

Uniaxial Compressive Strength of Granite and Granodiorite Rocks from the Coastal Batholith, Trujillo-Peru

Brayan Jhoan Rojas Rodríguez,¹, Manuel Alejandro Minaya Masias,¹, Edinson Franklin Quispe Cruz,¹, Walter Klysman Laiza Vera,¹,
N00187506@upn.pe, manuel.minaya@upn.edu.pe, N00324769@upn.pe, walter.laiza@upn.pe,

¹Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad Privada del Norte, Perú

Abstract—*The study addresses the lack of updated data on the uniaxial compressive strength (UCS) of granite–granodiorite rocks of the Coastal Batholith geographically emplaced in the surroundings of the city of Trujillo, information necessary for geotechnical design and stability evaluation in engineering projects. The research is applied and experimental. Sampling points were delimited within quadrangles 17-e and 17-f of the National Geological Map, from which five zones were selected and representative samples were extracted. These were prepared as standardized specimens and tested at the Rock Mechanics Laboratory of Universidad Privada del Norte, recording their parameters and determining their UCS. The results show a strength range between 61.72 and 171.23 MPa, evidencing variability among samples due to differences in texture, composition, and degree of weathering. The classification placed two samples in medium strength, two in moderately high strength, and one in high strength. The study concludes that the obtained values provide data on the UCS range of the Coastal Batholith rocks around Trujillo and confirm the mechanical heterogeneity of their lithologies, which is fundamental for geotechnical and mining applications in the region.*

Keywords— *Uniaxial compressive strength, rock mechanics, granodiorite, coastal Batholith, geology.*

Resistencia a la compresión uniaxial de las rocas granito y granodiorita del Batolito de la Costa, Trujillo-Perú

Brayan Jhoan Rojas Rodríguez,¹ , Manuel Alejandro Minaya Masias,¹ , Edinson Franklin Quispe Cruz,¹ , Walter Klysman Laiza Vera,¹ ,
N00187506@upn.pe, manuel.minaya@upn.edu.pe, N00324769@upn.pe, walter.laiza@upn.pe,

¹Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad Privada del Norte, Perú

Resumen— El estudio aborda la falta de datos actualizados sobre la resistencia a la compresión uniaxial (UCS) de rocas granito–granodioríticas del Batolito de la Costa emplazadas geográficamente en los alrededores de la ciudad de Trujillo, información necesaria para el diseño geotécnico y la evaluación de estabilidad en proyectos de ingeniería. La investigación es aplicada y experimental. Se delimitaron los puntos de muestreo en los cuadrantes 17-e y 17-f de la carta geológica nacional, a partir de lo cual se seleccionaron 5 zonas y se extrajeron muestras representativas. Estas fueron preparadas como probetas normalizadas y ensayadas en el laboratorio de mecánica de rocas de la Universidad Privada del Norte, registrando sus parámetros y determinando su UCS. Los resultados muestran un rango de resistencia entre 61.72 y 171.23 MPa, evidenciando variabilidad entre muestras debido a diferencias en textura, composición y grado de meteorización. La clasificación ubicó dos muestras en resistencia media, dos en resistencia moderadamente alta y una en resistencia alta. El estudio concluye que los valores obtenidos aportan datos sobre el rango de UCS de las rocas del Batolito de la Costa alrededor de Trujillo y confirman la heterogeneidad mecánica de sus litologías, lo que resulta fundamental para aplicaciones geotécnicas y mineras en la región.

Palabras clave— Resistencia a la compresión uniaxial, mecánica de rocas, granodiorita, Batolito de la Costa, geología.

I. INTRODUCCIÓN

La mecánica de rocas es una disciplina fundamental en la ingeniería civil, la minería y la geotecnia, ya que proporciona los principios y métodos necesarios para comprender el comportamiento de las rocas ante diferentes condiciones de carga y deformación. Según Hoek & Brown “Uno de los parámetros más importantes en la caracterización de las rocas es la Resistencia a la Compresión Uniaxial (UCS), que representa la capacidad de una roca para resistir una carga compresiva sin fallar” [1].

La resistencia a la compresión uniaxial (UCS) es, sin duda, la propiedad geotécnica que más se utiliza en la práctica de la ingeniería de rocas. Ampliamente se entiende como un índice

general que da una primera aproximación del rango de resistencia que probablemente debe considerarse dentro de una variedad de problemas de ingeniería incluyendo soportes de techo de túneles, diseño de puntales y técnicas de sostenimiento [2].

En la ciudad de Trujillo, existe una limitada disponibilidad de datos recientes y específicos sobre su comportamiento mecánico, particularmente en relación con la Resistencia a la Compresión Uniaxial (UCS) [3]. Esta información es esencial para la caracterización geotécnica, ya que la resistencia de la roca influye directamente en el diseño de cimentaciones, la estabilidad de taludes, la ejecución de excavaciones y la planificación de obras que requieren un conocimiento preciso de las condiciones del macizo rocoso [1].

La falta de estudios actualizados genera incertidumbre en la evaluación de riesgos y en la toma de decisiones técnicas, obligando a los profesionales a utilizar valores de referencia generales o procedentes de otras localidades, lo cual puede conducir a estimaciones imprecisas o diseños con márgenes de seguridad innecesariamente altos.

Asimismo, en la zona de Trujillo, Perú, se encuentran diversas formaciones rocosas de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, que datan del Paleógeno- Neógeno y Cretáceo. Estas formaciones incluyen granitos, dioritas, tonalitas, granodioritas, migmatitas y rocas volcanosedimentarias, cada una con propiedades físicas y mecánicas distintas [4]. La variabilidad litológica de la zona de Trujillo representa un desafío para la caracterización geotécnica de las rocas y la predicción de su comportamiento mecánico. En este estudio, se abordará parte del Batolito de la Costa en los cuadrantes 17-e y 17-f de la Carta Geológica Nacional, el estudio involucra a la provincia de Trujillo y sus alrededores, con el fin de recolectar y analizar muestras de las principales litologías presentes en el área.

En el estudio titulado “Drilling-based rock strength estimation: A validated model for Mohr-Coulomb and a new theoretical-empirical approach for Hoek-Brown parameters”, los autores desarrollaron un modelo teórico-empírico que permite estimar propiedades de resistencia del macizo rocoso incluyendo la resistencia a la compresión uniaxial (UCS) a partir de datos de perforación. El análisis incluyó la validación del modelo frente a criterios de falla como Mohr-Coulomb y

Hoek-Brown, y aplicó el método a diferentes tipos de rocas para demostrar su fiabilidad [5].

En el artículo titulado “A complete experimental study on hard granites: Microstructural characterization, mechanical response, and failure criterion”, orientado a la evaluación de granitos de alta resistencia sometidos a condiciones profundas de perforación geotérmica, los resultados demostraron que la respuesta mecánica de los granitos está fuertemente condicionada por su microestructura interna, y que el criterio de falla propuesto se ajusta adecuadamente a los datos obtenidos, permitiendo describir con mayor precisión la resistencia y deformabilidad del material [6].

La investigación “Thermal damage evolution of granite under different thermal conditions based on two-scale tessellation via discrete element method” se centró en analizar el comportamiento del granito cuando es sometido a diferentes condiciones térmicas, evaluando la evolución del daño interno mediante un enfoque numérico avanzado basado en el método de elementos discretos (DEM). Entre los hallazgos más relevantes se identificó que el incremento de la temperatura genera una mayor propagación de fracturas internas, reduciendo significativamente la resistencia mecánica del granito [7].

En el estudio “Velocidad de corte en rocas y su relación con la resistencia a la compresión simple”, los autores evaluaron muestras de roca provenientes de los sectores Cojitambo y Pumayunga (Ecuador) con el objetivo de determinar la relación entre la velocidad de corte y la resistencia a la compresión simple (UCS). El estudio empleó ensayos de laboratorio para medir parámetros geotécnicos fundamentales y analizar su correlación, permitiendo comprender mejor el comportamiento mecánico de las rocas frente a esfuerzos [8].

Huamán y Ale Véliz [9] desarrollaron una recopilación de resultados experimentales a partir de ensayos de compresión no confinada (UCS) y de carga puntual (PLT) realizados en testigos de perforación provenientes de diversos yacimientos mineros del Perú. El estudio integró aproximadamente 600 ensayos, evaluando la influencia de la litología y del grado de alteración hidrotermal en la resistencia mecánica de las rocas. A partir de ello, se establecieron correlaciones de referencia aplicables al diseño de taludes, depósitos de desmonte y pilas de lixiviación. Los resultados evidenciaron que la resistencia compresiva presenta una variación significativa asociada principalmente al nivel de alteración, destacando la importancia de obtener parámetros mecánicos locales y específicos para cada formación geológica.

Feijoo Calle y Román Celi [10] desarrollaron la tesis titulada “Correlación entre la deformación y la resistencia a la compresión uniaxial en rocas”, el objetivo del estudio fue analizar la relación entre los parámetros de deformación y la resistencia a la compresión uniaxial (UCS) en diferentes litologías mediante ensayos de laboratorio. Para ello, se prepararon probetas cilíndricas y se evaluaron sus propiedades mecánicas bajo carga axial, identificándose tendencias entre la deformación unitaria y la capacidad resistente del material.

Jalali et al. [11] realizaron un estudio titulado “Predicting of uniaxial compressive strength of some igneous and metamorphic rocks by block punch index and cylindrical punch index tests”. Los resultados mostraron una correspondencia consistente entre los valores obtenidos por métodos indirectos y la UCS determinada en laboratorio, permitiendo desarrollar modelos de correlación con alta capacidad predictiva. Asimismo, se observó que las rocas ígneas presentan mayores niveles de resistencia en comparación con las rocas metamórficas analizadas.

Carvajal Marambio [12] desarrolló un estudio orientado a la caracterización del comportamiento mecánico de probetas de roca sometidas a esfuerzos de compresión uniaxial, analizando su respuesta deformacional y los mecanismos de falla asociados. La investigación incluyó la preparación y ensayo de muestras en laboratorio, lo que permitió determinar parámetros fundamentales como la resistencia máxima, el módulo de elasticidad y los patrones de ruptura.

En este contexto, la presente investigación adquiere relevancia al generar información experimental precisa a partir de ensayos de Resistencia a la Compresión Uniaxial (UCS) aplicados a rocas del Batolito de la costa en los alrededores de la ciudad de Trujillo. La obtención de estos resultados permitirá analizar el comportamiento mecánico de las distintas litologías presentes en la zona de estudio y comparar su capacidad para soportar cargas compresivas. Esta comparación facilitará la identificación de aquellas unidades rocosas con mejor desempeño estructural, aspecto fundamental para estudios de cimentaciones, estabilidad de taludes, excavaciones subterráneas y obras de infraestructura que dependan de la calidad del macizo rocoso.

Asimismo, los datos obtenidos aportarán nueva información a la base geomecánica regional, constituyéndose en una referencia útil para profesionales, estudiantes e instituciones dedicadas a proyectos en el área. En conjunto, la investigación no solo posee un valor académico, sino también una utilidad práctica, al ofrecer valores actualizados y específicos de la resistencia a la compresión uniaxial (UCS) de las rocas granito-granodiorita del Batolito de la Costa, fortaleciendo así la toma de decisiones en contextos donde estas litologías tienen un papel determinante.

Así, el estudio tiene como objetivo poder determinar el rango de resistencia a la compresión uniaxial (UCS) de las rocas granito – granodioritas que forman parte del Batolito de la Costa en el área de Trujillo y sus alrededores, mediante ensayos de laboratorio, con el fin de obtener datos locales y actualizados que permitan identificar sus diferencias mecánicas y evaluar que litologías presentan un mejor desempeño frente a cargas compresivas. Asimismo, se tiene como objetivos específicos: Realizar ensayos de UCS en el laboratorio de mecánica de rocas en la Universidad Privada del Norte. Comparar los valores de UCS obtenidos. Clasificar las rocas según su nivel de resistencia.

II. METODOLOGIA

A. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, debido a que busca generar conocimiento útil y directamente orientado a la solución de necesidades técnicas relacionadas con la caracterización geomecánica de las rocas en los alrededores de la ciudad de Trujillo que forman parte del Batolito de la Costa. Asimismo, se clasifica como una investigación experimental, ya que se emplea la manipulación y el análisis de muestras de rocas principalmente granodioritas y otras rocas ígneas sometidas a ensayos de Resistencia a la Compresión Uniaxial (UCS) en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte. La finalidad de obtener datos cuantitativos que permitan describir y evaluar el comportamiento mecánico de dichas litologías bajo cargas compresivas, contribuyendo a una mejor comprensión de sus propiedades geomecánicas en el contexto de Trujillo y sus alrededores.

B. Diseño de investigación

Para este diseño se ha establecido lo siguiente: se ha delimitado la zona de estudio en la ciudad de Trujillo y sus alrededores específicamente en las rocas del Batolito de la Costa (KSP- gd: Granodiorita y KP- gr: Granito) del cuadrante 17-e y 17-f de la carta geológica nacional. El estudio se estructura en las siguientes etapas: (1) Análisis Geológico del cuadrante 17-e y 17-f mediante la carta geológica nacional; (2) Selección de los puntos de muestreo, se seleccionará un total de cinco cerros donde se tomarán las muestras; (3) Recolección de las muestras, se recolectará una muestra por cada punto seleccionado; (4) Análisis de las muestras en el laboratorio, se realizará la medición de la resistencia a la compresión uniaxial de las muestras; (5) Obtención de datos, obteniendo los datos de laboratorio se dará respuesta al objetivo de estudio.

C. Población

La población de estudio está conformada por las rocas ígneas intrusivas, principalmente granito y granodiorita, de grano medio a fino ubicadas dentro de los cuadrantes 17-e y 17-f de la Carta Geológica Nacional de la región La Libertad (Ver fig. 1). Esta población incluye todos los afloramientos rocosos intrusivos félsicos pertenecientes al Batolito de la Costa dentro del área seleccionada. No obstante, para fines operativos, la investigación se centrará únicamente en las litologías aflorantes en cinco puntos seleccionados de la zona de estudio, las cuales son rocas granítico- granodioríticas del Cretácico Superior al Paleoceno de entre 60 a 80 millones de años, donde se identificarán y evaluarán los afloramientos adecuados para la extracción de muestras destinadas a los ensayos de resistencia a la compresión uniaxial (UCS).

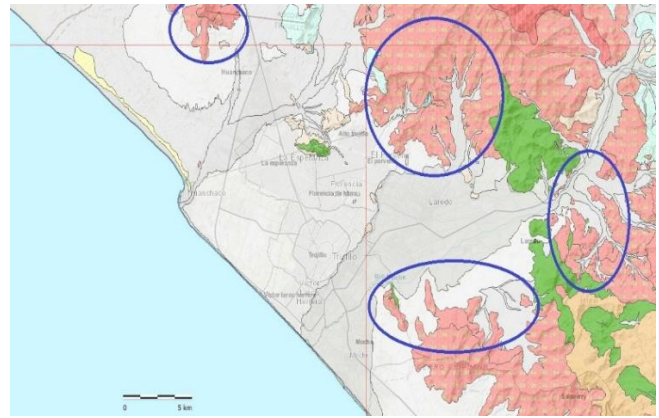


Fig. 1 Mapa geológico de los alrededores de Trujillo, en el cual se señalan las zonas de estudio correspondientes al batolito de la costa.

D. Muestra

Se tomaron cinco muestras de roca, una muestra por cada punto seleccionado, las cuales son:



Fig. 2 Relieve de la zona de estudio y selección de puntos de muestreo.

M1: Cerro campana, la muestra 1 presenta una textura porfirítica, reconocible por la presencia de cristales de mayor tamaño inmersos en una matriz de grano más fino. Su composición es félsica, con un predominio marcado de cuarzo, lo que refleja un origen ígneo de naturaleza ácida. En cuanto a su estado de alteración, la roca se encuentra ligeramente meteorizada, mostrando solo cambios superficiales sin afectar su estructura interna. A partir de lo cual se caracteriza a la muestra 1 como granodiorita. Asimismo, con coordenadas 9116955.04 (N) y 708857.62 (E). Es necesario precisar que la caracterización petrológica estricta en esta muestra y en las siguientes pudo ser reforzada con otros estudios, pero esto no constituye el fondo de la investigación.



Fig. 3 Muestra de cerro campana.

M2: Cerro Prieto, la muestra 2 presenta una textura fanerítica, evidenciada por cristales visibles a simple vista y de tamaño relativamente uniforme. Su composición es marcadamente félsica, con abundancia de cuarzo y feldespato potásico, lo que indica un origen ígneo de naturaleza ácida. Respecto a su estado de alteración, la roca se encuentra moderadamente meteorizada, mostrando cambios más notorios en su superficie y ligera degradación mineral. A partir de lo cual se caracteriza a la muestra 2 como granito. Asimismo, con coordenadas 9116370.97 (N) y 715997.84 (E)



Fig. 4 Muestra de cerro prieto.

M3: Cerro Pesqueda, La muestra 3 presenta una textura intermedia, caracterizada por cristales de tamaño medio que permiten reconocer sus componentes minerales de forma clara. Su composición también es intermedia, con una proporción equilibrada de minerales claros y oscuros, cuarzo, plagioclasas y piroxenos, lo que sugiere un origen ígneo. En cuanto a su estado de alteración, la roca se encuentra ligeramente meteorizada, mostrando modificaciones superficiales sin afectar su estructura esencial. A partir de lo cual se caracteriza a la muestra 3 como granodiorita. Asimismo, con coordenadas 9104274.00 (N) y 720440.00 (E)



Fig. 5 Muestra de cerro pesqueda.

M4: Cerro Blanco, La muestra 4 presenta una textura intermedia-hipabisal, evidenciada por cristales de tamaño medio que permiten distinguir adecuadamente sus minerales constituyentes. Su composición también es intermedia, con una distribución equilibrada entre minerales claros y oscuros, cuarzo, plagioclasas y piroxenos, lo que refleja un origen ígneo. En cuanto a su estado de alteración, la roca no muestra señales de meteorización, conservando una estructura fresca y sin cambios visibles. A partir de lo cual se caracteriza a la muestra 4 como granodiorita. Asimismo, con coordenadas 9099644.00 (N) y 726820.00 (E)



Fig. 6. Muestra de cerro blanco.

M5: Cerro de Salaverry, La muestra 5 presenta una textura intermedia-hipabisal, característica de rocas formadas a profundidades someras, donde los cristales alcanzan tamaños moderados y se distinguen con claridad. Su composición es intermedia, con una proporción balanceada de minerales claros y oscuros que indica un origen ígneo. En cuanto a su estado de conservación, la roca no evidencia signos de meteorización, manteniéndose fresca y sin alteraciones visibles. A partir de lo cual se caracteriza a la muestra 5 como a una granodiorita de grano fino. Asimismo, con coordenadas 9089983.00 (N) y 722662.00 (E).



Fig. 7. Muestra de cerro Salaverry.

E. Dimensiones de la muestra

Se obtuvieron las muestras de rocas exactamente de los puntos seleccionados mediante el método de extracción directa y con bloques de las rocas con dimensiones de 30 de Largo * 30 de Ancho y de espesor 20, todo esto en centímetros (cm). Los cuales posteriormente serán tratados, se sacarán pequeños bloques de la roca llamados testigos, seguidamente se realizará el estudio en el laboratorio de mecánica de rocas para darle las medidas estandarizadas de una probeta de laboratorio.

E. Bases teóricas

El criterio de falla de Hoek-Brown es un modelo empírico no lineal ampliamente utilizado para describir el comportamiento resistente de rocas intactas y macizos fracturados sometidos a esfuerzos compresivos. El modelo establece una relación entre los esfuerzos principales en el punto de falla, integrando la resistencia a compresión uniaxial de la roca intacta (σ_{ci}) y la constante m_i , que depende de la mineralogía y textura del material. Inicialmente, el criterio fue formulado para rocas intactas; sin embargo, los macizos rocosos presentan fracturas, alteración y variaciones en su estructura, lo que motivó la incorporación de parámetros que representaran la calidad geomecánica del macizo. La versión 2002 introdujo los parámetros s y a , dependientes del GSI y del disturbio D , permitiendo ajustar la resistencia de acuerdo con el grado de fracturamiento, alteración y perturbación causada por excavaciones. De esta forma, el criterio evolucionó de un modelo para roca intacta a una formulación aplicable a una amplia gama de condiciones geomecánicas reales [1].

Ecuación Original:

La primera versión del criterio fue diseñada para describir el comportamiento resistente de la roca intacta y se expresa como:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_i \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + 1 \right)^2$$

Donde:

σ_1 : Esfuerzo principal mayor

σ_3 : Esfuerzo principal menor.

σ_{ci} : Resistencia a compresión uniaxial de la roca intacta.

m_i : Parámetro dependiente del tipo de roca.

Esta formulación no incluía los efectos del fracturamiento ni de la alteración del macizo, limitándose exclusivamente a la roca intacta [13].

Ecuación General Actualizada:

La versión modernizada incorpora la calidad del macizo mediante el GSI y el disturbio D :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Donde:

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right)$$

$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

Esta formulación permite describir de manera continua el comportamiento de macizos desde roca intacta hasta materiales altamente fracturados, lo cual la hace adecuada para estudios que combinan ensayos experimentales de UCS y evaluación estructural del macizo [13].

Según Kong et al. El granito es una roca ígnea de alta resistencia caracterizada por su estructura masiva, baja porosidad y textura fanerítica, lo que le otorga un comportamiento mecánico predominantemente frágil bajo esfuerzos compresivos. Sus propiedades dependen en gran medida del tamaño de grano, del contacto entre minerales y del grado de microfisuración interna [14].

Además, La granodiorita es una roca ígnea plutónica de composición intermedia entre el granito y la diorita, caracterizada por una textura fanerítica y una estructura masiva que refleja su origen profundo. Su mineralogía incluye cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y una mayor proporción de minerales máficos en comparación con el granito, lo que influye en una resistencia ligeramente menor. Su comportamiento mecánico está fuertemente condicionado por el nivel de alteración y la presencia de microfisuras, ya que estos factores reducen la cohesión interna y disminuyen la resistencia a compresión uniaxial (UCS). Estudios experimentales demuestran que la granodiorita fresca puede alcanzar valores de UCS superiores a 140 MPa, mientras que la meteorización moderada puede reducir estos valores hasta en un 40 %, evidenciando su sensibilidad a la degradación estructural [15]. Este comportamiento explica la variabilidad esperada en macizos ígneos como los del Batolito de la Costa.

III. RESULTADOS

La tabla 1 presenta las dimensiones físicas y la masa de cinco muestras de roca ensayadas. Para cada muestra se detalla la litología identificada, junto con el diámetro, la altura y la masa correspondiente en ambas mediciones. Los datos permiten comparar variaciones dimensionales entre los especímenes y evaluar la representatividad física de cada roca en función de su composición y tamaño.

TABLA I
PROPIEDADES FÍSICAS Y DIMENSIONALES DE LAS
MUESTRAS DE ROCA ANALIZADAS

Muestra	Litología	Diámetro	Altura	Masa
1	Granodiorita	43.8 mm	72.25 mm	290 gr
2	Granito	55.3 mm	92.3 mm	580 gr
3	Granodiorita	55.3 mm	54.9 mm	350 gr
4	Granodiorita	55.3 mm	90.52 mm	580 gr
5	Granodiorita	55.3 mm	90.35 mm	590 gr

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 2 muestra los valores de resistencia a la compresión uniaxial (UCS) obtenidos para cinco muestras de roca.

TABLA II
RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE
(UCS) DE LAS MUESTRAS DE ROCA

Muestra	1	2	3	4	5
MPa	61.72	90.75	109.34	143.07	171.23

Fuente: Elaboración Propia

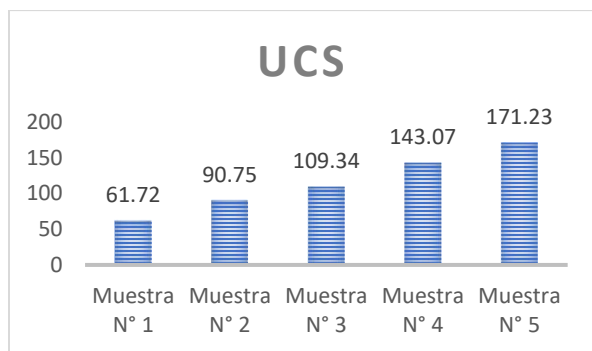


Fig. 8. Resultados UCS para las muestras ensayadas.

Los ensayos realizados en el laboratorio, se efectuaron en cinco muestras representativas de rocas granito–granodioríticas de los macizos rocosos en los alrededores de la ciudad de Trujillo incluidas en el Batolito de la Costa.

Cada espécimen fue preparado y dimensionado siguiendo la normativa correspondiente, registrándose sus propiedades físicas (diámetro, altura y masa).

Acto seguido se cumple el segundo objetivo específico realizando la comparación de los valores obtenidos, la muestra de menor resistencia alcanzó 61.72 MPa, mientras que la de mayor resistencia registró 171.23 MPa. Esta diferencia refleja cambios en la composición mineral, textura y compactación de las rocas. Aunque la mayoría de muestras corresponden a

granodioritas, sus valores se distribuyen ampliamente, indicando que incluso dentro de una misma litología existen variaciones mecánicas importantes. La muestra de granito, por su parte, presenta un valor intermedio de 90.75 MPa, ubicándose dentro de la categoría de resistencia moderada.

Además, se realizó la clasificación según el nivel de resistencia de las muestras.

- Resistencia media (50–100 MPa):
Muestra 1 (61.72 MPa)
Muestra 2 (90.75 MPa)
- Resistencia moderadamente alta (100–150 MPa):
Muestra 3 (109.34 MPa)
Muestra 4 (143.07 MPa)
- Alta resistencia (>150 MPa):
Muestra 5 (171.23 MPa)

Los resultados obtenidos nos muestran el rango de resistencia a la compresión uniaxial (UCS) de las rocas granito y granodioritas incluidas en el Batolito de la Costa en los alrededores de la ciudad de Trujillo. Los resultados expresados en MPa muestran un incremento progresivo de resistencia desde la muestra 1 hasta la muestra 5, pasando de 61.72 MPa a 171.23 MPa.

La Muestra 1, una granodiorita, presenta la menor resistencia 61.72 MPa, esta causa se debe al estar intensamente meteorizada, consecuencia de su contexto geodinámico y los agentes de meteorización en el desierto como la radiación solar y la acción del viento. La Muestra 2, de granito, mejora su comportamiento con 90.75 MPa, reflejando una estructura más intacta. La Muestra 3 vuelve a ser granodiorita y alcanza 109.34 MPa, evidenciando mayor cohesión mineral. La Muestra 4 incrementa aún más la resistencia con 143.07 MPa, mostrando un material muy sólido y poco afectado por procesos posteriores. Finalmente, la Muestra 5 destaca con 171.23 MPa, siendo la de mejor calidad geomecánica gracias a su alta compactación y mínima porosidad.

IV. CONCLUSIONES

Se determinó el rango de resistencia a la compresión uniaxial (UCS) de las rocas granito–granodiorita incluidas en el Batolito de la Costa en los alrededores de la ciudad de Trujillo, obteniéndose valores representativos y actualizados. Estos resultados aportan información local que antes no estaba documentada con ensayos propios.

Los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de rocas de la Universidad Privada del Norte permitieron obtener valores confiables de UCS, siguiendo procedimientos normalizados, lo cual asegura la validez de los resultados obtenidos.

La comparación de los valores de UCS mostró variabilidad entre las muestras, evidenciando diferencias mecánicas asociadas a cambios litológicos, texturales y estructurales dentro de las rocas que conforman el Batolito de la costa. Así mismo esto abre nuevas posibilidades de investigación a fin de explicar científicamente esta variabilidad amplia en el rango de

valores siendo que las litologías son similares y la extensión geográfica de muestreo corta.

La clasificación de las rocas según su resistencia permitió identificar qué litologías presentan mejor desempeño frente a cargas compresivas, destacando cuáles poseen mayor competencia y, por lo tanto, pueden considerarse más favorables para aplicaciones geotécnicas o mineras.

REFERENCIAS

- [1] E. Hoek and E. T. Brown, "Practical estimates of rock mass strength," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 34, no. 8, pp. 1165–1186, 1997.
- [2] J. M. Tarazona and I. Civil, "Obtención de la resistencia compresiva uniaxial (UCS) de las rocas a partir de mediciones sobre rípios de perforación," 2012. [Online]. Available: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37049121/UCS-libre.pdf>
- [3] Geotecnia Fácil, "Geología de Trujillo (Perú)," [Online]. Available: <https://geotecniafacil.com/geologia-trujillo-peru/>
- [4] Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), "Carta Geológica Nacional," [Online]. Available: <https://portal.ingemmet.gob.pe/web/guest/carta-geologica-nacional>
- [5] K. E. Heydari, A. Baghbanan, H. Hashemolhosseini, and M. Behnia, "Drilling-based rock strength estimation: A validated model for Mohr-Coulomb and a new theoretical-empirical approach for Hoek-Brown parameters," *Results in Engineering*, vol. 28, Art. no. 107388, 2025, doi: 10.1016/j.rineng.2025.107388.
- [6] C. Dumoulin, P. Zhao, and L. Chen, "A complete experimental study on hard granites: Microstructural characterization, mechanical response, and failure criterion," *Results in Geophysics*, vol. 4, Art. no. 100059, 2024, doi: 10.1016/j.gete.2024.100592.
- [7] Q. Ma, X. Liu, D. Song, E. Wang, J. Zhang, W. Yao, and M. Wang, "Thermal damage evolution of granite under different thermal conditions based on two-scale tessellation via discrete element method," *Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources*, vol. 9, no. 1, Art. no. 169, 2023, doi: 10.1007/s40948-023-00711-3.
- [8] I. Toral and D. Camila, "Velocidad de corte en rocas y su relación con la resistencia a la compresión simple," Tesis de grado, Universidad del Azuay, 2020. [Online]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9967>
- [9] C. Huamán Egoávil and J. D. Ale Véliz, "Resistencia compresiva de litologías típicas en yacimientos mineros con alteración hidrotermal," Ausenco Perú S.A.C. / INGEMMET. [Online]. Available: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CNM9-013.pdf>
- [10] R. Celi and D. Michelle, "Correlación entre la deformación y la resistencia a la compresión uniaxial en rocas," Tesis de grado, Universidad del Azuay, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8926>
- [11] S. H. Jalali, M. Heidari, M. Zarrinshoja, and N. Mohseni, "Predicting of uniaxial compressive strength of some igneous and metamorphic rocks by block punch index and cylindrical punch index tests," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 119, pp. 72–80, 2019, doi: 10.1016/j.ijrmms.2019.04.013.
- [12] S. A. Carvajal Marambio, "Estudio del proceso de ruptura en probetas de rocas sometidas a carga uniaxial mediante técnicas DIC," Tesis de grado, Universidad de Chile, 2018. [Online]. Available: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168457>
- [13] E. Hoek, C. Carranza-Torres, and B. Corkum, "Hoek–Brown failure criterion—2002 edition," 2002. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/282250802>
- [14] J. Kong, J. Wu, Z. Wang, T. Shi, P. Gao, L. Zhuo, and L. Chen, "Size effect of mechanical characteristics of sandstone and granite under uniaxial compression," *Frontiers in Energy Research*, vol. 11, Art. no. 1221405, 2023.
- [15] D. Fereidooni and G. Khanlari, "Effect of weathering on mechanical properties of granodiorite: An experimental study," *Engineering Geology*, vol. 273, Art. no. 105688, 2020, doi: 10.1016/j.enggeo.2020.105688.