarras de este segundo tipo es, precisamente, donde la ilmenita está ausente.

**Calcopirita.** Su proporción es muy baja, aunque está prácticamente presente en todas las muestras. Su tamaño es muy reducido, bastante inferior al de la ilmenita.

**Pirrotina.** Prácticamente no existe en las pizarras de este grupo; en alguna muestra se ha reconocido de forma ocasional en algún grano aislado de diámetro comprendido entre 0,14 y 0,27 mm.

Los restantes minerales metálicos son escasísimos y de diámetros muy reducidos; la blenda aparece con cierta frecuencia, aunque no en todas las muestras. Galena, bornita y hematites sólo aparecen esporádicamente en alguna muestra.

*Pizarras algo oxidables.*

Presentan los siguientes minerales metálicos.

**Ilmenita.**—En granos de diámetro medio comprendido entre 0,07 y 0,14 mm.; estadísticamente presenta tamaño de grano bastante uniforme. Son frecuentes los cristales idiomorfos. Este mineral tiene una incipiente alteración a leucóxeno en algunos granos. Aparece en todas las pizarras de este grupo.

**Pirrotina.**—A diferencia de la ilmenita, este mineral tiene bastante variación en cuanto a su tamaño de grano; sus diámetros medios están comprendidos entre 0,14 y 0,35 mm. Algún grano se altera incipientemente a leucóxeno. Todas las muestras de este grupo presentan este mineral.

**Calcopirita.**—En todas las pizarras de este grupo, aparece este sulfuro aunque en bajísima proporción. A veces va asociado a pirrotina.

**Blenda.**—En granos de diámetro más reducido que la ilmenita. Mineral muy escaso, aunque presente en todas las muestras de este grupo; en ocasiones asociado a pirrotina.

*Pizarras oxidables.*

Presentan los siguientes minerales metálicos:

**Pirrotina.** Granos de diámetros siempre superiores a 0,9 mm., siendo frecuentes los diámetros de 0,25 mm., en ocasiones se llegan a reconocer fácilmente a simple vista granos de este mineral. Se presentan, bien en granos de contornos irregulares dispersos o agrupados según zonas (foto 5), algunas de las cuales pueden ser bandeadas. Aparece en todas las pizarras de este grupo.

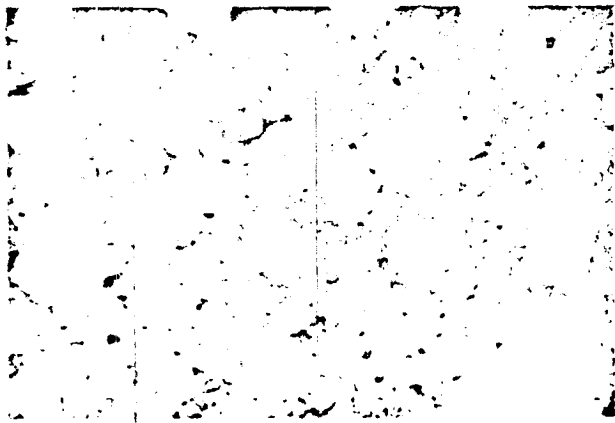


Foto 5

Granos de pirrotina en pizarra oxidable  
(Luz reflejada,  $\times 90$ , N II)

**Ilmenita.** Frecuentemente se presenta en cristales idiomorfos tabulares o esqueléticos. Diámetros medios comprendidos entre 0,06 y 0,10 mm. Algún cristal está alterado a leucóxeno de forma incipiente. Presente en todas las muestras de este grupo.

**Pirita.** Aparece sólo ocasionalmente en alguna muestra y en proporciones muy bajas. Los diámetros y en bajísima proporción. Alguna vez está asociada a pirrotina. A veces, asociada a pirrotina.

**Calcopirita.** Se presenta distribuida en forma semejante a la pirita y en proporciones y diámetros también similares.

**Blenda.** Mineral presente sólo en alguna muestra y en bajísima proporción. Alguna vez está asociada a pirrotina. Los diámetros de los granos son muy reducidos, aproximadamente 0,02 mm.

*Pizarras muy oxidables.*

Presentan los siguiente minerales metálicos:

**Pirrotina.** - Mineral muy abundante y siempre presente en este grupo de las pizarras. Los granos son de contornos irregulares, tamaño variable, pero que pueden llegar en algunas muestras a medio milímetro de diámetro medio y en otras a varios milímetros. En algunos cristales se han reconocido maclas.

**Marcasita.** Presente en la mayor parte de las pizarras de este grupo. Aparece en forma de varios milímetros. Presenta abundantes maclas. Este mineral parece proceder de pirita, ya que en ocasiones quedan restos sin transformar.

**Calcopirita.** - Presente en todas las muestras de este tipo, pero en bajísima proporción.

...

A la vista de los minerales metálicos existentes en los cuatro grupos de pizarras establecidos, observamos cómo la pirrotina pasa de ser un mineral abundante en las pizarras muy oxidables, a no estar presente en las pizarras no oxidables, pasando por estadios intermedios; así, en las pizarras algo oxidables, este sulfuro existe aunque en baja proporción, y en proporción algo superior en el grupo de las pizarras oxidables.

Esta relación entre el grado de oxidación y la presencia de pirrotina tiene fácil justificación, ya que la pirrotina es el sulfuro de hierro más fácilmente destructible. El aire y el agua lo alteran con facilidad y en un corto espacio de tiempo. Productos finales del proceso de meteorización en este mineral son  $SO_4$ , Fe, o limonita y  $SO_4$ , H.

En las muestras de pizarras de las denominadas con "pirita no oxidable", a las que corresponde el grupo de las pizarras no oxidables, el mineral metálico presente es la ilmenita en pequeños granos, la cual no se altera a óxidos de hierro, sino a leucóxeno (además esta alteración sólo se ha observado en algún grano de forma incipiente) que es un óxido de titanio hidratado.

Por tanto, no son oxidables las pizarras que contienen ilmenita, siempre que sean pobres en pirrotina, como ocurre con el grupo ya descrito de las pizarras no oxidables.

Las pizarras que contienen pirita y carecen de pirrotina no son oxidables dado que la pirita no se altera fácilmente: es el caso de las muestras que

dentro del grupo de las no oxidables tienen mayor proporción de pirita y ausencia de ilmenita.

La presencia de minerales tales como calcopirita, blenda, galena, bornita o hematites, que están en cantidades mínimas, lógicamente, no tienen ninguna influencia en el grado de oxidación de las pizarras.

#### CONCLUSIONES.

La composición mineralógica, hecha excepción de los minerales metálicos que puedan llevar las pizarras, no influye en la calidad de las mismas: prueba de ello es que, dentro de las muestras estudiadas de diferentes grados de calidad, la composición mineralógica es muy similar.

Las principales características a considerar en cuanto a la calidad de las pizarras, son de tipo estructural.

Hay un hecho comprobado en todas las muestras estudiadas y es, que las pizarras de techo de peor calidad presentan una esquistosidad formando ángulo con la estratificación, mientras que en las de buena calidad, estratificación y esquistosidad coinciden.

De lo expuesto en este trabajo se deduce que no serán zonas favorables para la explotación de las pizarras de techo, las próximas a las charnelas, pues en ellas esquistosidad y estratificación no son coincidentes y como ya hemos dicho, las pizarras de peor calidad presentan la esquistosidad formando ángulo con la estratificación.

En una investigación para localizar nuevas masas de pizarras, se deberán eliminar zonas afectadas por una segunda esquistosidad, bien sea de crenulación, de "Strain slip" o de fractura. De ahí que sea interesante hacer un análisis estructural de detalle.

Respecto al problema de la oxidación de las pizarras, se ha llegado a la conclusión, después del estudio de los minerales metálicos, que el principal mineral causante de estos productos es la pirrotina, pues todas las muestras que presentan este mineral en cierta proporción son oxidables, y en mayor medida, cuanto mayor cantidad del mismo contengan.

Las pizarras que contienen pirita y carecen de pirrotina no deben ser oxidables, dado que la pirita no se altera fácilmente.

Las pizarras que presentan ilmenita, siempre que sean pobres en pirrotina o carezcan de ella, no son oxidables.

#### AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a los técnicos de la Agrupación Sindical Provincial de Pizarristas de Sobrado de Valdeorras (Orense), que me han proporcionado los datos de calidad de las pizarras, necesarios para la realización de este trabajo.

#### BIBLIOGRAFIA

- MATTE, PH: *L'ature de la virgation hercynienne de la Galice orientale*. Tesis doctoral. Universidad de Montebellier (1968).
- PÉREZ ESTAUN, A.: *La estratificación y la estructura de la rama sur de la zona Asturoccidental-Leonesa (NW de León, NW de España)*. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo (1975).
- WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of Metamorphic rocks*. Springer Verlag, pp. 320 (1974).

Recibido: Julio 1976.

## Sobre las características físico-mecánicas de algunos granitos industriales de Galicia

(2.<sup>a</sup> Parte)

Por R. M. ESBERT (\*) y J. ORDAZ (\*\*)

### RESUMEN

Se determinan algunas propiedades físicas (porosidad, índice de vacíos) y mecánicas (resistencia a la compresión uniaxial) de cuatro tipos de rocas graníticas, correlacionándolas con sus características mineralógicas-texturales y grado de deterioración mineral.

### SUMMARY

Some physic and mechanic properties (porosity void index, and uniaxial compressive strenght) of four types of granitic rocks, have been determined and correlated with the mineralogical texture features and the degree of mineralogical deterioration.

### I. INTRODUCCION

En la primera parte de este trabajo, ORDAZ, J. y ESBERT, R. M. (1976), se han descrito las características petrográficas, texturales y de alteración de cuatro tipos graníticos industriales gallegos conocidos con las denominaciones de: "Rosa Porriño", "Dante", "Albero" y "Austral Red".

En esta segunda parte se determinan algunas propiedades físico - mecánicas correlacionándolas con las características petrográficas y de deterioración de dichas rocas.

### II. PROPIEDADES FISICAS

Se han calculado las siguientes propiedades físicas: peso específico, porosidad, índice de vacíos, y grado de saturación o de relleno de los poros.

Para el cálculo de estos parámetros se han tenido en cuenta las normas dictadas para cada caso

(\*) Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad de Oviedo.

por la "International Society for Rock Mechanics", a través de su "Comission on Standardization of Laboratory and Field Tests", (Documento núm. 2, 1972). Para detalles de procedimiento véase el Apéndice I. Los resultados pueden verse en la tabla I.

Se observa que los resultados obtenidos de la porosidad son muy variables según el tipo de roca. La mayor porosidad la presenta el granito "Albero", la menor el "Rosa Porriño". Más adelante se discutirá el significado de estos valores en relación a otras propiedades petrográficas y mecánicas (Apartado IV).

El índice de vacíos está linealmente correlacionado con la porosidad de las rocas (fig. 1).

Los valores obtenidos de  $S_v$  (grado de saturación) están de acuerdo con los hallados por BELIKOV et al. (1964) para este tipo de rocas (98-100 %). Ello parece indicar que la comunicación entre los "canales" porosos (poros y microfisuras) es muy grande, por lo que el agua efectuaría un relleno casi total de los vacíos de la roca; es decir, la porosidad efectiva en estos materiales es bastante próxima a la porosidad total calculada anteriormente.

TABLA I

Rosa	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad a (%)	Índice de vacíos (v%)	Grado de deterioración (%)
"Porriño"	2,15	0,93	0,24	97,93
"Dante"	2,57	1,29	0,35	99,76
"Albergo"	2,49	4,27	1,35	98,95
"Aguilera Red"	2,58	2,92	0,80	99,94

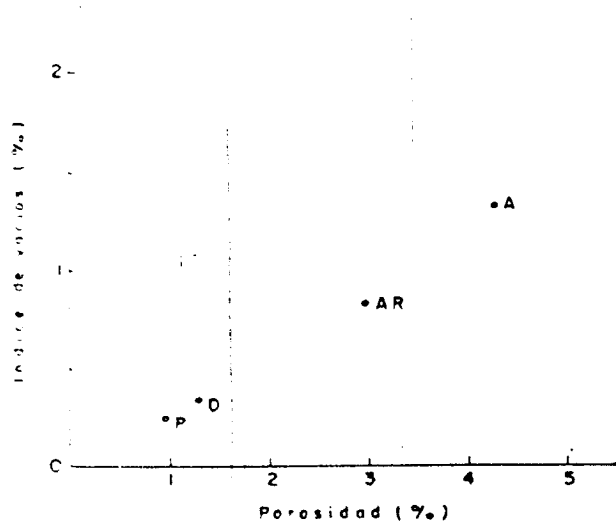


Figura 1

III. ENSAYOS DE RESISTENCIA

Las muestras de los granitos industriales se han sometido a ensayos de compresión uniaxial. Para este tipo de ensayo se ha utilizado una prensa hidráulica Maier-Seidner con capacidad de carga de hasta 100 toneladas. Las probetas utilizadas tuvieron un diámetro de 8 centímetros con una esbeltez  $L/D=2$ .

Las velocidades de aplicación de carga estuvieron comprendidas entre 2 y 6 kg/cm<sup>2</sup>/seg., manteniéndose constante a lo largo de los ensayos.

En la tabla II se expresan los resultados obtenidos de resistencia a la compresión  $R_c$  (en MN/m<sup>2</sup>) para las probetas de los diferentes tipos ensayados.

El tipo de rotura más frecuente fue el de fractura por cizalla doble. Los valores encontrados co-

rresponden a rocas de "resistencia alta" según la clasificación de Deere, modificada por BIENIAWSKI (1974).

TABLA II

	Rosa Porriño	Dante	Albergo	Aguilera Red
Resistencia compresión $R_c$ MN/m <sup>2</sup> ..	142	138	112	129

IV. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS Y CORRELACION ENTRE PARAMETROS

Si consideramos las relaciones entre el grado de deterioración y el índice de vacíos, habrá que pensar que, en principio, a una mayor degradación del material rocoso corresponderá "grueso modo" un mayor índice de vacíos. O lo que es lo mismo, a mayor deterioración, mayor porosidad.

Sin embargo, para materiales cuyos niveles de alteración caen dentro de unos márgenes estrechos, o sea, que sus grados de deterioración son parecidos o poco diferenciados (como en nuestro caso) estas correlaciones son más difíciles de apreciar, dado que estarán influenciadas o enmascaradas por otros factores determinantes. De acuerdo con la figura 2, vemos que para unos grados de deterioración comprendida entre 1 y 2, se diferencian dos grupos:

- Un grupo representado por los granitos Porriño y Dante, con índices de vacíos usuales para este tipo de rocas (porosidad alrededor de 1 por 100).



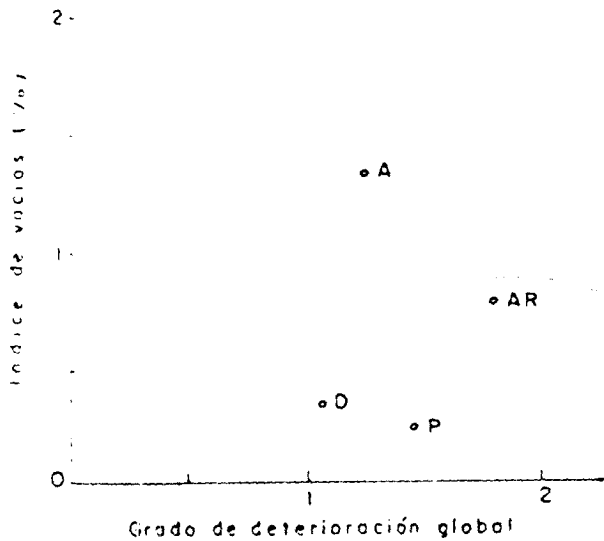


Figura 2

Otro grupo, representado por el Albero y el Austral Red, con índices de vacíos elevados (porosidad marcadamente alta).

En los del primer grupo la porosidad recae principalmente en la microfisuración siendo ésta prioritaria frente al volumen correspondiente a los poros "sensu stricto". En los del segundo grupo la acción conjunta de la microfisuración y, sobre todo, del considerable volumen de los poros, eleva sensiblemente el índice de vacíos. Esto es significativamente evidente en el de mayor porosidad, el Albero, en el que, a parte de gran número de cracks que afectan principalmente a los granos de cuarzo y feldespatos (algunos de ellos aparecen intensamente craqueados (fotos 1 y 2), existe una notable cantidad de microcavidades y poros, sobre todo en los últimos.

Observaciones de detalle con el microscopio óptico y electrónico de "scanning" (SEM) demuestran la existencia de varios tipos de poros. Según su tamaño se distinguen (GOST et al. 1970) las microcavidades (con un "radio de entrada" superior a las 7.5  $\mu$ ) y los microporos (con un "radio de entrada" comprendido entre 300 Å y 7.5  $\mu$ ). Especial interés tienen estos últimos, ya que generalmente pasan desapercibidos con los métodos de observación ópticos convencionales pero sin embargo su presencia, muy extendida en las rocas ígneas, es detectada median-

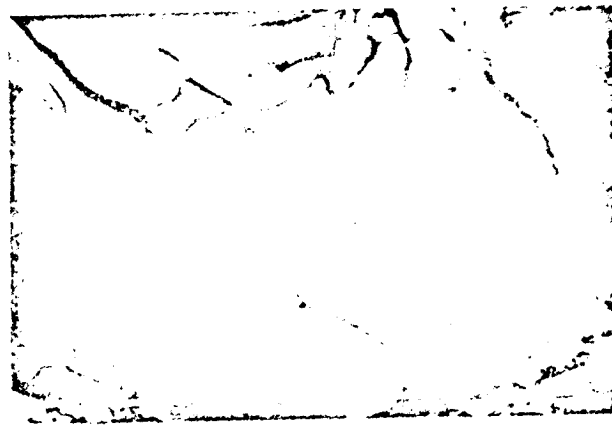


Foto 1

Grano de feldespato intensamente craqueado (Granito "Albero")

(Unidades escala = 10  $\mu$ )

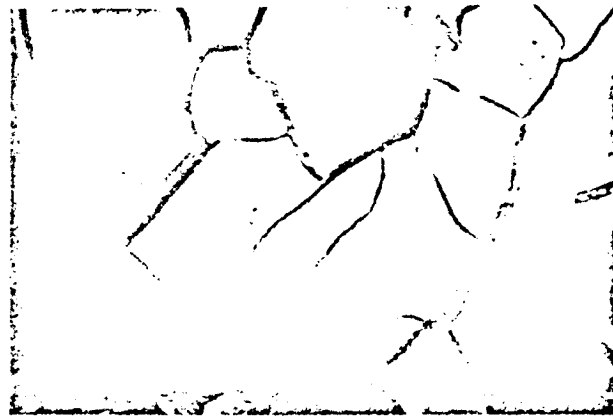


Foto 2

Detalle de los cracks en el feldespato de la foto anterior

(Unidades escala = 10  $\mu$ )

te el SEM (SPRUNT y BRACE, 1974; MONTGOMERY y BRACE, 1975), y son responsables en gran medida de la porosidad de las rocas en cuestión.

En nuestro caso las microcavidades y microporos son especialmente notables — tanto por su abundancia, como por la variedad de sus formas y tamaños — en el "Austral Red" y en el "Albero".

Los microporos acostumbran a ser equidimensionales, y de contornos circulares, pero también son frecuentes los triangulares e irregulares. Se encuentran repartidos principalmente en la plagioclasa, y más raramente en el feldespato potásico y en el

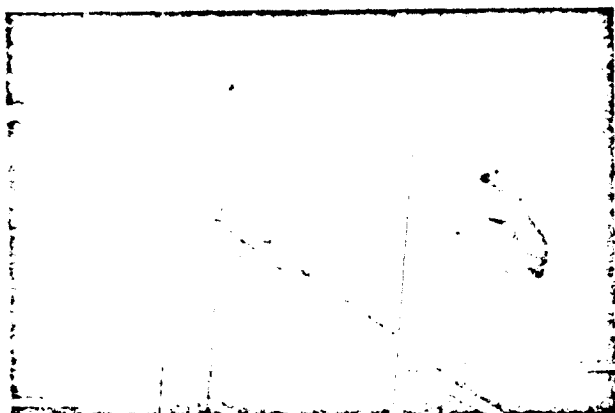


Foto 6

Detalle de un microporo asociado a una fisura "Austral Red"

(Unidades escala=1  $\mu$ )

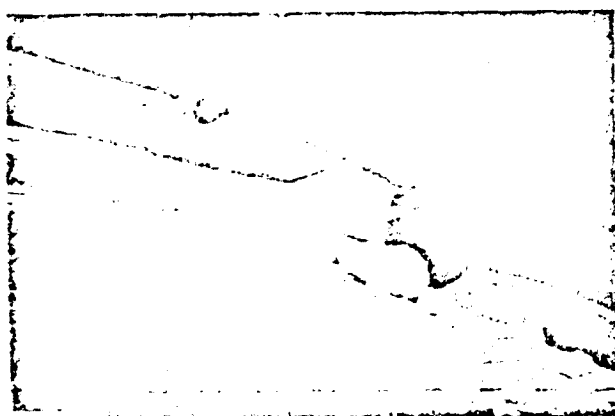


Foto 7

Microporos conectados con fisuras "Austral Red"

(Unidades escala=1  $\mu$ )

muy baja. Entre 4 por 100 y 2 por 100 la resistencia crecería rápidamente. A índices de vacíos inferiores al 2 por 100 — como en nuestro caso — corresponden resistencias altas y muy altas. En la figura 3 puede verse que las resistencias a la compresión uniaxial obtenidas en las cuatro muestras graníticas, son inversamente proporcionales a sus índices de vacíos, y que su correlación resulta (para los márgenes de resistencia comprendidos) cuasi lineal.

Cabe pensar, entonces, que para unas rocas ígneas ácidas, como las estudiadas, con grados de deterioración poco divergentes y que indican relativa "sanidad" de las muestras, las resistencias mecáni-

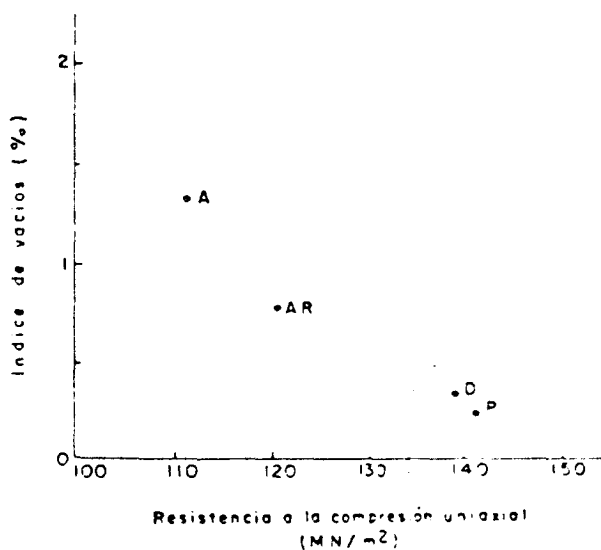


Figura 3

cas dependerán en gran escala —aparte de los posibles factores mineralógicos— texturales peculiares de cada tipo rocoso (variación del contenido en cuarzo y máficos, tamaño y forma de los granos, cohesiones intergranulares, etc.— del volumen de los poros manifestado a través del índice de vacíos o contenido en humedad de saturación de la muestra.

## V. CONCLUSIONES

1) Desde el punto de vista petrográfico las variedades comerciales "Porriño" y "Dante" son granitos biotíticos; el "Albero" es un granito moscovítico y el "Austral Red" corresponde a una monzonita cuarcífera.

2) El Índice de Deterioración Global  $I_d$  —tal como se ha descrito en la primera parte de este trabajo— presenta, para las distintas muestras consideradas valores próximos, oscilando entre 1,1 (Dante) y 1,8 (Austral Red), lo que nos lleva a incluir a estas rocas dentro de la categoría de "poco alteradas". El  $I_d$  puede tomarse, complementariamente, como un "índice de calidad" de la roca.

3) El estudio de la porosidad ha puesto de manifiesto la existencia de dos grupos, uno de porosidad marcadamente alta (Albero y Austral Red) y otro con porosidades menores (Dante y Porriño). De las variedades más porosas, el Albero lo es más

cuarzo (foto 3). Se presentan aisladamente o formando en ocasiones, cadenas arrosariadas alineadas, coincidentes con probables direcciones de exfoliación (foto 4). Su densidad es variable, según el tipo de roca, llegando en el Austral Red —el que presenta mayor microporosidad— alrededor de 2% en volumen en los granos de plagioclasa. Su tamaño más generalizado oscila alrededor de 1  $\mu$  de diámetro medio.

Las microcavidades pueden ser equidimensionales o elongadas, estrechas, en forma de crack o hendidura con espesores que varían de 0,5  $\mu$  a 5  $\mu$  aproximadamente. Son menos frecuentes que los micro-

poros y se presentan también en la plagioclasa (foto 5).

Las microcavidades alargadas en forma de crack se orientan según superficies de debilidad del cristal (por ejemplo, exfoliaciones, bordes de granos) y cons-



Foto 3

Aspecto general de los microporos en el "Austral Red"  
(Unidades escala=10  $\mu$ )



Foto 4

Aspecto general de las microcavidades y microporos en el seno del feldespato "Austral Red"  
(Unidades escala=10  $\mu$ )

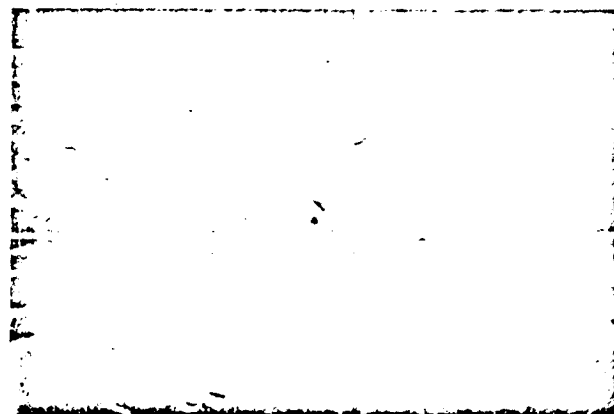


Foto 5

Detalle de las microactividades en el "Austral Red"  
(Unidades escala=10  $\mu$ )

tituyen verdaderas discontinuidades planares (en ocasiones interconectadas entre sí) cuya importancia debe de tenerse en cuenta a la hora de valorar los defectos granulares como posibles "crack de Griffith" e inicio potencial de microfisuras al ser sometida la roca a esfuerzos de compresión o tracción.

En este sentido debemos señalar, también, la existencia de microporos que se sitúan a lo largo de los planos de exfoliación, y que en circunstancias especiales —bajo esfuerzos críticos— pueden ser origen "puntual" para la propagación de cracks (microfisuras intragranulares) y microfisuras (fotos 6 y 7).

La interdependencia entre el índice de vacíos y diversas propiedades mecánicas de las rocas ha sido puesta en evidencia por varios autores en distintos trabajos (véase, por ejemplo, DUNCAN, 1966 y JAEGER, 1972). En líneas generales, se puede asegurar, con SERAFIM y LÓPEZ (1961) y HAMROU (1962), entre otros, que la resistencia a la compresión de las rocas aumenta exponencialmente con el decremento del índice de vacíos. De este modo, para rocas con índices de vacíos superiores al 4 por 100, por ejemplo, se les supone una resistencia a la compresión

por microfisuración que por porosidad, mientras que a el Austral Red sucede a la inversa. En ambos casos el volumen de poros es superior al existente en los granos Dante y Porriño. La abundancia relativa de microporos, principalmente en granos de plagioclasas muy acusada en la variedad Austral Red.

4. Atendiendo a la resistencia mecánica, las muestras ensayadas ofrecen valores de resistencia a la compresión uniaxial que varían de 112 MN m<sup>2</sup> (Austral) a 142 MN m<sup>2</sup> (Porriño); lo cual incluye a las rocas dentro de las consideradas de "resistencia alta".

5. La resistencia a la compresión simple obtenida en las cuatro muestras graníticas es inversamente proporcional a sus respectivos índices de vacíos.

6. Parece evidente que, al margen de otros factores intrínsecos, el volumen total de los poros de las distintas variedades, manifestado a través de sus índices de vacíos, es el parámetro que condiciona principalmente la resistencia mecánica de las mismas.

VI. AGRADECIMIENTOS

Hacemos constar nuestro agradecimiento al doctor M. Montoto, Director del Departamento de Petrología (Facultad de Ciencias de Oviedo), por la ayuda y colaboración prestada a lo largo de este trabajo, así como a la empresa Ramilo, S. A. de Vigo, que nos ha facilitado cuanto material ha sido preciso para la elaboración del mismo.

APENDICE I

Peso específico.

Se ha calculado por el método picnométrico, utilizándose como líquido de inmersión alcohol etílico de densidad 0,793. El p. e. =  $\gamma$  viene dado por:

$$\gamma = \frac{G_w \cdot \gamma_{liq}}{W_1 + G_w - W_2}$$

donde  $G_w$  es el peso de la muestra en polvo (10-15 g) después de haber sido secada en una estufa a unos 105° durante veinticuatro horas,  $W_1$  es el peso del picnómetro lleno de líquido (alcohol),  $W_2$  es el peso del picnómetro lleno con el líquido y la muestra pulverizada,  $\gamma_{liq}$  es el p. e. del líquido.

Porosidad.

Se calculó la porosidad total, llamada así porque el volumen de poros obtenidos incluye los poros considerados "cerrados". Se calculó a partir de la fórmula:

$$\gamma_t = \frac{P_v}{B_v} \times 100\%$$

siendo  $\gamma_t$  la porosidad de la muestra,  $P_v$  el volumen de los poros y  $B_v$  el volumen de la muestra.

$P_v$  se determina a partir de la diferencia entre el peso de la muestra saturada y secada superficialmente y el peso de la muestra secada en el vacío (105-110°C durante veinticuatro horas). O sea:

$$P_v = \frac{W_{sat} - G_w}{\rho_w}$$

donde  $G_w$  se calcula como en el caso del peso específico utilizando 12 muestras de roca alrededor de 20-40 g cada una.  $W_{sat}$  es el peso de la muestra después de ser sometida a una saturación en vacío de alrededor de 10 Torr durante hora y media, y ser secada con un paño húmedo a fin de adherir al agua adherida en la superficie,  $\rho_w$  es la densidad del agua.

$B_v$  se calcula a partir de la diferencia entre el peso de la muestra saturada y secada superficialmente ( $W_{sat}$ ) y el peso de la muestra saturada y sumergida en agua ( $W_{sub}$ ) según la fórmula:

$$B_v = \frac{W_{sat} - W_{sub}}{\rho_w}$$

Índice de vacíos.

Se acostumbra a llamar también "contenido en humedad de saturación" y se define como el peso del agua contenida en los vacíos de una muestra de roca completamente saturada, expresado en forma de porcentaje del peso en seco inicial de la misma muestra. Es decir:

$$I_v = \frac{W_{sat} - G_w}{G_w} \times 100\%$$

donde  $I_v$  es el índice de vacíos ("void index"), en tanto por ciento. En nuestro ensayo se efectuó la saturación de la muestra al vacío, en las condiciones descritas en el anterior apartado.

En este sentido, el método difiere del propugnado por DUNCAN (1969) en el cual la saturación se efectúa por simple inmersión en agua durante un periodo de doce horas.

*Grado de saturación.*

También denominado "grado de relleno de los poros". Viene dado por la fórmula:

$$S_r = \frac{I_r \rho_a}{\gamma \rho_w}$$

sendo  $I_r$  el contenido en humedad de saturación,  $\rho_a$  la densidad del agua,  $\rho_w$  la densidad seca de la roca y  $\gamma$  la porosidad. Se utilizaron doce muestras de pesos comprendidos entre 15 y 30 g.

BIBLIOGRAFIA

BELIKOV, B. P. et al. *Methods of studying the physico-mechanical properties of rocks*. En "Physical and mechanical properties of rocks". Zalessky Ed. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, pp. 1-59 (1964).

BUSZAWSKI, Z. T.: *Geomechanics classification of rock masses and its application in tunneling*. En "Advances in Rock Mechanics". Proc. of the Third Congress of the

Int. Soc. for Rock Mech. Denver, vol. II, part. A, pp. 27-32 (1974).

DUNCAN, N.: *Engineering Geology and Rock Mechanics*. Leonard Hill Books, London (1969).

GONI, J. et al. *Méthodes d'étude du champ microfissural des minéraux et des roches au cours de leur altération*. "Revue de L'Industrie Minière", num. especial, pp. 40-51 (1970).

HAMBRO, A.: *A quantitative classification of the weathering and weatherability of rocks*. Lab. National de Engenharia Civ. Lisboa, publ. num. 142 (1962).

JAEGER, C.: *Rock Mechanics and Engineering*. Cambridge at the University Press (1972).

MONTGOMERY, C. W. y BRACE, W. F.: *Microquartz in Plagioclase*. Contributions to Mineralogy and Petrology, vol. 52, num. 1, pp. 17-28 (1975).

ORDAZ, J. y ESBERT, R. M.: *Sobre las características físico-mecánicas de algunos granitos industriales de Galicia* (primera parte). "Bol. Inst. Geol. y Min.", tomo 28, F. I. En.-Feb. (1977).

SERAFIM, J. L. y LÓPEZ, J. J. B.: *In situ shear tests and triaxial tests of foundation rocks of concrete dams*. Proc. of the 5th. Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, París, I (1961).

SPRUNT, E. S. y BRACE, W. F.: *Direct observation of microcavities in crystalline rocks*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., vol. 11, num. 4, pp. 139-150 (1974).

Recibido: Julio 1976.