



Universidad
Continental

Yacimientos Mineros y Metalogenia I

Guías de Laboratorio



Visión

Ser una de las 10 mejores universidades privadas del Perú al año 2020, reconocidos por nuestra excelencia académica y vocación de servicio, líderes en formación integral, con perspectiva global; promoviendo la competitividad del país.

Misión

Somos una universidad privada, innovadora y comprometida con el desarrollo del Perú, que se dedica a formar personas competentes, íntegras y emprendedoras, con visión internacional; para que se conviertan en ciudadanos responsables e impulsen el desarrollo de sus comunidades, impartiendo experiencias de aprendizaje vivificantes e inspiradoras; y generando una alta valoración mutua entre todos los grupos de interés.



Índice

VISIÓN	2
MISIÓN	2
NORMAS BÁSICAS DE LABORATORIO	3
ÍNDICE	4
Guía de práctica N° 1: Termometría alteraciones superficiales.	4
Guía de práctica N° 2: Textura y secuencia para genética	7
Guía de práctica N° 3: Alteraciones hidrotermales	11
Guía de práctica N°4: Asociación de minerales y rocas según el tipo de yacimiento	14
Guía de práctica N°5: Preparación de muestras	17
Guía de práctica N°6: Reconocimiento de microscopio polarizante	17
Guía de práctica N°7: Elementos del microscopio petrográfico. La teoría de la luz polarizada.	26
Guía de práctica N°8: Propiedades de los minerales opacos	30
Guía de práctica N°9: Identificación de las propiedades de los minerales opacos	33
Guía de práctica N°10: Cálculo de reservas de minerales	38



Guía de práctica N° 1

Termometría alteraciones superficiales.

Sección :Docente: Nelida Tantavilca Martinez

Fecha :/...../2017 Duración: Indica. 60 Tiempo

Instrucciones: Leer las instrucciones para realizar la práctica y seguir las indicaciones del Docente

1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

Tener una aproximación de la posible temperatura de formación del material representado por la muestra, basándose en la composición mineralógica primaria. Así mismo conocer cómo se alteran los minerales al entrar en contacto con el ambiente superficial

2. Fundamento Teórico

LA GEOTERMOMETRIA trata de conocer la temperatura de formación de los ensambles minerales, considerando que junto a la temperatura de formación actúan la presión y otros factores existe diversos métodos para conocer la temperatura de formación como son los estudios de inclusiones fluidas puntos de inversión rasgos de estabilidad e isotopos

ALTERACIONES SUPERFICIALES DE LOS YACIMIENTOS. Cerca de la superficie todos los cuerpos minerales se someten a una meteorización química física y biológica que altera la mineral primario (original) formando minerales secundarios (formado por alteración en la composición y estructura primaria debido a la meteorización)

Las condiciones de la alteración se deben a un alto potencial de oxígeno, al agua (especialmente la acida) , acido carbónico ,sulfato pH el tipo mineral primario y otros .

Según ellas tenemos en términos generales 4 zonas de arriba abajo:

Zona de lixiviación es la zona donde el mineral ha sido disuelto

Zona enriquecida por oxidación.es la zona de actividad del oxígeno, agua, bióxido de carbono, en al que se genera óxidos, carbonatos, sulfatos,.Ejm: malaquita ,hidróxido de hierro.

Zona de enriquecimiento de sulfuros secundarios donde las soluciones penetran a las zonas de agua aguas subterráneas con condiciones reductoras n, entonces se da un enriquecimiento secundario por afinidad de los diferentes de los diferentes metales con el azufre , por ejm: para el cobre las soluciones cupríferas (provenientes de las partes superiores) reaccionan con los sulfuros preexistentes (pirita y calcopirita) como resultado se forma n sulfuros secundarios ricos en cobre como la covelita ,calcosita al a vez que se disuelven el hierro y otros metales , dando a la zona un valor económico, a la vez que se disuelven el hierro y otros metales, dando a la zona un valor económico mayor.

Zona de sulfuro primario. Es la zona que no ha sufrido ninguna transformación en su contenido mineral que se encuentra tal como se originó porque no hay procesos de meteorización.



El zonamiento es típico para los minerales de cobre y especialmente significativo en los pórfidos, también ocurre en yacimientos de otros metales como el hierro, plomo zinc, pero con menor o ninguna trascendencia económica

3. Equipos, Materiales y Reactivos

lupa

lápiz rayador

porcelana

sterio (microscopía)

Estuche tipo caja color rojo, lista de escala con dureza.

Equipo para extracción de testigos

4. Indicaciones/instrucciones:

2.1 Trabajo en laboratorio

Se les proporcionara un conjunto de muestras minerales con los cuales se procederá de la siguiente manera:

1º Reconocimiento de los minerales presentes en las muestras mediante las propiedades físicas indicando su composición y establecido sus asociaciones mineralógicas.

2º En la base a lo anterior reconocer si la muestra tiene un origen primario o secundario.

a).- Usar la tabla 1 y estimar los posibles rangos de temperatura de formación de la muestra haciendo las observaciones y tomando en cuenta su composición química por elementos

b).-Llenar la tabla de termometría de minerales primarios.

Si es secundario

Usar la tabla de zonación de minerales secundarios , establecer el nombre de la zona y las observaciones respectivas. la zona de

5. Conclusiones

7.1.....

7.2.....

7.3.....



Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Bartra, R. (1999). *Geología del distrito minero Yanacocha* (Vol. 1 y 2). Monografía de yacimientos peruanos, historia, exploración y geología.
- Hoschchild, L. *Yacimientos peruanos*.
- Peter, G. (1961). *Sobre algunas pegmatitas en el litoral peruano*. Revista UNI.
- Tumialan, P.H. (1978). *Compendio de yacimientos minerales del Perú*.



Guía de práctica N° 2

Textura y secuencia para genética

Sección :Docente: Nelida Tantavilca Martinez

Fecha :/...../2017

Duración: Indica.60min Tiempo

Instrucciones: Leer las indicaciones de la practica.

1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

Conocer los diferentes tipos de textura y relacionarlos con los posibles orígenes de los materiales

2. Fundamento Teórico

Textura.- Esta dado por las características geométricas de los minerales ,tales como forma y tamaños

Las texturas pueden variar de u tipo de yacimiento a otro ya que ellas son independientes de la naturaleza y temperatura de los fluidos mineralizantés del comportamiento físico y químico de la roca caja el pH,Eh del modo de emplazamiento así como de su historia geológica .La textura constituye una evidencia del modo de depositarse de los minerales .

L a textura puede manifestarse macro y microscópicamente

1.- PARAGÉNESIS es una asociación de minerales de un origen común en un tiempo y espacio similares .

2.- SECUENCIA PARA GENÉTICA Es el orden cronológico de la deposición mineral en otro termino es el orden de cristalización o transformación de minerales

3.- ZONACIÓN es cualquier patrón regular en la distribución de minerales o elementos en el espacio y puede darse escala local distrital o local.

PRINCIPALES TIPOS DE TEXTURAS

Textura de relleno en espacio abierto _ se presenta en zonas someras donde las aberturas permanecen abiertas tienen un control estructural .

Textura de crustificación -, cuando las soluciones minerales cambian de composición y se depositan desde la roca caja hacia el centro de la abertura a manera de bandas

Texturas en cresta (peine) es similar a la anterior pero cuyas terminaciones al centro de la abertura , son cristales que dan forma dentada o de cresta de gallo indican un mayor tiempo y espacio para la cristalización.

Textura de drusas y cavidades estas texturas pueden interpretarse como espacios abiertos por relleno incompleto de un espacio abierto mayor o una disolución parcial

Textura de escarpela cualquier fragmento o punto de cristalización puede producir un crecimiento más o menos concéntrico desde el centro hacia la periferia

Textura De Relleno De Venillas.- cuando las vetillas de mineral atraviesan una mineralización mas antigua.

Textura en brecha: se forma cuando los minerales de una primera etapa (o de la roca) se fragmenta y son cementados por minerales de una segunda generación .

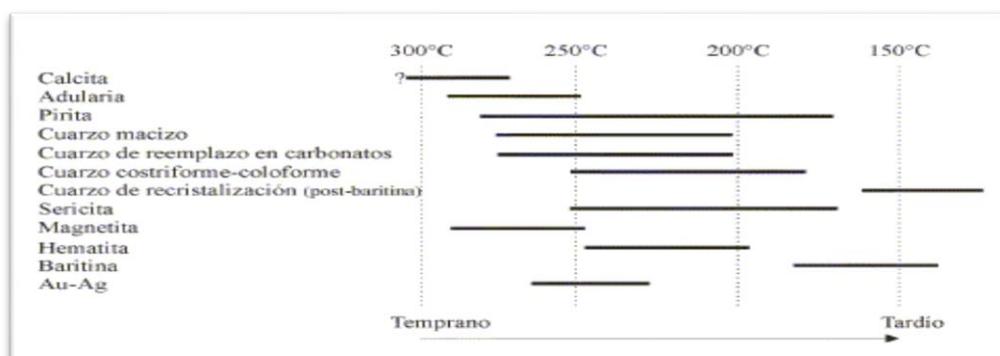
Textura de reemplazamiento este proceso es característico de un yacimiento de alta temperatura y presiones donde los espacios abiertos son escasos .Este Proceso implica la sustitución de los minerales por otros debido a la difusión

Textura pseudomorfo se conserva la forma del mineral preexistente

Textura coloforme .- Esta dada por las formas arriñonadas , botroidales o esfgerolíticas típicamente originadas en coloides

Dentro de ellas se puede considerar las texturas de las bandas de difusión que son anillos formados a partir de un gel (ágata)

REPRESENTACION DE LA SECUENCIA PARAGENETICA.





3.-Equipos, Materiales y Reactivos

Minerales del laboratorio
Microscopio polarizante
Estereoscopio
Secciones delgadas
Secciones pulidas

4.-Indicaciones/instrucciones:

- 1.- Se les entregara 5 minerales a cada alumno
- 2.- Realizaran el reconocimiento del tipo de textura
- 3.- Luego dibujara la secuencia para genética

3. Conclusiones

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Bartra, R. (1999). *Geología del distrito minero Yanacocha* (Vol. 1 y 2). Monografía de yacimientos peruanos, historia, exploración y geología.
- Hoschchild, L. *Yacimientos peruanos*.
- Peter, G. (1961). *Sobre algunas pegmatitas en el litoral peruano*. Revista UNI.
- Tumialan, P.H. (1978). *Compendio de yacimientos minerales del Perú*.



TABLA DE TEXTURAS Y SECUENCIAS PARAGENETICAS

# MUESTRA	MINERALES	TEXTURAS	SECUENCIA PARAGENETICA



Guía de práctica N° 3

Alteraciones hidrotermales

Sección :Docente: Nelida Tantavilca Martinez

Fecha :/...../2017

Duración: 60 minutos

Instrucciones: Seguir las indicaciones del docente para desarrollar la practica

1.- Propósito /Objetivo (de la práctica):

Reconocer las m muestras de diferentes tipos de alteración hidrotermal y comprender la relación entre alteración y mineralización de los yacimientos.

2.- Fundamento teórico

Es un proceso complejo que se produce por una alteración de fluido mineralizante y la roca caja .La roca se altera únicamente si los minerales constituyentes de ellas no están en equilibrio con el fluido que invade lo cual trae por consiguiente la desestabilización de las fases minerales , que para reequilibrarse forma nuevos ensamblajes mineralógicos.

Alteración potásica: caracterizada por la presencia de feldespato potásico secundario y/o biotita secundaria (anhidrita también puede estar presente). En términos fisicoquímicos esta alteración se desarrolla en presencia de soluciones casi neutras y a altas temperaturas (400°-600°C).

Propi lítica: caracterizada por la presencia de clorita, epidota y/o calcita, y plagioclasa albitizada. Generada por soluciones casi neutras en un rango variable de temperaturas.

Alteración filica, :tambien denominada cuarzo-sericítica o simplemente sericítica: caracterizada por el desarrollo de de sercita y cuarzo secundario. Es el resultado de una hidrólisis moderada a fuerte de los feldespatos, en un rango de temperatura de 300°-400°C.

Alteración argílica, también denominada argílica intermedia: caracterizada por la presencia de caolinita y/o montmorillonita.

Argílica avanzada: caracterizada por la destrucción total de feldespatos en condiciones de una hidrólisis muy fuerte, dando lugar a la formación de caolinita y/o alunita.

Silificación: caracterizada por la destrucción total de la mineralogía original. La roca queda convertida en una masa silícea. Representa el mayor grado de hidrólisis posible. Los rellenos hidrotermales de espacios abiertos por cuarzo "no son" una silificación.



4. Equipos, Materiales y Reactivos

lupa
lápiz rayador
porcelana
sterio (microscopía)
Estuche tipo caja color rojo, lista de escala con dureza.
Equipo para extracción de testigos

5. Indicaciones/instrucciones:

- 1.- cada alumno prepara su muestra de alteración
- 2.- se reconocerá los minerales indicativos de los diferentes tipos de alteración
- 3.- se dará el nombre a la alteración, haciendo las observaciones .
- 4.- se llenara la tabla respectiva

6. Conclusiones

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Bartra, R. (1999). *Geología del distrito minero Yanacocha* (Vol. 1 y 2). Monografía de yacimientos peruanos, historia, exploración y geología.
- Hoschchild, L. *Yacimientos peruanos*.
- Peter, G. (1961). *Sobre algunas pegmatitas en el litoral peruano*. Revista UNI.
- Tumialan, P.H. (1978). *Compendio de yacimientos minerales del Perú*.
- Gagliuifi, P.M. *Revistar y publicaciones*. UNMSM.
- Quiñones Lavado, J. *Revistar y publicaciones*. UNMSM



TABLA DE DETERMINACION DE ALTERACION HIDROTHERMAL

#MUESTRAS	MINERALES	CARACTERISTICAS PARA SU RECONOCIMIENTO	ALTERACION	OBSERVACIONES



Guía de práctica N°4

Asociación de minerales y rocas según el tipo de yacimiento

Sección :Docente: Escribir el nombre del docente

Fecha :/...../2017 Duración: Indica. Tiempo

Instrucciones: Señalar las indicaciones necesarias que deberá tener en cuenta el estudiante para el uso del material

1.-Propósito /Objetivo (de la práctica):

Que los alumnos sea capaz de reconocer la variedad de los diversos yacimientos minerales de acuerdo a su asociación mineralógica y rocas características para las principales minas en nuestro país.

2.-Fundamento Teórico

Los yacimientos minerales son acumulaciones naturales de un mineral que permitan su explotación con rendimiento económico.

Se pueden distinguir tres grandes grupos de yacimientos minerales:

- magmáticos
- sedimentarios
- metamórficos

En los yacimientos minerales distinguimos una serie de zonas, así de más superficial a mas profundo:

- *Zona de meteorización o montera:* los minerales están expuestos a transformaciones profundas causadas por agentes externos.
- *Zona lixiviada:* zona donde se lavan los minerales, por la acción de las aguas meteoríticas.
- *Zona de oxidación:* en ella se producen los fenómenos de la oxidación, hidroxidación y carbonatación.
- *Zona de reducción:* aquí se concentran los compuestos solubles arrastrados por el agua.



4.-Indicaciones/instrucciones:

- 1.- Se entregara a los alumnos minerales y rocas de distintos tipos de yacimientos para que el alumno pueda observar.
- 2.- Luego proceder a clasificarlos según los diversos tipos de yacimientos.
- 3.- Los alumnos identificarán en una muestra de mano mineral o roca .
 - Las texturas
 - Alteraciones hidrotermales
 - Minerales típicos

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Bartra, R. (1999). *Geología del distrito minero Yanacocha* (Vol. 1 y 2). Monografía de yacimientos peruanos, historia, exploración y geología.
- Hoschchild, L. *Yacimientos peruanos*.
- Peter, G. (1961). *Sobre algunas pegmatitas en el litoral peruano*. Revista UNI.
- Tumialan, P.H. (1978). *Compendio de yacimientos minerales del Perú*.
- Gagliufi, P.M. Revistar y publicaciones. UNMSM.
- Quiñones Lavado, J. Revistar y publicaciones. UNMSM



Guía de práctica N°5

Preparación de muestras

Sección :Docente: Nelida Tantavilca Martinez

Fecha :/...../2017

Duración: Indica.60 min Tiempo

Instrucciones: Leer las indicaciones de la guía para obtener un buen resultado.

-Propósito /Objetivo (de la práctica):

El estudio de las secciones delgadas y pulidas, es determinar la caracterización mineralógica.

2.- Fundamento Teórico.

Secciones Delgada Pulida

Está definida como una lámina de 30 micras de espesor que se elabora a partir de una muestra natural que puede ser:

Una roca, concentrados, relaves, sedimentos, arenas, minerales refractarios, cementos, cerámicos, microfósiles, diatomitas, en minerales transparentes y opacos.

Secciones Delgada Doblemente Pulidas para el estudio de Inclusiones Fluidas

Es una lámina delgada doblemente pulida a 100 micras de espeso que se prepara a partir de una muestra, que tenga las características de minerales transparentes tales como cuarzo, fluorita, calcita, Etc.

El estudio de las secciones delgadas doblemente pulidas, el objetivo principal es determinar la presencia de inclusiones fluidas las cuales puede ser de gas, agua y aire

Procedimientos.

Preparación de Sección Delgada

Etapas de preparación:



- 1.- Ingreso y codificación de la muestra.
- 2.- Corte inicial
- 3.- Impregnación
- 4.- pegado preliminar, intermedio, fino
- 5.- Pegado de la muestra al portaobjeto
- 6.- Segundo corte de la muestra
- 7.- Desbaste inicial (100 micras de espesor aprox.)
- 8.- Desbaste intermedio (50 micras de espesor aprox.).
- 9.- Desbaste fino (30 micras de espesor).
10. Control de calidad
- 11.-Montaje con cubreobjetos
- 12.- Limpieza, rotulado, codificación y Registro.

Preparación de Sección Pulida – Briqueta

Etapas de preparación:

- 1.-Ingreso y codificación de la muestra.
- 2.-Corte inicial o encapsulado si es material suelto
- 3.-Impregnación
- 4.-Encapsulado
- 5.-pegado preliminar, intermedio y final
- 6.-Pulido preliminar, intermedio y fino
- 7.-Limpieza, rotulado, codificación y Registro.

Control de calidad.

Limpieza, rotulado, codificación y Registro.

2.- Mención de las máquinas que cuenta el laboratorio.

- 2.1 Cortadora Automática
- 2.2 Pulidora Automática TEGRAPOL 25
- 2.3 Pulidoras Semiautomáticas Labopol – 6
- 2.4 Desbastadora ROTOPOL – 35
- 2.5 Desbastadora-cortadora Semiautomática



2.6 Microscopio de Polarización:

3.-Listado de los materiales e insumos usados en la preparación

SECCIONES DELGADAS

1.- abrasivos: 200 o 180, 400 ,600, 1000.

3 a 6 gramos por fase

2.- dispensador para el pulido en la maquina pulidora

a) suspensión de diamante de

- 6,3,1,1/4 micrones

b) cemento termoplastico lavkeisde l70

c) epowick

Para la preparación de resina con el endurecedor.

d) porta objetos

Preparar un portaobjeto pavonado para realizar el pegado de la muestra.

Briqueta

a) discos: 4 unidades

b) paños de pulido

Paquete de paños para pulir las briquetas.

1.- Primer Pulido se realiza con el paños sin pelo (celeste)

2.- Segundo pulido después se pule con el paño con poco pelo (negro)

3.- Tercer pulido luego de pulir con los dos paños se pule con el paño con pelo (rojo)

4.- Cuarto pulid paños con mucho pelo (beich)

Porta Muestras

Moldes



Punzón

Para eliminar exceso de pegamento

Papel Tissue
Limpieza

Alcohol





Guía de práctica N°6

Reconocimiento de microscopio polarizante

Sección :Docente: Escribir el nombre del docente

Fecha :/...../2017

Duración: Indica. Tiempo

Instrucciones: Señalar las indicaciones necesarias que deberá tener en cuenta el estudiante para el uso del material

1.-Propósito /Objetivo (de la práctica):

CONOCER EL FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO POLARIZANTE

2.-Fundamento Teórico

DESCRIPCIÓN DEL MICROSCOPIO

LA PARTE MECÁNICA.- Es aquella que está en contacto directo con el usuario está conformado por, el Sistema de Iluminación, el brazo, base, platina giratoria, revolver porta objetivos, tubo del microscopio, tornillos micrométricos, micrométricos, botón de encendido de luz.

LA PARTE OPTICA.- Son aquellos que no deberá ser manipulada por el usuario ya que está constituida por las partes más delicadas del microscopio, tales como; Nícoles (Analizador y Polarizador Inferior), subplatina (lente condensadora, diafragma iris, polarizador inferior, lentes de campo amplio), objetivos, lente de Bertrand y ocular.

ACCESORIOS.- Cuña de cuarzo, placa de yeso, lamina de mica, tornillos centradores.

PARTES Y SU FUNCION

ESPEJO.- El espejo del microscopio se puede ajustar en cualquiera de sus dos ejes, con la finalidad que dirija la mayor cantidad de luz hacia arriba, a lo largo del eje del microscopio. Su cara plana se usa para aumentos bajos y medios, su cara cóncava para aumentos muy grandes.

SISTEMA DE ILUMINACION.- El conjunto de iluminación se encuentra por debajo de la platina consiste en; un polarizador, dos lentes condensadoras y un diafragma iris. El conjunto completo puede ser desplazado hacia arriba o hacia abajo para controlar su distancia por debajo de la platina del microscopio y así mismo la iluminación del objeto.

POLARIZADOR.- El polarizador en su posición normal tiene generalmente como dirección privilegiada N - S en muchos modelos, sin embargo se puede girar el polarizador según su eje vertical. Si vuelve a girarse hasta llegar a su posición normal, producirá un débil 'clic' cuando se alcanza dicha posición, el índice que indica el grado de rotación del polarizador debería indicar cero. Es conveniente que el polarizador este en cero. Se encuentra ubicado en el conjunto de la subplatina bajo el condensador superior.

LA SUBPLATINA OPTICA.- La luz del sistema de iluminación es dirigida hacia arriba y pasa a través un diafragma iris ajustable, de un condensador después a través de la sección delgada hacia la lente objetivas, para tener una buena iluminación cada componente deberá estar correctamente alineado.

La subplatina se encuentra debajo de la platina giratoria, la subplatina puede ser



usualmente movida de la dirección de la luz o ser completamente removida bajando hasta la posición más baja y después remover el conjunto de subplatina sacar de su hendidura de seguridad, está constituido por:

EL CONDENSADOR.-

Consiste de dos lentes simples;

Lentes Condensadoras Inferiores.- Colocadas directamente por encima del polarizador no pueden ser eliminadas fácilmente del camino de la luz.

Lentes Condensadoras Superiores.- También conocido como condensador descartable por que pueden ser movidos dentro y fuera de la trayectoria de la luz por medio de una palanca o un botón. El condensador superior se encuentra debajo de la platina es una poderosa lente convergente.

Su finalidad es de concentrar el haz de luz sobre el campo visual del objetivo, su función es de crear un cono de luz lo suficientemente justo para la fuente de lentes del objetivo, dando la máxima iluminación.

Diafragma Iris.- Usualmente se encuentra debajo del condensador Superior y encima del condensador inferior, sirve para "reducir la abertura del cono del sistema de iluminación eliminando rayos marginales que tienden a velar la imagen. Su mayor función es \ incrementar el contraste natural a través de la formación de halos de refracción.

El Polarizador o Nicol Inferior.- Es el elemento más inferior del conjunto de la subplatina. La montura circular de este polarizador puede ser removida fácilmente.

Platina Giratoria Graduada.-

La platina giratoria en la cual van a colocarse las preparaciones microscópicas debe girar libremente y estar calibrada de tal forma que los grados que gira pueden ser determinados por índice vernier o nonio, que nos dará los grados de rotación, el cual también pueden ser leídos en minutos. La platina giratoria es utilizada para medir ángulos de extinción, la platina consta de un par de pinzas que sujeten con firmeza la preparación.

LENTE OBJETIVOS.-

El principal componente de un microscopio es el objetivo, el cual actúa con el ocular para completar las funciones básicas del microscopio aumento y resolución el objetivo produce una imagen real e invertida del objeto.

Los objetivos del microscopio pueden quitarse y cambiarse por otros soltando la pinza de los objetivos, los objetivos de microscopios modernos presentan un sistema de lentes que son constituidos para compensar los defectos inherentes de los sistemas de lentes. Debido a que presentan una gran sensibilidad estos nunca deben ser desmontados por un principiante.

Los objetivos del microscopio producen una imagen aumentada de un objeto ubicado la platina del microscopio. El aumento es una de las dos principales funciones del objetivo, el cual puede variar de 1X a 1000X. La mayoría de microscopios petrográfico presentan objetivos de menor aumento de 3.2X el cual es utilizado para observar características a gran escala (ejemplo textura de una roca), un objetivo de aumento medio (10X) para una observación general y un objetivo de mayor aumento (ejemplo 40X) para un detalle mayor de la sección y para observaciones tales como figuras de interferencia y rasgos a pequeña escala. La resolución es la segunda función principal de un objetivo el poder de resolución de su habilidad para poder revelar el detalle más fino.

REVOLVER PORTA OBJETIVOS.- Es un disco a manera de revolver en el cual van insertados los distintos objetivos.

HENDIDURA Y ACCESORIOS.- Una hendidura colocada en el extremo inferior del tubo del microscopio permite la intercalación, en el camino de la luz, de uno de los tres accesorios; (cuña de cuarzo (α), lámina de yeso (λ), lamina de mica ($1/4 \lambda$))

Cuña de Cuarzo.- Se usa para determinar los colores de polarización y de esta manera poder determinar los valores de la birrefringencia.

Lamina de Yeso y Lamina de Mica.- Sirven para determinar el signo óptico de la figuras de interferencia

TORNILLOS CENTRADORES.- Sirven para centrar los objetivos.

TORNILLO MACROMETRICO Y MICROMETRICO.- Como su nombre lo indica son dos tornillos que se usan con la finalidad de poder acercar o alejar el objetivo de la platina.



ANALIZADOR.- Es un polarizador situado sobre la hendidura accesoria se denomina analizador para realizar las operaciones es conveniente que la dirección privilegiada del analizador forme un ángulo de 90° con la del polarizador para verificarlo colóquese el analizador y obsérvese si, cuando no hay nada sobre la platina del microscopio, se produce extinción completa independientemente de la intensidad de la fuente luminosa.

LENTE DE BERTRAND.- Llamado también lente de Amici Bertrand, es un lente utilizado para observar las figuras de interferencia. Aunque también las figuras de interferencia pueden ser vistas sin la ayuda del lente de Bertrand, sacando el ocular y observando directamente a través del tubo del microscopio. Este procedimiento produce una figura más pequeña pero frecuentemente clara.

OCULAR.- El ocular- es un tubo que se adapta dentro del microscopio. Un tornillo de presión en el ocular cabe dentro de una ranura en el tubo para mantener la cruz filar en las direcciones N - S y E - W.

En la parte superior está colocada una lente ocular y en la inferior, una lente de campo. En el ocular tipo Huygens un limitador del campo visual, con retículo, cruz filar y un campo micrométrico, está situado sobre las lentes de campo, en el ocular tipo Ramsden el limitador está debajo de las lentes de campo.

Los planos de la imagen y del retículo deben coincidir.

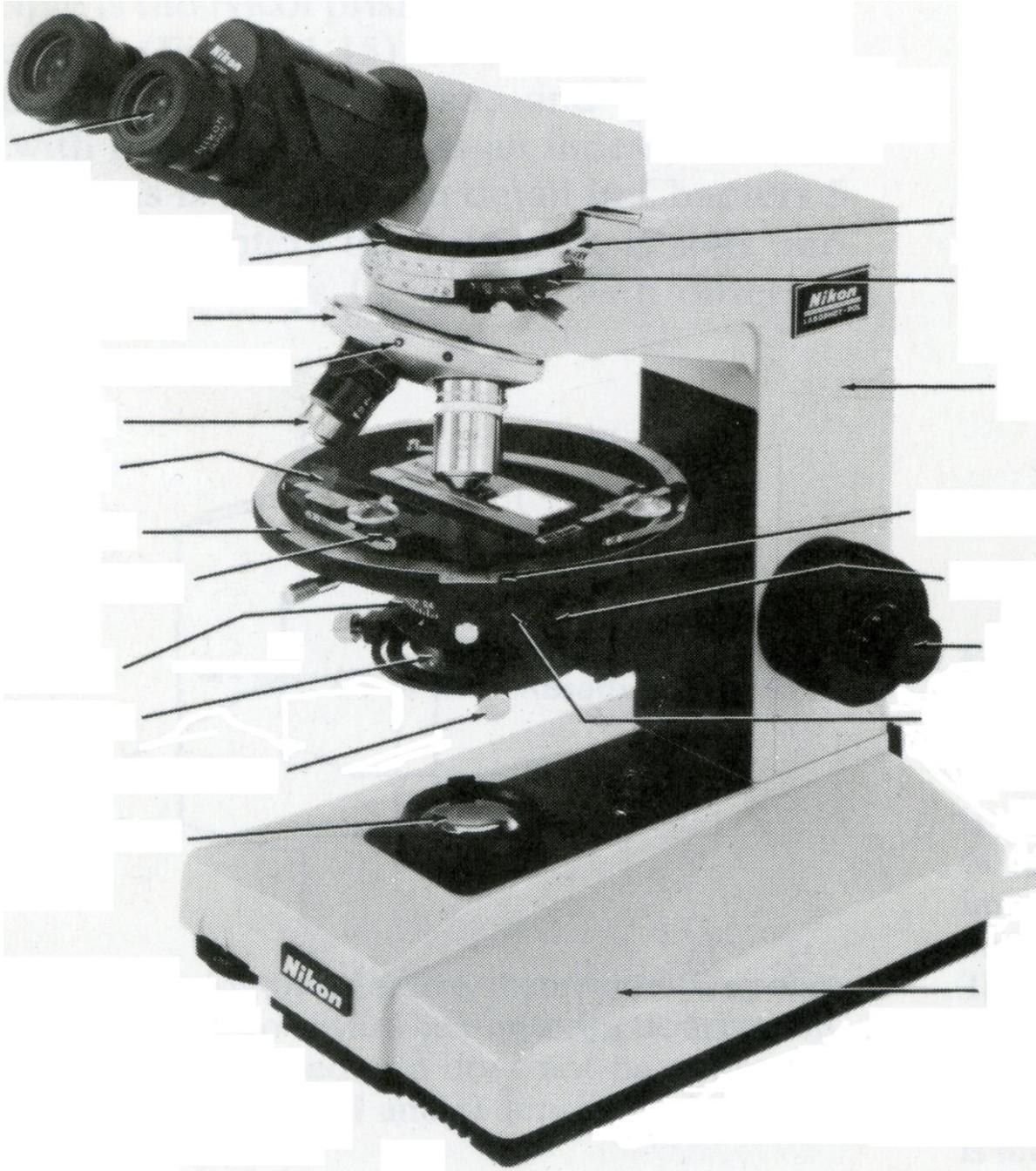
Los oculares utilizados en los microscopio petrográficos son generalmente del tipo Huygens es llamado frecuentemente ocular negativo. El ocular considerado como un todo no tiene campo focal exterior de los lentes de campo. El ocular Ramsden se conoce como ocular positivo el plano focal está situado debajo de dichas lentes y la imagen del objeto dado por el objetivo se forma en este plano.

BRAZO Y BASE.- La construcción de un microscopio consiste de un brazo y base ambos tienen la función de soporte. En los microscopios de tubo vertical el brazo es normalmente conectado a la base por un punto de inclinación los permite estar inclinados.

Los botones de enfocamiento se encuentran incorporados al brazo del microscopio un botón más grande que es usado para el enfocamiento más tosco y uno más pequeño para un enfoque más fino.

TUBO DEL MICROSCOPIO.- En su forma más simple, el tubo del microscopio es un metal recto que separa el objetivo y el ocular. El tubo de la mayoría de los microscopios está como parte del cuerpo del microscopio.

BOTÓN DE ENCENDIDO DE LUZ.- Este botón se usa para encender el sistema de iluminación.





- Francis, P. (1993). Volcanoes a planetary perspective. New York, USA: Oxford University.
- Heinrich, E. (1960). Petrografía microscópica. Barcelona: Ediciones Omega, S. A.
- Hunag, W. (1968). Uteha: Petrología.
- Mackenzie, W. y Guilford, C. (1986). Atlas of rock-forming minerals in thin section. Halsted Press – John Wiley & Sons
- Mackenzie, C. y Donaldson, C. (1982). Atlas of igneous rocks and their textures. Pearson-Prentice Hall.
- Mackenzie, W. y Adams, A. (2001). A color atlas of rocks and minerals in thin section. Manson Publishing
- Gagliuffi, P.M. Revistar y publicaciones. UNMSM.
- Quiñones Lavado, A. Revistar y publicaciones. UNMSM.
- Bartra, R. (1999). Geología del distrito minero Yanacocha (Vol. 1). Monografía de yacimientos peruanos. Historia, exploración y geología.
- Hochschild, L. Yacimientos peruanos.
- Peter, G. (1961). Sobre algunas pegmatitas en el litoral peruano. Revista de UNI.
- Tumialan, P.H. (1978). Compendio de yacimientos minerales del Perú.



Guía de práctica N°7

Elementos del microscopio petrográfico.

La teoría de la luz polarizada.

Sección :Docente: Escribir el nombre del docente

Fecha :/...../2017

Duración: Indica. Tiempo

Instrucciones: Señalar las indicaciones necesarias que deberá tener en cuenta el estudiante para el uso del material

1. **Propósito /Objetivo** (de la práctica):
Conocer los tipos de iluminación
2. **Fundamento Teórico**

ENFOQUE

1. POSICIÓN ORTOSCOPICA CRUZADA.-

Llamada también en Nícoles Cruzados, se refiere a la posición en la que se encuentra insertado el Analizador.

En Nícoles cruzados los planos de vibración del Nicol Superior (Analizador) y el Nicol Inferior (Polarizador Inferior) están en ángulo recto o perpendiculares, es decir sus direcciones privilegiadas están perpendiculares entre sí. Generalmente el plano de vibración del Nicol Superior o Analizador está fijado por el fabricante y solamente es necesario girar el anillo del Nicol Inferior hasta tener un campo completamente oscuro, con ambos Nícoles en la trayectoria de la luz.

2. POSICION CONOSCOPICA.

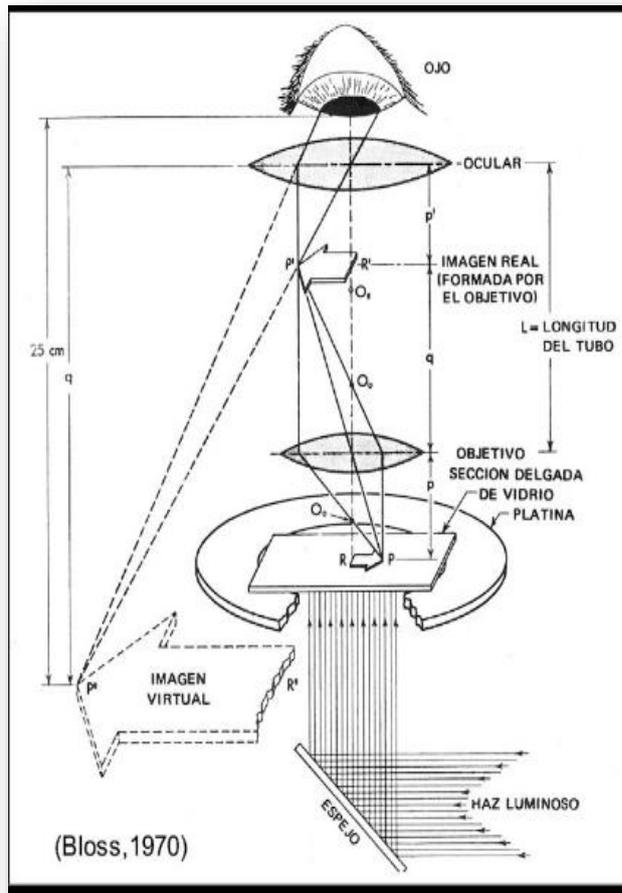
Es aquella posición que además de estar en Nícoles Cruzados es necesario insertar la lente de Bertrand y condensador. El microscopio se comporta como un conoscopio.

En la posición conoscopica el objeto, que está en la platina, queda iluminado por un cono de luz en lugar de haz de rayos de un haz de rayos casi paralelo como ocurre en la posición ortoscopica. Solamente el rayo central del cono incide normalmente, por esta razón los distintos rayos se propagan a lo largo de diferentes direcciones cristalográficas del cristal.

3. POSICION DE OBSERVACION

Comprobación de la perpendicularidad de los hilos de la cruz filar.

Para comprobar la perpendicularidad de los hilos de la cruz filar del ocular del microscopio, se usa una sección delgada que contenga cristales de Biotita, que muestren una exfoliación perfecta la cual se observa como una serie de laminillas paralelas (las Biotitas que tienen exfoliación basal perfecta será un buen ejemplo para desarrollar esta práctica).



PROPIEDADES OTICAS OPACOS

Las propiedades ópticas de los minerales opacos observadas bajo luz reflejada son mas complejas que aquellas de los cristales transparentes observados en luz transmitida .

Para realizar lo observación de las propiedades ópticas de los minerales opacos es necesario el uso de un microscopio de polarización con luz reflejada

A continuación estudiaremos las propiedades ópticas de los minerales opacos desde un punto de vista cualitativo.

Color

Reflectancia

Birreflectancia y 7° pleocroísmo de reflexión

Reflexión interna

Isotropia o anisotropía



CLAVE PARA IDENTIFICACIÓN MICROSCÓPICA DE MINERALES

PROPIEDADES ÓPTICAS

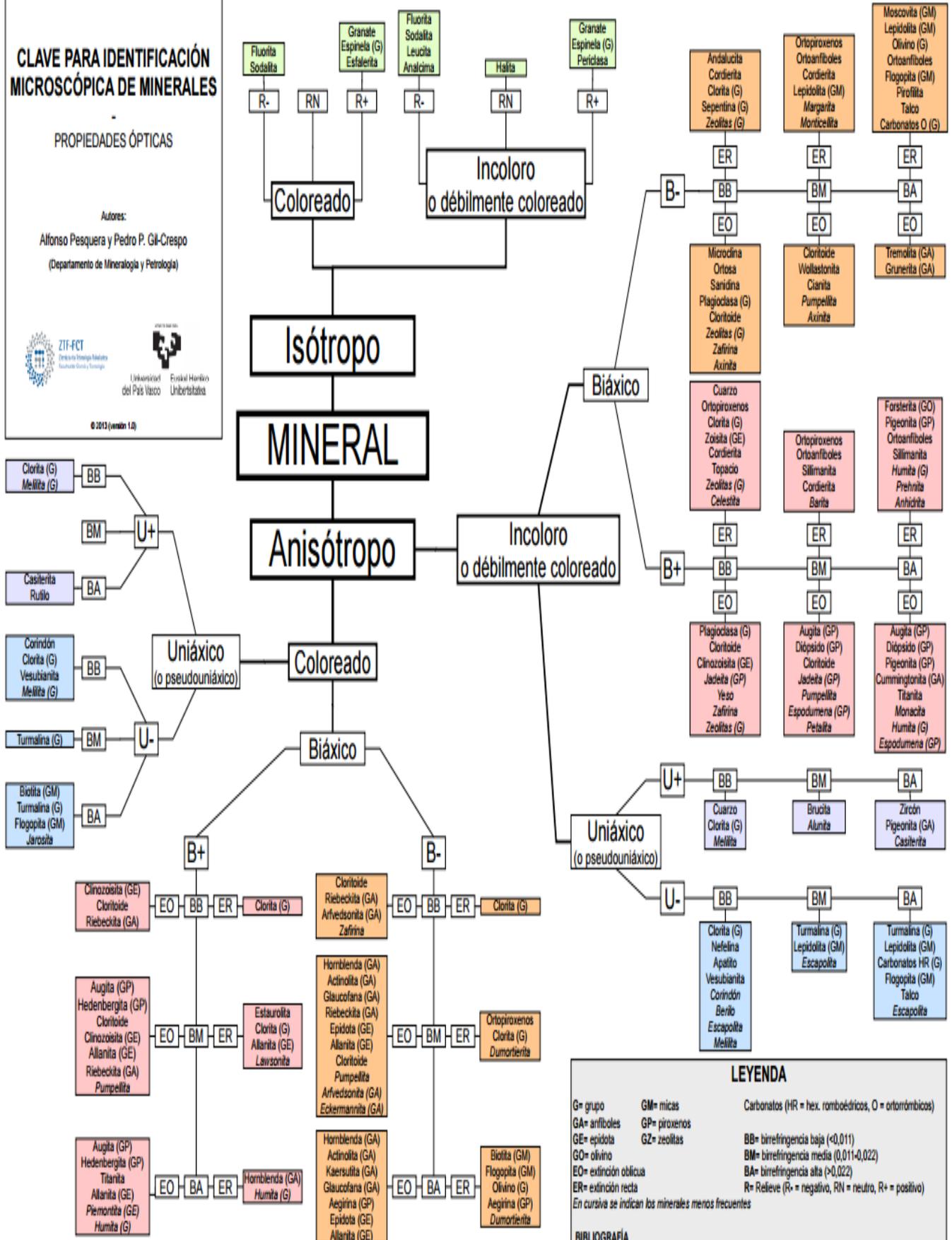
Autores:
Alfonso Pesquera y Pedro P. Gil-Crespo
(Departamento de Mineralogía y Petrología)



Unidad de Investigación

Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

© 2013 (versión 1.0)



LEYENDA

G= grupo GM= micas Carbonatos (HR = hex. romboédricos, O = ortorrómbicos)
 GA= anfíboles GP= piroxenos
 GE= epidota GZ= zeolitas
 GO= olivino
 EO= extinción oblicua BB= birrefringencia baja (<0,011)
 ER= extinción recta BM= birrefringencia media (0,011-0,022)
 BA= birrefringencia alta (>0,022)
 R= Relieve (R- = negativo, RN = neutro, R+ = positivo)
 En cursiva se indican los minerales menos frecuentes

BIBLIOGRAFÍA

DEER, W. A., HOWIE, R. A. y ZUSSMAN, J. (1992), EHLERS, E.G. (1987), NESSE, W.D. (2004), ROUBAULT, M., FABRIES, J., TOURET y WEISBROD, A. (1963), TRÖGER, W. E. (1979)



TABLA PARA DETERMINACIÓN DE TIPOS DE YACIMIENTOS

Muestra	Minerales	Características	Tipos de Yacimientos	Observaciones

- Francis, P. (1993). Volcanoes a planetary perspective. New York, USA: Oxford University.
- Heinrich, E. (1960). Petrografía microscópica. Barcelona: Ediciones Omega, S. A.
- Huang, W. (1968). Uteha.
- MacKenzie, W. and Guilford, C. (1986). Atlas of rock-forming minerals in thin section. Halsted Press – John Wiley & Sons
- Mackenzie, C., Donaldson, C. and Guilford, C. (1982). Atlas of igneous rocks and their textures. Pearson-Prentice Hall.
- Mackenzie, W. and Adams, A (2001). A color atlas of rocks and minerals in thin section. Manson Publishing
- Gagliufi, P.M. Revistar y publicaciones. UNMS.
- Quiñones Lavado, J. Revistar y publicaciones. UNMSM.



Guía de práctica N°8

Propiedades de los minerales opacos

Sección :Docente: Nelida Tantavilca M

Fecha :/...../2017 Duración: Indic60 min. Tiempo

Instrucciones: Leer y seguir las indicaciones del docente para desarrollar la practica

1.-Propósito /Objetivo (de la práctica):

Identificar las propiedades ópticas de los minerales opacos

2.-Fundamento Teórico

Color se refiere a la impresión que produce en la vista los rayos de luz reflejada por un mineral opaco

PROPIEDADES OTICOS OPACOS

Las propiedades ópticas de los minerales opacos observadas bajo luz reflejada son mas complejas que aquellas de los cristales transparentes observados en luz transmitida .

Para realizar lo observación de las propiedades ópticas de los minerales opacos es necesario el uso de un microscopio de polarización con luz reflejada

A continuación estudiaremos las propiedades ópticas de los minerales opacos desde un punto de vista cualitativo.

Color

Reflectancia

Birreflectancia y 7° pleocroísmo de reflexión

Reflexión interna

Isotropia o anisotropía



Color se refiere a la impresión que produce en la vista los rayos de luz reflejada por un mineral opaco

Color es una característica o propiedades mas importantes que tienen el mineralogista y microscopista para identificar los minerales opacos

El color esta relacionados al espectro electromagnético (rayos gamma, rayos x ultravioleta, luz visible ,infrarroja las ondas de radio)Estas ondas se propagan en el vacío a un velocidad común de 3000,000km/seg=velocidad de la luz.

Cada uno tiene pequeña diferencia de longitud de onda (λ) y de frecuencia (f) comparando con su vecino próximo.

La luz visible representa una banda relativamente limitada de longitudes de onda (λ dentro del proceso electromagnético (oscilando de 3900 \AA a 7700 \AA)

Cada longitud de onda de la luz produce una sensación de color diferente y aunque la luz monocromática (es decir la luz que consiste de una sola longitud de onda) en la practica nunca es obtenida verdaderamente esta es producida virtualmente por diferentes fuentes de luz.

El color en minerales opacos depende de la naturaleza de la dispersión de la reflectividad es decir del cambio que experimente la reflectividad al variar la longitud de onda de la luz incidente.

El color de los minerales al microscopio depende de la fuente de luz por lo que siempre se debe de trabajar en análogas condiciones .Tambien depende de calidad del pulido , el color es tanto mas claro, cuanto mejor pulido se halle el mineral, la calcosina deficientemente pulida tiene un color azulado, mientras es casi blanca si esta bien pulida.

La blenda es gris oscura en muestra mal pulida y gris azulada en muestra bien pulida.

REFLEXIONES INTERNAS

Las representan los minerales que no son completamente opacos .la luz se refleja en planos de exfoliación o en microfracturas al interior del mineral muestra diversos colores que son las reflexiones internas importantes en la identificación de un mineral y a que solo una minoría la tiene

El grado de transparencia de un mineral se halla en relación inversa al poder de absorción y reflectividad .Minerales muy reflectivos (R) no suelen presentar reflexiones internas, minerales con reflectividad media (20%R 40%) PUEDEN TENER REFLEXIONES INTERNAS Y LOS MUY POCOS reflectivos

El reconocimiento de minerales opacos, las reflexiones internas tienen el mismo valor que el color del polvo de los minerales o raya .Es preferible observar con nicols cruzados, gran iluminación y con objetivo de inmersión en los minerales más transparentes incluso puede observarse con objetivos en seco

No es una propiedad constante y las secciones deficientemente pulidos los presentan mejor



III REFLECTIVIDAD

La intensidad de la luz que incide sobre un mineral se divide en tres componentes:

$$I = r \text{ (Reflejada)} + t \text{ (Transmitida)} + a \text{ (Absorbida)}$$

En el caso de minerales opacos de un minerales opacos, r es el componente principal y t lo es para los translucidos

La reflectividad de un mineral opaco se expresa como $R = (r/lx)100$ (se expresa en %) R se denomina coeficiente de reflexión .los minerales más claros tienen un 55% o 60% de reflectividad y los grises oscuros (translucidos) 5% o 10%

La birreflección supone que un mineral anisótropo cambia de color o de claridad al ser observado al microscopio en un giro de 90° de la platina.

El coeficiente de reflectividad depende fundamentalmente de dos magnitudes del índice de refracción y del coeficiente de absorción.

Los metales nativos tienen coeficiente de absorción elevada a índices de refracción bajos .El valor de n ejerce poca influencia en el valor del coeficiente de reflexión o reflectividad

La reflectividad depende también de la naturaleza de la luz con que se hacen las observaciones

R=se determina generalmente con luz amarilla y los datos de las tablas suelen referirse a esta clase de luz.

La reflectividad depende también del medio en que se efectúa la observación (aire-agua -aceite)

IV ANISOTROPISMO en petrografía el reconocimiento de las propiedades ópticas tienen importancia esencial. Casi todas las constantes de los minerales transparentes son determinados con luz polarizada. El microscopio metalográfico, las propiedades ópticas no son tan esenciales, debido a la formación de luz polarizada elípticamente y a la complejidad de los fenómenos .que entonces tienen lugar los fenómenos de polarización no deben observarse en grano de grandes dimensiones ya que donde mejor se reconocen es el contacto de granos con diferentes orientaciones y por eso debe observarse en agregados que permiten la observación de varios granos en el campo del microscopio

3.-Equipos, Materiales y Reactivos

Secciones pulidas
Microscopio polarizante
Aceite de inmersión
Objetivos húmedos
Objetivos secos.

**4.-Indicaciones/instrucciones:**

- 1.- reconocer la muestra en una sección pulida
- 2.- limpiar la parte de la superficie de la muestra con alunita y agua en un paño suave
3. llevar al microscopio para para la observación
- 4.- determinar el color
- 5- Identificar si tiene reflectividad interna siguiendo los procedimientos ya indicados en el manual
- 6.- Identificar los tipos de alteración presentes en la muestra
- 7.- Identificación de la dureza de la muestra

MINERAL	INDICE DE REFRACCION	COEFICIENTE DE ABSORCION X	COEFICIENTE DE REFLECTIVIDAD R %
Ag	0,18	20,3	95
Au	0,5	6,2	83

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Francis, P. (1993). Volcanoes a planetary perspective. New York, USA: Oxford University.
- Heinrich, E. (1960). Petrografía microscópica. Barcelona: Ediciones Omega, S. A.
- Huang, W. (1968). Uteha.
- MacKenzie, W. and Guilford, C. (1986). Atlas of rock-forming minerals in thin section. Halsted Press – John Wiley & Sons
- Mackenzie, C., Donaldson, C. and Guilford, C. (1982). Atlas of igneous rocks and their textures. Pearson-Prentice Hall.
- Mackenzie, W. and Adams, A (2001). A color atlas of rocks and minerals in thin section. Manson Publishing
- Gagliufi, P.M. Revistar y publicaciones. UNMS.
- Quiñones Lavado, J. Revistar y publicaciones. UNMSM.



Guía de práctica N°9

Identificación de las propiedades de los minerales opacos

Sección :Docente: Nelida Tantavilca Martinez

Fecha :/...../2017 Duración: Indica.40 m Tiempo

Instrucciones: Señalar las indicaciones necesarias que deberá tener en cuenta el estudiante para el uso del material

1.-Propósito /Objetivo (de la práctica):

Identificación de los minerales opacos

2.-Fundamento Teórico:

El método más exacto para medir la dureza consiste en utilizar un microdurímetro, aparato o accesorio dotado de un indentador con una punta de diamante, que hace un agujero de sección cuadrada o rómbica en el mineral. La longitud promedio de las diagonales indica en las correspondientes tablas, un número de la escala de "Vickers", tratándose de un método bastante empleado en nuestro medio. En trabajos rutinarios o con minerales de identificación no muy complicada, como es el caso de estas prácticas para estudiantes, hay otros métodos más sencillos y de gran utilidad.

a) Rayas de Pulido : Como se ve el siguiente gráfico algunas rayas que se producen en el proceso de pulido, se marcan solo o más profundamente en el material más blando, con lo que una observación cuidadosa nos daría valores relativos de dureza.

b) Línea de Luz : El límite entre dos minerales de diferente "microdureza" en sección vertical, es un plano inclinado formado por los efectos de corte y relleno del proceso del pulido. Si observamos dicho límite con un aumento medio o alto, y desenfocamos separando o acercando el lente objetivo respecto a la superficie de la muestra, se observa una línea de luz que se mueve hacia el material blando en el primer caso y hacia la zona del material duro en el segundo.

c) otras observaciones que nos permiten estimar la dureza relativa de los materiales son:

1.- bordes oscuros: producidos por diferencias marcadas en el relieve y dureza de minerales vecinos ;la vista puede acostumbrarse a reconocer los planos de alto, bajo relieve que corresponde a los materiales más duros y más blandos respectivamente

2.- cuando el pulido no ha sido muy eficiente ,minerales extremadamente duros como es el caso de la pirita ,resaltan los defectos de pulido que consiste en desniveles a manera de hoyos en la superficie del mineral

REFLECTIVIDAD

Si bien la cuantificación de esta propiedad requiere de un reflectómetro aún no disponible en nuestro medio , es posible hacer una estimación comparando con algún mineral conocido presente en la muestra.



3.-Equipos, Materiales y Reactivos

Secciones pulidas
Microscopio polarizante
Aceite de inmersión
Objetivos húmedos
Objetivos secos.

4.-Indicaciones/instrucciones:

Hay diversas tablas disponibles donde las propiedades de color ,reflectividad, birreflectancia, anisotropía ,reflejos internos y dureza indican uno o varios minerales como solución posible .Aquí debemos tener en cuenta dos criterios.

1.- En el microscopio de luz reflejada las propiedades de reflectividad y color de los materiales veinos se influyen mutuamente, por ejemplo la pirita a lado de la esfarelita aparece muy luminosa y al lado del oro se le ve muy grisácea. Se debe de considerar a fin de evitar errores.

2.-A los parámetros que aparecen en la tabla es necesario agregar observaciones como: alteración, texturas ,asociaciones ,formas cristalinas etc.

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

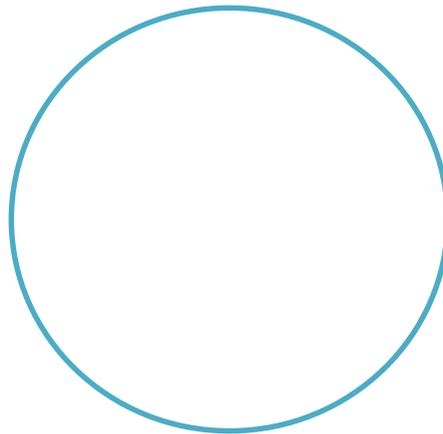
- Francis, P. (1993). Volcanoes a planetary perspective. New York, USA: Oxford University.
- Heinrich, E. (1960). Petrografía microscópica. Barcelona: Ediciones Omega, S. A.
- Huang, W. (1968). Uteha.
- MacKenzie, W. and Guilford, C. (1986). Atlas of rock-forming minerals in thin section. Halsted Press – John Wiley & Sons
- Mackenzie, C., Donaldson, C. and Guilford, C. (1982). Atlas of igneous rocks and their textures. Pearson-Prentice Hall.
- Mackenzie, W. and Adams, A (2001). A color atlas of rocks and minerals in thin section. Manson Publishing



RECONOCIMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UNA DE UNA SECCION PULIDA

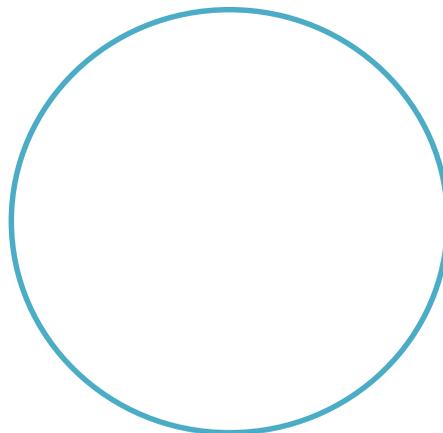
1.- indicar los minerales observados primarios

Minerales esenciales y secundarios



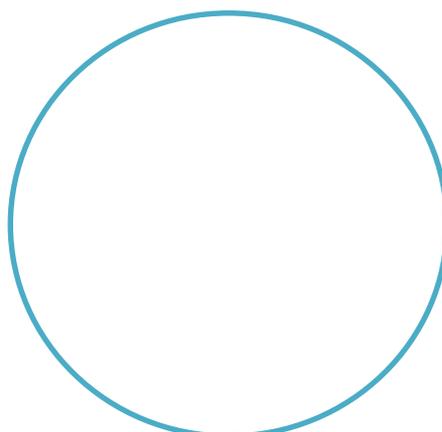
2.-Indicar los minerales que están siendo alterados

Minerales alterados de la muestra



3.-Se trabaja con la tabla de colores para determinar cada mineral

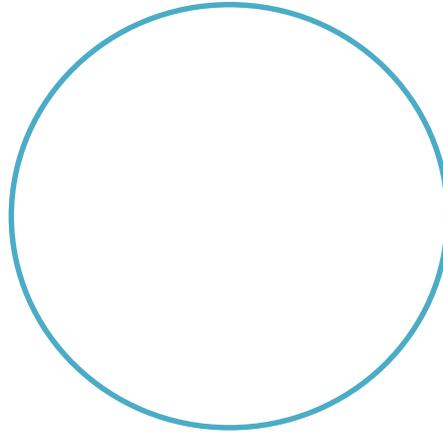
Color de cada mineral observado





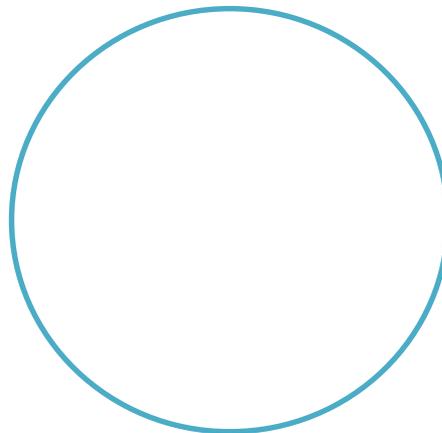
4.-Se busca la dureza conocida de un mineral para realizar la comparación y luego determinar.

Indicar la dureza de un mineral conocido

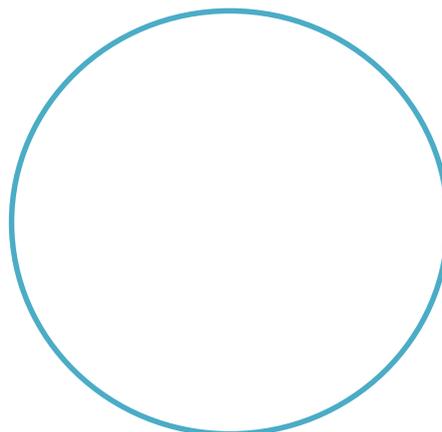


5.- se pone la muestra al microscopio luego se gira la platina 90° y nos dará el color de anisotropía si es un mineral anisótropo.

Indicar la birreflección del mineral



Identificación de minerales anisotropicos





Guía de práctica N°10

Cálculo de reservas de minerales

Sección :Docente: Nelida Tantavilca Martinez
Fecha :/...../2017 Duración: Indica. Tiempo

Instrucciones: Seguir las indicaciones del docente para seguir el desarrollo de la práctica indicaciones necesarias que deberá tener en cuenta el estudiante para el uso del material

1.-Propósito /Objetivo (de la práctica):

El estudiante mediante datos de planos de muestreo y geológicos, pueda estimar las reservas minerales de un yacimiento .y conocer las reservas y el tiempo de vida de una mina y el valor económico

2.-Fundamento Teórico:

CLASIFICACION DEL MINERAL

SEGÚN LA CERTEZA

Probado.-cuando el coeficiente de certeza es 1y no existe virtualmente ningún riesgo de discontinuidad entre las caras muestreadas, El bloque de mineral que puede tener 1, 2,3, o 4 lados en los cuales se h hecho un muestreo sistemático.

Probable. - el coeficiente de certeza o factor de continuidad aplicable al tonelaje del mineral probable es de 0,75. Tiene suficientes evidencias geológicas para suponer la continuidad y generalmente es continuo al mineral.

Prospectivo (posible). -El coeficiente de certeza es de 0,5 es aquel mineral cuyo tonelaje y leyes estimadas e basan en el conocimiento geológico del yacimiento, por medio de curvas de isovalores o cocientes metálicos, sondajes diamantinos o áreas de influencia cercanas a bloques probados o probables

Potencial. -su coeficiente de certeza no es mayor de 0,25 y la estimación se basa en el carácter geológico del yacimiento y por estudios indirectos como rocas favorables, relación con minas vecinas. Se puede considerar como potenciales los minerales marginales mineral con problemas de recuperación metalurgia, mineral inaccesible, etc.

SEGÚN SU ACCECIBILIDAD

Accesible.- Es todo mineral que tiene infraestructura básica para su preparación y posterior explotación.

Eventualmente Accesible.- son aquellos que no están expedidos para su inmediata explotación, **necesitan** labores adicionales o tienen acceso truncado por derrumbes

Inaccesibles.-Es el mineral que para ser explotado se necesita desarrollar infraestructura básica

SEGÚN SU VALOR ECONOMICO

Económico.-cuando con la infraestructura existente puede obtenerse productos aceptados en el mercado y porque su valor excede a los gastos directos, indirectos, depreciación, gastos financieros, lo cual genera ganancias a los dueños del yacimiento.



Marginal.-Es cuando el mineral cubre los gastos directos incluyendo regalías pero no los gastos indirectos .Su operación no da utilidad pero ayuda a disminuir las perdidas por gastos fijos e indirectos no .es te mineral con el aumento de los precios de los metales en el mercado internacional o reducción a los costos de explotación pueden convertirse en económicos .

Submarginal.-el valor del mineral no cubre los gastos indirectos y es muy remoto que al mejorar los parámetros económicos puedan convertirse en reservas económicas.

3.-Equipos, Materiales y Reactivos

Secciones pulidas
Microscopio polarizante
Equipo de sacar testigos
Petrotomo cortadora
Equipo de sacar testigos

4.-Indicaciones/instrucciones:

1.- separa los diferentes blocks se realizan tramos en función del valor económico, es decir de acuerdo a la valoración de las leyes.

2.- la longitud debe ser de acuerdo lo establecido por los departamentos de geología y minas para tajeos estándares, claro está que prima siempre el valor económico. los tajeos pueden ser de 50,60,80,100m. pero debe de tener en cuenta que los tajeos no pueden ser menores de 15 m.

3.-la altura se puede considerar 1/5 de la longitud, esta altura es aplicable cuando no existen controles contrarios de carácter estructural y/o litológico.

4.-el ancho del block tendrá como límite inferior el ancho mínimo de explotación que será de 0.8m y para el ancho máximo se le aplicara una sobrerotura de 20cm (ejemplo si el ancho de la veta es de 1.5m, entonces el ancho del block será de 1.7m).

5.- se desarrollará a manera de ejemplo un ejerció sobre cálculo de reservas

6.-se les asignara a los alumnos, leyes de la mina y planos para que efectué en forma sistemática el cálculo de reservas hasta conocerla vida de la mina.

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- Best, M. (2003). Igneous and Metamorphic Petrology, second edition. Blackwell Science Ltda.
- Blatt, H., Tracy, R. y Owens, B. (2006), Petrology igneous, sedimentary and metamorphic (3a ed.). W. H. Freeman and Company, NY
- Bonewitz, R. (2008). Rock and gem. DK Publishing. Smithsonian Institution.
- Brousse, R. (1981). Petrología, en tratado de geología.
- Castro, A. (1989). Petrografía básica. Paraninfo.
- Castroviejo, R. (1999). Fundamentos de petrografía. Programa ALFA. UE/DGI. Universidad Politécnica de Madrid.
- Guadalupe, E. (2005). Guía de prácticas de geología de minas . Lima: PUCP