

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ULTRASONIDOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ROCA CALIZA

Negrelli M. Mariel. ^a, Castro M. Inés. ^a y Caroprese M. Eugenia ^a

^aInstituto de Investigaciones Mineras, FI, Universidad Nacional de San Juan, ARGENTINA

INTRODUCCIÓN

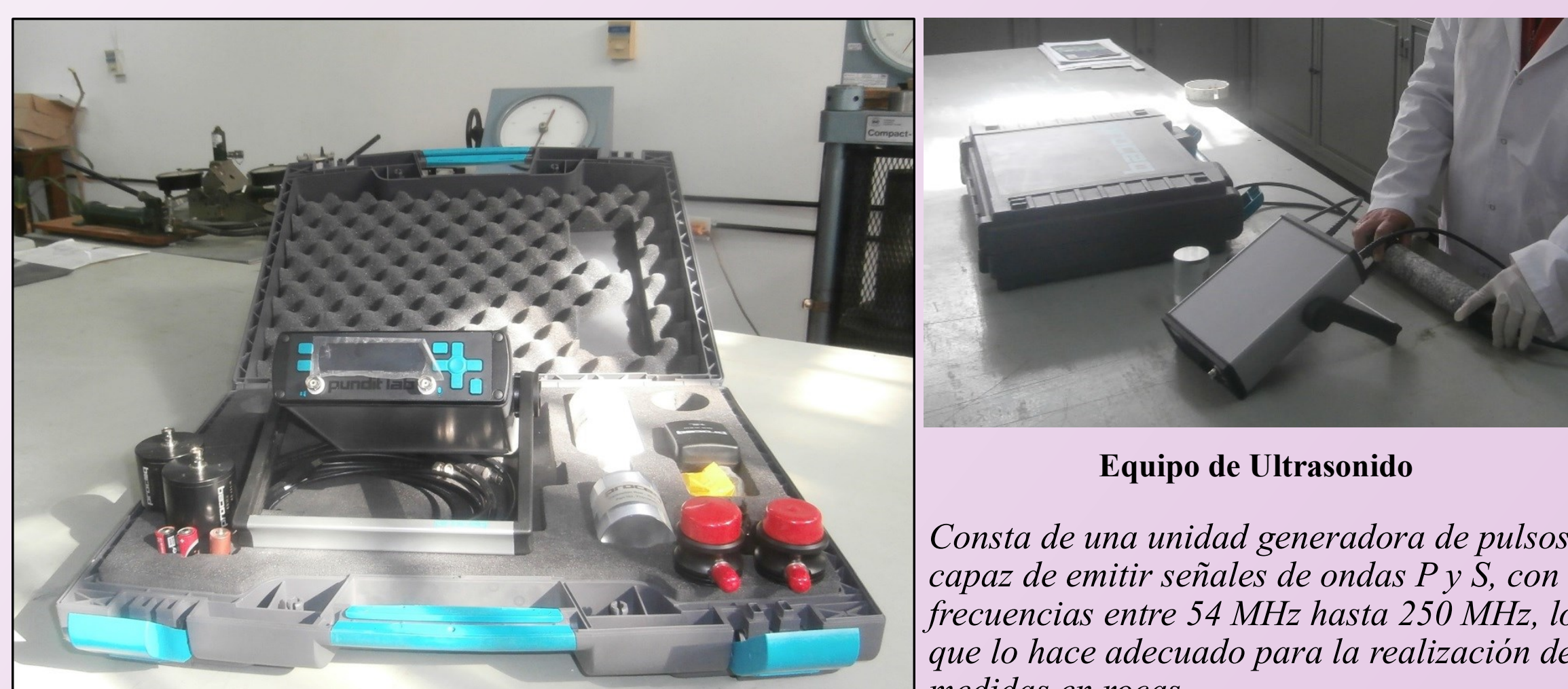
San Juan es una provincia que se caracteriza por su larga trayectoria minera, especialmente por su actividad calera, dedicada a la extracción e industrialización de la piedra caliza para la elaboración de calces.

Durante el proceso de la voladura y la molienda, se han advertido que estas presentan un comportamiento diferencial con la incidencia de generación de finos, ya que hay calizas más frágiles unas con respecto a otras.

Dentro de los aspectos físicos como el contenido de discontinuidades (microfisuras), textura (tamaño del cristal), porosidad y aspectos químicos entre otros, que de una manera u otra influyen en los procesos de elaboración de la cal. Y estos aspectos, propiedades intrínsecas de la piedra caliza, dependen del ambiente genético, lo que diferencian distintos tipos de calizas.

Una de las técnicas, para evaluar el comportamiento físico de la piedra caliza, pueden ser **los ultrasonidos**, recomendables para el estudio de materiales pétreos.

El empleo de esta herramienta, se centra principalmente para la detección de fisuras en las rocas; como así también, poder relacionar el tamaño del cristal (textura de la roca) con la propagación de las ondas sísmicas, y evaluar su influencia en la resistencia a la compresión.



Equipo de Ultrasonido

Consta de una unidad generadora de pulsos, capaz de emitir señales de ondas P y S, con frecuencias entre 54 MHz hasta 250 MHz, lo que lo hace adecuado para la realización de medidas en rocas

OBJETIVO

Pretender conocer el comportamiento de las ondas sísmicas, a partir de medidas de pulsos ultrasónicos sobre rocas calcáreas y su efecto sobre las discontinuidades y textura.

Esto permite determinar la calidad de la caliza, en términos del contenido de micro-fisuras internas y su resistencia en base al tamaño del cristal.

METODOLOGÍA

1. Actividades de Campo

Reconocimientos geológicos en el área de trabajo que permitieron verificar los afloramientos calcáreos.

Muestreo de unidades de litofacies calcáreas (variedades de calizas).

2. Actividades de Laboratorio

* Estudios Químicos para definir su grado de pureza, por medio de la técnica de pérdida por calcinación para analizar carbonatos.

Además, se realizaron determinaciones composicionales y residuo insoluble, por técnicas gravimétricas y volumétricas.

Estos análisis fueron llevados a cabo conforme a la *norma ASTM C25 - 99*.

* Estudios Mineralógicos/petrográficos para determinar características composicionales y texturales mediante observaciones en muestras de mano y bajo la lupa binocular.

Observaciones mediante el empleo del microscopio óptico de polarización, marca *Leica modelo DM 2700 P*.

* Estudios mecánicos, mediante el ensayo de Compresión Simple, para poder determinar la fragilidad de los distintos tipos de calizas bajo análisis.

Se utilizó una prensa modelo *Controls Advantest- 9* que posee una capacidad máxima de 4000 kN y una velocidad de carga entre 0,1 a 1 MPa/s, la que se trabajó con 0,6 MPa/s.

* Estudios por ultrasonido

Ensayo del Ultrasonido, el cual permite mediante la medida de velocidad de propagación de la onda ultrasónica, energía de la señal ultrasónica propagada y su atenuación espacial y temporal, determinar la calidad de la caliza, en términos del contenido de micro-fisuras internas.

REFERENCIAS

Assefa S., McCann C., Sothcott J. Velocities of compressional and shear waves in limestones, *Geophysical Prospecting*, 51: 1-13, (2003).

Martínez J. y Martínez, Benavente D., García del Cura M. La propagación de ultrasonidos en el estudio de materiales pétreos: aplicación al estudio de las propiedades texto-estructurales de las rocas y de su grado de alteración. En *ingeniería del terreno*, p. 171-194, (2006).

Martínez J. y Martínez, "Influencia de la alteración sobre las propiedades mecánicas de las calizas, dolomías y mármoles. Evaluación mediante estimadores no destructivos (ultrasonidos)". Tesis doctoral. (2008).

RESULTADOS

ANÁLISIS QUÍMICOS

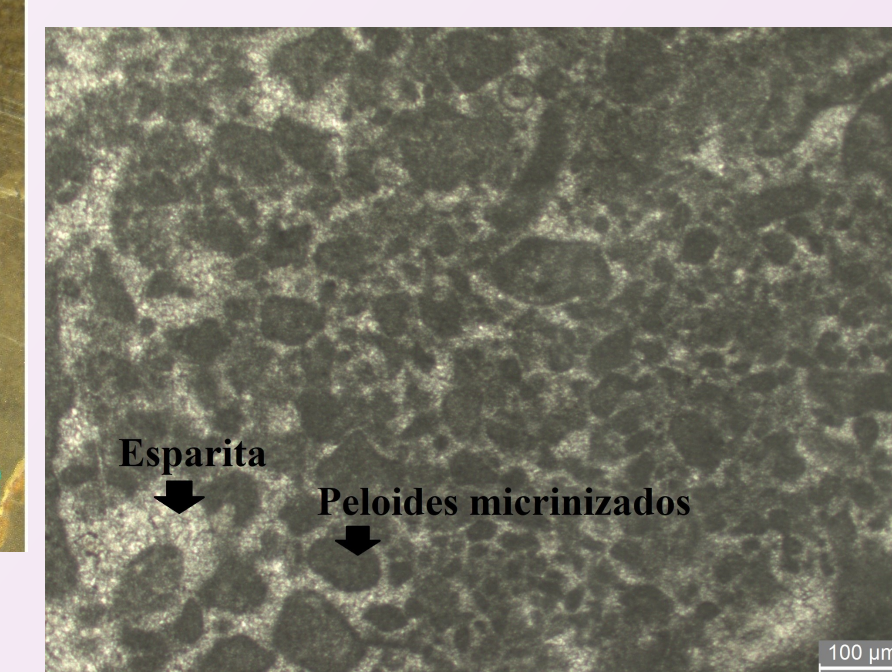
MUESTRA	RES. INS. %	R2O3 %	CAO %	MGO %	P105 ^a %	PPC %
LS-3	0,51	0,40	50,73	4,44	0,10	43,35
LS-6	0,78	0,47	55,14	0,09	0,08	43,32
PLA - 1	2,24	0,07	53,58	0,49	0,22	42,77
L1	0,99	0,07	54,78	0,20	0,21	43,50
L2	1,04	0,08	54,35	0,35	0,16	43,37
L3	0,69	0,12	54,54	0,30	0,13	43,97
L5	1,07	0,07	54,78	0,32	0,18	43,59
L6	1,29	0,08	54,64	0,30	0,17	43,56
L7	0,79	0,12	54,46	0,26	0,06	43,88

ESTUDIOS QUÍMICOS

Se describieron cada una de las probetas obtenidas en los diferentes afloramientos calcáreos de la provincia.

Previamente, las mismas fueron analizadas químicamente, y se consideraron aquellas por encima del 50% de CaO

ESTUDIOS MINERALÓGICOS/PETROGRÁFICOS



ESTUDIOS MECÁNICOS, MEDIANTE EL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE



ESTUDIOS POR ULTRASONIDO

La técnica empleada es por transmisión directa.

De esta manera se analizó la onda en forma discreta por medio de un programa realizado en el MATLAB, por el cual se estudió la atenuación espacial de la onda.

Las ondas ultrasónicas como cualquier pulso mecánico, se propaga con mayor velocidad por sólidos que por fluidos. Además, las superficies de las discontinuidades (fisuras) generan una importante dispersión de la energía de la onda, como así también un retraso en la velocidad de propagación. Ambos factores dan lugar a que cuantos más desperfectos contenga la roca en su interior, menor será la velocidad de propagación.

Estas consideraciones se orientan a determinar cuál de las variedades de calizas presentan mayores discontinuidades, y por lo tanto mayores condiciones de base para el comportamiento frágil.

Se correlacionó la velocidad primaria (P), con el ensayo de compresión simple, los residuos insolubles y los aspectos texturales, haciendo una diferenciación general entre texturas finas (predominantemente micriticas) y gruesas (predominantemente microesparita y esparita).

La consideración de la velocidad primaria (P) se hace en este estudio ya que es la que se condiciona con el grado de discontinuidades de la roca. Es la onda en que las partículas vibran en forma longitudinal al sentido de propagación de la onda.

Y con respecto a los residuos insolubles, se consideraron, ya que contienen los restos de cualquier arcilla, minerales silíceos u otros materiales refractarios, que pudiesen influir en el comportamiento mecánico de la caliza.

Nombre de la muestra	Velocidad P (m/s)	Velocidad S (m/s)	Módulo de Elasticidad Dinámico (Kg/cm ²) Ed	Coefficiente de Poisson v	Atenuación Espacial α _e	Tamaño de cristal M: micrita ME: microesparita E: esparita	Comp. Simple [kg/cm ²]
LS-03 (S. La Silla)	7605	3397	849817,9	0,38	13,8129	Predominio de M	575,9
LS-06 (S. La Silla)	6794	3217	757710,3	0,36	13,0836	Predominio de M	433,9
PLA-1 (C. Pocito)	6500	3037	637532,7	0,35	10,9521	Predominio de ME y E	356,7
L1 (C. San Juan)	7091	3355	843429,6	0,36	10,8120	Predominio de M	443,3
L2 (C. San Juan)	7189	3670	968823,6	0,32	13,4374	Predominio de M	471,1
L3 (C. San Juan)	7027	3109	733588,1	0,38	13,7928	Predominio de ME y E	270,8
L5 (C. San Juan)	6855	3093	722835,2	0,37	13,6486	Predominio de ME y E	365,5
L6 (C. San Juan)	7030	2626	540777,97	0,42	12,7214	Predominio de ME y E	332,1
L7 (C. San Juan)	6882	3363	833358,7	0,34	13,0481	Predominio de M	421,3

Textura	Compresión Simple [kg/cm ²]	Ultrasonido Velocidad P (m/s)	Tendencia del comportamiento	Módulo de Elasticidad Dinámico (Kg/cm ²)
Predominio de ME y E	356,7	6500	Más frágil	637532,7
	270,8	7027		733588,1
	365,5	6855		722835,2
	332,1	7030		540777,97
Predominio de M	575,9	7605	Menos frágil	849817,9
	433,9	6794		757710,3
	443,3	7091		843429,6
	471,1	7189		968823,6
	421,3	6882		833358,7

CONCLUSIONES

La correlación de los resultados, permite identificar a aquellas calizas con texturas finas (con predominio de micrita), muestran mayores velocidades de la onda de ultrasonido, además, tienden a presentar en líneas generales menores porcentajes en residuos insolubles y requieren mayores cargas para su fracturamiento; mientras que las de textura más gruesa (con predominio de microesparita y esparita), poseen un comportamiento inverso.

Por lo antedicho, las texturas más finas poseen un comportamiento menos frágil respecto de las más gruesas.

Esto se deduce a partir de que las muestras más finas han necesitado una mayor carga en el ensayo de compresión simple hasta lograr su fracturamiento; y por otro lado se advierten velocidades primarias mayores, lo que estaría indicando una menor proporción de discontinuidades en el interior de la roca.

El ensayo de ultrasonidos posee la ventaja que proporciona rapidez de la respuesta, debido a que la operación es electrónica, suministra indicaciones prácticamente instantáneas de la presencia de fisuras internas.

Pero como toda técnica, posee una serie de limitaciones de uso o desventajas como la localización mejor de aquellas discontinuidades que son perpendiculares al haz de sonido.

Se recomienda la realización sobre un número estadísticamente representativo de muestras de calizas, para este tipo de ensayo, que permitan poder caracterizar la presencia de discontinuidades internas y el empaquetamiento cristalino y evaluar su comportamiento en la etapa de voladura y molienda.