

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA
SÍLABO DEL CURSO METALURGIA II

I.- DATOS GENERALES

1.1 Asignatura	: METALURGIA II
1.2 Código	: IESP59
1.3 Carácter	: Electivo
1.4 Requisito	: Metalurgia I
1.5 Ciclo	: IX
1.6 Semestre Académico	: 2022-B
1.7 N° Horas de Clase	: 4 horas semanales HT: 2 horas / HL: 02 horas
1.8 N° de Créditos	: 03
1.9 Duración	: 17 SEMANAS
1.10 Docente	: MSc. Hector Ricardo Cuba Torre hrcubat@unac.edu.pe
1.11 Modalidad	: Teoría Virtual y Laboratorio Presencial.

II. SUMILLA:

La asignatura de Metalurgia II pertenece a Estudios del área de formación especializada profesional, es de naturaleza teórico-práctico y de carácter electivo. Tiene como propósito capacitar al estudiante que utilice los conceptos básicos de los procesos de extracción de minerales, cuantificar las variables y usar adecuadamente las herramientas para los procesos y operaciones de la metalurgia para obtener resultados con rendimientos económicos adecuados a menor costo, optimizando el procedimiento.

El contenido del curso se organiza por unidades, Hidrometalurgia: Fundamentos teóricos de química de soluciones aplicados a la hidrometalurgia, procesos de disolución en hidrometalurgia. Lixiviación de metales. Lixiviación de minerales oxidados y sulfurados. Procesos de purificación y concentración en hidrometalurgia. Intercambio iónico. Extracción por solventes. Procesos de precipitación y recuperación en hidrometalurgia. Procesos electrolíticos y electrodeposición.

III. COMPETENCIAS A LAS QUE APORTA

3.1. Competencias Generales

CG1. Comunicación.

Transmite información que elabora para difundir conocimientos de su campo profesional, a través de la comunicación oral y escrita, de manera clara y

correcta; ejerciendo el derecho de libertad de pensamiento con responsabilidad.

CG2. Trabajo en equipo.

Trabaja en equipo para el logro de los objetivos planificados, de manera colaborativa; respetando las ideas de los demás y asumiendo los acuerdos y compromisos.

CG3. Pensamiento crítico.

Resuelve problemas, plantea alternativas y toma decisiones, para el logro de los objetivos propuestos; mediante un análisis reflexivo de situaciones diversas con sentido crítico y autocrítico y asumiendo la responsabilidad de sus actos.

3.2. Competencias Específicas

- a. Aplica las habilidades, conocimientos y actitudes necesarias para dirigir, controlar, supervisar las operaciones y procesos metalúrgicos en plantas metalúrgicas.
- b. Aprende a manejar las variables relacionadas con la metalurgia extractiva con eficiencia para realizar trabajos sobre investigaciones metalúrgicas.
- c. Complementa sus conocimientos de la metalurgia, para realizar evaluaciones económicas de nuevos proyectos metalúrgicos.
- d. Recibe entrenamiento en laboratorio experimental para la obtención de metales a partir de los minerales.

Eje transversal. Trabajo en equipo, con responsabilidad, honestidad y puntualidad en sus trabajos asignados. Práctica la cultura ambiental.

IV. COMPETENCIAS DEL CURSO

1. Conoce los principios fundamentales de los procesos de lixiviación, concentración y purificación en la hidrometalurgia aplicada en la extracción de minerales.
2. El estudiante podrá analizar de las principales propiedades que afectan los procesos hidrometalúrgicos.
3. Se actualiza, se organiza con los últimos avances de los procesos hidrometalúrgicos y proyecciones en la industria minera
4. Realiza cálculos de dimensionamientos de los procesos hidrometalúrgicos para el diseño de plantas industriales del sector minero.

V. ORGANIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE

UNIDAD 1 INTRODUCCION Y EVOLUCION DE LA HIDROMETALURGIA E IMPORTANCIA ECONOMICA EN PERU.				
<p>Logro de Aprendizaje</p> <p>Analiza, Infiere e interpreta los procesos de hidrometalúrgicos con relación a la ingeniería química.</p>				
Semana N°	Contenidos	Actividades	Indicadores de logro	Instrumentos de evaluación
1	<p>Introducción a la Hidrometalurgia, conceptos evolución de hidrometalurgia</p> <p>Procesos de extracción de Lixiviación de principales minerales. Importancia económica</p> <p>Laboratorio: Rendimiento del tamizado. Presencial</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Relaciona y utiliza los procesos hidrometalúrgicos en la extracción de minerales y beneficios con la industria. 	<p>El alumno desarrolla y presenta los diferentes procesos hidrometalúrgicos de explotación minera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rúbrica 1
2	<p>Química de disoluciones termodinámica y cinética</p> <p>Reacciones Balances, químicas de disolución.</p> <p>Laboratorio: Lixiviación de un mineral de cobre. Presencial</p>	<p>Explica y desarrolla los conceptos de la química de soluciones utilizando las propiedades de los minerales.</p>	<p>El alumno reconoce y valora la hidrometalurgia y la química de soluciones en los principales minerales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rubrica 1

UNIDAD 2 CINÉTICA Y QUÍMICA DE LAS DISOLUCIONES

Logro de Aprendizaje

Infiere e interpreta la importancia cinética química, ecuaciones y diagramas de disolución de metales y minerales en la hidrometalurgia.

Semana N°	Contenidos	Actividades	Indicadores de logro	Instrumentos de evaluación
3	<p>Cinética Química, velocidad de reacción y factores que afectan la cinética de disolución.</p> <p>Laboratorio: Determinación Cu (II) en disoluciones acuosas. Presencial</p>	<p>• Realiza ecuaciones cinéticas de disolución para realizar balances de materiales.</p>	<p>El alumno desarrolla y presenta ejercicios de balances cinéticos y materiales en disolución.</p>	<p>• Rúbrica 1</p>
4	<p>Fundamentos de lixiviación Métodos de lixiviación Selección de métodos</p> <p>Laboratorio: Obtención del sulfato de Cobre. Presencial</p>	<p>Desarrolla los métodos de lixiviación y factores que afectan la disolución</p>	<p>El alumno desarrolla y presenta ejercicios relacionados con los procesos de disolución de minerales.</p>	<p>• Rúbrica 1</p>
5	<p>Lixiviación de metales Lixiviación del Cobre, zinc, hierro y su cinética Mecanismos de disolución.</p> <p>Laboratorio: Lixiviación de mineral de Oro. Presencial</p>	<p>Desarrolla y aplica los principales procesos de disolución en minerales</p>	<p>El alumno desarrolla y presenta ejercicios de cobre, zinc en la lixiviación de minerales</p>	<p>• Rubrica 1</p>

UNIDAD 3 LIXIVIACION DE MINERALES OXIDADOS Y SULFURADOS				
Logro de Aprendizaje				
Infiere e interpreta la importancia de la lixiviación de minerales oxidados y sulfurados utilizando las ecuaciones y balances de materiales en la hidrometalurgia.				
Semana N°	Contenidos	Actividades	Indicadores de logro	Instrumentos de evaluación
6	<p>Lixiviación de minerales Oxidados En ausencia de agentes modificadores En presencia de agentes oxidantes Con agentes reductores.</p> <p>Laboratorio: Cementación del Cobre. Presencial</p>	<p>Desarrolla ejercicios de lixiviación con agentes oxidantes y reductores.</p>	<p>Presenta ejercicios y cálculos dimensionamiento relacionados con la lixiviación de minerales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rúbrica 1
7	<p>Lixiviación de Minerales sulfurados En ausencia de Agentes oxidantes En presencia de agentes oxidantes Comparación de lixiviación acida y alcalina.</p> <p>Laboratorio: Examen de Laboratorio. Presencial</p>	<p>Aplica los diferentes métodos de lixiviación tanto en agentes oxidantes y reductores.</p>	<p>El alumno desarrolla y presenta ejercicios relacionados con la lixiviación de minerales sulfurados en los minerales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rúbrica 1
8	Examen Parcial			

UNIDAD 4 LIXIVIACION BACTERIANA Y PROCESOS DE PURIFICACION Y CONCENTRACION				
Logro de Aprendizaje				
Reconoce, comprende y utiliza los procesos de lixiviación bacteriana, purificación y concentración, resolviendo y formulando problemas relacionados a la hidrometalurgia.				
Semana N°	Contenidos	Actividades	Indicadores de logro	Instrumentos de evaluación
9	Lixiviación bacteriana de minerales sulfurados Principales bacterias, factores que afectan la lixiviación. Laboratorio: Extracción de Cobre con SO. Presencial.	Aplica los balances de materiales en los procesos bacterianos	Resuelve ejercicios en procesos de lixiviación bacterianos	• Rúbrica 1
10	Procesos de concentración, con Carbón Activo CAG Adsorción y resinas de Intercambio iónico. Laboratorio: Electrodeposición del Cobre. Presencial	Desarrolla y aplica materiales adsorbentes en la extracción de metales	Resolución de ejercicios de balances materia en procesos de adsorción de metales	• Rúbrica 1
11	Procesos de purificación y concentración Extracción XS, Balances materiales Características, tipos de solventes utilizados en la Industria minera. Laboratorio: Electrorefinación del cobre. Presencial	Compara e identifica solventes en la concentración y purificación de metales en la industria minera	Resuelve ejercicios de ingeniería de balances de materia, diagramas, en la concentración de metales.	Rúbrica 1

12	<p>Procesos de precipitación, fundamentos, hidrolisis</p> <p>Proceso Merrill Crowe del Oro</p> <p>Laboratorio: Electrodeposición tangencial o ciclón del cobre. Presencial.</p>	<p>Define los procesos de hidrolisis y precipitaciones del Oro en los minerales.</p>	<p>Resuelve ejercicios de balances de utilizando diagramas en precipitación del Oro y Cobre.</p>	Rúbrica 1
13	<p>Procesos de Cementación del cobre con Hierro</p> <p>Diagramas de Pourbaix en soluciones lixiviadas</p> <p>Laboratorio: Evaluación de desempeño laboratorio. Presencial</p>	<p>Aplica los procesos de cementación a partir de soluciones lixiviadas.</p>	<p>Reconoce la importancia y resuelve ejercicios de cementación mediante diagramas.</p>	Rúbrica 1

UNIDAD 5		ELECTROMETALURGIA		
Logro de Aprendizaje				
Utiliza los procesos electroquímicos en soluciones lixiviadas, resolviendo y formulando problemas relacionados a la hidrometalurgia.				
Semana N°	Contenidos	Actividades	Indicadores de logro	Instrumentos de evaluación
14	<p>Procesos electroquímicos Electrodeposición, celdas galvánicas y electroquímicas</p> <p>Laboratorio: Exposición trabajos asignados</p>	<p>Aplica los balances de materiales en los procesos electroquímicos de electrodeposición de soluciones lixiviadas</p>	<p>Resuelve ejercicios en procesos electroquímicos utilizando gráficas y diagramas</p>	<p>• Rúbrica 1</p>

15	Procesos de Electrodeposición y electrorefinación ER Tangencial o tubular Del cobre. Laboratorio: Exposiciones de trabajo IF y Retroalimentación. Presencial	Conoce y aplica los procesos electroquímicos en soluciones lixiviadas	Resuelve ejercicios de Ingeniería de EW y ER, tangencial en soluciones lixiviadas.	Rúbrica 1
16	Examen Final			
17	Examen Sustitutorio			

VI. METODOLOGÍA

La Universidad Nacional del Callao, Licenciada por la SUNEDU tiene como fin supremo la formación integral del estudiante, quien es el eje central del proceso educativo de formación profesional; es así como el Modelo Educativo de la UNAC implementa las teorías educativas constructivista y conectivista, y las articula con los componentes transversales del proceso de enseñanza – aprendizaje, orientando las competencias genéricas y específicas. Este modelo tiene como propósito fundamental la formación holística de los estudiantes y concibe el proceso educativo en la acción y para la acción. Además, promueve el aprendizaje significativo en el marco de la construcción o reconstrucción cooperativa del conocimiento y toma en cuenta los saberes previos de los participantes con la finalidad que los estudiantes fortalezcan sus conocimientos y formas de aprendizaje y prosperen en la era digital, en un entorno cambiante de permanente innovación, acorde con las nuevas herramientas y tecnologías de información y comunicación.

La Facultad de Ingeniería Química de la UNAC, en cumplimiento con lo dispuesto en la Resolución Viceministerial N°085-2020-MINEDU del 01 de abril de 2020, de manera excepcional y mientras duren las medidas adoptadas por el Gobierno con relación al estado de emergencia sanitario, se impartirá educación remota no presencial haciendo uso de una plataforma virtual educativa: espacio en donde se imparte el servicio educativo de los cursos, basados en tecnologías de la información y comunicación (TICs) y presencial para las prácticas de laboratorio socializado las instrucciones la Dirección de la Escuela el día 09 de marzo de 2022.

La plataforma de la UNAC es el Sistema de Gestión Académico (SGA-UNAC) basado en Moodle, en donde los estudiantes, tendrán a su disposición información detallada

del curso: el sílabo, la matriz formativa, ruta del aprendizaje, guía de entregables calificados, y los contenidos de la clase estructurados para cada sesión educativa.

Las estrategias metodológicas para el desarrollo de las sesiones teóricas y prácticas permiten dos modalidades de aprendizaje en los estudiantes:

MODALIDAD SINCRÓNICA

Forma de aprendizaje basado en el uso de herramientas que permiten la comunicación en tiempo real entre el docente y los estudiantes.

Dentro de la modalidad sincrónica, se hará uso de:

- **Clases Virtuales**
- **Presentación de diapositivas**
- **Ejercicios de resolución semanal para reforzar procesos de aprendizaje.**

MODALIDAD ASINCRÓNICA

Forma de aprendizaje basado en el uso de herramientas que posibilitan el intercambio de mensajes e información entre los estudiantes y el docente, sin interacción instantánea. Dentro de la modalidad asincrónica, se hará uso de:

- **Desarrollo de tareas en casa**
- **Revisión de un artículo científico**

ENTORNO VIRTUAL DE APRENDIZAJE

Aula Virtual UNAC en *Moodle*, *Google Meet*, *Google Drive*. Uso de *Whatsapp*.

INVESTIGACIÓN FORMATIVA

Se promueve la búsqueda de artículos de investigación que sirven para elaborar una monografía sobre la aplicación de la hidrometalurgia en la recuperación de metales.

La exposición grupal de dicho trabajo permitirá conocer el nivel de desarrollo de las habilidades investigativas que ha logrado el estudiante.

VII. MEDIOS Y MATERIALES (RECURSOS)

MEDIOS INFORMÁTICOS	MATERIALES DIGITALES
a) Computadora	a) Dispositivos de clase
b) Internet	b) Texto digital
c) Correo electrónico	c) Videos
d) Plataforma virtual	d) Tutoriales
e) Software educativo	e) Enlaces web
f) Pizarra digital	f) Artículos científicos

VIII. SISTEMA DE EVALUACIÓN

- **Evaluación diagnóstica:** Se usará un cuestionario en línea en base a banco de preguntas para determinar los diferentes niveles de conocimientos previos con los que el estudiante llega al curso.
- **Evaluación formativa:** Parte importante del proceso de enseñanza aprendizaje, es permanente y sistemático y su función principal es recoger información para retroalimentar y regular el proceso de enseñanza aprendizaje.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN:

La ponderación de la calificación será la siguiente:

Unidad	Evaluación (producto de Aprendizaje evaluados)	Siglas	Peso	Instrumento de Evaluación
1 y 2	Examen Parcial	EP	0.2	Examen
3	Examen Final	EF	0.2	Examen
4	Examen Laboratorio	EL	0.2	Examen
1,2 y 3	Participación Permanente: Expone ejercicios asignados	PP	0.3	Rúbrica 1
5	Exposición del trabajo de investigación Formativa	TI	0.1	Rúbrica 2
TOTAL			1.00	

Fórmula para la obtención de la nota final:

$$NF = 0.2*EP + 0.2*EF + 0.2*EL + 0.3PP + 0.1*TI$$

REQUISITOS PARA APROBAR LA ASIGNATURA

De acuerdo Reglamento General de Estudios de la Universidad Nacional del Callao, se tendrá a consideración lo siguiente:

- Participación activa en todas las tareas y trabajos de aprendizaje.
- Asistencia al 70% como mínimo en la teoría y 80% a la práctica.
- La escala de calificación es de 0 a 20.
- El alumno aprueba si su nota promocional es 11
- Las evaluaciones son de carácter permanente.
- Las evaluaciones de las asignaturas son por unidades de aprendizaje.
- La nota de la unidad constituye una nota parcial y tiene un peso establecido en el sílabo. La nota final se obtiene con el promedio ponderado de las notas parciales.

IX. FUENTES DE INFORMACIÓN

9.1. Fuentes Básicas:

RIVERA I. ARENAS M., 1989, "Electrometalurgia del Cobre"; Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica; Arequipa.

9.2. Fuentes Especializadas:

F ASTUCURI V., 1979. "Principios de Hidrometalurgia y algunas Aplicaciones", Colección Ciencias, Lima.

BALLESTER A. – VERDEJA L.F. – SANCHO J., 1989. "Metalurgia Extractiva" V-1, Ed. Síntesis, España.

BISWAS – DAVENPORT., 1993, "El Cobre – Metalurgia Extractiva", Ed. Limusa, España.

BOCKRIS, JAND READY, A. 1979. "Electroquímica Moderna", vol. i y ii; Ed. Reverté, Barcelona.

COSTA, JOSE M. 1981. "Fundamentos de Electroquímica - Cinética Electroquímica y sus Aplicaciones"; Ed. Alhambra, España.

COUDURIER L. – HOPKINS D. – WILKOMIRSKY I., 1985. "Fundamental of Metallurgical Processes", Ed. Pergamon, Toronto.

HAUNG D. H., TWIGWEL D. L. G. Y MILLER D. J. D., 2002. "Hidrometalurgia". Traducido por Chia Aquije Luis. Editorial San Marcos. Lima Perú.

ROSENQVIST T., 1974. "Principles of Extractive Metallurgy", Ed. McGraw – Hill, Japan.

X. NORMAS DEL CURSO

- Normas de etiqueta.: Normas que hay que cuidar para tener un comportamiento educado en la red.
 - Puntualidad
 - Respeto
 - Utilizar un lenguaje apropiado para no vulnerar los derechos de tus compañeros.

ANEXO

RUBRICA 1

Competencia Específica	Participación activa en clase y desarrollo de tareas asignadas (solución de problemas) que serán presentadas cuando el profesor llama al alumno o grupo de trabajo.
Indicador	Capacidad de análisis, solución e interpretación del problema. Comprensión del tema
Producto	Se pedirá resolver ejercicios permanentemente que constituirá en una nota PT.

CRITERIOS	NIVELES DE DESEMPEÑO				Valor
	1	2	3	4	
	INCIPIENTE O ELEMENTAL Puntaje: 1 ó 2	EN DESARROLLO Puntaje: 3	SATISFACTORIO O ADECUADO Puntaje: 4	SOBRESALIENTE O EXCELENTE Puntaje: 5	
Análisis del problema					
Solución del problema					
Interpretación de los Resultados					
Comprensión del tema					
Total					

RUBRICA 2

Competencia Específica	Realiza investigación asociado a temas desarrollados en clase.
Indicador	Capacidad de resumen, dominio del tema, capacidad de respuestas y calidad de trabajo de investigación.
Producto	Nota de Trabajo de Investigación Formativa, T1

CRITERIOS	NIVELES DE DESEMPEÑO				Valor
	1	2	3	4	
	INCIPIENTE O ELEMENTAL Puntaje: 1 ó 2	EN DESARROLLO Puntaje: 3	SATISFACTORIO O ADECUADO Puntaje: 4	SOBRESALIENTE O EXCELENTE Puntaje: 5	
Capacidad de resumen del tema investigado (PPT)					
Dominio del tema en la exposición					
Capacidad de respuesta a preguntas					
Calidad del trabajo de investigación realizado (Word)					
Total					