



Universidad
Continental

Mecánica de Rocas I

**Guías de
Laboratorio**



Visión

Al 2021, ser la mejor universidad para el Perú y el mundo en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial.

Misión

Somos una organización de educación superior dinámica que, a través de un ecosistema educativo estimulante, experiencial y colaborativo, forma líderes con mentalidad emprendedora para crear impacto positivo en el Perú y en el mundo.

Universidad Continental

Material publicado con fines de estudio



Índice

VISIÓN	2
MISIÓN	2
NORMAS BÁSICAS DE LABORATORIO	2
ÍNDICE	3
PRIMERA UNIDAD	
Guía de práctica N° 1	
Reconocimiento de rocas	4
SEGUNDA UNIDAD	
Guía de práctica N° 2	
Inducción, uso del laboratorio y manejo de equipos	9
TERCERA UNIDAD	
Guía de práctica N° 3	
Determinación de las propiedades físicas de las rocas	11
CUARTA UNIDAD	
Guía de práctica N° 4	
Ensayo de carga puntual	20



Guía de práctica N° 1

Reconocimiento de rocas

Sección : Docente:

Fecha :/...../..... Duración: 4 Horas

Instrucciones:

Valores: puntualidad, responsabilidad, honestidad

Manipular los equipos, materiales y reactivos con: responsabilidad, seguridad, orden y limpieza

1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

Esta práctica tiene como objetivo el reconocimiento de rocas y minerales. Para ello se les da una síntesis de los conceptos más importantes para describir una roca.

2. Fundamento Teórico

Las rocas son materiales consistentes, mezclas de minerales unidos por procesos geológicos. Hay diversos procesos de formación de las rocas: magmatismo, metamorfismo y sedimentación. Este criterio sirve para clasificar las rocas. La observación de las rocas nos permitirá conocer características como el color o colores, los minerales que la componen, la textura etc. Las rocas son más complejas de estudiar y de clasificar que los minerales, pero una clave sencilla nos permitirá la determinación.

Las rocas se te presentan separadas en las tres bandejas que corresponden a cada uno de los tipos de rocas: sedimentarias, magmáticas y metamórficas.

3. Equipos, Materiales y Reactivos**3.1. Equipos**

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Lupa	Aumento a 17X	1
2	Piza de geólogo	Martillo	1
3			

3.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Muestras de rocas	Describir	1
2	Escala de Mohs	Dureza	1
3			
4			
5			

3.2. Reactivos

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1	Acido clorhídrico (HCl)	Solución diluida	30ml
2			
3			
4			
5			

4. Indicaciones/instrucciones:

Generalmente existen tres formas de analizar un mineral o una roca:



Métodos macroscópicos
Métodos microscópicos
Métodos geoquímicos

5. Procedimientos:

Primero Mediante el método macroscópico

Solo con los ojos y algunas herramientas se describe una roca. Se describe: textura, fábrica, color, densidad, dureza, brillo, morfología, exfoliación (fracturamiento), tipos de minerales, etc.

Descripción de rocas:

1.- Generalidades:		
1.1) Color	Color general	Café, amarillo, bicolor blanco-negro...
1.2) Peso	El peso específico general	liviano, normal, pesado
1.3) Fracturamiento	Manera como se rompe la roca	irregular, regular, laminar, cúbico, superficie lisa, áspera
1.4) Dureza	dureza general	blando, normal, duro
2.- Textura / estructura		
2.1) cristalinidad:	tamaño, visibilidad de los cristales (componentes)	macrocristalino / fanerítico microcristalino / afanerítico criptocristalino, amorfo hialino
2.1.1) Tamaño absoluto de los granos	tamaño en mm	grano muy grande grano grande grano mediano grano fino compacto
2.2) distribución de los tamaños	Todos iguales o existen diferentes diámetros	equigranular heterogranular (textura porfídica) irregular
2.3) forma de los cristales / de los granos	Magnitud de la forma "original" cristalina de los componentes	idiomorfo hipidiomorfo xenomorfo
2.4) Magnitud de la cristalización	Cristal o vidrio	holocristalino hemicristalino amorfo - hialino
3.1) orientación de los componentes	Con / sin orientación preferida	isótropo (sin orientación) anisótropo: estratiforme, fluidal, esquistosa, plegada
3.2) ocupación del espacio	Porosidad	compacto poroso: pumítica, espumosa, esferulítica
3.3) Límites de los componentes	Análisis del conjunto	normal, regular alterado soldados
3.4) Tipos de granos	Cristales o fragmentos	cristales fragmentos: minerales, rocas: textura clástica
4.- Minerales	Componentes: contenido modal	componente principal componente secundaria Minerales especiales

Segundo.- INFORMACIÓN PARA LA OBSERVACIÓN EN ROCAS GRUPOS DE ROCAS

Hay tres procesos formadores de rocas: magmatismo, metamorfismo y sedimentación, que dan tres tipos



de rocas.

ROCAS MAGMÁTICAS O ÍGNEAS se forman por solidificación de un magma que es un fundido de silicatos y algunos volátiles. Son de tres tipos:

- PLUTÓNICAS, solidifican en profundidad muy despacio.
- FILONIANAS, solidifican en grietas al salir.
- VOLCÁNICAS, solidifican fuera al salir a superficie, bastante rápido.

ROCAS METAMÓRFICAS, se forman por aumento de presión y temperatura que cambian los minerales, su textura y estructura. Se consideran tres grados de metamorfismo: alto, medio y bajo, que dan distintos tipos de rocas.

ROCAS SEDIMENTARIAS, se producen por la agregación de restos de otras rocas, incluso de seres vivos en cuencas sedimentarias. El paso de sedimento a roca se llama diagénesis.

- **ROCAS DETRÍTICAS**, están formadas por fragmentos que han sido transportados al lugar de depósito en forma sólida y posteriormente se han compactado y cementado.
- **ROCAS NO DETRÍTICAS**, no están formadas por fragmentos de otras rocas, sino que tienen otros orígenes. Se clasifican en: • Rocas carbonatadas. Se forman por la precipitación del carbonato cálcico o magnésico. Ej. la caliza. • Evaporitas. Se originan por la evaporación del agua en lagos o lagunas que tienen aguas saladas. Ej. el yeso, la halita o sal, la silvina, etc. • Rocas de origen orgánico (o organógenas). Se forman por el depósito de restos de seres vivos, bien sean vegetales o animales. Ej. carbón, petróleo, etc.

Tercero.- Rellenar la siguiente ficha

NOMBRE DE LA ROCA	
GRUPO AL QUE PERTENECE	
AMBIENTE DE FORMACIÓN	
COLOR O COLORES	
MINERALES VISIBLES O NO	
MINERALES QUE LA COMPONENTEN	
UTILIZACIÓN	

6. Resultados

Clasificación de rocas

7. Conclusiones

- Observar algunas características de las rocas
- Reconocer y clasificar rocas atendiendo a sus características
- Utilizar claves sencillas para la clasificación de las rocas



8. Sugerencias y /o recomendaciones

- Realizar trabajos de investigación bibliográfica
- Presentar informe de trabajo

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Diccionario geológico.
- [http: www.Apuntes de geología](http://www.Apuntes de geología)



Guía de práctica N° 2

Inducción, uso del laboratorio y manejo de equipos

Sección :Docente:

Fecha :/...../..... Duración: 4 Horas

Instrucciones:

Valores: puntualidad, responsabilidad, honestidad

Manipular los equipos, materiales y reactivos con: responsabilidad, seguridad, orden y limpieza

1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

Informar a los estudiantes sobre los equipos y ensayos disponibles en el laboratorio de mecánica de rocas de la Facultad de ingeniería de Minas de la Universidad continental

Informar sobre los alcances de estos ensayos para sus respectivas aplicaciones en la ingeniería

Proporcionar información sobre los procedimientos de cálculo y obtención de resultados de cada tipo de ensayo

2. Fundamento Teórico

Que el alumno identifique y clasifique las características que gobiernan en el comportamiento mecánico de los macizos rocosos, señalando los métodos más comunes de evaluación de las propiedades mecánicas de las rocas (resistencia, deformabilidad y permeabilidad), así como los modelos teóricos utilizados para el análisis de esfuerzos y deformaciones en las rocas, los cuales en conjunto le permiten resolver problemas prácticos frecuentes en el quehacer ingenieril tales como: el análisis de la estabilidad de las excavaciones subterráneas y superficiales, diseño de sistemas de soporte, etc.

3. Equipos, Materiales y Reactivos

3.1. Equipos

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Horno	Secado de muestras	1
2	Lupa	17 X	10
3	Brújula	Rumbo y Buzamiento (medición de orientaciones)	1
4	Escala de Mohs	Determinación de dureza	1
5	Martillo de Smith	Determinar Resistencia a la compresión	3
6	Peine de Barton	Mide la rugosidad	2
7	Balanza	Pesar muestras	1
8	Taladro	Extractor de testigos	1
9	Cortadora de disco	Preparación de muestras	1
10	Cortadora de disco	Refrendado de muestras	1
11	Equipo verificador de muestras	Verificador de dimensionalidad de testigo	1
12	Equipo de carga puntual	Análisis de resistencia a carga puntual	1
13	Equipo de carga Uní-axial	Análisis de resistencia a carga Uní-axial	1
14	Equipo de carga Tri-axial	Análisis de resistencia a carga Tri-axial	1

**3.2. Materiales**

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Rocas	Muestras	varias
2			
3			
4			
5			

3.2. Reactivos

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1	Ácido clorhídrico	Solución diluida	1 Lt
2			
3			
4			
5			

4. Indicaciones/instrucciones:**Evaluación de Propiedades Mecánicas**

- Resistencia a la compresión simple
- Resistencia a la tracción directa (*direct pull test*) o indirecta (*brasileño*)
- Ensayo de tenacidad de fractura
- Resistencia confinada (*pseudotriaxial*) a T variable. Evaluación de la envolvente de rotura y de los parámetros del modelo de Hoek-Brown
- Determinación de módulos elásticos estáticos (*Eest, Kest, Gest, vest ...*) bajo distintas condiciones de confinamiento y temperatura
- Determinación de módulos dinámicos (*Edyn, Kdyn, Gdyn, vdyn ...*) bajo condiciones confinadas o no confinadas y distintas temperaturas

Muestreo y Obtención de Testigos de Roca

- Muestreos orientados a partir de afloramientos o testigos
- Corte, rectificado y acabado de probetas de roca
- Verificación dimensional de probetas con vistas a la realización de ensayos mecánicos

5. Procedimientos:

El laboratorio de Mecánica de Rocas pertenece a área de investigación de la facultad de ingeniería de minas de la Universidad Continental

Su propósito primordial es el de realizar ensayos normalizados para estudios de Macizos Rocosos y Rocas. En el desarrollo de sus actividades realiza ensayos para explotaciones mineras, presta servicios a clientes internos y externos, en docencia interviene en las prácticas de mecánica de rocas para los alumnos de la Carrera de Ingeniería de Minas y en investigación desarrolla proyectos de determinación de calidades de las Rocas

Actualmente el laboratorio está en capacidad de prestar sus servicios en las áreas de mecánica de rocas



Organización

Para la prestación de sus servicios el laboratorio cuenta con personal profesional compuesto por el docente del curso asistido por el técnico especialista

Ensayos

Para realizar los ensayos con distintos destinos de uso el Laboratorio utiliza normas específicas. Entre ellas las normas ASTM para mecánica de rocas.

6. Resultados

Determinar la resistencia a la compresión simple

Determinar la resistencia a la tracción directa (*direct pull test*) o indirecta (*brasileño*)

Realizar ensayo de tenacidad de fractura

Determinar la resistencia confinada (*pseudotriaxial*) a T variable. Evaluación de la envolvente de rotura y de los parámetros del modelo de Hoek-Brown

Determinación de módulos elásticos estáticos (Eest, Kest, Gest, vest ...) bajo distintas condiciones de confinamiento y temperatura

Determinación de módulos dinámicos (Edyn, Kdyn, Gdyn, vdyn ...) bajo condiciones confinadas o no confinadas y distintas temperaturas

7. Conclusiones

Hacer uso del laboratorio con los equipos de seguridad pertinentes

Manipular los equipos de acuerdo a sus normas de fabricación

8. Sugerencias y /o recomendaciones

No transgredir las normas del laboratorio

Presentar informe de trabajo

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Brady, B., H, G., Brown, E.T. y Kluwer (1999). *Rock mechanics for underground mining*. Academic publishers.
- Gonzales Vallejo, L.I. (2002). *Ingeniería geológica*.
- <http://www.Apuntes de geología>

Guía de práctica N° 3

Determinación de las propiedades físicas de las rocas (Humedad, porosidad, densidad seca y absorción)

Sección :Docente:

Fecha :/...../..... Duración: 4 Horas

Instrucciones:

Valores: puntualidad, responsabilidad, honestidad

Manipular los equipos, materiales y reactivos con: responsabilidad, seguridad, orden y limpieza

1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

Determinar las propiedades físicas de las rocas utilizando el Principio de Arquímedes para la determinación del volumen

2. Fundamento Teórico

El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado.

La explicación del principio de Arquímedes consta de dos partes como se indica en la figura:

El estudio de las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.

La sustitución de dicha porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.

Porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.

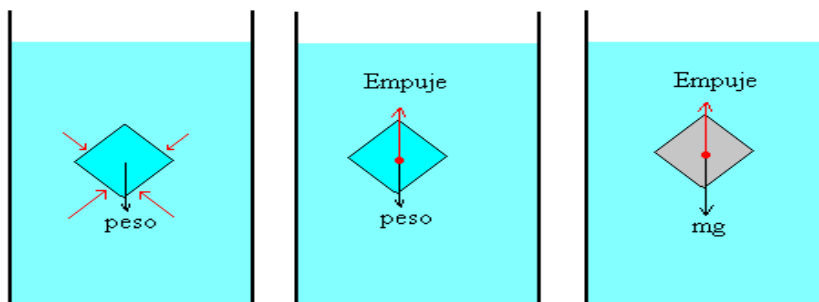
Consideremos, en primer lugar, las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto de fluido.

La fuerza que ejerce la presión del fluido sobre la superficie de separación es igual a $p \cdot dS$, donde p solamente depende de la profundidad y dS es un elemento de superficie.

Puesto que la porción de fluido se encuentra en equilibrio, la resultante de las fuerzas debidas a la presión se debe anular con el peso de dicha porción de fluido. A esta resultante la denominamos empuje y su punto de aplicación es el centro de masa de la porción de fluido, denominado centro de empuje.

De este modo, para una porción de fluido en equilibrio con el resto, se cumple

$$\text{Empuje} = \text{peso} = \rho_f \cdot gV$$



El peso de la porción de fluido es igual al producto de la densidad del fluido ρ_f por la aceleración de la gravedad g y por el volumen de dicha porción V .

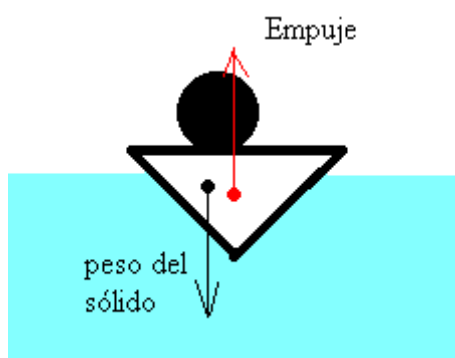
Se sustituye la porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones. Si sustituimos la porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones. Las fuerzas debidas a la presión no cambian, por tanto, su resultante que hemos denominado empuje es la misma y actúa en el mismo punto, denominado centro de empuje.

Lo que cambia es el peso del cuerpo sólido y su punto de aplicación que es el centro de masa, que puede o no coincidir con el centro de empuje.

Por tanto, sobre el cuerpo actúan dos fuerzas: el empuje y el peso del cuerpo, que no tienen en principio el mismo valor ni están aplicadas en el mismo punto.

En los casos más simples, supondremos que el sólido y el fluido son homogéneos y por tanto, coincide el centro de masa del cuerpo con el centro de empuje.

La presión debida al fluido sobre la base superior es $p_1 = \rho_f g x$, y la presión debida al fluido en la base inferior es $p_2 = \rho_f g(x+h)$. La presión sobre la superficie lateral es variable y depende de la altura, está comprendida entre p_1 y p_2 .



Las fuerzas debidas a la presión del fluido sobre la superficie lateral se anulan. Las otras fuerzas sobre el cuerpo son las siguientes:

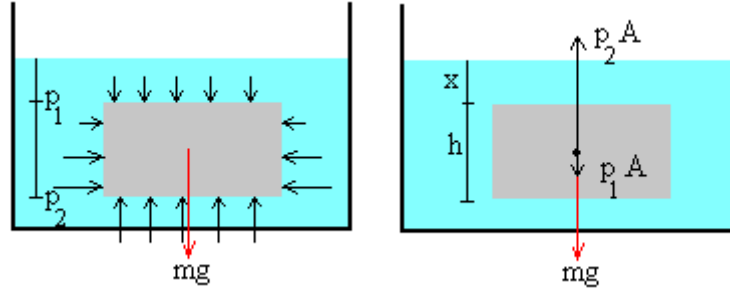
- Peso del cuerpo, mg
- Fuerza debida a la presión sobre la base superior, $p_1 \cdot A$
- Fuerza debida a la presión sobre la base inferior, $p_2 \cdot A$
- En el equilibrio tendremos que
- $mg + p_1 \cdot A = p_2 \cdot A$
- $mg + \rho_f g x \cdot A = \rho_f g(x+h) \cdot A$
- o bien,
- $mg = \rho_f g h \cdot A$

Como la presión en la cara inferior del cuerpo p_2 es mayor que la presión en la cara superior p_1 , la diferencia es $\rho_f g h$. El resultado es una fuerza hacia arriba $\rho_f g h \cdot A$ sobre el cuerpo debida al fluido que le rodea.

Como vemos, la fuerza de empuje tiene su origen en la diferencia de presión entre la parte superior y la parte inferior del cuerpo sumergido en el fluido.

Con esta explicación surge un problema interesante y debatido. Supongamos que un cuerpo de base

plana (cilíndrico o en forma de paralelepípedo) cuya densidad es mayor que la del fluido, descansa en el fondo del recipiente.



3. Equipos, Materiales y Reactivos

3.1. Equipos

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Balanza	Precisión	1
2	Horno	Secado de muestras	1
3			

3.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Roca	Muestra	1
2	Recipiente	Inmersión de muestras	1
3			
4			
5			

3.2. Reactivos

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1	Agua	Agua potable	30 Lt
2			
3			
4			
5			

4. Indicaciones/instrucciones:

2.1 Limpiar las muestras

2.2 Pesar las muestras

5. Procedimientos:

Durante todos los ensayos que se realizan en laboratorio es importante determinar el valor de humedad de la roca para luego anotarla en el informe ya que los resultados pueden variar según el contenido de agua. La presencia de poros en la estructura de un material de roca hace que decrezca su resistencia y se incremente su deformabilidad. Una pequeña fracción de volumen de poros puede producir un efecto apreciable en las propiedades mecánicas de las rocas.



En algunos casos el valor de porosidad es suficiente, pero para una descripción completa se requerirá además del valor de densidad. Un valor bajo en la densidad seca de la roca generalmente concuerda con un valor de porosidad alto.

El valor de densidad es utilizado para obtener el peso (TMS) a partir del conocimiento del volumen (m3) en el cálculo de reservas de mineral y como dato a introducir en los modelos numéricos.

El valor de absorción nos da una idea de cuánta agua puede introducirse en una roca y por lo tanto cuanto puede aumentar la presión de poros, lo cual hace que decrezcan los valores de resistencia y esfuerzo en las rocas.

Teoría

Toda roca tiene en su estructura interior una cierta cantidad de espacios libres, los cuales normalmente están rellenos con líquidos y/o gases (en general agua y aire).

Esto hace que se pueda considerar a la roca como un material de tres fases; sólida (material mineral), líquida (agua u otros líquidos) y gaseosa (aire u otros gases). Entonces toda roca puede encontrarse en alguna de las siguientes condiciones: saturada, con las tres fases o seca.

En la figura 1 se muestran las tres condiciones, donde las cantidades en unidades volumétricas están al lado izquierdo y las cantidades en unidades gravimétricas al lado derecho de los diagramas.

Las propiedades físicas podrán ser definidas en los siguientes términos:

Contenido de agua o humedad $(i) = \frac{M_a}{M_s} \times 100 (\%)$

Grado de saturación $S_f = \frac{V_w}{V_v} \times 100 (\%)$

Figura 1
DIAGRAMA DE TRES FASES PARA ROCAS

V_w	AGUA	M_w
V_s	ROCA	M_s

SATURADO

V_a	AIRE	M_a
V_w	AGUA	M_w



V_s	ROCA	M_s
-------	------	-------

TRES FASES

V_v	AIRE	M_s
V_s	ROCA	M_s

SECO

Porosidad	$n = \frac{V_v}{V} (\%)$
Relación de vacíos	$e = \frac{V_v}{V_s}$
Densidad "bulk" (másica)	$\rho = \frac{M_s + M_w}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)}$
Densidad seca	$\rho_d = \frac{M_s}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)}$
Densidad de sólidos	$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \text{ (kg/m}^3\text{)}$
Gravedad específica	$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w}$

Dónde:

M_w = masa de agua

M_s = masa del suelo

M = masa de la muestra

V_w = volumen de agua

V_s * volumen de suelo



V_v = volumen de vados

V = volumen de la muestra

Las propiedades físicas están relacionadas entre sí, de tal manera que cualquier propiedad puede ser calculada si se conocen otras tres. Sin embargo, si conocemos los siguientes parámetros podremos definir todas las propiedades físicas:

- Volumen externo
- Peso seco
- Peso saturado
- Peso en condiciones ambientales

Un horno capaz de mantener una temperatura de 105 C con una variación de 3C por un periodo de 24 horas.

Una balanza con capacidad adecuada (1500 gr.), capaz de determinar el peso con una aproximación de 0.01 gr.

Una canastilla de alambre suspendida desde la balanza por un alambre delgado de manera que solo el alambre intercepte a la superficie de agua del baño de inmersión.

Equipo

- Un baño de inmersión de manera que la canastilla quede sumergida en agua y pueda estar libremente suspendida desde la balanza para lograr determinar el peso saturado sumergido
- Recipientes de material no corrosible.
- Un recipiente con agua para saturar las muestras.

Procedimiento

- La muestra debe ser representativa y estar conformada como mínimo de 3 pedazos de roca de geometría irregular o regular, cada uno debe pesar por lo menos 50 gr. o tener una dimensión de por lo menos 10 veces el tamaño máximo del grano, escogiendo el que sea el mayor.
- Se limpia para eliminar el polvo que se encuentre adherido a ella y luego se pesa determinando M
- Se sumerge en el recipiente con agua por un periodo de por lo menos una hora agitándola periódicamente de manera que se remueva el aire atrapado en la roca.
- La muestra se coloca en la canasta de inmersión y se determina la masa M_{sub} . Se retira del baño de inmersión y se seca superficialmente con un paño húmedo, teniendo cuidado de retirar solo el agua superficial y no se pierdan fragmentos de roca. Se pesa obteniendo M_{sat} .
- La muestra es colocada dentro de un recipiente limpio y seco e introducido en el horno a una temperatura de 105C. Se seca por un día y luego se pesa la muestra obteniendo M_s .
- Repetir todo el procedimiento para cada pedazo de la muestra.

Cálculos

Se calcula los siguientes valores para cada muestra:

$$V = M_{sat} - M_{sub} \text{ (volumen total)}$$

p''



$$V_v = M_{sat} - M_s \text{ (volumen de vacíos)}$$

$$(1) = \frac{M - M_s}{M_s} \times 100\% \text{ (contenido de agua)}$$

$$M_s$$

$$T | \quad \frac{V_v}{V} \times 100\% \text{ (porosidad)}$$

$$V$$

$$p_d = \frac{M_s}{V} \text{ (densidad seca)}$$

$$V$$

$$\text{Absorción} = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100\%$$

Con los valores encontrados calculamos el valor promedio para la humedad, porosidad, densidad seca, y absorción.

6. Resultados

Con la siguiente prueba se obtiene los valores de:

- Humedad
- Porosidad,
- Densidad seca
- Absorción

7. Conclusiones

La propiedad física de las rocas se ve influenciada por;

- Humedad
- Porosidad,
- Densidad seca
- Absorción

8. Sugerencias y /o recomendaciones

- Una tabla indicando nombre y número de muestra y los valores de: M , M_{sat} , M_s , V_v , V , t , i , p_d y absorción de cada testigo.
- Hallar los valores promedios de humedad, porosidad, densidad seca y absorción de la muestra.
- Presentar una tabla resumen indicando el nombre de la muestra y los valores promedios de humedad, densidad seca, porosidad y absorción.
- Especificar el método con el cual se ha obtenido el volumen de la muestra.



- Las precauciones tomadas para conservar el contenido natural de humedad durante el almacenaje deben ser especificadas.
- Los valores de densidad seca deben ser anotados con una aproximación de 10 kg/m³, el valor de porosidad con aproximación al 0.1%, el contenido de humedad y absorción debe ser anotado con una aproximación de 0.1 %.
- La presencia de micro fracturas de espesor similar al de los poros podría causar resultados erráticos por lo que su presencia se debe anotar en el informe.

Presentar informe debe trabajo

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Brady, B., H.G., Brown, E.T. y Kluwer (1999). *Rock mechanics for underground mining*. Academic publishers.
- Gonzales Vallejo, L.I. (2002). Ingeniería geológica.
- [http: www.Apuntes de geología](http://www.Apuntes de geología)
- ASTM D2216-98
- ISRM. Suggested methods for determining water content, porosity y density.
- Absorption and related properties.



Guía de práctica N° 4

Ensayo de carga puntual

Sección :Docente:

Fecha :/...../..... Duración: 4 Horas

Instrucciones:

Valores: puntualidad, responsabilidad, honestidad

Manipular los equipos, materiales y reactivos con: responsabilidad, seguridad, orden y limpieza

1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

Determinar la resistencia a la compresión simple de testigos de rocas

2. Fundamento Teórico

El ensayo de carga puntual se utiliza para determinar la resistencia a la compresión simple de fragmentos irregulares de roca, testigos cilíndricos de sondajes o bloques, a partir del índice de resistencia a la carga puntual (Is), de tal forma que el stress aplicado se convierte a valores aproximados de UCS, según el diámetro de la muestra. El procedimiento consiste en romper una muestra entre dos puntas cónicas metálicas accionadas por una prensa.

Las ventajas de este ensayo son que se pueden usar muestras de roca irregulares sin preparación previa alguna y que la máquina es portátil.

3. Equipos, Materiales y Reactivos**3.1. Equipos**

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Equipo de carga puntual	Medir RCP	1
2	Calibrador pie de rey (Vernier)	Manual	1
3			

3.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Rocas	Testigos	3
2			
3			
4			
5			

3.2. Reactivos

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1	agua	Agua potable	3 Lt

2			
3			

4. Indicaciones/instrucciones:

2.1 Limpiar las muestras

2.2 Medir las dimensiones de los testigos

5. Procedimientos:

Primero:

Concebir una idea general de la roca en cuanto a su litología y estructuras.

Segundo:

Identificar las muestras.

Tercero:

Medir las dimensiones de la muestra.

Cuarto:

Dependiendo del tipo de muestra (ver figura 1), se sitúa el testigo entre las puntas cónicas de la máquina, resguardando que se cumplan las configuraciones de carga y requerimientos de forma del testigo.

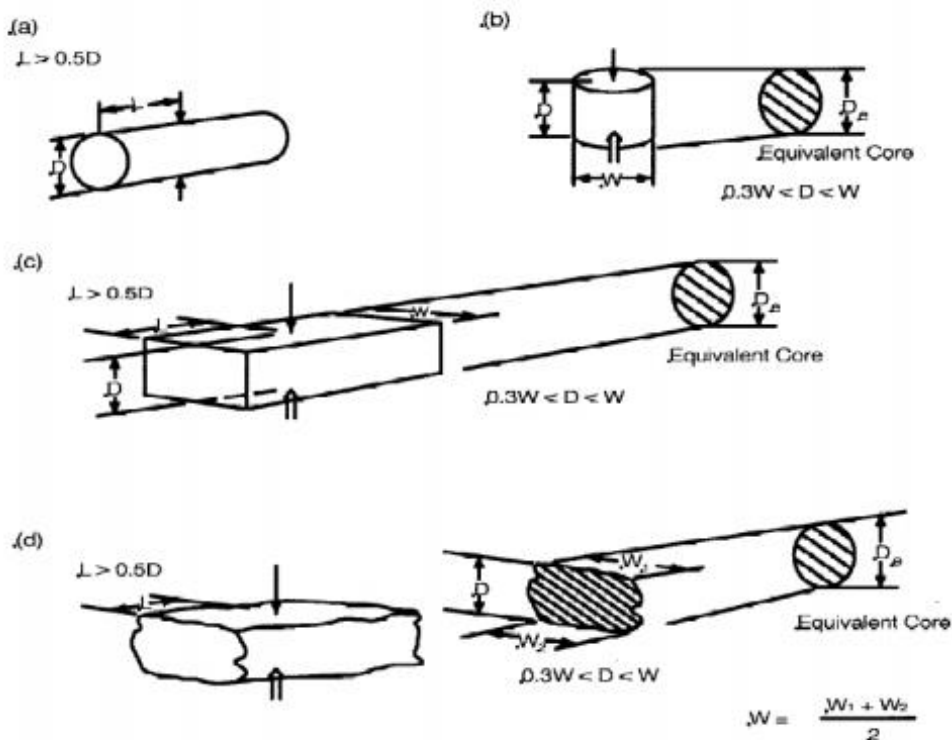


Figura 1: Configuración de carga y requerimientos en la forma de los testigos (a) muestra diametral, (b) muestra axial, (c) bloque y (d) muestra irregular. L = largo, W = ancho, D = diámetro, y D_e = diámetro del núcleo equivalente

Quinto

Se recubre la máquina con una bolsa resistente cuyo fin será el de evitar que al momento de fallar la roca

no salten fragmentos y dañen a personas u objetos de alrededor.

Sexto

Una persona se encarga de medir la presión a la cual está siendo sometida la muestra mediante un manómetro conectado directamente a la prensa hidráulica.

Séptimo:

Una segunda persona será la encargada de ir aumentando paulatinamente la presión en la prensa **hidráulica**.

Octavo:

Una vez falle el testigo se retira y se analizan las condiciones y modo de ruptura (figura 2).

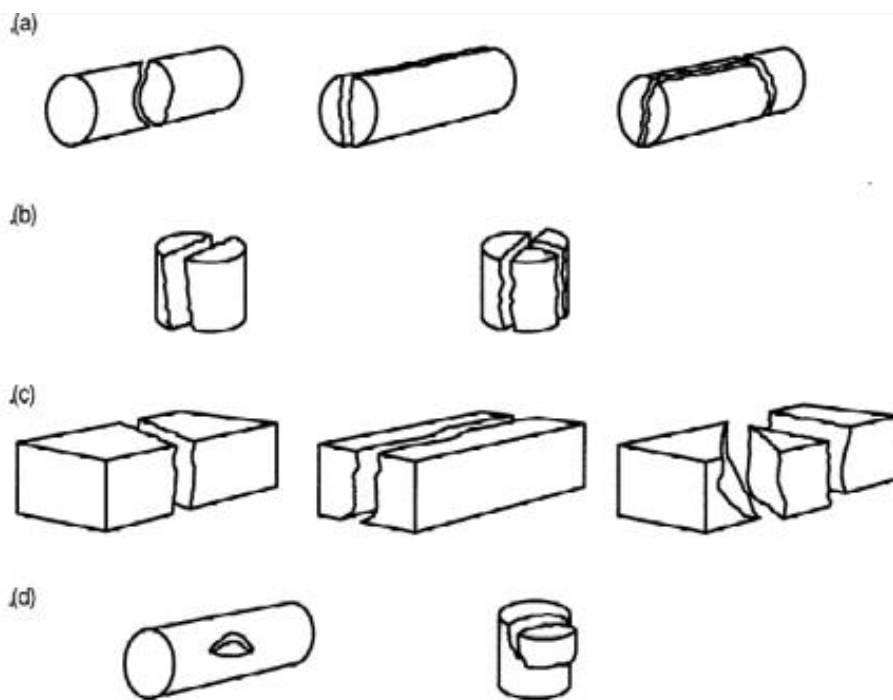


Figura 2: Modos típicos de falla para muestras válidas e inválidas (a) muestras diametrales válidas; (b) muestras axiales válidas; (c) bloques válidos; (d) muestras inválidas.

Cálculo

El índice de carga puntual sin corrección se calcula de la siguiente manera:

$$I_s = P \text{ MPa}/De^2$$

Donde:

P = carga de falla, N, (Debido a que la presión se realiza a través de puntas cónicas, es necesario realizar una corrección, la cual es: $P = \text{valor medido en la máquina} * 14.426 \text{ cm}^2$) De = diámetro del núcleo equivalente = D para muestras diametrales (ver figura 1), m, y es dada por:

$$De^2 = D^2 \text{ para muestra diametrales, mm}^2, \text{ o}$$

$$De^2 = 4A/\pi \text{ para muestras irregulares, axiales o bloques, mm}^2;$$

Donde:

A= WD= área de la sección transversal mínima (ver figura 1)



Corrección

Is varía en función de D en muestras diametrales, y en función de De en muestras axiales, irregulares y bloques.

El índice de resistencia a la carga puntual corregido [Is(50)] es definido como el valor de Is medido en muestras diametrales con D=50mm.

Cuando se tienen muestras de variados diámetros distintos a 50mm, se debe plotear P vs De² en un gráfico log-log, y con una regresión lineal se puede determinar el valor de Is(50).

El valor promedio de Is(50) se calcula eliminando los 2 valores más altos y los 2 valores más bajos de 10 o más ensayos válidos. Si pocos especímenes son testeados, solamente el valor más alto y más bajo se descarta y se promedian el resto.

El valor de la resistencia a la compresión uniaxial a partir del Is(50) es el siguiente: $UCS = 23 * Is_{(50)}$

Cuando se tiene un Is corregido a un diámetro distinto de 50 mm, la relación entre UCS e Is es distinta (figura3).

Core Size, mm	Value of "C" (Generalized)
20	17.5
30	19
40	21
50	23
54	24
60	24.5

Figura 3 Valor generalizado de C. $UCS = C * Is$

6. Resultados

- Calculo de resistencia a la compresión por carga puntual en rocas ígneas
- Calculo de resistencia a la compresión por carga puntual en rocas Sedimentarias
- Calculo de resistencia a la compresión por carga puntual en rocas Metamórficas

7. Conclusiones

El comportamiento mecánico de las rocas está definido por su resistencia y su deformabilidad. La resistencia es el esfuerzo que soporta una roca para determinadas deformaciones. Cuando la resistencia se mide en probetas de roca sin confinar se denomina resistencia a compresión simple, y su valor se emplea para la clasificación geotécnica de las rocas, en la tabla 1 se incluyen los valores típicos de este parámetro para diferentes tipos de roca. Se obtiene mediante el ensayo de resistencia uniaxial o de compresión simple. La resistencia es función de las fuerzas cohesivas y friccionales del material (además de otros valores extrínsecos al material rocoso). La cohesión, c, es la fuerza de unión entre las partículas minerales que forman la roca. El ángulo de fricción interna, phi, es el ángulo de rozamiento entre dos planos de la misma roca, para la mayoría de las rocas éste ángulo varía entre 25° y 45°.



Tabla 1: Valores de resistencia de la matriz rocosa sana

roca intacta	resistencia a compresión simple (Mpa)	
	valores medios	rango de valores
Andesita	210-320	100-500
Anfibolita	280	210-530
Anhidrita	90	80-130
Arenisca	55-140	30-235
Basalto	150-215	80-350
Caliza	80-140	60-200
Cuarcita	200-320	100-500
Diabasa	240-350	130-365
Diorita	180-245	120-335
Dolerita	200-300	100-350
Dolomía	90-250	65-350
Esquisto	50-60	20-160
Gabro	210-280	180-300
Gneiss	160-200	85-250
Granito	170-230	100-300
Grauvaca	180	80-220
Limolita		35-250
Lutita	30-70	10-100
Marga	70-140	70-190
Mármol	120-200	60-250
Pizarra	100-180	90-250
Sal	12	5-30
Toba		10-46
Yeso	25	10-40

Datos seleccionados a partir e Rahn (1986), Walther (1999), Obert y Duvall (1967), Farmer (1968).

8. Sugerencias y /o recomendaciones

Para la realización de los cálculos de c y ϕ se puede usar el software RocLab de Rocscience. Si ocupan este programa, el valor del GSI debe ser de 100, ya que se pretende obtener los valores de roca intacta y no del macizo rocoso. Recuerden que el GSI es una medida del macizo rocoso, por lo tanto, para determinar valores de roca intacta lo más certero es ocupar un $GSI=100$. Verifiquen si se cumplen los requisitos de los ensayos. Comparen los datos obtenidos con la bibliografía asociada a roca intacta, para saber si sus datos son fiables. Comparen el valor de UCS obtenido mediante el ensayo de carga puntual con el obtenido mediante el ensayo de compresión uniaxial. Discutan y determinen que valor es más fidedigno.

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Brady, B., H.G., Brown, E.T. y Kluwer (1999). *Rock mechanics for underground mining*. Academic publishers.
- Gonzales Vallejo, L.I. (2002). *Ingeniería geológica*.
- <http://www.Apuntes de geología>.