



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Fisicoquímica
Clave de la asignatura:	MIF-1310
SATCA ¹ :	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Minería

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Minería la capacidad para explicar los fenómenos fisicoquímicos involucrados en los procesos mineros, así como los conocimientos para controlarlos y manipularlos.</p> <p>Fisicoquímica da las bases para las asignaturas de Metalurgia y en Concentración de Minerales para identificar las variables y los factores que intervienen en el proceso de adsorción aplicado a los procesos de separación. También es antecedente en los temas de fluidos de termodinámica para la asignatura de Ventilación de Minas.</p> <p>La asignatura consiste en conceptos básicos de termodinámica de fluidos, equilibrios de fases, soluciones electrolíticas y no electrolíticas y el proceso de adsorción el cual es aplicado para los procesos de separación de minerales.</p>
Intención didáctica
<p>El programa de la asignatura de Fisicoquímica se organiza en cuatro temas, en los cuales se incluyen aspectos teóricos y prácticos.</p> <p>El primer tema introduce al estudio de la termodinámica y sus propiedades. Se hace énfasis en los sistemas reales e ideales para obtener una caracterización aproximada de sistemas que existen en una mina. Es importante el estudio de los conceptos y principios básicos de la termodinámica para definir un contorno real o hipotético acerca de los sistemas. Se propone abordar los procesos termodinámicos desde un punto de vista conceptual, partiendo de la identificación de cada uno de procesos en el entorno cotidiano o del minero.</p> <p>Las soluciones se estudian en el segundo y el tercer tema haciendo énfasis en su clasificación y sus propiedades coligativas con el objetivo de determinar su comportamiento bajo condiciones específicas lo cual es básico en la asignatura de Fisicoquímica. Se abordará primero el equilibrio de fase para tener un mejor entendimiento sobre las propiedades de las soluciones para ajustar las condiciones del sistema.</p> <p>El cuarto tema está muy relacionado con los procesos de beneficio en minería por lo que es importante como base para otras asignaturas de la carrera. Como elemento principal de fenómenos superficiales se hace énfasis en el proceso de adsorción que será retomado en otras asignaturas posteriores para la separación de minerales.</p> <p>Las actividades de aprendizaje deberán de propiciar procesos intelectuales como inducción-deducción y de análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



En las actividades sugeridas se propone la formalización de los conceptos a partir de solución de problemas concretos. Se busca que el estudiante tenga el primer contacto con los conceptos a través de la búsqueda de información, la reflexión y la discusión darán la formalización; la solución de ejercicios y la realización de prácticas se finalizarán este proceso.

Se busca partir de experiencias concretas y cotidianas para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos fisicoquímicos en su alrededor. Es importante ofrecer distintos escenarios reales en la industria minera.

El enfoque sugerido para la asignatura requiere que las prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes, planteamientos de hipótesis y trabajo en equipo.

En las actividades sugeridas se sugiere que el docente busque guiar a sus estudiantes para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar previa planificación.

Es importante que el estudiante valore las actividades que realiza, que desarrolle hábitos de estudio y de trabajo para que adquiera características tales como: la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo, el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

El docente de Fisicoquímica debe mostrar y objetivar su conocimiento y experiencia en el área para construir escenarios de aprendizaje significativo en los estudiantes. El docente enfatiza el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura a fin de que ellas refuercen los aspectos formativos: incentivar la curiosidad, el entusiasmo, la puntualidad, la constancia, el interés por mejorar, el respeto y la tolerancia hacia sus compañeros y docentes, a sus ideas y enfoques y considerar también la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro, del 29 de enero al 1 de febrero de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Pachuca, Querétaro, Superior de Cajeme, Superior de Cananea, Superior de Fresnillo, Superior de Irapuato, Superior de Mulegé, Superior de Loreto, Superior de Santiago Papasquiaro, Superior de Poza Rica, Superior de Tacámbaro, Superior de Venustiano Carranza, Superior de Zacatecas Occidente, Minera Mexicana la Ciénega S.A. de C.V. y Fresnillo PLC.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería en Minería del SNIT.
Desarrollo en Competencias Profesionales por el Instituto Tecnológico del 11 de febrero al 8 de marzo de 2013.	Academias de la carrera de Ingeniería en Minería de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Santiago Papasquiaro.	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería en Minería del SNIT.



Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro, del 16 al 19 de abril de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Querétaro, Superior de Cajeme, Superior de Cananea, Superior de Fresnillo, Superior de Irapuato, Superior de Mulegé, Superior de Loreto, Superior de Santiago Papasquiaro, Superior de Poza Rica, Superior de Tacámbaro, Superior de Zacatecas Occidente, Minera Mexicana la Ciénega S.A. de C.V. y Fresnillo PLC.	Reunión Nacional de Consolidación de la Carrera de Ingeniería en Minería del SNIT.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 4 al 7 de diciembre de 2018.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Parral, Superior de Fresnillo, Superior de Santiago Papasquiaro y Superior de Zacatecas Occidente.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería en Minería, Ingeniería en Diseño Industrial e Ingeniería en Biotecnología del Tecnológico Nacional de México.

4. Competencia a desarrollar

Aplica los conocimientos fundamentales, teorías y principios fisicoquímicos para establecer sistemas de equilibrio de fases y de estado que ocurren en los procesos mineros, así como base para el diseño de un proceso de beneficio.

5. Competencias previas

- Identifica los principales tipos de reacciones y compuestos, así como sus propiedades para la preparación de compuestos necesarios en el proceso minero.
- Realiza operaciones de los conceptos teórico-prácticos de la estática y la dinámica, así como de conversión de unidades para resolver problemas de mecánica.
- Soluciona e interpreta Ecuaciones Diferenciales ordinarias para evaluar los modelos dinámicos que se presentan en su área de ingeniería.
- Resuelve problemas de aplicación en ingeniería sobre sistemas de ecuaciones lineales para interpretar las soluciones y tomar decisiones en base a ellas, utilizando los métodos de Gauss, Gauss-Jordan, matriz inversa y regla de Cramer.
- Aplica los conocimientos básicos de las TIC's que se relacionan con el desempeño de su profesión, para proponer diferentes alternativas de solución de uso común en la industria minera.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Propiedades Termodinámicas de los Fluidos.	1.1 Propiedades termodinámicas de los componentes puros. 1.2 Primera ley de la termodinámica. 1.3 Propiedades termodinámicas en sistemas. 1.4 Evaluación de propiedades termodinámicas. 1.4.1 Unidades de concentración.



		1.4.2 Sistemas ideales: Energía libre de Gibbs, Ley de Raoult, Ley de Henry. 1.4.3 Sistemas reales: Soluciones líquido y sólidas (actividad), Soluciones gaseosas (fugacidad). 1.5 Segunda ley de la termodinámica.
2	Equilibrio de Fases.	2.1 Tipos de soluciones: Acuosas, gaseosas y sólidas. 2.2 Equilibrio de fases. 2.2.1 Líquido-líquido. 2.2.2 Líquido-vapor. 2.2.3 Sólido-líquido. 2.2.3 Sólido-vapor.
3	Propiedades Coligativas de las Soluciones.	3.1 Propiedades coligativas en soluciones no electrolíticas y electrolíticas. 3.2 Disminución de la presión del vapor del solvente. 3.3 Aumento del punto de ebullición. 3.4 Descenso del punto de congelación. 3.5 Ósmosis y presión osmótica. 3.6 Aplicaciones.
4	Fenómenos Superficiales.	4.1 Tensión superficial. 4.2 Interacción sólido-líquido-gas. 4.3 Adsorción. 4.4 Tipos de adsorción. 4.5 Tipos de energía de adsorción. 4.6 Aplicaciones.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Propiedades Termodinámicas de los Fluidos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Evalúa las propiedades termodinámicas de sistemas ideales y reales para comprender el comportamiento de las soluciones.</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para trabajar en equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Consultar en distintas fuentes los conceptos generales de termodinámica.• Conocer la primera ley de la termodinámica resolviendo ejercicios.• Resolver problemas de concentración de soluciones líquidas, sólidas y gaseosas.• Comprender los conceptos de entalpía, entropía y energía de Gibbs mediante la solución de problemas sobre formación de iones en disolución.• Analizar las Leyes de Raoult y de Henry a través de la solución de problemas.• Discutir las propiedades termodinámicas de soluciones ideales líquidas y gaseosas.• Comprender los conceptos de fugacidad y actividad mediante la solución de problemas.• Diferenciar los sistemas ideales y reales con la solución de problemas.• Evaluar el efecto de la composición en el coeficiente de actividad y en soluciones reales.



	<ul style="list-style-type: none">• Buscar en diferentes fuentes la segunda ley de la termodinámica.• Resolver aplicaciones relativas al calor y la refrigeración.• Utilizar TIC's para simular las propiedades de un sistema termodinámico.
2. Equilibrio de Fases.	
Competencias Específica: Determina el equilibrio de fases en distintos tipos de sistemas para comprender su comportamiento en los procesos mineros. Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para trabajar en equipo. Comunicación oral y escrita.	Actividades de aprendizaje <ul style="list-style-type: none">• Buscar y presentar información sobre tipos de soluciones ejemplificando cada una de ellas en el proceso minero.• Consultar en distintas fuentes los conceptos generales de equilibrio de fases.• Conocer las condiciones de un sistema de equilibrio por medio de diagramas para el agua, dióxido de carbono y azufre.• Elaborar diagramas de fases presión-temperatura para representar las regiones de fase única, así como las curvas de coexistencia de dos fases en equilibrio y un punto triple.• Determinar, a partir de datos experimentales, diagramas de fases de presión-volumen y temperatura-volumen.• Discutir la relación de las ecuaciones de Clapeyron y la de Clausius-Clapeyron con los diagramas de fases.• Utilizar TIC's para la elaboración de diagramas de fases.
3. Propiedades Coligativas de las Soluciones.	
Competencias Competencia específica: Aplica las propiedades coligativas de las soluciones para predecir su comportamiento, así como calcular las variaciones de la concentración. Competencias genéricas: Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para trabajar en equipo. Comunicación oral y escrita.	Actividades de aprendizaje <ul style="list-style-type: none">• Consultar en distintas fuentes las propiedades coligativas y sus aplicaciones.• Comprender las propiedades coligativas mediante el cálculo del descenso del punto de congelación y el aumento del punto de ebullición de soluciones no electrolíticas y electrolíticas.• Analizar el efecto que se tiene en la presión osmótica por la adición de un soluto en un solvente puro.• Estimar la presión osmótica en soluciones no electrolíticas.• Utilizar los diagramas y tablas para equilibrio de fases de diferentes sistemas.• Elaborar tablas de los diferentes iones de interés en el proceso minero.• Aplicar los conceptos de actividad y coeficiente de actividad para soluciones electrolíticas.



	<ul style="list-style-type: none">• Analizar el efecto que se tiene en la presión osmótica de soluciones electrolíticas.• Medir directa e indirectamente la presión osmótica en soluciones electrolíticas.• Utilizar TIC's para la elaboración de diagramas de fases.
4. Fenómenos Superficiales.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica: Comprende los fundamentos de los procesos de adsorción para la recuperación y concentración de minerales.</p> <p>Competencias genéricas: Capacidad de análisis y síntesis. Habilidad para búsqueda de información. Comunicación oral y escrita.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Consultar en distintas fuentes los conceptos básicos de tensión superficial.• Discutir los conceptos de adsorción y los procesos de adsorción.• Buscar y presentar información sobre las variables y procesos de ciclo de adsorción.• Comprender los tipos de adsorción mediante la solución de problemas.• Conocer los tipos de isotermas de adsorción para la industria minera.• Buscar y presentar aplicaciones de la adsorción en la cromatografía de gases, agentes humectantes y catálisis.

8. Prácticas

<ul style="list-style-type: none">• Comprobar la primera ley de la termodinámica (materia) por medio de combustión en un sistema cerrado.• Determinar la entalpía molar de vaporización de un líquido mediante la relación $\ln P$ vs. $1/T$.• Determinación de densidad y viscosidad e índice de refracción de líquidos.• Calentar varias soluciones distintas con el mismo soluto en agua y registrar en cada caso la temperatura a la que se consigue la ebullición. Identificar las relaciones entre las variables.• Equilibrio líquido-vapor. Elaboración del diagrama T-X-Y a presión constante.• Equilibrio de un sistema líquido de tres componentes.• Calcular teórica y experimentalmente el diagrama de puntos de ebullición de un sistema liquido-liquido etanol-agua (azeótropo) a diferentes temperatura y presión constante, y determinar experimentalmente y posteriormente hacer la curva de equilibrio del sistema.• Identificar si es una reacción exotérmica o endotérmica realizando las siguientes mezclas (agua y ácido sulfúrico, agua y alcohol, agua e hidróxido de sodio, agua y grenetina).• Distinguir diferentes sales como electrolitos fuertes y débiles mediante la medición de la conductividad eléctrica.• Aumento del punto de ebullición agregando electrolitos ó variando la presión.• Disminución de la temperatura de congelación agregando electrolitos ó variando la presión.• Determinar el peso molecular de un soluto mediante las propiedades coligativas de las disoluciones.• Contrastar el efecto en el equilibrio líquido-vapor (efecto de salting-in, efecto de salting-out) por la adición de sales en soluciones.• Comprobar el proceso de ósmosis.• Adsorción de ácido acético sobre carbón vegetal.• Isoterma de adsorción de Gibbs.• Métodos experimentales para la determinación de la tensión superficial.• Utilizar TIC's para la simulación de procesos fisicoquímicos.
--



9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de "evaluación para la mejora continua", la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

Se propone realizar como proyecto de asignatura el diseño de un sistema de concentración de minerales en el cual se aplique el principio de adsorción de la asignatura de Físicoquímica como el antecedente para la separación. En las asignaturas de Metalurgia y Concentración de Minerales en semestres posteriores se propone se aplique el sistema de concentración.

Se deberán de considerar las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial sobre el proceso de adsorción y su aplicación en métodos de separación de minerales. Revisar bibliografía, los métodos y las tecnologías existentes para los métodos de separación.
- **Planeación:** se dividen en equipos para preparar las bases para el diseño de un sistema de separación.
- **Ejecución:** cada equipo determina las variables y los factores que intervienen en el proceso de adsorción específicamente en la concentración de minerales.
- **Evaluación:** cada equipo presentará al grupo y entregará un reporte sobre los resultados del antecedente del diseño del proceso de concentración. Se hará una discusión con los resultados presentados. Los resultados del proyecto serán utilizados para la materia de Metalurgia y de Concentración de Minerales.

10. Evaluación por competencias

- Las técnicas, herramientas y/o instrumentos sugeridos que permiten obtener el producto del desarrollo las actividades de aprendizaje: mapas conceptuales, reportes de prácticas, estudios de casos, exposiciones en clase, ensayos, problemarios, portafolio de evidencias, cuestionarios y proyecto integrador o de asignatura.
- Las técnicas, herramientas y/o instrumentos sugeridos que me permite constatar el logro o desempeño de las competencias del estudiante: listas de cotejo, listas de verificación, matrices de valoración, guías de observación, coevaluación y autoevaluación.



11. Fuentes de información

1. Atkins, W. P. (1991). *Fisicoquímica*. (3ª ed.) México: Addison-Wesley: Iberoamericana.
2. Castellan, W. G. (2006). *Fisicoquímica*. (2a ed.) México: Addison – Wesley.
3. Chang, R. (2008). *Fisicoquímica*. (3ª ed) México: McGraw-Hill.
4. Chang, R. (2010). *Química*. (10ª ed.) México: McGraw Hill.
5. Cengel, Y. A., Boles, M. A. (2012). *Termodinámica*. (7ª ed.) México: McGraw- Hill.
6. Crockford, H.D, Knight Samuel B. (1997). *Fundamentos de Fisicoquímica*. México: CECSA.
7. Engel, T., Reid, P. (2006). *Química Física*. España: Pearson Educación.
8. Engel, T., Reid, P. (2007). *Introducción a la Fisicoquímica*. México: Pearson Educación.
9. Geankoplis, C. J. (2009). *Procesos de transporte y principios de procesos de separación*. (4ª ed.) Grupo Editorial Patria.
10. Henlay, E.J., Seader J.D. (2003). *Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química*. México: Reverté.
11. Howell, J. R., Buckius, Richard. (1990). *Principios Termodinámicos para Ingenieros*. México: McGraw-Hill.
12. Huang, F. F. (2006). *Ingeniería Termodinámica: Fundamento y aplicación*. (2ª ed.) México: CECSA: Grupo Editorial Patria.
13. Laidler, K. J. (2009). *Fisicoquímica*. México: Grupo Editorial Patria.
14. Levine, I. N. (2004). *Fisicoquímica Vol. 1*. (5ª ed.) España: Mc Graw- Hill.
15. Levine, I. N. (2005). *Problemas de Fisicoquímica*. (5ª ed.) España: Mc Graw- Hill.
16. Maron, S. H. (2011). *Fundamentos de Fisicoquímica*. México: Limusa.
17. Perry, R. H. (2007). *Manual del Ingeniero Químico 1 - 4*. (7ª ed.) España: McGraw-Hill.
18. Smith, J.M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M. (2008). *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*. (7ª ed.) México: Mc Graw Hill.