



UNIVERSIDAD NACIONAL
"JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION"

VICERRECTORADO ACADEMICO

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA

MODALIDAD PRESENCIAL

SILABO POR COMPETENCIA

CURSO:

**CONCENTRACION Y FLOTACIÓN DE
MINERALES**

I.-DATOS GENERALES

LÍNEA DE CARRERA	METALURGIA EXTRACTIVA
SEMESTRE ACADEMICO	2026-I
CÓDIGO DEL CURSO	401
CREDITOS	04
HORAS SEMANALES	HRS.TOTALES: 06 TEORICAS: 02 PRACTICAS: 04
CICLO	VII
SECCION	B
DOCENTE	ING.CAMONES HARO FRANCIS ROBERTH
CORREO INST.	fcamones@unjfsc.edu.pe
CELULAR	958870774

II.-SUMILLA

El curso de concentración y flotación de minerales del VII ciclo de Ingeniería Metalúrgica, es una materia que está en la línea de carrera de Metalurgia Extractiva, y se imparte para dotar al egresado, de los conocimientos necesarios para aplicar los métodos adecuados para la obtención de los concentrados de calidad para comercializarlos sin ningún inconveniente.

La asignatura en mención desarrolla en el estudiante los conocimientos de la ciencia metalúrgica, los minerales, características, y su ubicación en el circuito minero-metalúrgico; así mismo, las capacidades y competencias se enmarcan dentro del perfil de la carrera de Ingeniería Metalúrgica.

Competencia: Comprende, analiza, explica, y prepara las diversas operaciones que implica el tratamiento de los minerales, desde el primer tratamiento hasta su separación macroscópica final.

Esta materia se ha programado en 16 semanas, 16 sesiones de clase y la sumilla lo componen los siguientes contenidos: (I) Introducción, muestras de minerales y caracterización, Chancado II) Molienda y clasificación de minerales. (III) Concentración, sedimentación y filtración (IV) Cálculos metalúrgicos, secado, calcinación, aglomeración.

III. CAPACIDADES AL FINALIZAR EL CURSO

	CAPACIDAD DE LA UNIDAD DIDACTICA	UNIDAD DIDACTICA	SEMANAS
UNIDAD I	Describe los conocimientos básicos de la metalurgia, así como los minerales, características, clases, de igual manera sobre las muestras de minerales y su caracterización para los procesos metalúrgicos y se someten a las operaciones de chancado.	INTRODUCCION, MUESTRA DE MINERALES Y CARACTERIZACION, CHANCADO	1-4
UNIDAD II	Es la segunda etapa de la conminución de los minerales, es decir están listos para el proceso de liberación completa de las partículas valiosas de las no valiosas, hecho que se realizan en los molinos primarios y secundarios, complementando con los clasificadores mecánicos y los hidrociclones con sus respectivos cálculos.	MOLIENDA Y CLASIFICACION.	5-8
UNIDAD III	Fundamenta y explica los conceptos, de la concentración mediante los reactivos de flotación en las celdas de flotación y que se adicionan en los diferentes puntos en el diagrama de flujo y así obtener la máxima cantidad de concentrados, luego para eliminar agua se pasa a los espesadores y los filtros.	CONCENTRACION, SEDIMENTACION Y FILTRACION	9-12
UNIDAD IV	Al final de la operación de conminución de minerales, y su concentración, hay que hacer el balance de materia a través de los cálculos metalúrgicos tanto de los minerales monometálicos y los polimetálicos, y determinamos los rendimientos y recuperaciones de las operaciones metalúrgicas, luego se somete a los concentrados a las operaciones de secado, y para las operaciones de fundición los concentrados pasan por las operaciones de calcinación y aglomeración.	CALCULOS METALURGICOS, SECADO, CALCINACION AGLOMERACION	13-16

IV. INDICADORES DE CAPACIDADES AL FINALIZAR EL CURSO

Nº	INDICADORES DE CAPACIDAD AL FINALIZAR EL CURSO
1	Explica la relación con otras ciencias y cual es la importancia en el procesamiento de minerales.
2	Identifica las etapas más concretas para el procesamiento de minerales más comunes.
3	Detalla los diferentes equipos en los diagramas de flujo de sección chancado.
4	Explica las razones para usar las ecuaciones respectivas del postulado de Bond.
5	Identifica las diferentes partes del molino tanto de bolas como de barras
6	Compara las velocidades críticas con la de operación de los molinos, para obtener molienda.
7	Explica porque se obtiene molienda con la velocidad de operación del molino.
8	Interpreta los diferentes diagramas de flujo de sección molienda, así como los resultados del balance de materia.
9	Contrasta los factores para una buena flotación con el resultado final de los concentrados.
10	Explica el uso de cada uno de los reactivos de flotación en cada operación particular.
11	Evalúa los diferentes circuitos de flotación de acuerdo al mineral particular procesado.
12	Propone el espesador más idóneo y el filtro más conveniente, para una operación de concentración particular.
13	Obtiene datos de los diferentes cálculos metalúrgicos de minerales monometálicos existentes
14	Compara las diferentes técnicas usadas para realizar los diferentes cálculos metalúrgicos de los diferentes minerales polimetálicos del Perú.
15	Identifica las diversas técnicas para realizar los cálculos metalúrgicos de los minerales polimetálicos.
16	Evalúa la calidad de los concentrados para su comercialización.

V.- DESARROLLO DE LAS UNIDADES DIDACTICAS:

UNIDAD DIDACTICA I	CAPACIDAD DE LA UNIDAD DIDÁCTICA I: En esta unidad se estudia los aspectos generales de la metalurgia, y su aplicación en los proyectos mineros que se encuentran en el Perú.					
	Semana	Contenidos			Estrategia didáctica	Indicadores de logro de la capacidad
		Conceptual	Procedimental	Actitudinal		
	01	Conceptos de metalurgia y su relación con otra ciencia. 1. Minerales. Concepto, clases, minerales más comunes en Perú.	Estudiar la ciencia metalúrgica y los minerales.	• Aplicar los conocimientos para el procesamiento de los minerales.	• Exposición:Uso de Google meet • Debate dirigido:Foros, chat • Lecturas:Uso de repositorios digitales • Lluvia de ideas:Foros, chat	• Explica la relación con otras ciencias y cual es la importancia en el procesamiento de minerales. • Identifica las etapas más concretas para el procesamiento de minerales más comunes. • Detalla los diferentes equipos en los diagramas de flujo de sección chancado. • Explica las razones para usar las ecuaciones respectivas del postulado de Bond.
	02	Planta concentradora, concepto, ubicación, etapas de la concentración de los minerales. Chancadoras, clases: primarias, secundarias y terciarias.cálculos	Esquematizar las etapas del procesamiento de minerales, y chancadoras.	• Debatir sobre las etapas del procesamiento de minerales.		
	03	Diagramas de flujo sección chancado. Tolvas, cálculos	Representar las operaciones en los diagramas de flujo sección chancado.	• Plasmar las operaciones del procesamiento en los diagramas de flujo.		
04	Postulados empíricos sobre conminución . Zarandas vibratorias Fajas transportadoras.	Obtener información sobre los postulados empíricos sobre conminución., fajas y zarandas vibratorias.	• Aplicar las fórmulas de los postulados a las operaciones industriales.			
		EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA				
		EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS	EVIDENCIA DE PRODUCTO		EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	
		-Estudios de casos -Cuestionarios	-Trabajos individuales y/o grupales -Soluciones a ejercicios propuestos		-Participación activa respondiendo a los aspectos generales de la metalurgia.	

CAPACIDAD DE LA UNIDAD DIDÁCTICA II: En esta unidad se trata sobre las características de la molienda y los clasificadores, dentro de la sección molienda para obtener una pulpa de calidad.						
UNIDAD DIDACTICA II	Semana	Contenidos			Estrategia didáctica	Indicadores de logro de la capacidad
		Conceptual	Procedimental	Actitudinal		
	05	Molienda, concepto, molinos, clases, molino de bolas, molino de barras, partes de un molino.	Emplear la bibliografía especializada para tener los conocimientos sobre la molienda	• Utilizar los conceptos para usar los molinos adecuados para las operaciones. • Proponer el uso de las velocidades de operación reales de los molinos para hacer molienda. • Usar los clasificadores más adecuados para obtener una pulpa mineral • Realizar cálculos del balance de materia.	• Exposición:Uso de Google meet. • Debate dirigido:Foros, chat • Lecturas:Uso de repositorios digitales • Lluvia de ideas:Foros, chat.	• Identifica las diferentes partes del molino tanto de bolas como de barras. • Compara las velocidades críticas con la de operación de los molinos, para obtener molienda. • Explica porque se obtiene molienda con la velocidad de operación del molino. • Interpreta los diferentes diagramas de flujo de sección molienda, así como los resultados del balance de materia.
	06	Velocidad crítica de un molino elementos molturantes, dimensiones cálculos de carga a un molino.	Estudiar los diferentes tipos de molinos con sus velocidades críticas y de operación.			
	07	Clasificación, definición, clasificadores, mecánicos y los hidrociclones, cálculos.	Identificar los diferentes tipos de clasificadores usados en la industria.			
	08	Diagrama de flujo sección molienda, balance de materia en sección molienda, cálculos	Plasmar las operaciones de sección molienda en un dibujo, y hacer los balances de materia, para saber si la molienda está operando bien.			
		EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA				
		EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS	EVIDENCIA DE PRODUCTO	EVIDENCIA DE DESEMPEÑO		
		-Estudios de casos -Cuestionarios	-Trabajos individuales y/o grupales -Soluciones a ejercicios propuestos	- Participación activa respondiendo a las características de la molienda.		

CAPACIDAD DE LA UNIDAD DIDÁCTICA III: En esta unidad se describe las características de la concentración de los minerales, los reactivos de flotación, clases, así mismo como la sedimentación y la filtración de los concentrados ,listos para su comercialización.						
UNIDAD DIDACTICA III	Semana	Contenidos			Estrategia didáctica	Indicadores de logro de la capacidad
		Conceptual	Procedimental	Actitudinal		
	09	Flotación por espuma, definición, mecanismo de flotación, factores para una buena concentración.	Estudiar el fenómeno de la flotación y su evolución en el tiempo.	• Aplicar los conocimientos a la técnica de flotación por espuma.	• Exposición:Uso de Google meet • Debate dirigido:Foros, chat. • Lecturas:Uso de repositorios digitales • Lluvia de ideas:Foros, chat.	• Contrasta los factores para una buena flotación con el resultado final de los concentrados. • Explica el uso de cada uno de los reactivos de flotación en cada operación particular. • Evalúa los diferentes circuitos de flotación de acuerdo al mineral particular procesado. • Propone el espesador más idóneo y el filtro más conveniente, para una operación de concentración particular.
	10	Reactivos de flotación, xantatos, espumantes, modificadores, diagrama de flujo de adición de reactivos.	Estudiar los diferentes tipos de reactivos de flotación y su aplicación.	• Aplicar los conocimientos para el uso correcto de los reactivos de flotación.		
	11	Circuitos de flotación, tipos de flotación, cálculos celdas de flotación, acondicionamiento de pulpa, cálculos.	Comparar y evaluar los circuitos de flotación, tipos de flotación y celdas de flotación.	• Proponer los circuitos de flotación adecuados para la operación de concentración.		
12	Sedimentación, definición, espesadores, filtración definición, clases de filtros Evaluación	Conocer sobre el mecanismo de sedimentación y diseñar los espesadores y los filtros.	• Seleccionar el espesador más adecuado .			
		EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA				
		EVIDENCIA DE CONOCIMIENTO	EVIDENCIA DE PRODUCTO		EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	
		-Estudios de casos. -Cuestionarios.	-Trabajos individuales y/o grupales -Soluciones a ejercicios propuestos		- Participación activa respondiendo a las características de la concentración de los minerales.	

CAPACIDAD DE LA UNIDAD DIDÁCTICA IV: En esta unidad se determina el balance de materia realizando los cálculos metalúrgicos para ver si la operación ha sido buena, y calcular las recuperaciones, igualmenmte se tiene los conocimientos de las operaciones de secado, tostación y aglomeración.						
UNIDAD DIDACTICA IV	Semana	Contenidos			Estrategia didáctica	Indicadores de logro de la capacidad
	Conceptual	Procedimental	Actitudinal			
	13	Cálculos metalúrgicos para un mineral monometálico: un concentrado y un relave. Problemas	Determinar los resultados de las diferentes operaciones de minerales monometálicos.	• Proponer las ecuaciones de los cálculos para el tratamiento de otros minerales monometálicos. • Estudiar técnicas para los diferentes cálculos metalúrgicos de minerales polimetálicos • Aplicar técnicas de computación para los cálculos. • Proponer las técnicas de secado de los concentrados..	• Exposición :Uso de Google meet • Debate dirigido:Foros, chat. • Lecturas>:Uso de repositories digitales • Lluvia de ideas:Foros, chat.. .	• Obtiene datos de los diferentes cálculos metalúrgicos de minerales monometálicos existentes. • Compara las diferentes técnicas usadas para realizar los diferentes cálculos metalúrgicos de los diferentes minerales polimetálicos del Perú. • Identifica las diversas técnicas para realizar los cálculos metalúrgicos de los minerales polimetálicos. • Evalúa la calidad de los concentrados para su comercialización.
	14	Cálculos metalúrgicos para minerales polimetálicos: dos concentrados y un relave.	Determinar, los resultados de las diferentes operaciones de minerales polimetálicos			
	15	Cálculos metalúrgicos para minerales polimetálicos: tres concentrados y un relave.	Obtener los resultados de las diferentes operaciones de minerales polimetálicos			
16	Secado, tostación y aglomeración de concentrados Evaluación	Identificar y estudiar el comportamiento de los concentrados minerales en las operaciones de secado, tostación y aglomeración.				
		EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA				
		EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS	EVIDENCIA DE PRODUCTO			EVIDENCIA DE DESEMPEÑO
		-Estudios de casos -Cuestionarios	-Trabajos individuales y/o grupales -Soluciones a ejercicios propuestos			- Participación activa respondiendo a los cálculos metalúrgicos a través de un balance de materia.

VI. MATERIALES EDUCATIVOS Y OTROS RECURSOS DIDÁCTICOS

Los materiales educativos y recursos didácticos que se utilizarán en el desarrollo del presente curso

1.-MEDIOS Y PLATAFORMAS VIRTUALES

- Casos prácticos
- Pizarra interactiva
- Videos.
- Repositorios de datos

2.-MEDIOS INFORMATICOS:

- Computadora.
- Tablet
- Celulares.
- Internet.

VII. EVALUACIÓN

La Evaluación es inherente al proceso de enseñanza aprendizaje y será continua y permanente. Los criterios de evaluación son de conocimiento, de desempeño y de producto.

1. Evidencias de Conocimiento.

La Evaluación será a través de pruebas escritas y orales para el análisis y autoevaluación. En cuanto al primer caso, medir la competencia a nivel interpretativo, argumentativo y propositivo, para ellos debemos ver como identifica (describe, ejemplifica, relaciona, reconoce, explica, etc.); y la forma en que argumenta (plantea una afirmación, describe las refutaciones en contra de dicha afirmación, expone sus argumentos contra las refutaciones y llega a conclusiones) y la forma en que propone a través de establecer estrategias, valorizaciones, generalizaciones, formulación de hipótesis, respuesta a situaciones, etc.

En cuanto a la autoevaluación permite que el estudiante reconozca sus debilidades y fortalezas para corregir o mejorar.

Las evaluaciones de este nivel serán de respuestas simples y otras con preguntas abiertas para su argumentación.

2. Evidencia de Desempeño.

Esta evidencia pone en acción recursos cognitivos, recursos procedimentales y recursos afectivos; todo ello en una integración que evidencia un saber hacer reflexivo; en tanto, se puede verbalizar lo que se hace, fundamentar teóricamente la practica y evidenciar un pensamiento estratégico, dado en la observación en torno a como se actúa en situaciones impredecibles.

La evaluación de desempeño se evalúa ponderando como el estudiante se hace investigador aplicando los procedimientos y técnicas en el desarrollo de las clases a través de su asistencia y participación asertiva.

3. Evidencia de Producto.

Están implicadas en las finalidades de la competencia, por tanto no es simplemente la entrega del producto, sino que tiene que ver con el campo de acción y los requerimientos del contexto de aplicación.

La evaluación de producto de evidencia en la entrega oportuna de sus trabajos parciales y el trabajo final.

Además, se tendrá en cuenta la asistencia como componente del desempeño, el 30% de inasistencia inhabilita el derecho de evaluación.

VARIABLES	PONDERACIONES	UNIDADES DIDACTICAS DENOMINADAS MODULOS
Evaluación de Conocimiento.	30%	El ciclo académico comprende 4 Módulos.
Evaluación de Producto.	35%	
Evaluación de Desempeño.	35%	

Siendo el promedio final (PF), el promedio simple de los promedios ponderados de cada modulo (PM1, PM2, PM3, PM4).

$$PF = \frac{PM1 + PM2 + PM3 + PM4}{4}$$

VIII. BIBLIOGRAFÍA

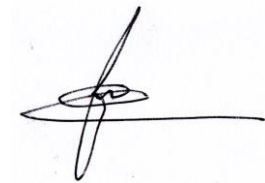
8.1.-Fuentes bibliográficas

- 1.-José Manzaneda Cábala,(2016) "Procesamiento de minerales", Lima.
- 2.-Taggart A.F., (2015)"Elementos de procesamiento de minerales".
- 3.-Iván Quiroz Núñez, (2016)"Ingeniería metalúrgica", Lima, Perú.
- 4.-Porras Castillo David, (2015)"Procesamiento de minerales", Lima.
- 5.-Juan H. Rivera Zevallos,(2015) "Compendio de conminución", CONCYTEC.
- 6.-Alexander Sutulov; (2014)"Flotación de minerales", U. Concepción,Chile.
- 7.-Julio B. Rubinstein, (2016)"Flotación en columna: Proceso, diseño y práctica",Ed.,Moscú.
- 8.-Fernando Concha A. PH D.,(2015) "Manual de filtración y separación", CETEM, Concepción, Chile.

8.2.-Fuentes electrónicas

- 1.-<http://site.ebrary.com/lib/upnortesp/detail.action?docID=10353048&p00=iriondo+martin>
- 2.-<Httpa://es.wikipedia.org/wiki/Geodinamica>

Huacho, marzo del 2026.



.....
Ing. Camones Haro, Francis
CIP 235218