



ESCUELA NAVAL "ARTURO PRAT"
CÁTEDRA DE QUÍMICA

QUÍMICA APLICADA

Segundo Año Ejecutivo – Litoral 2023

AUTORES:
CÁTEDRA DE QUÍMICA
ESCUELA NAVAL



GUIAS DE EJERCICIOS

CURSO	Segundo año Ejecutivo y Litoral
ASIGNATURA	: QUÍMICA Aplicada
UNIDAD TEMÁTICA	Nº1, Nº2, Nº3, Nº4 y Nº5
CAPACIDADES	: Razonamiento lógico, análisis y resolución de problemas.
DESTREZAS	: Interpretar, investigar y resolver.
OBJETIVOS	• Interpretar e inferir información a partir de la configuración electrónica de los átomos. • Interpretar fórmulas químicas que representan elementos y compuestos. • Interpretar y evaluar la información cuantitativa que entrega una ecuación química y establecer relaciones de proporcionalidad entre reactantes y productos.
BIBLIOGRAFÍA	: A. Sherman, S. Sherman, L. Russikoff (1999) "Conceptos básicos de química". Compañía editorial continental, S.A. de C.V. México. R. Chang, collage W. "Química" editorial fondo educativo interamericano, (1977) México. K. Whitten, K. Gailey, y R. Davis, "Química General". (1994) Editorial Mc Grawhill, 3º edición, México.
INSTRUCCIONES DE TRABAJO	1. Leer cuidadosamente el material adjunto antes de desarrollar la guía. 2. Desarrollar las guías de ejercicios, según la unidad temática vista en clase. 3. Determinar que debe resolver y anotarlo 4. Resolver problemas utilizando un enfoque sistemático y ordenado 5. Plantear el problema en forma clave, organizada y lógica, asegurándose de cancelar unidades no deseadas 6. Efectuar las operaciones matemáticas necesarias. Asegurarse que la respuesta tenga el número apropiado de cifras significativas. 7. Verifique si la respuesta es razonable.



ESTRUCTURA ATÓMICA

I) Introducción

Desde épocas remotas, los humanos se han interesado por la naturaleza de la materia. Las ideas remotas sobre la teoría atómica se basan en la teoría atómica de Dalton, de principio del siglo XIX. EN la actualidad se sabe que la materia está formada por átomos, moléculas e iones.

El trabajo de Dalton marcó el principio de la química moderna. Los principales postulados de la teoría de Dalton son:

- 1) Los elementos están compuestos de partículas extremadamente pequeñas llamadas átomos. Todos los átomos de un mismo elemento son parecidos y los átomos de elementos diferentes son diferentes.
- 2) Los compuestos están formados por la combinación de átomos de dos o más elementos, en una proporción numérica sencilla.
- 3) Una reacción química implica sólo la separación, combinación o reordenamiento de los átomos, nunca supone la creación o destrucción de átomos.

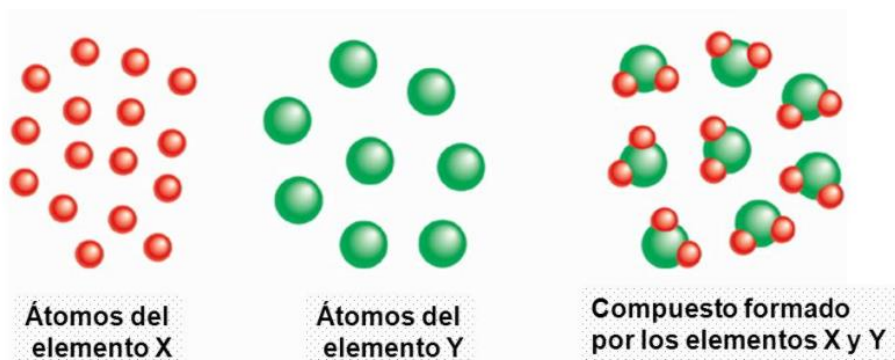


Figura 1: representación esquemática de una reacción química

II) La estructura del átomo

Con base a la teoría atómica de Dalton, un átomo se define como la unidad básica de un elemento, una partícula extremadamente pequeña e indivisible. Sin embargo, una serie de investigaciones iniciadas alrededor del 1850, y que continuaron hacia el siglo XX, demostraron claramente que los átomos están formados por partículas aún más pequeñas, llamadas **partículas sub-atómicas: neutrones, protones y electrones.**

Características de las partículas sub-atómicas.

- **Neutrones**, son partículas sin carga eléctrica, se les considera formadas por un protón y un electrón, con masa 1.u.m.a. (unidad de masa arbitraria); se encuentran en el núcleo del átomo.
- **Protones**, son partículas con carga positiva, de masa 1 u.m.a., que le confieren la carga al núcleo.
- **Electrones**, son partículas con carga negativa, de masa despreciable ($9,09 \times 10^{-28} \text{g}$), que están fuera del núcleo.

III) Número atómico, número másico e isótopos

Todos los átomos pueden identificarse por el número de protones y neutrones que contienen.

EL **número atómico (Z)** es el número de protones en el núcleo del átomo de un elemento. En un átomo el número de protones es igual al número de electrones, de manera que el número atómico indica el número de electrones presentes en un átomo. La identidad química del átomo está determinada exclusivamente por el número atómico.

EL **número másico (A)** es el número total de protones y neutrones presentes en el núcleo del átomo de un elemento.

No todos los átomos de un elemento dado tienen la misma masa. Existen átomos con igual número de protones pero difieren en el número de neutrones, estos elementos son **isótopos**.

Ejemplo: Los isótopos de hidrógeno son:

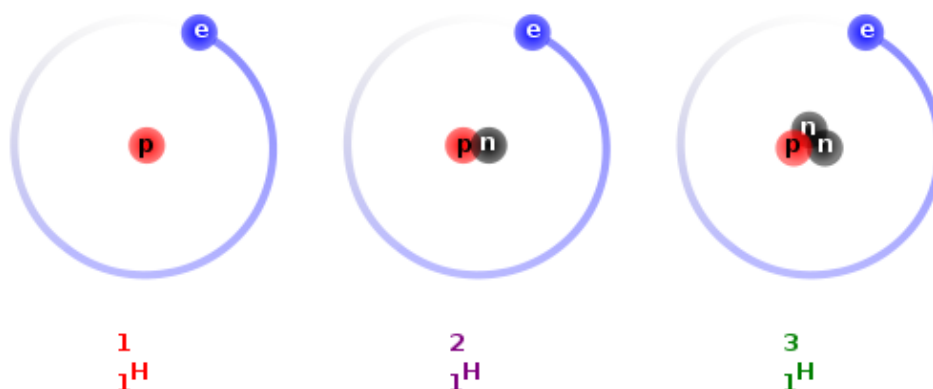


Figura 2: protio, deuterio y tritio.

Otro ejemplo es el uranio con número atómico 92 y números de masa 235 y 238, el primer isótopo se utiliza en reactores nucleares y en las bombas atómicas.

La **masa atómica promedio** de un elemento debe considerar la abundancia relativa de cada isótopo de ese elemento y la masa isotópica exacta. Ejemplo la masa isotópica exacta para ${}^1_1\text{H}$ es 1,0078 uma, con una abundancia relativa de 99,985% y la masa isotópica exacta para ${}^2_1\text{H}$ es 2,0141 uma, con una abundancia relativa de 0,015%.

Por lo tanto la masa atómica de H es:

$$H = [(1,0078 \text{ uma})(99,985\%) + (2,0141 \text{ uma})(0,015\%)] / 100\% = 1,008 \text{ uma}$$

Las propiedades químicas de los elementos están determinadas, fundamentalmente, por los protones y electrones de sus átomos, en consecuencia, los isótopos de un mismo elemento tienen similar comportamiento químico, forman los mismos compuestos y reaccionan de manera semejante.

Actividad: Desarrolle los ejercicios del texto: A Sherman, S. Sherman, L. Russikoff "Conceptos Básicos de Química", Pág. 82 y 83 (13 al 16 y 19 al 30)

IV) Modelos de átomos

El átomo de Bohr

En 1913, Bohr propuso la idea de que los electrones viajan alrededor del núcleo del átomo describiendo órbitas, similares a los planetas alrededor del sol. Los electrones son capaces de saltar de una capa (nivel de energía u órbita) a otra (nivel de energía más alto) cuando absorben suficiente energía de una fuente externa. También pueden volver a su órbita o nivel energético original, emitiendo energía.

La energía de movimiento contrarresta la atracción del núcleo.

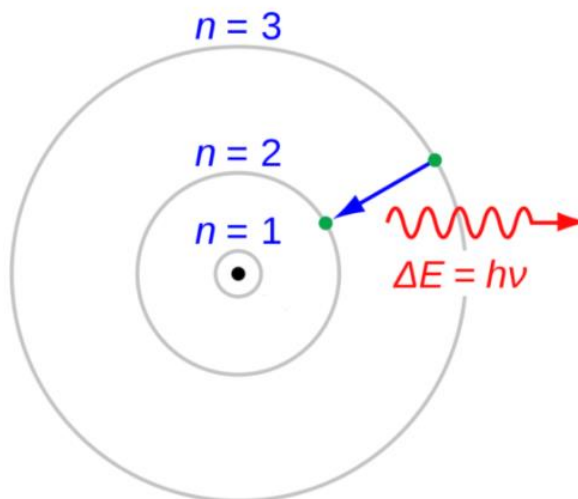


Figura 3: Proceso de emisión de un átomo de H, según Bohr.

La contribución de Bohr fue importante para la comprensión de los átomos; y la sugerencia de que la energía de un electrón en un átomo está cuantizada, permanece inalterada. Sin embargo, esta teoría no describe por completo el comportamiento electrónico de los átomos.

Modelo de la mecánica cuántica

Después del espectacular éxito de la teoría de Bohr, siguieron una serie de desacuerdos, pues no se podía explicar los espectros de emisión de átomos que tenían más de un electrón, como helio y litio.

Con el descubrimiento del doble comportamiento del electrón como onda-partícula surgió otro problema: ¿Cómo se podía precisar la “posición” de una onda? Es imposible saber su posición exacta debido a que se extiende en el espacio.

Para describir una partícula sub-atómica que se comporta como onda, Werner Heisenberg formuló una teoría que se conoce como el principio de incertidumbre de Heisenberg: es imposible conocer con certeza el momento p (definido como la velocidad por la masa) y la posición de una partícula simultáneamente.

En 1926 el físico austriaco formuló una ecuación que describe el comportamiento y la energía de las partículas sub-atómicas. Con esta ecuación comienza una nueva era en la física y la química, se dio inicio a la mecánica cuántica o mecánica ondulatoria.

Aunque con la mecánica cuántica no se puede saber en qué parte del átomo está el electrón, si se define una región en la puede encontrarse en un momento dado.

Para distinguir entre la descripción de un átomo con la mecánica cuántica y el modelo de Bohr, el concepto de **órbita** de Bohr se sustituye con el de **orbital atómico**. El **orbital atómico** se considera como la función de onda del electrón de un átomo. Los orbitales atómicos o electrónicos son las regiones del espacio en torno del núcleo de un átomo, donde tendremos más probabilidad de encontrar un electrón con una cantidad específica de energía. Cuando se dice que el electrón está en cierto **orbital**, significa la probabilidad de encontrar el electrón en dicho espacio.

- Para describir la distribución de los electrones en el hidrógeno y los demás átomos, la mecánica cuántica precisa de números cuánticos: el número cuántico principal, el número cuántico del momento angular y el número cuántico.
- El número cuántico principal (n), está relacionado con la distancia promedio del electrón al núcleo en un determinado orbital, cuanto más grande es el número de n , mayor es la distancia entre el electrón y el núcleo, el orbital es más grande.
- El número cuántico del momento angular (l) expresa la “forma” de los orbitales.
- El número cuántico magnético (m) describe la orientación del orbital en el espacio.

Orbitales atómicos u orbitales electrónicos.

Cada tipo de orbital tiene una forma específica y puede contener un máximo de dos electrones. Por ejemplo, los orbitales **s** son esféricos; los orbitales **p** tienen forma de pesas de gimnasia, hay tres orbitales **p** (**px**, **py**, **pz**); hay cinco orbitales **d** y hay siete orbitales **f**.

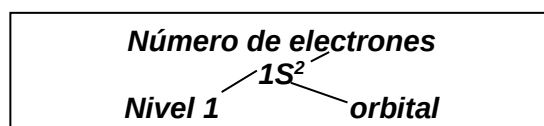
V) Escribir configuraciones electrónicas.

Configuración electrónica, es la manera como están distribuidos los electrones entre los distintos orbitales atómicos. Es factible formular algunas reglas generales para determinar el máximo número de electrones que admiten los niveles y sub-niveles.

- Cada capa o nivel **n** acepta cierto número de electrones, el primer nivel ($n=1$) acepta dos electrones, el nivel 2 ($n=2$) acepta 8 electrones, es decir el número de electrones de un nivel, está dado por la fórmula **$2n^2$** .
- En el primer nivel ($n=1$), existe un solo orbital o sub-nivel, que es el **orbital s**.
- En el segundo nivel existen los siguientes orbitales **2s y 2px, 2py y 2pz**.
- En el tercer nivel existen los orbitales: **3s; 3px, 3py y 3pz; 3dx²-y², 3dx₂, 3dxy 3dxz, 3dyz**
- Para niveles superiores también se involucra orbitales de forma **f**, que son siete.

Ejemplos de configuraciones electrónicas

Para ${}_2\text{He}$



Para ${}_3\text{Li}$ $1s^2$

Para ${}_8\text{O}$ $1s^2 \ 2s^2 \ 2p_x^2 \ 2p_y^1 \ 2p_z^1$

La importancia de la configuración electrónica.

Cuando se sabe las configuraciones electrónicas de los elementos, se puede vaticinar **cómo se enlazarán los átomos**.

El número de electrones de la capa más externa del átomo controla las propiedades químicas del elemento. Por ejemplo, los elementos Ne, Ar, Kr, Xe y Rn son no reactivos, químicamente son casi inertes. Todos estos átomos tienen ocho electrones en su último nivel. Elementos con configuraciones electrónicas externas similares exhiben comportamiento químico similar.

Para describir la configuración electrónica para cualquier elemento, con cualquier número atómico, se llena primero el sub-nivel (orbital) de energía más bajo, como muestra el diagrama Aufbau en la **Figura 4**.

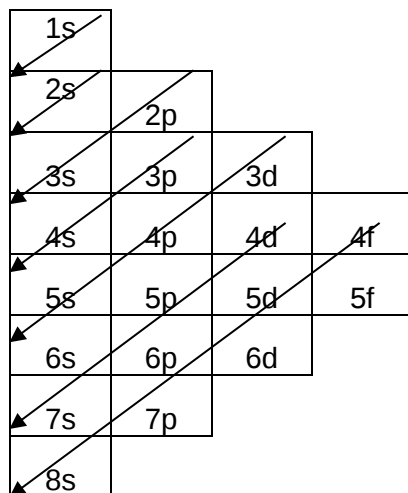


Figura 4



ESCUELA NAVAL "ARTURO PRAT"
CÁTEDRA DE QUÍMICA

GUÍA N° 1

ESTRUCTURA ATÓMICA

I) Complete un cuadro como el que se indica, para las siguientes especies químicas:

Especie	Electrones	A	Z	Neutrones	Protones
Ti ⁺⁴	18	48			
P ⁻³			15	16	
I ⁻¹	54	127			
W		184			74
Mo	42			54	
H ⁺¹				0	1

II) Radiactividad:

a) Actividad de aprendizaje en clases.

Configuración electrónica:

III) Escriba la configuración electrónica para las siguientes especies químicas, cuyos Z se indican:

a) $Z=4$ b) $Z=11$ c) $Z=7$ d) $Z=35$ e) $Z=56$ f) $Z=12 \text{ Mg}^{+2}$ g) $Z=8 \text{ O}^{-2}$

h) $Z=19 \text{ K}^{+1}$ i) $Z=17 \text{ Cl}^{+5}$

R: Ver tabla periódica

IV) Para los siguientes elementos determine, a través de su configuración electrónica, el ion más probable que pueden formar:

a) Li; b) F; c) Mg; d) Br; e) K; f) Si; g) O; h) Al; i) N; j) S.

V) Dada la configuración electrónica del último electrón para la especie asignada, determine el número atómico del elemento (Z) correspondiente:

a) $3s^2$ **R:12** b) $3p^1$ **R:15** c) $3p^6$ **R:18** d) $4p^4$ **R:34**

e) $2p^6 \text{ Na}^{+1}$ **R:11** f) $2p^6 \text{ N}^{-3}$ **R:7**

R: Comprobar en la tabla periódica

VI) Para resolver el siguiente ejercicio debe escoger **SOLAMENTE UNA OPCIÓN**:

Si queremos determinar grupo y período al cual pertenecen en la tabla periódica los elementos del ejercicio anterior (IV), debemos considerar la configuración electrónica del elemento:

- a) Con carga o neutro, esto no es importante.
- b) Con carga
- c) Neutro

VII) Explique por qué la Electronegatividad (EN) varía dentro de la tabla periódica en forma directa a como lo hacen el Potencial de Ionización (PI) y la Afinidad Electrónica (AE).

Enlace Químico:

VIII) Conociendo grupo y período para cada elemento, determine para los compuestos que se indican:

a) Tipo de enlace

b) Su representación a través de estructura de Lewis

	Elemento	Grupo
1) MgCl_2	H, K	I
2) KBr	Mg	II
3) SiO_2	N	V
4) NF_3	O, S	VI
5) N_2	Cl, Br, F	VII
6) H_2S		
7) HBr		



GUÍA N° 2

TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES

1. El elemento Os, es el de mayor densidad, cuyo valor es de 22,5 g/mL. Calcule el volumen en m^3 de un trozo que pesa 4,5 kg. **R: $0,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.**
2. Calcule cuantas toneladas de petróleo contiene un estanque lleno de 500 m^3 de capacidad, si la densidad del petróleo es de 0,83 g/cc. **R: 415 ton.**
3. Un estanque de 200 m^3 se encuentra lleno con un líquido desconocido, cuya masa es de $2,30 \times 10^5 \text{ Kg}$ Calcule:
 - a) Densidad **R: 1,15 g/cc**
 - b) Volumen en L, que ocupará una muestra de 100 ton del líquido **R: $87 \times 10^3 \text{ L}$**
4. Un estanque cilíndrico, lleno de combustible, tiene las siguientes dimensiones 2,0 m de alto por 6,0 m de diámetro. Si la densidad del combustible es 0,85 g/cc. Calcule:
 - a) Volumen del combustible en L **R: $5,65 \times 10^4 \text{ L}$**
 - b) Masa del combustible en g **R: $4,8 \times 10^7 \text{ g}$**
5. ¿Qué masa de plomo ($d = 11,3 \text{ g/cm}^3$) ocupa el mismo volumen que 100 g de aluminio ($d = 2,7 \text{ g/cm}^3$)?
R: 418,6 g

Texto guía: Cap. 2 Ejercicios 27 al 36 (repaso); 37 al 52 y 77 al 106. Pág.41-43.

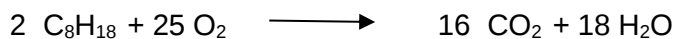


ESCUELA NAVAL "ARTURO PRAT"
CÁTEDRA DE QUÍMICA

GUÍA N° 3

**ECUACIONES QUÍMICAS,
ESTEQUIOMETRÍA Y BALANCE DE OXÍGENO**

1. La gasolina se quema en los cilindros de un motor de acuerdo a la reacción:

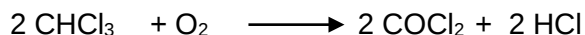


Calcule:

- a) Moles de gasolina que producirán 2×10^5 moles de agua.
- b) Masa en Kg de O_2 que se requiere para formar 500 g de CO_2 .
- c) Si la densidad de la gasolina es de 0,76 g/mL, determine los L de gasolina que se quemarán para producir 1 ton de CO_2 .
- d) Los litros de agua ($d = 1 \text{ g/mL}$) que se formarán al quemar $0,5 \text{ m}^3$ de gasolina.

R: a) $2,2 \times 10^4$ moles de octano; b) 0,568 Kg; c) 426 L; d) 540 L

2. El fosgeno (COCl_2), es un gas mortífero usado en la Primera Guerra Mundial. Este venenoso gas es el producto de la descomposición del cloroformo (CHCl_3) al reaccionar con oxígeno.

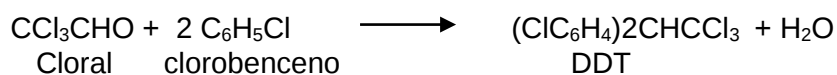


MA(g/mol); O = 16; Cl = 35,5; C = 12

- a) ¿Cuántos moles de fosgeno se producirán si se tiene 1 Kg de O_2 ?
- b) ¿Cuántos gramos de COCl_2 y HCl pueden formarse a partir de 30,8 g de CHCl_3 ?

R: a) 62,5 moles b) 25,5 g COCl_2 y 9,41 g HCl

3. El insecticida DDT se prepara por medio de la siguiente reacción:



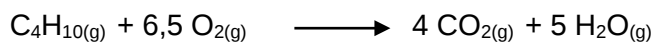
MA(g/mol); O = 16

Calcule:

- a) Masa en g de DDT producida por cada gramo de cloral.
- b) Masa en g de clorobenceno necesarios por cada gramo de cloral.

R: a) 2,39 g; b) 1,53 g

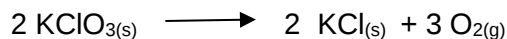
4. En un motor a reacción alimentado con butano, C_4H_{10} . La reacción es:



- a) ¿Cuántos Kg de oxígeno deberán utilizarse por cada Kg de butano, para conseguir una combustión completa?
- b) Si la densidad del gas es de 2,59 g/L a 0°C y 1 atm de presión ¿Cuántos L de butano deberían quemarse para producir 100 L de CO_2 en estas condiciones?
- c) ¿Cuántos L de agua, medidos a 0°C y 1 atm de presión, se producirán en b?

R: a) 3,58 Kg; b) 25 L; c) 125 L

5. La reacción de descomposición del clorato de potasio se utiliza como fuente de gas oxígeno, de acuerdo a la reacción:

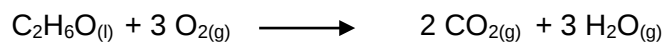


MA(g/mol); K = 39,1; Cl = 35,5

- a) ¿Cuántos gramos de KClO_3 deben calentarse para obtener 3,5 g de O_2 ?
- b) Utilizando los datos de a), ¿cuántos moles de KCl se formarán?
- c) ¿Cuántos L de O_2 en CN se producen?

R: a) 8,94 g; b) 0,07 moles; c) 2,44 L

6. Algunos motores a combustión utilizan etanol, C_2H_6O , como combustible, el que reacciona de acuerdo a la ecuación:



Calcule:

- a) Moles de etanol necesarios para reaccionar con 100 g de O_2 .
- b) Los Kg de agua que se producirán al quemar 40 L de etanol contenidos en el estanque de un automóvil, si la densidad de etanol es $0,79 \text{ g/cm}^3$.
- c) El volumen en L de O_2 , medidos a 100°C y 2 atm de presión que se requieren para quemar 1 g de etanol.
- d) La presión total ejercida por los productos al quemarse 100 g de etanol en un recipiente cerrado de 5 L a 200°C .

R: a) 1,04 moles; b) 37,1 kg; c) 0,0653 moles = 1,0 L; d) 10,87 moles; 84,4atm

NOTA: Los ejercicios señalados con (*) deben ser desarrollados en la unidad de gases.

7.- Balance de oxígeno:

- a) Ordene de menor a mayor, según la sensibilidad, los explosivos de la tabla 1 apunte "Química de los explosivos".



QUÍMICA DE LOS EXPLOSIVOS

1.0 DEFINICIÓN

Un **Explosivo Químico** es un compuesto o una mezcla que, bajo la aplicación de calor o un choque, se descompone o reacomoda con extrema rapidez, liberando mucho gas y calor.

Para que un compuesto químico sea explosivo, debe exhibir lo siguiente:

- a) Desarrollo de calor
- b) Formación de gases
- c) Rapidez de reacción
- d) Iniciación de la reacción

2.0 DESCOMPOSICIÓN DE UN EXPLOSIVO

La descomposición química de un explosivo puede demorar años, días, horas o una fracción de segundo. El término **detonación** se usa para describir un fenómeno explosivo de descomposición casi instantánea. Las formas de descomposición más lentas tienen lugar durante el almacenamiento y son de interés sólo desde el punto de vista de estabilidad.

3.0 ESTABILIDAD DE LOS EXPLOSIVOS

3.1 Definición

3.2 La **estabilidad**, es la habilidad de un explosivo de soportar condiciones de almacenamiento sin deteriorarse, ni perder sus propiedades explosivas.

3.3 Factores que afectan la estabilidad de un explosivo

3.3.1 Temperatura

La temperatura afecta la estabilidad de un explosivo, teniendo cada explosivo un límite superior de temperatura a la que la velocidad de descomposición resulta rápidamente acelerada y la estabilidad se reduce. Como regla práctica, se puede decir que la mayoría de los explosivos se convierten peligrosamente inestables a temperaturas por encima de los 70°C. Además, muchos explosivos nitrogenados se descomponen rápidamente si se exponen a los rayos ultravioletas del sol.

3.3.2 Volatilidad

Es la facilidad con se vaporiza una sustancia, y es una característica indeseable para los explosivos militares. Los explosivos no deben ser más que ligeramente volátiles al a temperatura que so cargados, o a sus máximas temperaturas de almacenamiento.

La excesiva volatilidad produce a menudo el desarrollo de presiones dentro de la munición y la separación de las mezclas en sus constituyentes. La volatilidad afecta la composición química del explosivo, de modo que puede producirse una marcada reducción de la estabilidad, con el consiguiente aumento de los riesgos de manipulación. La máxima volatilidad permisible es de 2ml de gas desarrollados en 48 horas.

3.3.3 Higroscopicidad

La introducción de humedad a un explosivo es altamente indeseable, porque reduce la sensibilidad, potencia y velocidad de detonación. La **higroscopicidad** se usa como medida de las tendencias de absorción de humedad del material. La humedad afecta perjudicialmente los explosivos, actuando como un material. La humedad afecta perjudicialmente los explosivos, actuando como un material inerte que absorbe calor cuando se vaporiza, y actuando como medio solvente que puede causar reacciones indeseables. Los materiales inertes que reducen la continuidad de la masa explosiva disminuyen la sensibilidad, potencia y velocidad de la detonación. Cuando el contenido de humedad se evapora durante la detonación se produce un enfriamiento que reduce la temperatura de reacción. La presencia de humedad, promueve la descomposición del explosivo y además causa la corrosión de su contenedor metálico.

4.0 PROPIEDADES

4.1 Sensibilidad

La sensibilidad de un explosivo es su tendencia a explotar después de recibir un impacto.

4.2 Potencia

Se refiere a la capacidad de “hacer su trabajo”, es decir, es la habilidad de llevar a cabo lo que se prevé en materia de entrega de energía (o sea, fragmentos, soplo de aire, chorros de alta velocidad, burbuja de energía subacuática, etc)

La potencia se evalúa mediante una serie de pruebas para determinar si el material es apto para su propósito. Entre las pruebas que se efectúan se encuentran:

- Expansión de cilindro.
- Fragmentación del cilindro.
- Presión de detonación.
- Diámetro crítico.
- Velocidad de detonación de diámetro infinito.

4.3 Poder de ruptura

Además de la potencia, los explosivos presentan el efecto de ruptura, esta característica es de importancia práctica para determinar la efectividad de una explosión para fragmentar el casco o carcasa de una bomba, granada o similar. La rapidez con que un explosivo alcanza su presión máxima es una medida de su poder de ruptura.

4.4 Toxicidad

La mayoría de los explosivos son en cierta medida tóxicos, debido a sus estructuras químicas. Como el efecto de la toxicidad puede variar desde un ligero dolor de cabeza hasta serios daños de órganos internos, debe extremarse el cuidado para limitar a un mínimo la toxicidad de los explosivos militares. Todo explosivo de alta toxicidad es inaceptable para el uso militar.

5.0 TERMOQUÍMICA

La termoquímica se ocupa de las variaciones de energía interna, principalmente en forma de calor, en las reacciones químicas. Una explosión consta de una serie de reacciones, **altamente exotérmicas**, que implican la descomposición de los ingredientes y su recombinación para formar los productos de la explosión. Los cambios de energía en las reacciones explosivas se calculan a partir de las leyes químicas conocidas o por análisis de productos.

NOMBRE	FÓRMULA	MM (g/mol)	CALOR DE FORMACIÓN (Kcal/mol)		
			GAS	LÍQUIDO	SÓLIDO
Nitrato de Amonio	NH_4NO_3	80,0			-87,8
Nitroglicerina	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3$	227,1		-85,3	
PETN	$\text{C}(\text{CH}_2\text{ONO}_2)_4$	316,15			-199,4
Nitrometano	CH_3NO_2	61,0	-14,0	-27,6	
Picrato de amonio	$\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{ONH}_4$	246,1			-78,0
Trinitrotolueno (TNT)	$\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$	227,1			-16,5

TABLA 1: Calores de formación de los elementos a 15°C y 760 mm de presión.

6.0 ECUACIÓN QUÍMICA DE EXPLOSIVOS QUÍMICOS

6.1 Balance de oxígeno

Es una expresión usada para indicar el grado que puede oxidarse un explosivo, es decir, si la cantidad, si una molécula contiene la cantidad exacta de oxígeno para convertir todo el carbono (en CO_2), todo el hidrógeno (en H_2O) y todo el metal (en óxido metálico) sin ningún excedente, se dice que la molécula tiene un balance de oxígeno **CERO**. Se considera una molécula con Balance de Oxígeno (BO) positivo, si contiene más oxígeno que el necesario. La sensibilidad, potencia y poder de ruptura de un explosivo dependen en cierta manera del balance de oxígeno y tienden a aproximarse a sus máximos cuando el BO se acerca a cero.

El BO se calcula a partir de la fórmula empírica de un compuesto como porcentaje de oxígeno requerido para la conversión completa.

$$\text{BO (\%)} = \frac{-1600 (2X + Y/2 + M - Z)}{\text{Masa Molecular del compuesto}}$$

Donde:

X = número de átomos de carbono

Y = número de átomos de hidrógeno

Z = número de átomos de oxígeno

M = número de átomos de metal (óxido metálico producido)

Ejemplo:

Determinar el BO para el explosivo RDX $(\text{CH}_2)_3\text{N}_3(\text{NO}_2)_3$

MM = 222,0 g/mol

X = 3 (número de átomos de carbono)
Y = 6 (número de átomos de hidrógeno)
Z = 6 (número de átomos de oxígeno)

$$\text{BO} = \frac{-1600}{222,0} \times (2 \times 3 + 6/2 - 6)$$

$$\text{BO} = - \frac{1600}{222,0} \times (6 + 3 - 6)$$

$$\text{BO} = -21,6 \%$$

ANEXO

- **CONCEPTOS Y DEFINICIONES PARA COMPLEMENTAR EL ESTUDIO DE LOS EXPLOSIVOS.**
- **ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DESECHO DE EXPLOSIVOS EN FORMA SEGURA.**

1.- Explosivos primarios:

- Muy sensibles a estímulos físicos.
- Amplificadores de los impulsos de baja energía.
- Se utilizan como iniciadores (detonadores o fulminantes) para explosivos secundarios.

2.- Explosivos secundarios:

- Poco sensibles al roce, impacto, llama, chispa eléctrica y otros estímulos físicos.
- Pueden detonar con onda de choque proveniente de explosivos primarios.
- Son más poderosos que los explosivos primarios y se usan principalmente para demolición y destrucción.

3.- **Combustión:** reacción química se efectúa superficialmente por conductividad térmica.

- los productos gaseosos escapan totalmente de la zona de reacción
- no existe aumento de la presión.

4.- **Deflagración:** es una combustión rápida (de súbito) que forma llama, se propaga por difusión térmica y no involucra una explosión.

- Velocidad de propagación (dentro del explosivo) menor al sonido.
- Escape parcial de calor y gases.
- Presión moderada

5.- **Detonación:** es la reacción química de los explosivos.

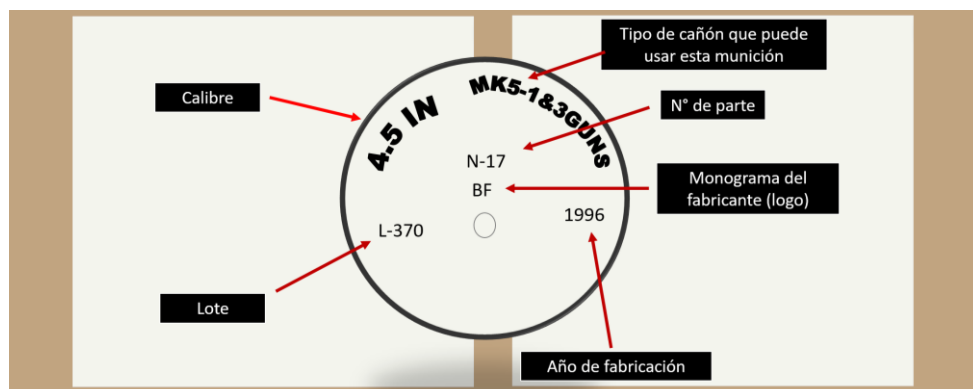
- Combustión instantánea.
- Conversión de los sólidos, líquidos o gases, en **gases expandibles**.
- Acompañada con calor, **presión** y otros efectos secundarios.
- Velocidad de propagación (dentro del explosivo) mayor al sonido.

6.- **Explosión:** es un efecto físico posterior o secundario, ocurre como una consecuencia de las reacciones químicas y **sus productos**.

7.- Munición:



Una de las partes de la munición es el culote que entrega información como:



8. Almacenamiento, transporte y desecho de explosivos:

Los explosivos y sus accesorios se almacenan en lugares físicos denominados **polvorines**.

- Bajo estrictas normas de seguridad y reglamentarias.
- Estos recintos que deben ser autorizados por la autoridad competente.

Los polvorines deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Estar libres de material combustible, en un radio de 50 metros.
- Poseer extintores.
- Se debe evitar derramamiento de explosivos.
- Se deben sacar envases vacíos.

Para almacenar los explosivos se debe considerar:

- Disposición y distribución segura
- Ventilación.
- Sin detonantes o fulminantes.
- No se almacenan en mal estado.

Para transportar explosivos se debe tener en cuenta que el vehículo:

- Deberá estar en óptimas condiciones mecánicas y eléctricas.
- Deberá llevar cadena de seguridad a tierra.
- La carga máxima será un 80% y debidamente distribuida.
- No se puede transportar otra carga o herramienta.
- Los detonadores y altos explosivos no se deben trasladar juntos.
- El camino: siempre el más corto y de menor tráfico.
- La velocidad: 50[km/hr] máximo, evitando golpes y sacudidas.
- Prohibido transportar personal junto con los explosivos.

Los explosivos pueden sufrir deterioro debido a:

- Congelación
- Exudación
- Descomposición por pérdida de su estabilizante.

Los procedimientos para eliminarlos en forma segura son:

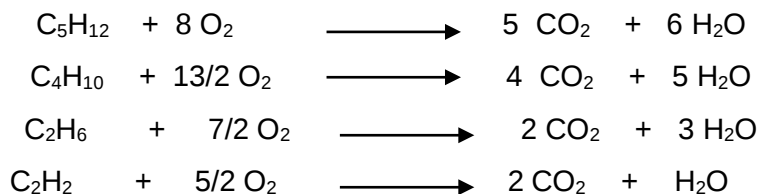
- Por combustión controlada.
- Por explosión o detonación provocada y controlada.
- Los nitro carbonitratos (anfo, sanfo y similares) se disuelven en agua.



GUÍA N° 4

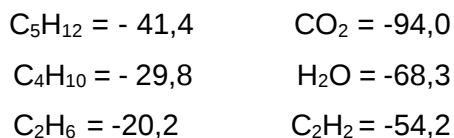
TERMOQUÍMICA

1. De acuerdo a las siguientes reacciones:



a) Calcular el ΔH de combustión o potencia calorífica, en Kcal/mol, para los combustibles

Los valores de ΔH°_f son en Kcal/ mol:



- i) Pentano, $\text{C}_5\text{H}_{12}(\text{l})$ iv) Carbón grafito, $\text{C}(\text{s})$
ii) Butano, C_4H_{10} v) acetileno, C_2H_2
iii) Etano, C_2H_6 (g)

b) Determine, además, cuál de ellos es el mejor combustible, comparando los valores de potencia calorífica expresada en Kcal / Kg

R: Pentano: - 838,4 Kcal/mol; - 11644 Kcal/Kg

Butano: - 687,7 Kcal/mol; - 11857 Kcal/Kg

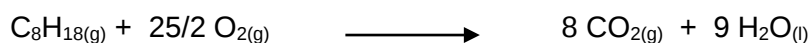
Etano : - 372,7 Kcal/mol; - 12423 Kcal/Kg

Carbón : -7833,3 Kcal/Kg

Acetileno: - 2021 Kcal/mol; - 7773 Kcal/kg

*El **etano** es el mejor combustible, debido a que libera mayor cantidad de calor por cada Kg de combustible quemado.*

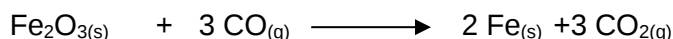
2. Determine el ΔH_f para el n-octano, C_8H_{18} , sabiendo que:



Tome los valores de ΔH_f° que necesite del problema anterior. El valor del ΔH de combustión de la reacción es -1317,5 Kcal / mol.

R: - 49,2 Kcal /mol

3. Determine el ΔH_R de la siguiente reacción:



Los valores de ΔH_f en Kj son:

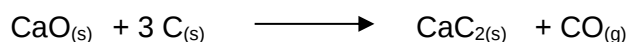
$$CO_2 = -393,5$$

$$Fe_2O_3 = -822,2$$

$$CO = -110,5$$

R: - 26,8 Kj

4. Cuál es la cantidad de calor necesario para obtener 1 Kg de CaC_2 de acuerdo con la reacción:



Si ΔH_f (Kcal/mol):

$$CaO = -151,9$$

$$CaC_2 = -15,0$$

$$CO = -26,4$$

R: 1726,6 Kcal

5. Un criterio importante en la elección de propulsores (combustibles) de cohetes lo constituye el poder calorífico por gramo o cc de combustible. Calcule dichos valores de acuerdo a las siguientes reacciones:



Si ΔH_f (Kcal/mol):

$$N_2H_{4(l)} = 12,0$$

$$C_9H_{20} = - 65,8$$

$$H_2O_{2(l)} = - 44,8$$

$$N_2O_{4(l)} = - 6,8$$

$$N_{2(g)} = 0$$

$$CO_{2(g)} = - 94,1$$

$$H_2O_{(g)} = - 57,8$$

Datos:

Densidades (g/cc):

$N_2H_4 = 1,01$ $C_9H_{20} = 0,72$

MM (g/mol):

$N_2H_4 = 32$ $C_9H_{20} = 128$

R: a) 4,8 Kcal / g; 4,84 Kcal / cc

b) 10,24 Kcal / g; 7,37 Kcal / cc

6. Desarrolle los problemas N°38, 41, 43, 45 del texto guía, página 269.

7. Se quema 2.0 g de metanol CH_3OH en un calorímetro cuya capacidad calorífica es de 300 cal/°C. Si el calorímetro contiene 3.56 Kg de agua ($C_p = 1$ cal/g°C), y la temperatura se eleva desde 25,27 °C a 28,1 °C.

Calcule:

- a) El calor desprendido
- b) El ΔH de combustión en Kcal/mol
- c) La potencia calorífica en Kcal/Kg

R: - 10,924 Kcal; - 174,8 Kcal/mol; - 5462,5 Kcal/Kg

8. Cuando se quema 1,0 g de dimetil hidrazina ($C_2H_8N_2$), en un calorímetro que contiene 5,0 Kg de agua, la temperatura se eleva desde 24,62 hasta 26,07 °C. Calcule el ΔH de combustión en Kcal/mol. Suponga que la capacidad calorífica del calorímetro es de 440 cal/°C.

R: - 473,3 Kcal/mol



GUÍA N° 5

LEYES DE LOS GASES

1.- Una pequeña burbuja se eleva desde el fondo de un lago, donde la temperatura es de 8°C y la presión es de 6,4 atm, la burbuja se eleva hasta la superficie donde la temperatura es de 25°C y la presión es de 1 atm. Calcule el volumen final de la burbuja en mL, si su volumen inicial era de 2,1 mL.

R: 14,25 mL.

2.- Un globo meteorológico lleno de gas posee un volumen de 55,0 L, el cual se libera en la superficie a una presión de 755 mm Hg y 23°C . El globo posee la capacidad de expandirse hasta un máximo de 835 L, donde al sobrepasar este valor, el globo se revienta. A una determinada altura la temperatura es de -5°C y la presión de 0,066 atm. Calcule el volumen del globo en estas condiciones y responda si el globo es capaz de resistirlas o no. **R: 749,22 L. Soporta sin reventar.**

3.-Una masa de gas, que ocupa un recipiente de 50 L, se encuentra a una presión de 600 mm Hg y a una temperatura de 15°C . Si se pasa todo este gas a otro recipiente de 30 L de capacidad y la temperatura sube a 100°C ¿Cuál será la nueva presión del gas? **R: atm. 1,70 (atm)**

4.- Una cantidad fija de gas a temperatura constante exhibe una presión de 737 mm Hg y ocupa un volumen de 20,5 L. Calcule:

a) El volumen que ocuparía el gas si la presión aumenta a 1,80 atm; R: 11,05L.

b) La presión del gas si el volumen es de 16 L. R: 1,24 atm.

5.- Una cantidad fija de un gas a presión constante ocupa un volumen de 8,50L a una temperatura de 29°C. Determine:

a) El volumen que ocuparía el gas si la temperatura se eleva a 125°C; **R: 11,2L.**

b) La temperatura en grados Celsius, cuando el volumen del gas es de 5,0 L.

R: - 95,36 °C.

6.- A 46°C y 0,880 atm de presión, un gas ocupa un volumen de 600 mL;

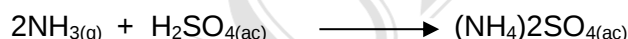
a) ¿Cuántos litros ocupará a 0°C y a 155,8 mm Hg? **R: 2,20 L.**

b) ¿Cuántos litros ocupará a condiciones de presión y temperatura estándar(0°C, 1atm)? **R: 0,41 L**

7.- Calcule la Masa Molecular de un gas si 4,40 g ocupan 3,50 L a 560 mm Hg y 41°C?

R: 44 g/mol.

8.- El sulfato de amonio, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, se puede preparar por la reacción de amoníaco (NH_3) con ácido sulfúrico (H_2SO_4):



Calcule el volumen de amoníaco gaseoso necesario a 20°C y 25,0 atm para reaccionar con 150,0 Kg de H_2SO_4 . **R: $2,94 \times 10^3$ L de NH_3 .**

9.- Una mezcla que contiene 0,538 mol de $\text{He}_{(g)}$, 0,315 mol de $\text{Ne}_{(g)}$ y 0,103mol de $\text{Ar}_{(g)}$ está confinada en un recipiente de 7,0 L a 25 °C, calcule:

a) La presión parcial de cada uno de los gases. **R: $P_{\text{He}} = 1,88 \text{ atm}$; $P_{\text{Ne}} = 1,10 \text{ atm}$, $P_{\text{Ar}} = 0,360 \text{ atm}$.**

b) La presión total de la mezcla. **R: $P_t = 3,34 \text{ atm}$.**

10.- Una mezcla contiene 4,00 g de $\text{CH}_4(\text{g})$, 4,00 g de $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ y 4,00 g de $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$ está encerrado en un recipiente de 1,50 L a una temperatura de 0°C , calcule:

a) La presión parcial de cada uno de los gases de la muestra. **R: $P_{\text{CH}_4} = 3,73 \text{ atm}$; $P_{\text{C}_2\text{H}_2} = 2,24 \text{ (atm)}$ $P_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 1,03 \text{ atm}$.**

b) La presión total de la mezcla. **R: $P_t = 7,0 \text{ (atm)}$**

11.- Un gas ocupa un volumen de 9,5 L a una presión de 900 mmHg. ¿Cuántos gramos hay de este gas, si su masa molecular es de 120 (g/mol) y se encuentra a una temperatura de 80°C ? **R: 46,47 g.**

12.- Suponga que sus pulmones pueden mantener alrededor de 500 mL de aire a condiciones estándares. Usted inspira profundamente y retiene la respiración, entonces se sumerge en el mar a una profundidad en la cual la temperatura es de 10°C y la presión es de 5,0 atm. ¿Cuál es el volumen de aire en sus pulmones ahora? **R: 103,66 mL.**

13.- Un cilindro que contiene 29 L de gas helio a una presión de 165 atm se usa para llenar globos a una presión de 1,1 atm. Cada globo inflado tiene un volumen de 2,0 L. ¿Cuál es el número máximo de globos que se puede inflar? **R: 2177 globos.**



ÁCIDO- BASE

Cálculo de pH

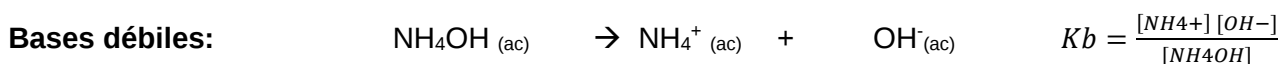
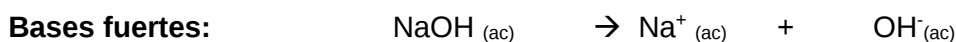
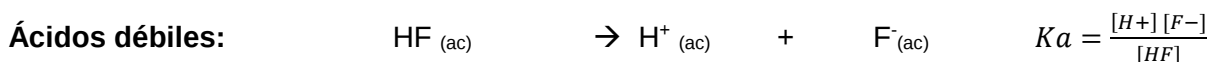
Un **ácido**, es todo compuesto que en solución acuosa libera protones (**H⁺**), por lo tanto aumenta la concentración de protones en el agua.

Base, es todo compuesto que en solución acuosa libera grupos hidroxilos, aumentando la concentración de iones hidroxilos (**OH⁻**) en el agua.

Existen ácidos y bases fuertes y débiles.

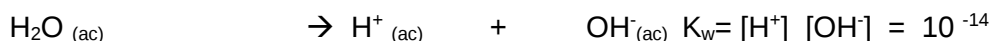
Los **ácidos y bases fuertes** son aquellos que se disocian completamente en agua, no presentan constantes de equilibrio.

Los **ácidos y bases débiles** son aquellos que se disocian parcialmente y por lo tanto se presentan constantes de equilibrio.



Disociación del agua

El agua presenta un doble equilibrio o comportamiento, es decir, puede actuar como ácido o como base, se dice que tiene un comportamiento **anfótero**.



Si hay **X** concentración de $[\text{H}^+]$, que es igual a la concentración $[\text{OH}^-]$, la igualdad queda:

$$10^{-14} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = X^2$$

$$X = 10^{-7} \text{ M} = [\text{H}^+] \text{ u } [\text{OH}^-] \text{ (Neutro)}$$

En cualquier solución acuosa se cumplirá esta igualdad y equilibrio entre ambos iones:

$10^{-14} = [H^+] [OH^-]$	ÁCIDA $[H^+] > [OH^-]$
$10^{-14} = [1] [1 \times 10^{-14}]$	
$10^{-14} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-13}]$	
$10^{-14} = [10^{-2}] [1 \times 10^{-12}]$	
$10^{-14} = [10^{-3}] [1 \times 10^{-11}]$	
$10^{-4} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-10}]$	
$10^{-5} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-9}]$	
$10^{-6} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-8}]$	
$10^{-7} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-7}]$	NEUTRO
$10^{-8} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-6}]$	BÁSICA $[H^+] < [OH^-]$
$10^{-9} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-5}]$	
$10^{-10} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-4}]$	
$10^{-11} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-3}]$	
$10^{-12} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-2}]$	
$10^{-13} = [10^{-1}] [1 \times 10^{-1}]$	
$10^{-14} = [10^{-1}] [1]$	

Para simplificar el concepto de solución ácida o básica, se ha definido un operador matemático, llamado pH.

El pH es un operador matemático que indica el grado de acidez. La acidez se mide en una escala que va desde 0 a 14.

$$p = -\log$$

$$pH = -\log [H^+]$$

$$pOH = -\log [OH^-]$$

Si a la igualdad $10^{-14} = [H^+] [OH^-]$ aplicamos el operador **-log**.

$$14 \log_{10} = -\log [H^+] - \log [OH^-]$$

$$14 = pH + pOH$$

A. Cálculos de pH para ácidos fuertes y bases fuertes

a) Cálculo de pH para ácidos fuertes

$$pH = -\log [H^+] = -\log [\text{ácido fuerte}]$$

Ejemplo: Calcular el pH de una solución de ácido clorhídrico de concentración 2×10^{-3} M.



$$2 \times 10^{-3} \quad 2 \times 10^{-3}$$

$$pH = -\log 2 \times 10^{-3}$$

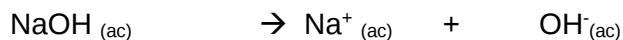
$$pH = 2,7$$

b) Cálculo de pH para bases fuertes

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log [\text{base fuerte}]$$

Ejemplo: Calcular el pH de una solución de hidróxido de sodio de concentración 2×10^{-3} M.



$$2 \times 10^{-3} \qquad \qquad \qquad 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{pOH} = -\log 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{pOH} = 2,7$$

$$\text{pH} = 14 - 2,7$$

$$\text{pH} = 11,3$$

c) Si se da el pH de una solución se puede calcular:

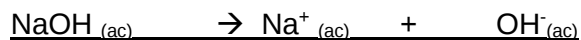
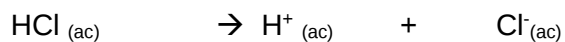
- La concentración de $[\text{H}^+]$
- La concentración de $[\text{OH}^-]$
- El pOH

Ejemplo: Si una solución tiene un pH de 3,4; determine $[\text{H}^+]$, $[\text{OH}^-]$ y el pOH de la solución:

- $[\text{H}^+] = \text{antilog} (-\text{pH}) = 10^{-\text{pH}} = \text{antilog} -3,4 = 4 \times 10^{-4}$
- $[\text{OH}^-] = 2,5 \times 10^{-11}$
- $\text{pOH} = 10,6$

B. Neutralización

Cuando reacciona un ácido con una base se anulan, obteniéndose una sal más agua, para que esto suceda las cantidades deben ser estequiométricas, es decir, igual número de moles de ácido y de base.



moles de ácido = moles base

$$M_{\text{ácido}} \times V (\text{L})_{\text{ácido}} = M_{\text{base}} \times V (\text{L})_{\text{base}}$$

$$M_{\text{ácido}} \times V (\text{L})_{\text{ácido}} = \text{masa (g)}_{\text{base}} / \text{MM (g/mol)}_{\text{base}}$$



GUÍA N° 6

SOLUCIONES Y ÁCIDO BASE

1.- Se sabe que una solución está al 75% m/m.

a) ¿Qué información nos entrega este valor de concentración?

b) ¿Cuántos gramos de soluto hay disueltos en 100 gramos de solvente?. **R: 300 (g)**

2.- Una solución de NaOH, cuya densidad es 1,3 (g/mL), está preparada al 28% m/m. ¿Qué volumen de esta solución se deberá tomar para que contenga 15 gramos de NaOH?. **R: 41,2 (mL)**

3.- ¿Cuántos mL de una solución al 35% m/v contiene 10 gramos de soluto?

R: 28,6 (mL)

4.- Una solución de suero fisiológico contiene NaCl al 9% m/m y su densidad es 1,55 (g/mL). ¿Cuántos gramos de NaCl contienen 5 mL de esta solución?. **R: 0,7 (g)**

5.- ¿Cuántos gramos de soluto se necesitan para preparar 450 mL de $\text{CaCl}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ de concentración 1 Molar?. **R: 57,6 (g)**

6.- Si se disuelven 8,96 gramos de H_2SO_4 en agua suficiente para hacer 396 mL de solución. ¿Cuál será la Molaridad?. **R: 0,23 M**

7.- Se tiene una solución de HCl 0,25 Molar:

a) ¿Cuántos mL de ella contienen 0,02 moles de HCl?. **R: 80 (mL)**

b) ¿Cuántos mL de ella contienen 36,5 gramos de HCl?. **R: 4000 (mL)**

c) ¿Cuántos moles de HCl contienen 3 L de ella?. **R: 1,25 (moles)**

d) ¿Cuántos gramos de HCl contienen 3 L de ella?. **R: 27,38 (g)**

8.- Si la densidad de una solución al 5% m/v es de 1,5 (g/mL). ¿Cuál será su concentración en % m/m y su Molaridad?. Considere la MM del soluto: 44 (g/mol).

R: %m/m = 3,33% ; M = 1,14 M

9.- El ácido sulfúrico que suele venderse comercialmente es al 95% m/m y su densidad es 1,834 (g/mL).

a) ¿Cuál es su Molaridad?. **R: 17,7 Molar**

b) ¿Cuál es su molalidad?. **R: 193,9 m**

10.- Sabemos que 200 mL de una solución de azúcar ($C_{12}H_{22}O_{11}$) contiene 12 gramos de soluto. Si la densidad de la solución es 1,022 (g/mL). Calcule:

a) Molaridad. **R: 0,175 M**

b) molalidad. **R: 0,182 m**

c) Si a esta solución se le agregan 700 mL adicionales de agua. ¿Cuál será la nueva Molaridad?.

R: 0,039 M

11.- ¿Cuántos mL de una solución de suero fisiológico, NaCl 0,15 M, se requieren para preparar 2 L de concentración 0,03 M?. **R: 400 mL**

12.- ¿Cuántos gramos de suero glucosado al 10 % m/v, $C_6H_{12}O_6$, se pueden preparar con 1 L del mismo suero pero de concentración 1 M?. **R: 1,8 L**

13.- Se transporta un estanque de 25 m³ lleno de HNO₃ (Ácido nítrico) al 65% m/m, cuya densidad es 1,4 g/mL. Calcule:

a) Los Kg de solución en el estanque. **R: 35 x 10³**

b) Los Kg de HNO₃ que transporta. **R: 2,275 x 10⁴ Kg**

c) Los m³ de agua que transporta. Considere la densidad del agua igual a 1 (g/mL).

R: 12,25 m³

d) La Molaridad y molalidad del ácido. **R: 14,4 M y 29,5 m**

14.- Calcular el pH de una solución de HCl (ácido clorhídrico) de concentración 2x10⁻³ M.

R: 2,7

15.- Calcular el pH de una solución de NaOH (hidróxido de sodio) de concentración 2x10⁻³ M.

R: 11,3

16.- Calcular los gramos de NaOH que se requiere para neutralizar 20 litros de agua de caldera de pH 3,2.

R: 0,504 (g)

17.- Si tiene 100 litros de agua de caldera a pH 8, determine el volumen en mL de una solución de HCl $4,5 \times 10^{-3}$ M que debe agregar para neutralizar todo el volumen de esta agua de caldera.

R: 0,22 (mL)

18.- Calcular:

a) El pH de una solución, cuya concentración de H^+ son: $1,5 \times 10^{-1}$ (M). **R: 0,8**

b) Indique la concentración de OH^- y el pOH. **R: $6,3 \times 10^{-14}$; 13,2.**

c) Clasifique la solución. (según el grado de acidez.) **R: es una solución ácida.**

19.- Indique qué tipo de compuesto usarías para neutralizar la solución anterior:

a) HNO_3 (ácido Nítrico) de concentración 0,4 M.

b) LiOH (Hidróxido de Litio) de concentración 0,7 M.

R: LiOH 0,7 M.

20.- Calcule:

a) El volumen en litros que necesita de la solución que escogió en "19" para neutralizar 40 litros de la primera solución cuya concentración de H^+ son: $1,5 \times 10^{-1}$ (M). **R: 8,57 (L)**

b) ¿Cuántos moles de compuesto contiene esta solución?. **R: 6 moles.**

c) ¿Cuántos gramos de cada compuesto hay presentes en su respectiva solución?.

R: 143,4 (g)



GUÍA N° 7

PROPIEDADES COLIGATIVAS

- 1.- Una solución que contiene 8,0 gramos de soluto disuelto en 350 gramos de agua se congela a $-0,82$ ($^{\circ}\text{C}$). Calcule la MM del soluto. **R: 51,8 /g/mol)**
- 2.- Calcule el punto de congelación de una solución acuosa de alcohol etílico de MM 46 (g/mol) cuya concentración es al 20%. **R: - 10,1 ($^{\circ}\text{C}$)**
- 3.- Una solución compuesta de 52,5 gramos de soluto en 1 Kg de agua hierve a $100,39$ ($^{\circ}\text{C}$). ¿Cuál es la MM del soluto?. **R: 68,9 (g/mol)**
- 4.- Se tiene una solución de un soluto de MM 125 (g/mol) de alcanfor, cuyo punto de fusión es $164,7$ ($^{\circ}\text{C}$). Si el punto de fusión del alcanfor es $178,4$ ($^{\circ}\text{C}$) y su K_c es 40. Calcule la masa de soluto disuelto en 35 gramos de solvente. **R: 1,5 (g)**
- 5.- Si el radiador de una automóvil contiene 12 litros de agua:
 - a) ¿Cuánto descenderá el punto de congelación debido a la adición de 5 Kg de glicerol ($\text{C}_2\text{O}_2\text{H}_6$)?.
R: 12,5 ($^{\circ}\text{C}$)
 - b) ¿Cuánto Kg de metanol (CH_4O) se necesitarán para producir el mismo efecto?.
R: 2,6 Kg
- 6.- Calcular los Kg de glicerol de MM = 62 (g/mol), que son necesarios para preparar 15 litros de solución anticongelante acuosa, de manera que esté solidificada a -20 ($^{\circ}\text{C}$), si las densidades del glicerol y el agua son respectivamente: 1,12 (g/mL) y 1,0 (g/mL).
R: 6,28 (Kg)
- 7.- Un radiador de un automóvil se llena con 7,5 litros de anticongelante y 7,5 litros de agua. Si el anticongelante es glicerol, determine cuánto podrá enfriarse el radiador antes de que se congele. Considere los datos que sean necesarios del ejercicio anterior.
R: - 33,6 ($^{\circ}\text{C}$)

8.- Usted tiene una solución de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) al 40% v/v. La densidad de la solución es 1,02 (g/mL) y la densidad del soluto es 1,54 (g/mL).

Indique:

- a) Los mL de soluto, solvente y solución. **R: 40 (mL); 60 (mL); 100 (mL)**
- b) Los gramos de soluto, solvente y solución. **R: 61,6 (g); 40,4 (g); 102 (g)**
- c) %m/m **R: 60,39%**
- d) % m/v **R: 61,6 %**
- e) Molaridad (M) **R: 3,42 (mol/L)**
- f) molalidad (m) **R: 8,47 (mol/Kg)**
- g) Indique si la solución se puede usar entre 102°C y – 12 (°C).
R: se puede usar en este rango.



ESCUELA NAVAL "ARTURO PRAT" CÁTEDRA DE QUÍMICA

TRATAMIENTO DE AGUA EN LA ARMADA

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de Agua en la Armada dependerá del uso que se le dé. Tendremos:

- I. Agua para consumo. No debe contener bacterias dañinas para la salud, no necesita estar totalmente desprovista de sustancias disueltas, especialmente oxígeno.
- II. El agua de caldera no deberá contener sustancias que ataquen metales, sólidos disueltos, ni gases Oxígeno y CO_2 .
- III. El agua para baterías precisa aún mayor grado de pureza.

I. AGUA PARA CONSUMO A BORDO.

Todas las aguas frescas son filtradas y cloradas. Estos tratamientos eliminan materiales suspendidos y destruyen bacterias dañinas.

Agua fresca a bordo de buques. Hay dos maneras de surtir o suministrar agua fresca a una nave en el mar:

1. Mediante suministro desde tierra o desde un buque tanque en el mar.
2. Agua preparada por destilación de agua de mar.

Por limitaciones de peso y tamaño de estanques de reservas, el consumo de agua fresca debe ser restringido a bordo.

El agua de mar se usa en sistemas de flujo de los servicios higiénicos e incendios. El agua de mar no puede ser consumida por los seres humanos, ya que produce una sed insoportable.

Para referirse a la cantidad total de sólidos disueltos en agua, se emplea el concepto **salinidad**. La salinidad promedio del agua de mar es 35000 partes por millón (ppm); es decir el 3,5% de sólidos, el 75% de los cuales es cloruro de sodio.

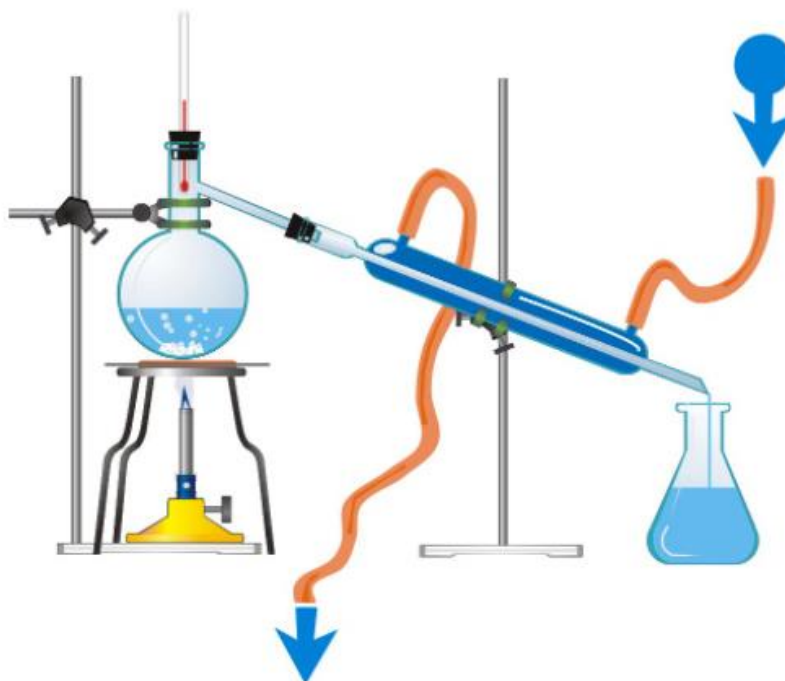
Métodos para purificar agua de mar.

1. Destilación
2. Precipitación
3. Ósmosis reversa

1.- Destilación

El método más simple de destilación es la evaporación natural del agua de mar y su condensación como lluvia, pero esto es muy incierto y la cantidad puede ser inferior al requerido.

Existen destiladores de agua de mar que funcionan con alguna fuente de calor. Se puede obtener entre 2 y 4 litros de agua por hora.



AGUA DE REFRIGERACIÓN

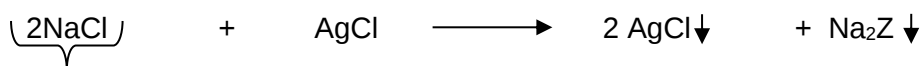
Figura N°1: principio básico de la destilación.

2.- Precipitación.

Uno de los métodos para precipitar las sales del agua y hacerla potable adoptado por la Navy Bureau of Aeronautics and Air Force, es el desarrollado por la Permutit Company, denominado “Proceso de la Permutita”, para desmineralizar el agua de mar.

Procedimiento:

Se añade agua de mar en un recipiente especial de plástico y se agrega una tableta de zeolita de plata, se agita y se espera que la zeolita reacciones con el cloruro de sodio. Se produce la siguiente reacción:



Presente en el agua de mar

Esta reacción permite eliminar el 80% de los sólidos disueltos en el agua, dejándola apropiada para ser bebida, sin desagrado y sin que produzca sed.

3.- Osmosis Reversa

Osmosis: Fenómeno natural en el cual el agua pasa a través de una membrana semipermeable, desde una solución menos concentrada a una solución más concentrada.

Osmosis Reversa: Proceso en el cual se fuerza al agua a pasar a través de una membrana semipermeable, desde una solución más concentrada a una solución menos concentrada, mediante la aplicación de presión.

Presión Osmótica: presión que se desarrolla en una solución salina, dependiente de la diferencia de concentración de iones presentes a ambos lados de la membrana.

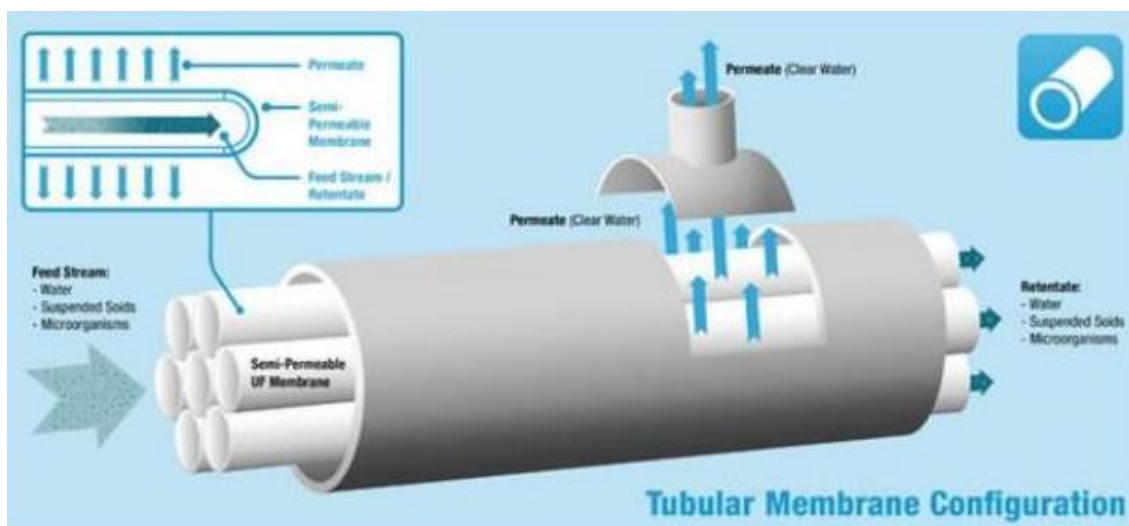


Fig. N°2: principio de la osmosis reversa.

II. EL AGUA DE CALDERA

El agua que existe dentro de las calderas, antes de ser convertido en vapor se llama **agua de calderas**.

El **agua de alimentación de la caldera**, es el agua casi pura que viene de los evaporadores (destiladores), que se va a agregar a la caldera.

Las impurezas presentes en el agua de alimentación y de calderas son:

- a. Sustancias minerales disueltos
 - b. Sólidos suspendidos
 - c. Exceso de iones hidronios (H^+ , protones)
 - d. Gases disueltos
-
- a. Cuando se hace hervir agua de mar, parte de las sustancias minerales disueltas son arrastradas mecánicamente por el vapor. La máxima salinidad permitida en el agua de alimentación para calderas es 0,5 equivalentes por un millón (test de salinidad). Si es mayor se deja para uso de bebidas.
 - b. Sólidos suspendidos, sustancias minerales u orgánicas insolubles, pueden ser productos de corrosión (óxidos de hierro). Los tubos deben estar limpios.
 - c. Se forman cuando el agua de alimentación tiene cloruro de magnesio ($MgCl$)
 - d. Gases disueltos, los que producen problemas son el O_2 y el CO_2 . El O_2 produce oxidación directa. El CO_2 aumenta la concentración de iones hidronio (H^+), produciendo corrosión. Ambos gases se eliminan mediante desaireadores, para eliminar el O_2 también se agrega hidracina o sulfito de sodio.

Efectos dañinos de las impurezas del agua de caldera

1. Formación de incrustaciones
2. Espumas y ebulliciones
3. Corrosión.

1.- Formación de incrustaciones

Las incrustaciones, son sustancias minerales insolubles que precipitan en el agua de caldera y que pueden ser de dos tipos: Duras o blandas. El primer tipo es la más peligrosa, difícil de combatir, está constituida de sulfato de calcio, prácticamente insoluble a la temperatura de trabajo de la caldera (no se disuelve en caliente). Este tipo de incrustaciones disminuye la conductividad térmica de los tubos, dilata irregularmente el metal y puede producir explosiones por obstrucción.

Una incrustación blanda, está constituida por fosfatos y carbonatos de calcio ($Ca_3(PO_4)_2$ y $CaCO_3$) no se adhieren a los tubos de la caldera, forman sedimentos, pueden ser evacuados de las calderas mediante lavados.

2.-Espumas y ebulliciones

Los sólidos disueltos y suspendidos en el agua pueden producir espumas y ebulliciones bruscas.

3.- Corrosión

Para eliminar los peligros de incrustaciones, la corrosión y la ebullición espumante, en el caso de que el agua esté ligeramente contaminada con agua de mar se agrega a la caldera una mezcla de sustancias conocidas con el nombre de Navy Boiler Compound (NBC)

- Fosfato disódico Na_2HPO_4 4 parte en peso
- Carbonato de sodio Na_2CO_3 3 partes
- Almidón de maíz 1 parte

Los dos primeros compuestos eliminan incrustaciones duras, el Na_2CO_3 elimina los iones H^+ . Y el almidón ayuda a la fluidez de los sedimentos, que no se formen capas, y atrapa los sólidos suspendidos.

Test para establecer la calidad del agua para alimentación y del agua de calderas.

1. Test de alcalinidad, se mide determinando la concentración de iones hidroxilos (OH^-), con una solución de ácido nítrico 0,05M. Se hace diariamente para calderas productoras de vapor y una vez a la semana para calderas de baja presión. Alcalinidad aceptable 2,4 a 3,5 equivalentes por millón.
2. Test de salinidad, determina la concentración de iones cloruros.
3. Test de dureza, determina la concentración de iones Ca^{++} y Mg^{++} , debe ser cero.
4. Pruebas para detectar O_2 , debe ser cero.

III.- AGUA PARA BATERIAS Y ACUMULADORES

Esta agua debe ser de elevada pureza para evitar que reacciones con el PbO_2 y el Pb de las placas del acumulador, produciendo una eventual descarga.

Después de destilada, el agua pasa por un intercambiador de cationes (resina de intercambio iónico).

El tratamiento del intercambiador iónico se realiza en 3 etapas.

-Intercambio catiónico, donde se eliminan cationes (iones positivos) como el calcio (dureza), Ca^{2+} ; Magnesio (dureza), Mg^{2+} ; Hierro, Fe^{2+} ; Sodio, Na^+ ; Potasio, K^+ .



Al finalizar el intercambio catiónico el agua sale ácida.

-Intercambio aniónico, en esta etapa se eliminan aniones (iones negativos), como el sulfato (SO_4^{-2}), cloruro (Cl^-), sílice (SiO_2^{+2}), carbonato (CO_3^{-2})



Al finalizar el intercambio aniónico el agua sale alcalina.

-Leche de ajustes: en esta etapa se realiza el ajuste de pH del agua.



Fig. N°3: equipo de intercambio iónico.



CORROSIÓN

Es el deterioro de los metales debido a una reacción (ataque) química que ocurre entre el metal y el medio ambiente. Es un proceso natural e inevitable, solo podemos controlar la velocidad con que el proceso se produce.

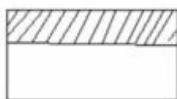
I. ¿POR QUÉ OCURRE LA CORROSIÓN?

- ❖ La mayoría de los metales, excepto los llamados nobles (oro, platino, plata, etc.) se encuentran en la naturaleza como minerales (formando óxidos y sales) y se requiere el esfuerzo del hombre para pasarlo al estado metálico.
- ❖ Existe una tendencia natural de los metales a corroerse. Tendencia evaluada con su potencial de oxidación (Serie de Tensión).

II. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE CORROSIÓN

1.- Según la forma de ataque:

- Corrosión uniforme: El ataque se extiende en toda la superficie, es la forma más benigna de corrosión. Permite calcular fácilmente la vida útil de los metales.
- Corrosión en placas: El ataque se extiende más en algunas zonas.
- Corrosión localizada: Corrosión por picado, es una de las formas más peligrosas en que se puede presentar la corrosión. Afecta a superficies metálicas previamente protegidas. Se propaga al interior formando verdaderos túneles.
- Corrosión de rendijas: Afecta a intersticios.
- Corrosión intergranular: Se extiende alrededor de los gránulos metálicos.
- Corrosión figurante o bajo Tensión: Se presenta en metales que están sometidos simultáneamente a la acción de un medio corrosivo y a tensiones mecánicas.



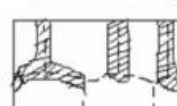
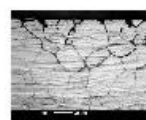
corrosión uniforme



corrosión en placas



corrosión por picado



corrosión intergranular



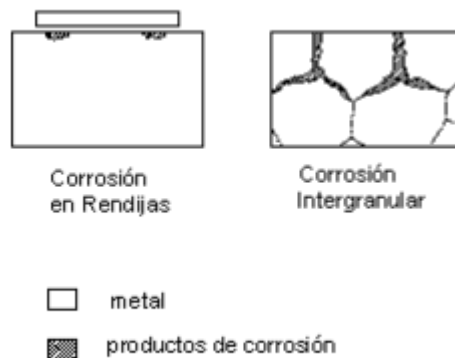
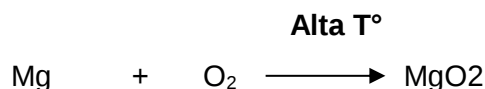


Figura N°1: Esquema de diferentes tipos de corrosión

2.- Según el medio en que ocurre

a) **Química.** El metal se combina directamente con el reactivo a altas temperaturas.

Ejemplo:



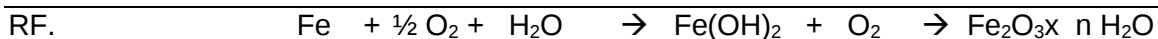
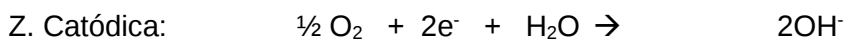
b) **Electroquímica.**

-Se produce en medios acuosos (agua de mar, atmósfera, cañerías, etc.)

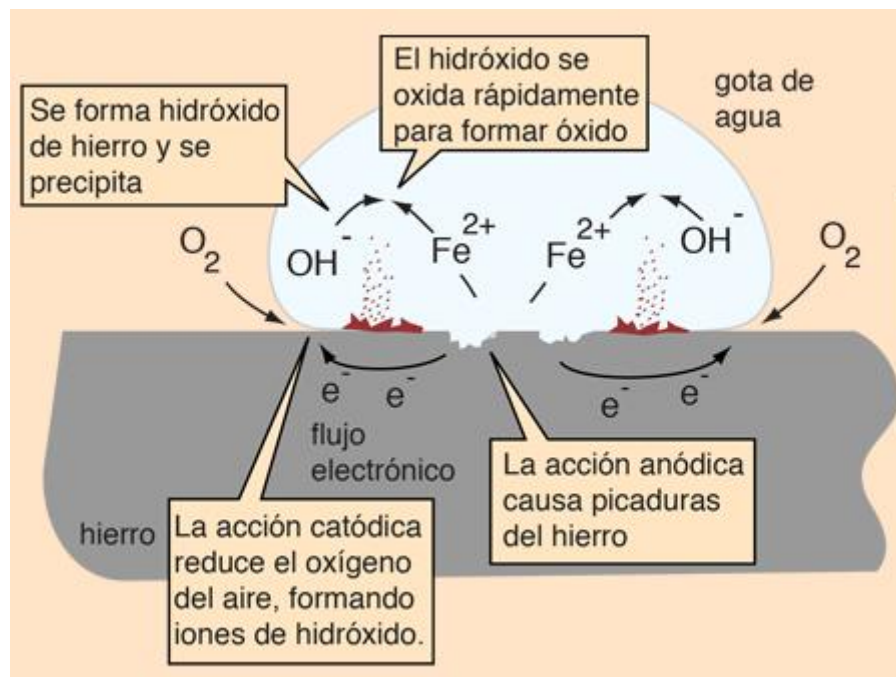
- Sobre la superficie del metal se produce una corriente eléctrica.

IV. ¿CÓMO SE GENERA LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN LA CORROSIÓN ELECTROQUÍMICA?

En las superficies que se corroen se producen dos zonas. Una **zona anódica**, donde se produce el proceso de oxidación, es decir el metal pierde electrones, y una **zona catódica**, donde se produce el proceso de reducción, es decir se consumen los electrones y es el oxígeno el que los capta.



V. REPRESENTACIÓN DE LO QUE OCURRE



VI. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CORROSIÓN

1.- Naturaleza del metal

La tendencia natural que presenta el metal para oxidarse. Vamos a tener metales nobles, que no son susceptibles a corroerse y otros con mucha tendencia a corroerse, se corroen hasta desaparecer. Esta característica está tabulada en la serie de tensión o serie electromotriz.

Metales **más corrosivos** (menos noble, más anódico)

- a) Na(sodio)
- b) Mg (magnesio)
- c) Al (aluminio)
- d) Fe (hierro)
- e) Acero inoxidable (activo)
- f) Latón (cobre-cinc)
- g) Calamina mezcla de óxidos de hierro)
- h) Cu (cobre)
- i) Bronce (cobre- estaño)
- j) Ni (níquel)
- k) Ag (plata)
- l) Pt (platino)
- m) Au (oro)

Metales **más nobles** (más catódico, menos corrosivo)

2.- Composición química del medio:

La corrosión se acelera en presencia de sales, medios ácidos y medios contaminados.

- a) **Temperatura**: si es alta acelera todos los procesos químicos; ejemplo: tubos de escapes.
- b) **La naturaleza de los productos de corrosión**: existen metales que cuando se oxidan forman una película de óxido autoprotector que impide el avance de la corrosión; ejemplo: Al y Zn.
- c) **Diferentes metales en contacto o par galvánico**: se crea una diferencia de potencial entre ellos y se induce rápidamente la corrosión del metal más corrosivo o más anódico.
- d) **Diferente aireación de la pieza metálica**: aquella zona con menor cantidad de oxígeno se corroe rápidamente (hace de ánodo).
- e) **Presencia de microorganismos**: estos influyen, ya que pueden afectar cualquiera de los factores antes mencionados. Tienen tendencia a adherirse a las superficies para crecer y multiplicarse, forman biopelículas, pueden comerse los inhibidores de corrosión, etc.

VI. MÉTODOS DE PROTECCIÓN

- a) Selección del material adecuado, de acuerdo al medio, a la función requerida.
- b) Autoprotección: algunos metales son protegidos por sus propios óxidos, Ejemplo: aluminio y cinc.
- c) Tratamiento y modificación del medio: uso de inhibidores anticorrosivos; ejemplo: calderas, estanques de combustibles y/o lastre.
- d) Usando recubrimientos que aisle la pieza metálica del medio corrosivo:
 - 1. Pinturas
 - 2. Cerámicos
 - 3. Metalizados: cromados, niquelados, galvanizados, dorados, etc.

Capa Terminación
Capas Intermedia (barrera)
Capa imprimante
Superficie a proteger

Figura N° 2: Esquema de Pintura típico.

- e) Protección catódica: consiste en transformar la superficie metálica en un cátodo que no se destruye. Esta protección incluye: ánodos de sacrificio y el uso de corriente impresa.

1. Ánodo de sacrificio.

Consiste en usar un metal con mayor tendencia a la corrosión (más anódico) que el metal a proteger. Ejemplo: los buques usan láminas de cinc para proteger el casco del buque. El tener cinc un potencial de reducción menor que el hierro, perderá con mayor facilidad electrones evitando que los pierda el hierro.



Figura N°3: Ánodo de sacrificio

2. Protección con corriente impresa.

Consiste en aplicar una corriente eléctrica al casco del buque para evitar que el metal que lo constituye pierda electrones. Es un método que protege toda la estructura del buque, casco y maquinarias. Puede interferir con algunos instrumentos como por ejemplo sonares.



Figura N°4: Ánodo de corriente impresa.

Tabla de potenciales de reducción

$\text{Au}^{+2}_{(\text{ac})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}_{(\text{s})}$	+1,50 (+ NOBLE)
$\text{Ag}^{+}_{(\text{ac})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}_{(\text{s})}$	+0,80
$\text{Cu}^{+2}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$	+0,34
$2\text{H}^{+}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{s})}$	0,00
$\text{Pb}^{+2}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}_{(\text{s})}$	-0,13
$\text{Sn}^{+2}_{(\text{ac})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}_{(\text{s})}$	-0,14
$\text{Ni}^{+2}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}_{(\text{s})}$	-0,25
$\text{Cd}^{+2}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}_{(\text{s})}$	-0,43
$\text{Fe}^{+2}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$	-0,44
$\text{Zn}^{+2}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,76
$\text{Al}^{+3}_{(\text{ac})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}_{(\text{s})}$	-1,66
$\text{Li}^{+}_{(\text{ac})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}_{(\text{s})}$	-3,05 (-NOBLE)



GUÍA N° 8

**ECUACIONES DE ÓXIDO – REDUCCIÓN,
PILAS Y CORROSIÓN**

I.- Para las siguientes ecuaciones:

- Balancee cada una mediante el método ión – electrón en medio ácido.
- Distinga la semireacción de oxidación y la de reducción.
- Indique el agente oxidante y reductor.
- Escriba la ecuación neta o global.



II. Confección de una pila:

1.- Se le pide que ordene las pilas que se pueden formar con algunos metales, desde la que entregue la mayor cantidad de volts de energía hasta la menor.

Para esto, en el laboratorio usted dispone de metales, soluciones y valores de potencial.

Metales: Cu, Zn, Pb y Al.

Potenciales:

$\text{Cu}^{+2}/\text{Cu} = 0,34 \text{ (v)}$; $\text{Zn}^{+2}/\text{Zn} = - 0,76 \text{ (v)}$; $\text{Pb}^{+2}/\text{Pb} = - 0,13 \text{ (v)}$; $\text{Al}^{+3}/\text{Al} = - 1,66 \text{ (v)}$

Soluciones: CuSO_4 , ZnSO_4 , PbNO_3 , AlCl_3 y NaCl .

Una vez que haya establecido un orden:

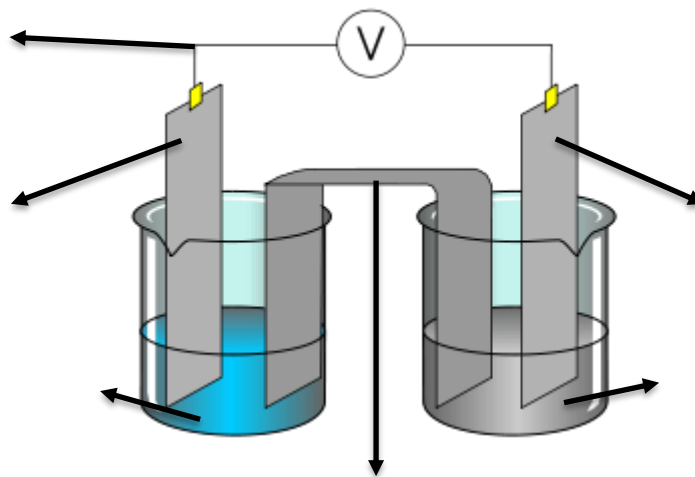
a) Escoja una pareja de metales y con ella:

b) Complete el esquema que se muestra a continuación indicando:

- Cátodo, ánodo, dirección de los electrones, soluciones electrolito, puente salino y dirección de los iones.

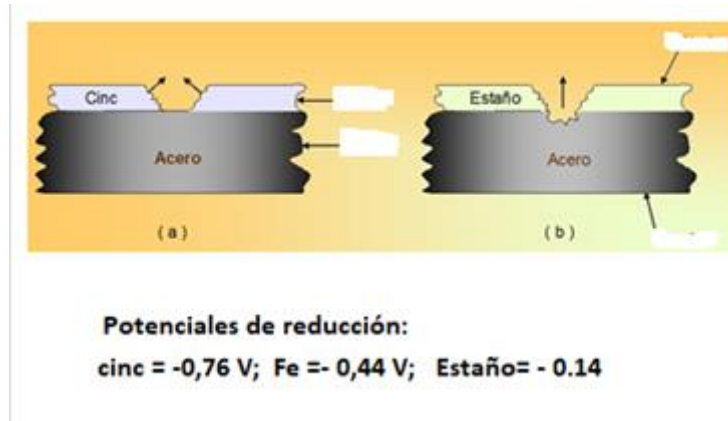
b) Distinga la semireacción de oxidación y la de reducción.

c) Escriba la ecuación global.



III.- Corrosión:

1.- Para la siguiente figura considere que las protecciones que tiene el acero (cinc y estaño) se han deteriorado hasta romperse.



Según esta información para las figuras a y b:

- Distinga el ánodo y el cátodo.
- ¿En cuál figura la protección podrá seguir siendo efectiva y por qué?
- ¿Cómo se podría remediar la corrosión en la figura que la protección no está siendo efectiva?
(nombre métodos de protección estudiados en clases)

2.- Debido a fallas en el huinche (virador o molinete) de remolque se realizó una revisión a la sala de máquinas de un remolcador y se encontró que la caja multiplicadora tenía muy pocos signos de corrosión visibles en su superficie, éstos eran leves y se encontraban ubicados principalmente en dos uniones de la estructura de la caja. De todas formas, se procedió a abrir la caja multiplicadora encontrándose algunas piezas metálicas con signos de corrosión avanzada en la superficie y otras piezas estaban trisadas y corroídas.

Se revisaron los sistemas de refrigeración y lubricación de la caja multiplicadora encontrándose que no estaba funcionando de manera adecuada el primero y los niveles de aceite para la lubricación no eran los correctos para un buen funcionamiento ya que estaban muy bajos.

NOTA: la caja multiplicadora da fuerza a la bomba contra incendios y además da fuerza al huinche de remolque el cual cumple funciones de maniobra con el ancla, con cabrestante y de remolque en sí.

- Proponga la o las causas de la corrosión de la caja multiplicadora y de las piezas metálicas.
- ¿Qué tipo de corrosión es la que está atacando a la caja multiplicadora y a las piezas metálicas ubicadas en su interior?
- ¿Cómo podrían remediar esta corrosión?
- ¿Cómo podrían prevenir esta corrosión?



PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS

En el mundo actual, la fuente principal de los compuestos orgánicos es el petróleo. El crudo es una mezcla de una gran cantidad de compuestos, la mayoría de los cuales son hidrocarburos. Los principales componentes son los alcanos de hasta 30 carbonos, predominando aquellos de cadenas recta. **También hay compuestos orgánicos de contienen azufre, oxígeno o nitrógeno.**

Para su uso el petróleo debe ser refinado, es decir, separado en varias **fracciones** por destilación fraccionada. El material a destilar se coloca en un recipiente apropiado y se aumenta gradualmente la temperatura. Salen primero los componentes de menor punto de ebullición, luego salen los que hierven progresivamente a temperaturas más altas.

1. Gas Natural (LNG) C_1-C_3
2. Gas Licuado (LPG) C_4
3. Gasolina (pto. Ebullición $50-200^\circ\text{C}$) C_6-C_{12}
4. Keroseno (pto. Ebullición $175-275^\circ\text{C}$) $C_{12} - C_{18}$
5. Diesel (pto. Ebullición $> 275^\circ\text{C}$) $>C_{18}$
6. Aceites, lubricantes que no destilan a presión atmosférica
7. Parafinas
8. Asfalto y residuo

Características Generales de los combustibles

Luego del proceso de refinación, el producto obtenido tiene el poder calorífico y otras propiedades que son adecuadas para entregar la energía necesaria a los equipos empleados a bordo. A estas características se les denomina propiedades Físico-Químicas. Dentro de las principales características de los combustibles líquidos están¹: poder calorífico, densidad específica, viscosidad, punto de inflamación, punto de niebla, contenido de azufre, punto de anilina y presión de vapor Reid, etc.

Por ejemplo, algunas de las características de ciertos combustibles son:

- A) Para **Diesel**: También llamado Gasóleo, es un líquido de color blancuzco o verdoso, de densidad $0,0850 \text{ g/cm}^3$ y potencia calorífica de 42000 kcal/kg , está compuesto principalmente por parafinas. En la actualidad este combustible resulta más económico que las gasolinas y por eso se utiliza para motores medianos y grandes como autos, camiones, tractores y buques.

1. Gravedad Específica (densidad relativa)

Es el peso de un volumen dado de petróleo, comparado con el peso del mismo volumen de agua destilada, a la misma temperatura.

¹ <http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/liquidos,consultado> 27 Septiembre 2010

2. Viscosidad

Los fluidos presentan resistencia a las fuerzas de corte que tratan de variar su forma o mantenerlos en movimiento, por lo tanto, la viscosidad puede definirse básicamente como la medida de la resistencia de los líquidos a fluir. Una alta viscosidad del petróleo significa que éste es más denso, grueso y no fluye fácilmente.

3. Punto de Niebla

Es la temperatura a la cual aparece una nubosidad o neblina en el combustible. Esta aparición es producto de la caída de la temperatura por debajo del punto de derretimiento de las ceras o parafinas que contiene el petróleo.

4. Punto de Ecurrimiento

El punto de escurrimiento del petróleo es la temperatura, incrementada en 3°C, a la cual el petróleo comienza a dejar de fluir o a solidificarse, producto de sus componentes parafínicos. Este punto se limita para asegurar el bombeo de combustible a bajas temperaturas.

5. Punto de Inflamación.

Es la mínima temperatura a la cual es necesario calentar el petróleo, para que los vapores que desprende se inflamen al contacto de una chispa. La combustión a esta temperatura solo se mantiene por un instante. Este punto es importante por razones de seguridad en el manejo y almacenamiento del petróleo, el cual debe mantenerse a lo menos 10°C, bajo el punto de inflamación.

- B) Para **Gasolina**: Se obtiene a partir del petróleo. Es una mezcla de hidrocarburos de C₆-C₁₂, donde la concentración de hidrocarburos alifáticos (cadena abierta) es mayor que la de cíclicos y aromáticos. Se utiliza como combustible en motores de combustión interna. Tiene una densidad de 0,75 g/cm³ y una potencia calorífica de 32000 Kcal/L.

1. Grados API

Es una medida de densidad que describe cuan pesado o liviano es el petróleo o una fracción de él comparándola con el agua. Si los grados API son mayores a 10, es más liviano que el agua y por lo tanto flotaría en esta.

Generalmente un mayor valor de gravedad API en un producto de refinería representa que éste tiene un mayor valor comercial.

De acuerdo a la medición de los grados API, el petróleo o una fracción es clasificado en liviano, mediano, pesado y extrapesado:

- Crudo liviano, es definido como el que tiene gravedad API mayores a 31.1 °API.
- Crudo mediano, es definido como el que tiene gravedad API entre 22.3 y 31.1 °API.
- Crudo pesado, es definido como el que tiene gravedad API entre 10 y 22.3 °API.
- Crudos extrapesados, son aquellos que tienen gravedad API menores a 10 °API.

$$\text{Gravedad API} = (141.5 / \text{Gravedad Específica}) - 131.5$$

2. Octanaje o índice de octano o número de octanos

Es una medida de la calidad antidetonante que se requiere en el combustible para que éste resista o evite su tendencia a la autodetonación. Con el nivel de octano adecuado se evita la autodetonación y se logra una combustión más efectiva.

El índice de octano se establece con una mezcla de referencia (patrón) que está formada por 2 hidrocarburos: heptano e isooctano. Al isooctano se le asigna un poder antidetonante de 100(muy poco detonante) y al heptano de 0 (muy detonante), de modo que, por ejemplo una gasolina de 95 octanos corresponde a una mezcla de 95% de isooctano (muy antidetonante) y el 5% de heptano (muy detonante).

A mayor índice de octano, menor será el poder de detonación que posee el combustible. Lo que se busca en los motores de explosión es un encendido controlado de la mezcla, lo que se conoce como deflagración del combustible, y no una mayor capacidad de detonación.

- C) Para **Keroseno o Petróleo Industrial**: Es un líquido transparente, algo más denso que la gasolina y menos inflamable. Sus componentes principales son hidrocarburos parafínicos y nafténicos de 12 a 18 carbonos. Se utiliza como combustible en los motores a reacción, de turbina de gas, como disolvente y para calefacción doméstica. Su densidad es 0,8 g/cm³ y punto de inflamación 35 – 63°C.

Riesgos y Precauciones que se debe considerar con las fracciones líquidas obtenidas del petróleo y sus derivados

Consideraremos los riesgos de incendios, toxicidad y contaminación.

Riesgo de inflamación e incendios

Todos los líquidos obtenidos desde el petróleo, emanan vapores que pueden arder en contacto con aire y una chispa. Por esta razón se debe considerar el riesgo de inflamación y para ello debe:

- Mantener la concentración de los gases combustibles fuera del rango de inflamación. **Rango inflamable** es el % de gas combustible y % de oxígeno para que se forme una mezcla que se encenderá con una chispa o llama. **Rango de inflamabilidad**, es el rango entre el % mínimo y el % máximo de gas combustible que debe combinarse con aire para que se produzca la inflamación. Por ejemplo, para gasolina el límite inferior de inflamabilidad (**LII**) es 1,4% y el límite superior de inflamabilidad (**LSI**) 7,6%; para butano 1,9% y 8,5%; para propano 2,0% y 9,5%; para LPG 4,8% y 13,5%; y para LNG 5,3% y 14,8%.
- Mantener la temperatura bajo el punto de inflamación. **Punto de inflamación o Flash Point**, es la temperatura mínima a la cual el combustible emana suficientes vapores para formar una mezcla con aire que se inflame con una chispa. Por ejemplo, el PI para gasolina es -45°C; y para keroseno es 56°C.
- Evitar generación de chispas (condiciones climáticas, interruptores eléctricos, ignición espontánea debido a temperaturas altas o lupas en verano, goles metálicos, caídas de herramientas, golpes de puertas, etc)

QUÍMICA DEL FUEGO

Triángulo del Fuego



En un incendio existen tres factores que son los necesarios para que exista el fuego: vapores combustibles, temperatura y oxígeno (triángulo del fuego). Sin embargo, con el avance de la ciencia, se descubre que en el proceso del fuego existe un cuarto componente que es llamado **reacción en cadena**, (tetraedro del fuego).

Tetraedro del Fuego



Métodos de extinción

Los métodos de extinción se basan en la eliminación de uno de los componentes del fuego.

- Enfriamiento.** Se logra reducir la temperatura de los combustibles para romper el equilibrio térmico y así lograr disminuir el calor y por consiguiente la extinción. Utilice de preferencia extintores de agua a presión, espuma o extintores de polvo químico seco A-B-C.
- Sofocación.** Esta técnica consiste en desplazar el oxígeno presente en la combustión, tapando el fuego por completo, evitando su contacto con el oxígeno del aire. Utilice de preferencia extintores de polvo químico seco A-B-C, B-C, CO₂, también son efectivos los extintores de espuma.
- Segregación.** Consiste en eliminar o aislar el material combustible que se quema, usando dispositivos de corte de flujo (en combustibles líquidos o gaseosos) o barreras de aislación (en combustibles sólidos), ya que de esta forma el fuego no encontrará más elementos con que mantenerse.
- Inhibición.** Este método consiste en interferir la reacción química del fuego, mediante un agente extintor como son el polvo químico seco y dióxido de carbono (CO₂).

MEZCLA EXPLOSIVA

Es una mezcla que contiene un cierto volumen de vapores de combustible con un cierto volumen de aire, que al ser encendida, lo hace generando una explosión, (el porcentaje de volumen de vapores combustible necesario para producir una mezcla explosiva tiene relación con el límite de inflamabilidad).

Hay que considerar para toda mezcla explosiva posee dos límites de inflamabilidad: el inferior y el superior, el **límite de inflamabilidad inferior** representa el porcentaje, en volumen, del gas combustible, por debajo del cual es imposible inflamar la mezcla, en cambio, el **límite de inflamabilidad superior** corresponde a la concentración en volumen del gas combustible por encima del cual la mezcla no es inflamable.

Por ejemplo, Keroseno LII 0,7%
 LSI 5,0 %

Para que el Keroseno se encienda se necesita entre 0,7% a un 5,0% de gases o vapores inflamables y el porcentaje restante de aire para completar el 100%.

0,7 – 5,0%	de gases de combustible
95%	de aire
100,0%	mezcla inflamable

En resumen, la probabilidad de que estando presentes los tres elementos indispensables se produzca una explosión, dependerá de la concentración del combustible en la mezcla, es decir, si la concentración es muy baja, el calor liberado por el combustible en el punto de ignición no será suficiente para iniciar la combustión de las moléculas más próximas, por lo que, eliminada la fuente de calor externa la llama se apagará. En cambio, si la concentración de combustible es muy alta, la combustión iniciada en un punto no podría progresar por falta de oxígeno y la llama se apagará.

Punto de Ignición o Fire Point: Es la temperatura mínima en la cual una sustancia entra en combustión espontánea y sostenida.

Ejemplos:

Kerosene:	230°C
Gasolina:	371°C
Acetileno:	335°C
Propano:	466°C
Metano:	537°C

Gases analizados	Punto de Ignición °C	Rango de Inflamabilidad (%V)	
		LII	LSI
Hidrógeno	585.0	4.0	75.0
Monóxido de Carbono	608.9	12.5	74.0
Metano	537.2	5.3	14.0
Etano	515.0	3.0	12.5
Propano	466.1	2.2	10.0
Butano	405.0	1.9	8.5
Etileno	450.0	3.1	32.0
Benceno	562.2	1.4	7.1
Amoníaco	651.1	16.0	25.0
Acetileno	299.4	2.5	81.0

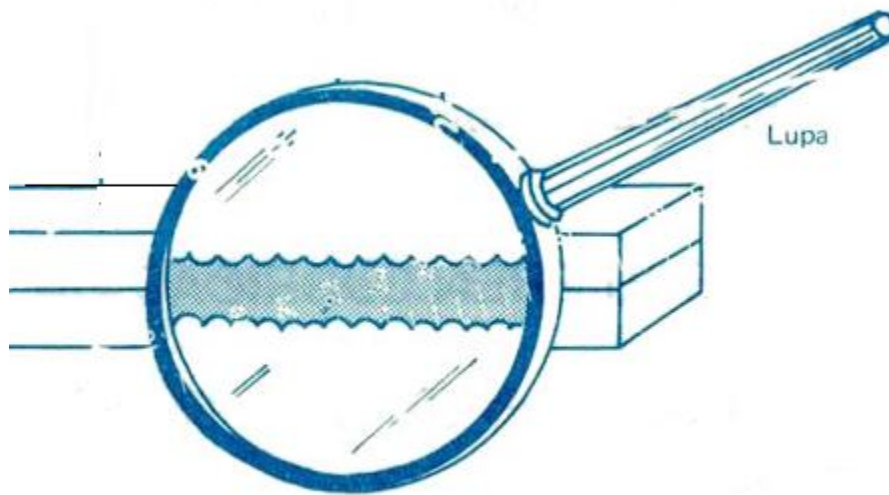


LUBRICANTES QUÍMICA DE LOS LUBRICANTES

1.- La Lubricación

Cualquier tipo de máquina donde existan piezas en movimiento, debe ser lubricada para que pueda funcionar satisfactoriamente. Si esto no se hace, las piezas se trancan o funden y dejan de funcionar. Esto se debe al roce o fricción.

Toda superficie, por pulida que esté, presenta una serie de asperezas o irregularidades que pueden observarse al microscopio.



Si se ponen en contacto dos superficies muy pulidas y se trata de deslizar una sobre otra, se nota inmediatamente una resistencia, la que es proporcional a la fuerza con que se aprieta una contra la otra. Esta resistencia al desplazamiento entre dos superficies constituye el ROCE.

Por otro lado, cuando se frotan dos superficies se produce calor y desgaste (por ejemplo, cuando se lima o pule una superficie). Por lo tanto, los efectos del roce son: resistencia al desplazamiento, calor y desgaste.

La **lubricación** consiste en reducir el roce introduciendo un medio fluido o lubricante, entre dos superficies, para evitar que entren en contacto las asperezas y se produzcan los efectos antes mencionados.

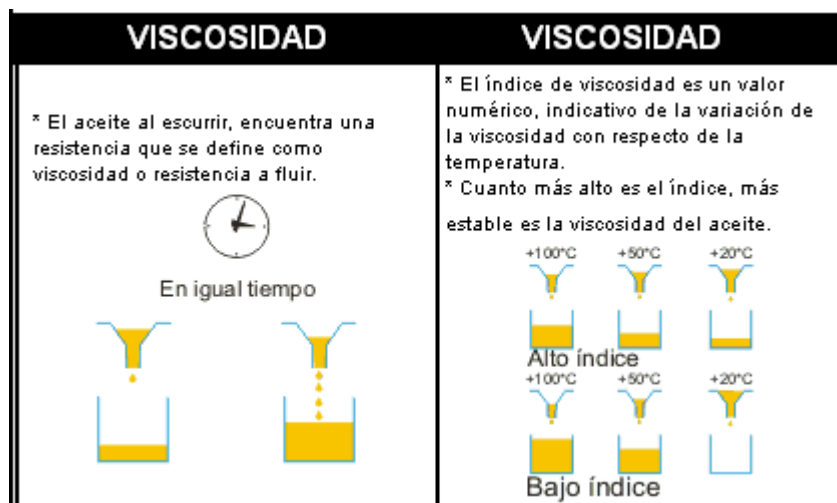
El lubricante debe adherirse lo suficiente a las superficies para mantenerlas separadas a pesar de la presión que tiende a juntarlas. Además, debe tener la suficiente cohesión o cuerpo para que la película de lubricante sea lo suficientemente gruesa para evitar que se topen las asperezas de las superficies.

Si se desliza una superficie sobre otra con una película de lubricantes entre ambas, el lubricante se comporta como si fuera una serie de láminas que se mueven, tiende a arrancar el lubricante, este se acumula en la parte delantera u obliga a que la superficie tome cierto ángulo con respecto a la superficie fija, en forma análoga a como se levanta la proa de una lancha que avanza sobre el mar. Se forma entonces lo que se llama la **cuña hidrodinámica**.

2. Propiedades del Lubricante

a) **Viscosidad:** Es la resistencia a fluir de los líquidos, lo cual otorga cohesión y una adecuada película de lubricación.

b) **Índice de viscosidad:** es un valor que representa la variación de la viscosidad de un lubricante con la temperatura. Un alto índice de viscosidad significa una baja variación con la temperatura, lo que implica que a altas temperaturas la viscosidad decrece y a bajas temperaturas aumenta.



(Para determinar este índice se compara la viscosidad del aceite en estudio con la de otros dos aceites tomados como referencia: Aceite H: aceite parafínico Standard, presenta escasa variación de viscosidad con la temperatura. Su índice de viscosidad se fija en 100. Aceite L: es un aceite naftalénico Standard, presenta gran variación de viscosidad con la temperatura. Su índice de viscosidad se fija en 0)

c) **Fluidez a bajas temperaturas:** es la temperatura más baja a la que un aceite puede fluir. Es una característica muy importante cuando se trabaja a bajas temperaturas, por ejemplo, en un refrigerador. Existen aceites que fluyen hasta -75 °F, para ello se les agrega sustancias especiales que bajan el punto de fluidez.

d) **Estabilidad a la oxidación:** resistencia del producto petrolífero a la oxidación y por consiguiente, una medida de su servicio potencial o tiempo durante el cual un producto puede almacenarse sin perder sus propiedades (oxidación, ocurre cuando el oxígeno ataca a los fluidos de petróleo). El proceso es acelerado mediante el calor, luz, catálisis metálica y la presencia de agua, ácido o contaminantes sólidos, provocando un aumento de la viscosidad y la formación de residuos).

e) **Estabilidad térmica:** capacidad que tiene el lubricante para resistir altas temperaturas sin sufrir daño en su composición.

3.- Funciones del Lubricante

- a) **Lubricar:** reducir el desgaste.
- b) **Limpiar:** mantiene las superficies metálicas limpias.
- c) **Refrigerar:** al retirar parte del calor generado en el equipo.
- d) **Proteger:** contra la corrosión (agua, ácidos).
- e) **Informar:** a través del análisis de aceite.
- f) **Sellar:** efectivo sello viscoso entre pistón y el cilindro.

4. Tipos de Lubricantes

Minerales: tienen origen natural como, por ejemplo, los lubricantes obtenidos de la refinación del petróleo.

Sintéticos: fluido de lubricación hecho mediante materiales químicos de una composición química especial para producir un componente de propiedades planeadas y predecibles.

Sólidos: son grasas, compuestas por un aceite o aceites espesados con un agente espesante. Dependiendo de las características del agente, se obtendrá una masa sólida o semisólida. Como lubricantes sólidos se puede citar al grafito o bisulfuro de molibdeno. Se utilizan principalmente en condiciones de trabajo en las cuales los lubricantes líquidos resultan incompatibles o de difícil aplicación.

Líquidos: los tipos más conocidos son los utilizados en automotoras y muchas otras aplicaciones industriales (compresores, hidráulicos, turbinas, etc.).

5. Los Aditivos

Son productos químicos que refuerzan e imparten una propiedad deseada (otorgan a los lubricantes características que le permiten cumplir con diversas exigencias según el servicio al cual estará destinado).

a) **Detegentes (sustancias que producen emulsión)**

- Mantienen las superficies del motor libre de depósitos.
- Neutralizan los gases ácidos.
- Reducen los depósitos.
- Previenen atascamiento de los anillos del pistón.

b) **Antioxidantes:** retardan la descomposición oxidativa en el lubricante.

c) **Dispersantes:**

- Mantienen los contaminantes insolubles, dispersos en el lubricante.
- Suspenden el hollín.
- Reducen la formación de depósitos de barniz.
- Inhiben y dispersan lodos.

d) Alcalinidad Basicidad:

- El aceite debe ser capaz de neutralizar los ácidos generados en la combustión.
- Controlan el desgaste corrosivo en los anillos y cilindros del motor.
- La basicidad se expresa como Número Base total (T.B.N.)

e) Antidesgaste

- Reducen la fricción y el desgaste.
- Controlan el desgaste en tren de válvula.
- Controlan la carga pesada.
- Áreas críticas: motor, tren de válvulas, transmisiones y diferenciales.

f) Antiespumas

g) Mejoradores del índice de viscosidad

h) Mejoras del punto de fluidez

6.- Análisis de Aceite



a) Viscosidad en cSt (a 40°C y 100°C)

- La viscosidad puede variar durante el servicio por contaminación o deterioro.
- La oxidación e insoluble aumentarán la viscosidad del aceite.
- La contaminación con agua y/o combustible pueden aumentar o disminuir la viscosidad.
- Un cambio de viscosidad puede presentarse cuando se mezclan diferentes aceites lubricantes con viscosidades distintas.

b) Contaminación por agua

- Gotas de agua pueden reducir la capacidad de carga de la película de aceite en los descansos.
- Si el contenido de agua excede 0,5% volumen, la operación de la centrífuga debe ser revisada y ajustada si es necesario.

- La causa de contaminación con agua debe siempre ser tratada y tomar acciones preventivas en forma inmediata.

c) Número Base Total (TBN)

- En total Base Number refleja la condición del aceite para neutralizar el ataque ácido producido durante la combustión.
- Si el TBN cae a la mitad de su valor inicial, se debe chequear el contenido de hierro, para asegurar que no hay desgaste corrosivo. Así como también los metales de bancada.

d) Metales de desgaste

Elemento	Procedencia
Hierro (Fe) Cobre (Cu)	Cilindros, válvulas, ejes, anillos, pistones, pasadores de pistón, eje de levas, tuberías.
Cromo (Cr) Plomo (Pb)	Anillos de pistones, cojinetes de fricción y sistemas de refrigeración, metales de cojinetes, sellos, gasolina.
Silicio (Si)	Contaminación con polvo, arena, filtros y tuberías rotas.

e) Hollín

f) Dilución por Combustible

g) Oxidación

h) Número Ácido Total (TAN)

i) Contenido de partículas



GUÍA N° 9

**PETRÓLEO, COMBUSTIBLES
Y LUBRICANTES**

1.- Usted posee dos galones con combustibles sin la especificación del contenido. El Galón A está etiquetado con $W = 0,87324$ y el galón B solo dice densidad del combustible $1,056 \text{ (kg/L)}$. De acuerdo a la información que posee, clasifique cada combustible.

NOTA: considere la densidad del agua $0,998 \text{ (g/mL)}$.

R: combustible A: crudo mediano; combustible B: crudo extrapesado.

2.- ¿Cuántos kilogramos de combustible posee un estanque de 42m^3 que tiene completa su capacidad?. Los $^\circ\text{API}$ de este combustible son 35. ¿Qué tipo de combustible es?, ¿cuál es la densidad del combustible?. (NOTA: considere la densidad del agua $0,998 \text{ (g/mL)}$).

R: es un combustible liviano; $d = 0,848 \text{ (g/mL)}$

3.- Se tiene los siguientes combustibles líquidos con sus PI: A (-30°C), un tipo de B (35°C), Hexano (-12°C). En un día frío de $10 \text{ (}^\circ\text{C)}$ ¿Cuáles se podrán inflamar con una chispa o llama?

4.- Estamos buscando un buen aceite lubricante y disponemos de tres tipos de aceite cuyos índices de viscosidad son 30, 90 y 70 respectivamente, ¿cuál escogería?

NOTA: se recomienda ordenarlos según estabilidad frente a las variaciones de temperatura.

5.- Para almacenar un gas combustible que tiene el siguiente rango de inflamabilidad: $2,5\% - 5,3\%$ debemos cuidar que el ambiente dentro del estanque ¿esté dentro o fuera del rango de inflamabilidad?. Justifique su respuesta.

6.- ¿Qué significa que un combustible tenga un PI (Flash Point) de 42°C ?

7.- Según los datos que se muestran a continuación responda:

COMBUSTIBLE	LII	LSI
D	1,8	7
E	3,0	6,2

- a) ¿Qué significa LII y LSI?
- b) Para el combustible D: ¿qué nos indica el rango 1,8% - 7%?
- c) Según el rango del combustible E: ¿cuál será el criterio para que su almacenamiento sea seguro?.
- d) ¿Cuál de los dos combustibles es el más peligroso?.

8.- Si la temperatura ambiente es de - 18 (°C) y sabemos que los puntos de escurrimiento de los combustibles H y J son - 12 (°C) y - 16 (°C) respectivamente, ¿será posible bombear con fluidez los combustibles bajo esta temperatura?.

9.- Respecto a la estabilidad del lubricante con la temperatura, para escoger un buen lubricante que se use a temperaturas extremas, ¿qué debemos considerar?. Justifique su respuesta.

10.- ¿Cuál es la finalidad de agregar aditivos a los lubricantes?, ¿Qué función cumplen cada uno de ellos?.

Datos, Ecuaciones y Constantes físicas de interés

TABLA PERIÓDICA GENERAL: NÚMERO ATÓMICO Y MASA ATÓMICA

1 H 1,008																	2 He 4,003
3 Li 6,94	4 Be 9,01											5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,01	8 O 16,00	9 F 19,00	10 Ne 20,18
11 Na 22,99	12 Mg 24,31											13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,07	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,55	30 Zn 65,39	31 Ga 69,72	32 Ge 72,61	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,80
37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,94	43 Tc (98,91)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,90	54 Xe 131,29
55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57 La 138,91	72 Hf 178,49	73 Ta 180,95	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,20	83 Bi 208,98	84 Po (208,98)	85 At (209,99)	86 Rn (222,02)
87 Fr (223,02)	88 Ra (226,03)	89 Ac (227,03)	104 Rf (261,11)	105 Db (262,11)	106 Sg (263,12)	107 Bh (264,12)	108 Hs (265,13)	109 Mt (268)	110 Ds (269)	111 Rg (272)	112 Uub (277)	114 Uuq (285)		115 Uuh (289)			
58 Ce 141,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm (144,91)	62 Sm 150,36	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,93	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,04	71 Lu 174,97				
90 Th 232,04	91 Pa 231,04	92 U 238,03	93 Np (237,05)	94 Pu (244,06)	95 Am (243,06)	96 Cm (247,07)	97 Bk (247,07)	98 Cf (251,08)	99 Es (252,08)	100 Fm (257,10)	101 Md (258,10)	102 No (259,10)	103 Lr (262,11)				

Número másico (A) = p⁺ + n

Número atómico (Z) = número de protones (p⁺)

p⁺ = e⁻ (átomo neutro)

BO% = (-1600 / MM) x (2X + Y/2 - Z).

C_xH_yO_z

ΔH_r = (Δ n x ΔH_f^o_P) - (Δ n x ΔH_f^o_R)

P V = n R T

R = 0,082 (L x atm) / (mol x °K)

°K = °C + 273,15

1 atm = 760 mm Hg

1 cal = 4,184 J

TPE = 0°C, 1 atm

Moles = masa (g) / MA (g/mol)

Moles = masa (g) / MM (g/mol)

Vcilindro = π x r² x h

Gravedad API= (141,5/GE) - 131,5

➤ GE = W = d_{comb} / d_{agua}

