EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL CON VARIACION DE LA GEOMETRIA DE PROBETAS EN MATERIAL ROCOSO

TECNOCIENCIA

EVALUATION OF THE POINT LOAD TEST INDEX AND RESISTANCE OF THE ROCK MATERIAL

Feijoo Calle, Patricio; Feijoo Guevara, Bernardo

Patricio Feijoo Calle
pfeijoo@uazuay.edu.ec
Universidad del Azuay, Ecuador
Bernardo Feijoo Guevara
bernardofeijoo@uazuay.edu.ec
Universidad del Azuay, Ecuador

Tecnociencia
Universidad de Panamá, Panamá
ISSN: 1609-8102
ISSN-e: 2415-0940
Periodicidad: Semestral
vol. 25, núm. 2, 2023
Luis.rodriguez@up.ac.pa

Recepción: 26 Noviembre 2022
Aprobación: 05 Abril 2023

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/224/2244302006/

Resumen: Este trabajo tuvo por objetivo evaluar el índice de carga puntual, Is (50), de un material rocoso, en función de las dimensiones de las probetas. Se inició con la toma de muestras de un mismo material, el cual provino de un solo afloramiento compuesto de una andesita anfibólica. El afloramiento está ubicado en el sector denominado Cojitambo, en la provincia de Cañar (Ecuador). En una segunda instancia se elaboraron una serie de probetas, hasta obtener noventa, que estuvieron en condiciones idóneas para el ensayo, las mismas subdivididas en tres grupos de treinta, el grupo uno denominado P5, el grupo dos P7 y el grupo tres P9 y las dimensiones de las probetas fueron aproximadamente, 10x6x5 cm, 10x8x7 cm y 10x10x9 cm, respectivamente. Como tercera etapa se determinó las dimensiones precisas de las probetas y se las sometió al ensayo de carga puntual. Los resultados son interesantes ya que mostraron un comportamiento diferente para cada grupo de probetas, y se pudo valorar el índice de carga puntual de la roca objetivamente. Se probó que la propiedad resistencia a la compresión, tiene una relación óptima con el índice de carga puntual, siempre que se efectúe una “geometría de probetas” ideal.

Palabras clave: Andesita, Compresión, Resistencia, Roca.

Abstract: The objective of this work was to evaluate the point load test index, is (50), of a rock material, depending on the dimensions of the specimens. It began with the taking of samples of the same material, which came from a single outcrop composed of an amphibolic andesite. The outcrop is in the sector called Cojitambo, in the province of Cañar (Ecuador). In a second instance, a series of test tubes were made up to ninety, which were in ideal conditions for the test, subdivided into three groups of thirty, group one called P5, group two P7 and group three P9 and the dimensions of the specimens were approximately 10x6x5 cm, 10x8x7 cm and 10x10x9 cm, respectively. As a third stage, the precise dimensions of the specimens were determined, and they were subjected to the point load test. The results are interesting since they showed a different behavior for each group of specimens, and it was possible to assess the point load test index of the rock objectively. It was proved that the compressive strength property has an optimal relationship with the point load test index, provided that an ideal "specimen geometry" is made.

Keywords: Andesite, Compression, Resistance, Rock.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento mecánico de una masa de roca in situ es diferente de una masa de suelo. Los dos motivos fundamentales que actúan juntos son los siguientes: a) El material rocoso es mucho más fuerte y resistente que el material de suelo. b) Una masa rocosa presenta casi siempre sistemas de debilidades estructurales como fracturas, diaclasas, fisuras, discontinuidades, fallas; y en rocas cristalinas al aumentar la fisuración, es decir el tamaño y la densidad de las fisuras, disminuye la durabilidad de estas.

Por este motivo se tiene que distinguir entre macizo y material rocosos. Se habla de material rocoso entendiendo el material intacto, es decir un testigo o muestra de pequeño tamaño generalmente constituido por material sin fracturas. Se habla de macizo rocoso a todo el conjunto del material rocoso y de las discontinuidades presentes en él. Un macizo rocoso es por esto constituido por muchos bloques de material rocoso

separados por discontinuidades, fisuras, etc. El material o matriz rocosos es la roca simple y suelta de un conjunto de más pedazos del material. Este conjunto de pedazos de material rocoso toma el nombre de macizo rocoso y es el que debe ser evaluado en su totalidad (Feijoo e Iñiguez, 2020).

Actualmente, las clasificaciones geomecánicas son una herramienta de uso generalizado en el proyecto y construcción de túneles y, gracias a ellas, es posible obtener un mejor conocimiento, interpretación y aplicación de los datos geológicos y geotécnicos. Así mismo, dichas clasificaciones son criterios muy útiles que coadyuvan a la representación del comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, ya que permiten realizar una primera aproximación de los parámetros mecánicos de diseño, así como de los posibles sistemas de soporte, estabilización y reforzamiento adecuados para el túnel.

Las clasificaciones geomecánicas modernas más difundidas en la ingeniería de túneles son las conocidas como Rock Mass Rating o sistema RMR, la clasificación del Instituto Geotécnico Noruego, sistema o índice Q y el Geological Strength Index (GSI).

Las primeras dos clasificaciones se basan en los datos de recuperación de núcleos, número de familias de discontinuidades, rugosidad y estado general de las juntas, presencia de agua y adicionalmente pueden considerar la resistencia de la roca matriz, la orientación de las discontinuidades respecto a la excavación y el tipo de obra de que se trate (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2016).

Para el desarrollo de estas clasificaciones es indispensable obtener un parámetro o característica del material rocoso denominada resistencia a la compresión simple (RCS).

El ensayo para determinar esta resistencia se lo puede desarrollar sobre una probeta cilíndrica de roca de altura entre el doble y el triple del diámetro. Normalmente estas probetas se obtienen a partir de testigos de perforación. También se pueden obtener muestras a partir de bloques de roca; la extracción de estos bloques en la mina o en la obra se debe llevar a cabo sin voladuras, ya que éstas pueden generar en la roca nuevas micro fisuras o aumentar las existentes, lo cual se

traduciría en una pérdida de resistencia de las probetas que se obtengan de ellos. Averiguar la resistencia a compresión simple de una roca es importante porque permite clasificar la roca según su resistencia, es un parámetro importante en los criterios de rotura más utilizados (Mohr- Coulomb y Hoek-Brown) (Marín, 2017).

Es importante a este punto indicar que las rocas o las probetas obtenidas para la ejecución de ensayos no mantienen las propiedades en las diferentes direcciones, en consecuencia, se debe introducir y argumentar estos conceptos.

La isotropía se puede aplicar de forma simplificada como siendo la propiedad de un medio de responder de forma igual independiente de la dirección que se aplique la fuerza. Las rocas no suelen poseer esta característica, ya que la presencia de defectos o su composición condicionan/alteran el comportamiento de la roca matriz y del macizo rocoso (Santos, 2014).

Los materiales anisótropos son aquellos cuyas propiedades varían en función de la dirección utilizada para su medida. Aunque el carácter anisótropo de las rocas que poseen esta característica se manifiesta en todas sus propiedades, las de mayor importancia en mecánica de rocas son la resistencia y deformación (Oyanguren y Alejano, 2004).

De hecho, las propiedades de las rocas varían en las diferentes direcciones que se aplique el efecto, por eso a este punto proponemos utilizar el corte en la roca, el cual por razones descritas no será igual en función de la arista establecida para generar el mismo.

Este corte debe ser ejecutado sobre muestras o probetas preparadas, para tratar de mitigar los efectos de la anisotropía, lo cual es muy difícil conseguir. Así pues, en el proceso de corte de rocas intervienen conjuntamente el equipo o sierra de corte, el útil diamantado y el material a cortar. Además, no se deben olvidar los parámetros o condiciones del corte ni quizás el factor más importante: el humano (Suarez et al., 1998).

Una de las propiedades importantes que se debe conocer sobre el material rocoso es la resistencia a la compresión simple o uniaxial

(RCS), y para obtener este parámetro se deben obtener muestras de roca que aflore en el yacimiento, preparar probetas adecuadas y enviarlas a laboratorios para la determinación de la presión de ruptura. Este trabajo debe ser permanente ya que la geología de los proyectos mineros varía en el avance de la explotación y por naturaleza las rocas son anisótropas y heterogéneas. Se suele entender por "resistencia" a la carga específica (por unidad de sección), que es necesario aplicar a un material para producir su rotura. Según el esfuerzo que se aplique la resistencia puede ser: a compresión, a tracción, a flexión, a corte, a torsión, etc. La resistencia a compresión simple (o compresión uniaxial) de la matriz rocosa, es el valor que se obtiene cuando se aplica una carga de compresión en una dirección dada, sin aplicar ningún otro esfuerzo en ninguna otra dirección (Galván, 2015).

En la mayor parte de proyectos mineros, especialmente los de denominados de pequeña minería, la posibilidad de determinar la RCS se vuelve casi nula, primero por la dificultad de contar con laboratorios y equipos para el efecto y segundo, al costo que demandan los laboratorios privados, por lo que la ISRM (Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas), ha propuesto un ensayo alterno, el cual se denomina índice de carga puntual.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de cualquier trabajo es la planificación de las actividades a realizar. Para cumplir con el objetivo disponemos de una serie de herramientas, unas para aplicar en campo y otras en laboratorio.

Para el desarrollo de la propuesta se inició con la obtención de muestras de un afloramiento ubicado en la provincia del Cañar (Ecuador), constituido por una andesita. La ubicación del mencionado afloramiento se la puede observar en la figura 1.

Las andesitas son rocas volcánicas de grano fino, son comunes, como coladas de lava en regiones orogénicas y ocasionalmente forman pequeñas intrusiones. Son compactas, algunas veces vesiculares y comúnmente de color castaño y en extensión total ocupan el segundo lugar después del basalto (Blyth y Freitas, 2003).

Estas muestras se tomaron del afloramiento, pero trabajando sobre el mismo para que la matriz rocosa extraída sea sana y no contenga ningún tipo de alteración o descomposición. Es muy importante que las muestras tengan superficies frescas y limpias, que nos permita realizar una valoración correcta del estado de la roca a la cual se procede a realizar los ensayos.

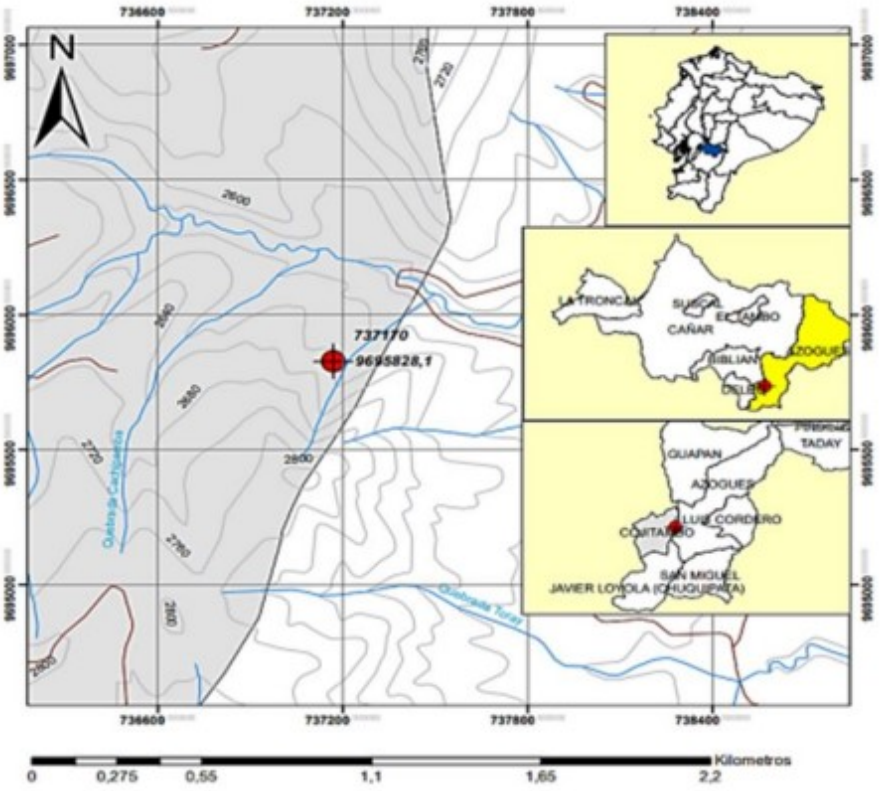

FIGURA 1.
Ubicación del afloramiento de andesita (Cojitambo, Cañar, Ecuador).

Realizada la toma de muestras se las preparó para la elaboración de probetas, de dimensiones predeterminadas, para esto se utilizó una cortadora Covington de piso, la cual podemos observar en la figura 2.

FIGURA 2.
Cortadora de rocas.

La relación D/W de las probetas debe ser menor a 1 y mayor a 0.3, por lo que se elaboraron las 90 probetas, distribuidas en tres grupos de 30 cada uno, con las siguientes dimensiones: grupo P5, 5x6x10 cm, grupo P7, 7x8x10 cm y grupo P9, 9x10x10 cm (Figura 3).

Si analizamos los datos de la relación D/W se observa que en todos los grupos la misma es cercana a 0.9, esto debido a lo propuesto por Feijoo en el 2022 (Feijoo et. al, 2022).

FIGURA 3.
Probetas para el ensayo de carga puntual.

Finalmente se ejecutaron los ensayos de carga puntual. Para ello su utilizó el equipo apropiado, el cual consiste en una prensa de construcción en campo, con las condiciones y especificaciones que se establecen en las normas. La misma se la puede observar en la figura 4.

FIGURA 4.
Prensa para ensayos de carga puntual.

El ensayo de carga puntual consiste en romper un pedazo de roca entre dos puntas cónicas de acero endurecido. Las muestras que posteriormente van a ser colocadas entre dichas puntas pueden ser de cualquier forma, pero lo recomendable es que su diámetro no sea inferior a 50 mm, ya que, el volumen de dicha probeta influye en su resistencia (Feijoo y Ureña, 2021).

El índice de carga puntual se calcula mediante la relación, sin corrección:

$$Is = \frac{P}{(De)^2} \qquad (1)$$

Dónde:

P = Carga aplicada en kN.

De = Diámetro del núcleo equivalente en mm.

Se toman las distancias de los fragmentos los cuales deben cumplir con las disposiciones que se indican en la norma. La razón 0.3 < D/W < 1 que de preferencia quede cerca de 1. La distancia L> 0.5W (L distancia del extremo de la roca a las puntas cónicas y W distancia perpendicular a L medida sobre la roca).

En la ecuación 2 se determina el diámetro equivalente De, en función de las dimensiones de los fragmentos irregulares:

$$(De)^2 = \frac{4A}{\pi} \qquad (2)$$

Donde A está definido por la ecuación 3:

$$A = WD \qquad (3)$$

Siendo A el área transversal mínima paralela a la dirección de la carga en mm^2.

El índice de resistencia a la carga puntual corregido Is (50), de una muestra de roca se define como el valor de Is que se ha medido por una prueba diametral con D = 50 mm. Cuando una clasificación de roca es fundamental, el método más fiable para conseguir Is (50) es llevar a cabo las pruebas con diámetros de D = 50 mm o muy cercanos a dicho valor.

La mayoría de las pruebas de carga puntual son llevadas a cabo utilizando tamaños de muestras diferentes al diámetro mencionado (Navarrete et al., 2013). Con la ecuación 4 se obtiene la corrección de tamaño:

$$Is(50) = \left(\frac{De}{50}\right)^{0.45} \cdot Is \qquad (4)$$

Se ha propuesto que la relación que existe para la resistencia a la compresión del material rocoso está en el orden de 20 veces el valor del Is (50).

$$RCS \cong 20 \cdot Is(50) \qquad (5)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Realizados todos los ensayos, en los tres grupos de probetas, se determinaron los valores de Is (50) para las probetas que cumplieron con la relación D/W, y los mismos podemos observar en las tablas 1, 2 y 3, con todas las dimensiones y valores de fuerza.

TABLA 1.
Resultados del Is (50) del grupo de probetas P5.

Probeta	W	L	D	D/W	Fuerza (P)	WD	De2	Is	F	Is (50)
	(cm)	(cm)	(cm)		(kN)	(mm2)	(mm2)	(MPa)		(MPa)
501	6.2	9.8	5.4	0.87	11.46	3348	4262.81	2.69	1.13	3.03
502	5.9	10.0	5.1	0.86	15.07	3009	3831.18	3.93	1.10	4.33
503	5.9	9.8	5.5	0.93	15.07	3245	4131.66	3.65	1.12	4.08
504	5.7	10.0	5.0	0.88	13.47	2850	3628.73	3.71	1.09	4.04
505	6.0	9.9	5.3	0.88	10.67	3180	4048.90	2.63	1.11	2.94
506	5.6	10.0	4.8	0.86	14.27	2688	3422.47	4.17	1.07	4.47
507	5.9	9.8	5.6	0.95	10.53	3304	4206.78	2.50	1.12	2.81
508	6.2	9.8	5.4	0.87	10.67	3348	4262.81	2.50	1.13	2.82
509	6.0	10.0	5.2	0.87	10.67	3120	3972.51	2.69	1.11	2.98
510	6.1	10.0	5.3	0.87	9.47	3233	4116.38	2.30	1.12	2.57
511	6.2	10.0	5.5	0.89	9.80	3410	4341.75	2.26	1.13	2.56
512	6.2	10.0	5.6	0.90	12.00	3472	4420.69	2.71	1.14	3.09
513	6.0	9.9	5.3	0.88	16.40	3180	4048.90	4.05	1.11	4.51
514	5.9	9.9	5.5	0.93	14.00	3245	4131.66	3.39	1.12	3.79
515	6.2	9.9	5.6	0.90	14.00	3472	4420.69	3.17	1.14	3.60
516	6.0	9.7	5.2	0.87	10.80	3120	3972.51	2.72	1.11	3.02
517	6.0	9.9	5.3	0.88	13.47	3180	4048.90	3.33	1.11	3.71
518	6.0	10.0	5.6	0.93	21.20	3360	4278.08	4.96	1.13	5.59
519	5.8	10.0	5.4	0.93	15.20	3132	3987.79	3.81	1.11	4.23
520	6.1	9.9	5.4	0.89	14.20	3294	4194.05	3.39	1.12	3.80
521	6.0	9.7	5.2	0.87	8.53	3120	3972.51	2.15	1.11	2.38
522	6.2	9.9	5.3	0.85	14.20	3286	4183.87	3.39	1.12	3.81
523	6.0	10.0	5.6	0.93	10.53	3360	4278.08	2.46	1.13	2.78
524	6.0	9.7	5.4	0.90	10.00	3240	4125.30	2.42	1.12	2.71
525	5.7	10.0	5.1	0.89	10.53	2907	3701.31	2.85	1.09	3.11
526	6.2	10.0	5.4	0.87	11.47	3348	4262.81	2.69	1.13	3.03
527	6.0	9.8	5.3	0.88	11.87	3180	4048.90	2.93	1.11	3.27
528	6.0	9.9	5.3	0.88	10.00	3180	4048.90	2.47	1.11	2.75
529	5.8	10.0	5.4	0.93	18.27	3132	3987.79	4.58	1.11	5.09
530	6.0	9.9	5.5	0.92	16.40	3300	4201.69	3.90	1.12	4.39

TABLA 2.
Resultados del Is (50) del grupo de probetas P7.

Probeta	W	L	D	D/W	Fuerza (P)	WD	De2	Is	F	Is (50)
	(cm)	(cm)	(cm)		(kN)	(mm2)	(mm2)	(MPa)		(MPa)
701	8.0	10.0	7.0	0.88	23.06	5600	7130.14	3.23	1.27	4.09
702	8.4	10.0	8.0	0.95	15.11	6720	8556.17	1.77	1.32	2.33
703	8.2	9.9	7.1	0.87	12.91	5822	7412.80	1.74	1.28	2.22
704	8.1	10.1	7.2	0.89	15.00	5832	7425.53	2.02	1.28	2.58
705	8.4	9.9	7.9	0.94	25.02	6636	8449.22	2.96	1.32	3.89
706	8.5	10.0	8.1	0.95	27.75	6885	8766.25	3.17	1.33	4.20
707	8.0	9.8	7.1	0.89	22.09	5680	7232.00	3.05	1.27	3.88
708	8.2	10.0	7.8	0.95	15.34	6396	8143.64	1.88	1.30	2.46
709	8.2	9.7	7.5	0.91	20.34	6150	7830.42	2.60	1.29	3.36
710	8.1	10.0	7.3	0.90	18.59	5913	7528.67	2.47	1.28	3.17
711	7.9	9.9	7.0	0.89	21.53	5530	7041.01	3.06	1.26	3.86
712	8.0	10.0	7.0	0.88	20.73	5600	7130.14	2.91	1.27	3.68
713	8.3	9.9	7.8	0.94	16.71	6474	8242.95	2.03	1.31	2.65
714	7.9	10.1	7.0	0.89	19.77	5530	7041.01	2.81	1.26	3.54
715	7.9	10.0	7.0	0.89	20.13	5530	7041.01	2.86	1.26	3.61
716	7.9	10.0	7.0	0.89	12.49	5530	7041.01	1.77	1.26	2.24
717	8.0	10.0	7.0	0.88	22.70	5600	7130.14	3.18	1.27	4.03
718	8.2	9.9	7.4	0.90	21.97	6068	7726.02	2.84	1.29	3.66
719	8.2	9.9	7.5	0.91	14.12	6150	7830.42	1.80	1.29	2.33
720	8.2	9.9	7.3	0.89	23.71	5986	7621.61	3.11	1.29	4.00
721	7.9	9.9	7.0	0.89	15.20	5530	7041.01	2.16	1.26	2.73
722	8.2	9.9	7.6	0.93	14.33	6232	7934.83	1.81	1.30	2.34
723	8.2	9.9	7.5	0.91	18.89	6150	7830.42	2.41	1.29	3.12
724	8.3	9.9	7.8	0.94	23.76	6474	8242.95	2.88	1.31	3.77
725	8.2	9.9	7.2	0.88	23.01	5904	7517.21	3.06	1.28	3.92
726	8.1	9.7	7.7	0.95	19.24	6237	7941.20	2.42	1.30	3.14
727	8.0	10.0	7.4	0.93	24.11	5920	7537.58	3.20	1.28	4.10
728	7.8	9.8	6.9	0.88	15.31	5382	6852.58	2.23	1.25	2.80
729	8.2	10.0	7.1	0.87	18.22	5822	7412.80	2.46	1.28	3.14
730	8.0	10.0	7.0	0.88	15.73	5600	7130.14	2.21	1.27	2.79

TABLA 3.
Resultados del Is (50) del grupo de probetas P9.

Probeta	W	L	D	D/W	Fuerza (P)	WD	De2	Is	F	Is (50)
	(cm)	(cm)	(cm)		(kN)	(mm2)	(mm2)	(MPa)		(MPa)
901	10.0	10.1	8.8	0.89	28.55	8795	11197.73	2.55	1.40	3.57
902	10.1	9.9	8.8	0.87	28.16	8917	11353.50	2.48	1.41	3.49
903	10.0	10.0	8.9	0.89	24.66	8833	11247.06	2.19	1.40	3.07
904	9.9	9.9	8.8	0.89	31.19	8710	11089.61	2.81	1.40	3.93
905	9.7	10.1	8.9	0.92	33.30	8708	11086.81	3.00	1.40	4.20
906	9.9	9.9	8.9	0.90	31.36	8756	11148.08	2.81	1.40	3.94
907	9.9	9.9	8.9	0.90	38.75	8833	11246.17	3.45	1.40	4.83
908	9.9	9.9	8.9	0.90	30.88	8790	11191.99	2.76	1.40	3.87
909	9.9	10.0	9.0	0.91	21.01	8919	11356.02	1.85	1.41	2.60
910	9.9	9.9	9.0	0.91	42.22	8889	11318.17	3.73	1.40	5.24
911	9.9	10.1	8.8	0.89	23.23	8715	11096.55	2.09	1.40	2.93
912	10.1	9.6	9.2	0.91	28.52	9309	11851.98	2.41	1.42	3.42
913	9.9	10.0	8.9	0.90	20.66	8744	11132.95	1.86	1.40	2.60
914	9.9	9.9	8.7	0.88	34.46	8623	10979.02	3.14	1.40	4.38
915	10.1	10.1	9.0	0.90	32.63	9103	11590.66	2.82	1.41	3.98
916	10.1	9.8	8.9	0.88	30.15	8971	11422.49	2.64	1.41	3.71
917	9.9	9.9	9.2	0.92	21.85	9105	11592.90	1.88	1.41	2.66
918	10.1	9.9	9.0	0.89	35.14	9082	11563.66	3.04	1.41	4.29
919	10.0	9.9	8.8	0.88	36.16	8792	11194.81	3.23	1.40	4.53
920	10.1	9.1	8.9	0.88	32.32	8981	11435.32	2.83	1.41	3.98
921	10.1	9.9	8.9	0.88	34.96	8961	11409.65	3.06	1.41	4.31
922	10.0	10.2	9.0	0.89	32.53	9006	11466.64	2.84	1.41	4.00
923	10.0	9.9	8.9	0.89	32.48	8889	11317.67	2.87	1.40	4.03
924	10.2	9.9	8.8	0.86	25.96	9004	11464.02	2.26	1.41	3.19
925	9.9	10.0	8.8	0.90	37.74	8706	11085.31	3.40	1.40	4.76
926	10.0	9.8	8.7	0.87	24.14	8731	11116.99	2.17	1.40	3.04
927	10.3	10.0	8.8	0.86	28.28	9061	11536.82	2.45	1.41	3.46
928	9.8	9.9	8.9	0.90	39.44	8748	11137.99	3.54	1.40	4.96
929	10.0	10.2	8.9	0.89	32.98	8853	11272.45	2.93	1.40	4.11
930	9.9	9.9	8.8	0.89	31.18	8758	11151.36	2.80	1.40	3.91

Los resultados permiten hacer un análisis de la desviación estándar y para el grupo P5 podemos ver este cálculo en la figura 5, para el grupo P7 en la figura 6 y para el grupo P9 en la figura 7.

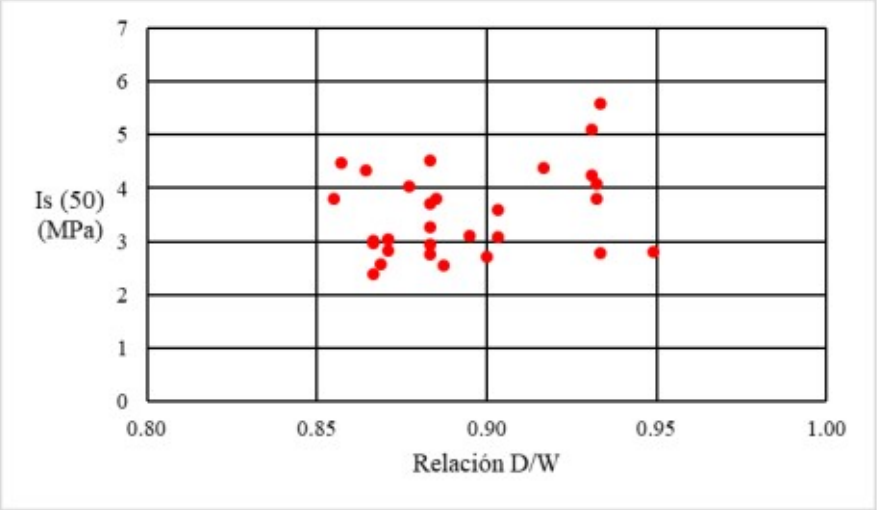

FIGURA 5.
Valores de Is (50) y D/W del grupo P5.

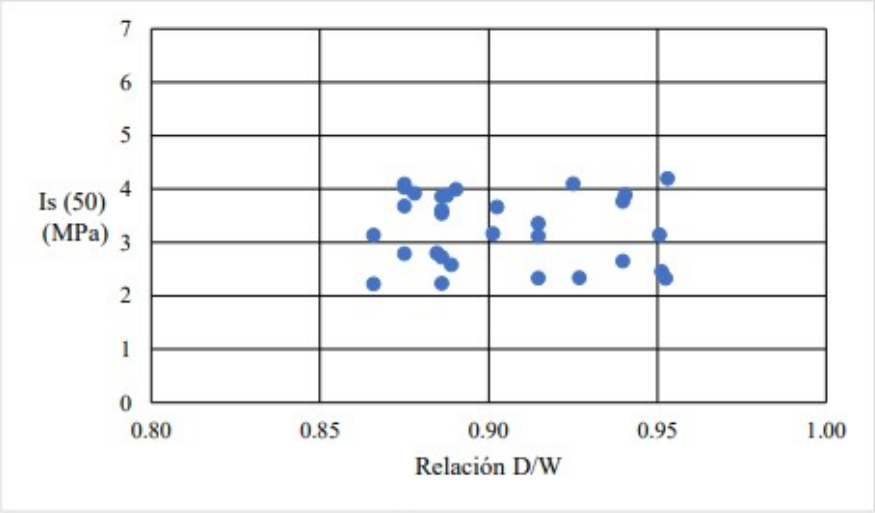

FIGURA 6.
Valores de Is (50) y D/W del grupo P7.

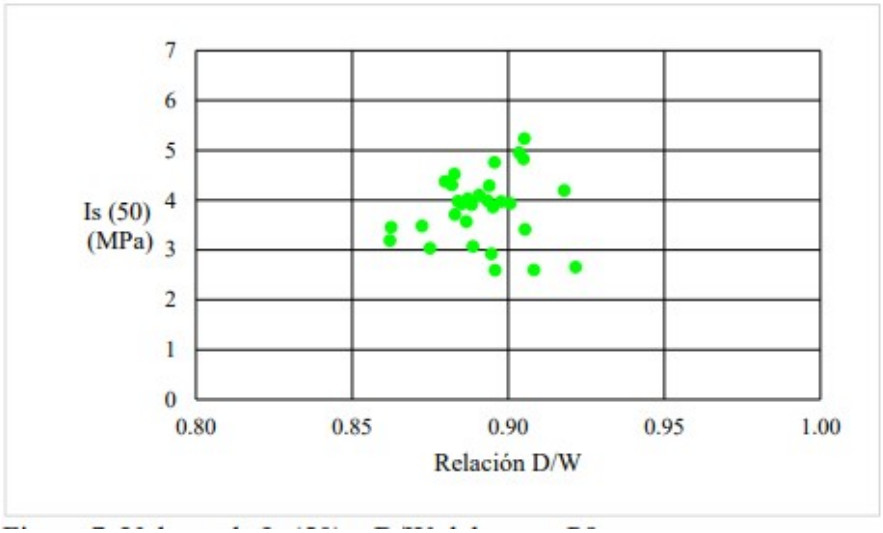

FIGURA 7.
Valores de Is (50) y D/W del grupo P9.

En la Tabla 4 se pueden observar estos resultados, a más de la media, mediana y desviación estándar de cada grupo.

TABLA 4.
Resultados de finales de los 3 grupos de probetas.

	Pendiente	Media (MPa)	Mediana (MPa)	Desviación Estándar
Grupo P5	0.0886	3.51	3.19	0.812
Grupo P7	0.0745	3.25	3.26	0.663
Grupo P9	0.0775	3.83	3.94	0.696

Si bien los valores de las pendientes no difieren considerablemente, a más de los resultados de las medias y medianas, se establece que el grupo P7 presenta resultados interesantes.

CONCLUSIONES

Los resultados para el grupo P7 del Is (50) indican que existe un grupo de probetas que tienen un mejor comportamiento al determinar esta propiedad. Se puede observar que la pendiente es más cercana a 0, lo que indica la consistencia de los valores, además que la media y mediana están prácticamente en un mismo valor y la desviación estándar es baja.

Se propone, para el caso de estudio presentado, que las dimensiones de probetas sean de 7x8x10 cm, y en consecuencia la resistencia a la compresión simple del material rocoso, según la relación 5, está en el orden de 65 MPa.

Esta propuesta debe ser implementada en cada proyecto minero, y complementada con la ejecución de probetas que presenten relaciones de D sobre W cercanas a 0.9, pero con otras dimensiones de probetas, así como también ejecutar ensayos con otros tipos de roca.

REFERENCIAS

Blyth, F., Freitas, M. (2003). Geología para Ingenieros, México.

Feijoo, P., Iñiguez, C. (2020). Corte en rocas y su relación con la resistencia a compresión simple. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, E30, 59-67. http://www.risti.xyz/issues/ristie30.pdf

Feijoo, P., Ureña, C. (2021). Characterization of the compressive strength in rocks by granulometric classification: a field test. *Ingeniería y Competitividad*, In press 2021; e20310832. 1-11. https://doi.org/10.25100/iyc.v24i1.10832

Feijoo, P., Choco, E., Peláez, G., Feijoo, B. (2022). Índice de carga puntual y su relación con dimensiones en bloque regular de roca. Revista Tecnológica - ESPOL. 34, 2, 29–40. DOI: https://doi.org/10.37815/rte.v34n2.886.

Galván, M. (2015). Mecánica de Rocas, Programa Editorial Universidad del Valle, Colombia.

Marín, W. (2017). Evaluación de parámetros materiales de fractura en roca intacta, Tesis, Universidad Nacional de Colombia.

Navarrete, M., Martínez, W., Alonso, E., Lara, C., Bedolla, A., Chávez, H., Delgado, D., Arteaga, J. (2013). Caracterización de propiedades físico-mecánicas de rocas ígneas utilizadas en obras de infraestructura. *ALCONPANT,* vol. 3, n. º 2, 133-143. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427639592005

Oyanguren, P., Alejano, L. (2004). Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes, Universidad Politécnica de Madrid, España.

Santos, A. (2014). Resistencia Anisótropa de las Rocas, Universidad Politécnica de Madrid, Tesis de Maestría.

Secretaria de Comunicaciones y Transporte. (2016). *Manual de Diseño y Construcción de Túneles de Carreteras,* México.

Suarez, L., Rodríguez, A., Calleja, L., Ruiz, G. (1998). E1 corte de rocas ornamentales con discos diamantados: influencia de los factores propios del sistema de corte. Revista Materiales de Construcción, Vol. 48, 49-55. DOI: 10.3989/mc. 1998.v48.i251.471