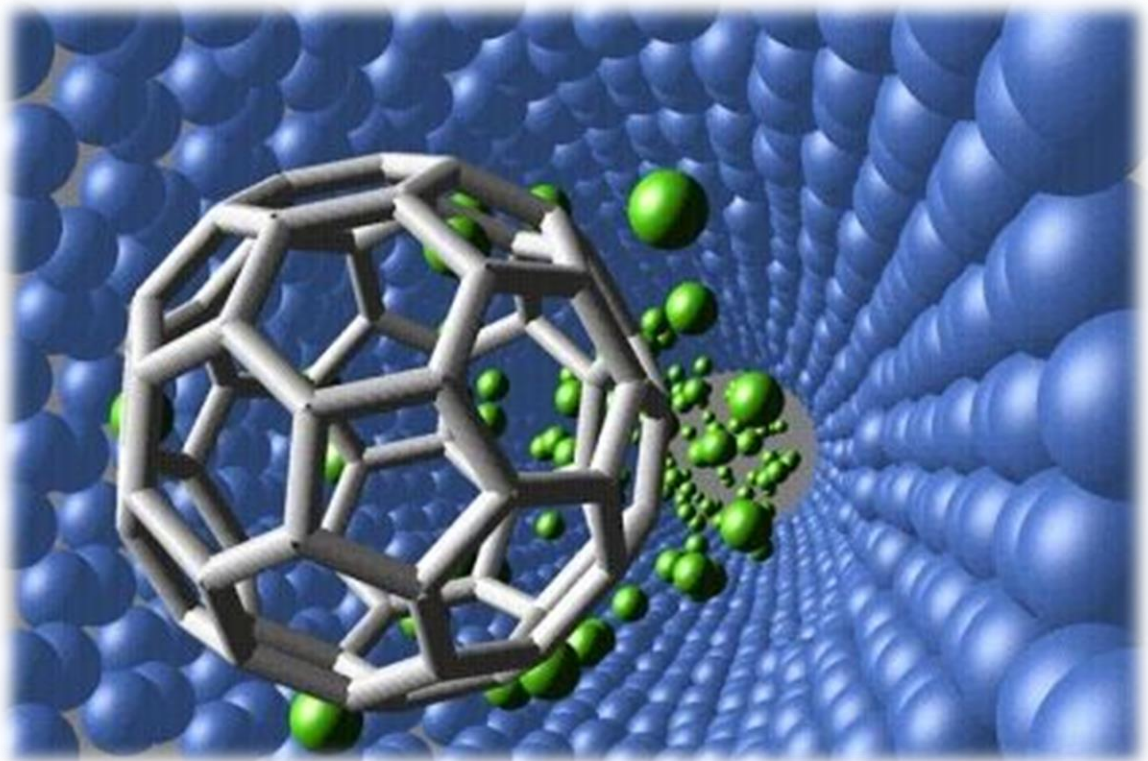


*Ing. Robin Fuentes*

*Ing. Henio López*



## Manual Ciencia de los Materiales



*Primer semestre 2020*

## INSTRUCCIONES PARA LA REALIZACIÓN DE INVESTIGACIONES Y/O HOJAS DE TRABAJO

1. Presentarse puntualmente a la hora de inicio ya que en ese momento se procederá a pasar asistencia, en caso de atraso cual sea la causa será motivo de la mitad de punteo de asistencia para dicho día.
2. Para el caso en que el estudiante falte un día, su punteo será en función de su asistencia, hojas de trabajo y/o investigaciones, es importante recalcar que: si, entrega una hoja de trabajo y/o investigación que corresponden a un día que no asistió automáticamente tendrá 0 puntos.
3. A cada tema le corresponde una hoja de trabajo o tarea de investigación el mismo se entregará con el contenido y presentación como lo determine el instructor
4. Al finalizar la práctica o más tardar un día después de la misma cada estudiante deberá de entregar su examen corto (si aplica) hoja de trabajo o trabajo de investigación, de lo contrario no tendrá ponderación.
5. Queda a criterio del instructor en que temas realizar exámenes cortos
6. Cada miembro de laboratorio debe presentar su propio manual todos los días.
7. Se les recuerda a todos los y las estudiantes el respeto dentro de las instalaciones, tanto con los catedráticos como con sus compañeros, cualquier infracción será causa de la resta de ponderación de una asistencia, o en su defecto la expulsión de la misma.

**Tabla No. 1: PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES**

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	13:00-16:30	<b>Tema 1:</b> Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales <b>Tema 2:</b> Deformación, endurecimiento, por trabajo y recocido
Martes	13:00-16:30	<b>Tema 3:</b> polímeros <b>Tema 4:</b> Corrosión química y desgaste

### IDENTIFICACIÓN E IMPLEMENTOS NECESARIOS (IMPORTANTE)

- DPI en físico y vigente no aplica fotocopia
- Calzado industrial
- chaleco reflectivo
- Pantalón de lona

## TEMA 1

### INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

#### 1. Objetivos:

- 1.1 Estudiar de manera general la clasificación de los materiales usados en el mundo de la ingeniería
- 1.2 Entender la composición, características y propiedades de los diferentes materiales
- 1.3 Comprender la estructura de los átomos, masa atómica y número atómico

#### 2. Marco Teórico:

##### 2.1 CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Los materiales pueden ser definidos como sustancias de las que algo está compuesto o hecho.

La ciencia de los materiales se dedica principalmente a la búsqueda de conocimientos básicos sobre la estructura interna, propiedades y procesado de los materiales. La ingeniería de materiales está relacionada con el uso de los conocimientos fundamentales y aplicados sobre los materiales, de modo que los materiales pueden ser convertidos en productos necesarios o requeridos por la sociedad. El nombre ciencia e ingeniería de los materiales combina la ciencia de materiales y la ingeniería de materiales. La ciencia de materiales tiene como fin básico el conocimiento del conjunto de materiales existentes, y la ingeniería de materiales tiene como objetivo el conjunto de los conocimientos aplicados.

##### 2.2 Tipos de materiales y procesos

La mayoría de los materiales utilizados en ingeniería están divididos en 5 grupos: metálicos, poliméricos (plásticos), cerámicos, compuestos y electrónicos. Tales pueden ser procesados mediante: fundición, mecanizado, unión deformación etc.

###### a. Materiales metálicos

Estos materiales son sustancias inorgánicas que están compuestos de uno o más elementos metálicos, pudiendo también contener algunos elementos no metálicos. Ejemplos de elementos metálicos son: hierro, cobre, aluminio, níquel y titanio. Elementos no metálicos, como: carbono, nitrógeno y oxígeno, poseen las siguientes características:

- Están conformados por enlaces metálicos
- Tienen una estructura cristalina
- Se clasifican en ferrosos y no ferrosos
- Generalmente tienen buena conductividad térmica y eléctrica.

## **b. Materiales poliméricos**

La mayoría están formados por largas cadenas o redes de moléculas orgánicas. Estructuralmente, la mayoría de los materiales poliméricos no son cristalinos, pero algunos constan de mezclas de regiones cristalinas y no cristalinas. La resistencia y ductilidad de estos materiales varía ostensiblemente. Debido a la naturaleza de su estructura interna, la mayoría son malos conductores de la electricidad, algunos de estos materiales son buenos aislantes eléctricos y están conformados por enlaces covalentes. En general los materiales poliméricos tienen bajas densidades y relativamente bajas temperaturas de reblandecimiento o descomposición.

## **c. Materiales cerámicos**

Son inorgánicos constituidos por elementos metálicos y no metálicos cohesionados químicamente, pueden ser cristalinos, no cristalinos o mezcla de ambos. La mayoría de los materiales cerámicos tienen elevada dureza y alta resistencia a altas temperaturas pero tienden a ser frágiles. Las ventajas de los materiales cerámicos para su uso técnico se resumen en bajo peso, alta resistencia y dureza, alta resistencia al calor y al desgaste, poca fricción y propiedades aislantes.

Las propiedades aislantes, junto con la alta resistencia al calor y al desgaste de muchos materiales cerámicos, los hace útiles en revestimiento de hornos para tratamientos térmicos y fusión de metales como el acero. Una importante aplicación de los cerámicos son las losetas cerámicas del transbordador espacial. Estos componentes protegen térmicamente la estructura interna del aluminio del transbordador durante el lanzamiento y la reentrada en la atmósfera terrestre.

## **d. Materiales compuestos**

Son mezclas de dos o más materiales. La mayoría de ellos constan de un determinado material de refuerzo y una resina aglomerante compatible con el objeto de obtener las características específicas y propiedades deseadas.

Normalmente, los componentes no se disuelven recíprocamente y pueden ser identificados físicamente gracias a la interface éntrelos mismos. Los materiales compuestos pueden ser de muchos tipos. Los que predominan son los fibrosos (compuestos de fibra en una matriz).

Existen muchas combinaciones de diferentes materiales de refuerzo y matrices que se pueden usar para producir materiales compuestos. Dos clases de materiales compuestos modernos son la fibra de vidrio que refuerza una matriz de poliéster o de resina epoxi y las fibras de carbono en una matriz epoxídica

#### **e. Materiales electrónicos**

No son importantes por su volumen pero si extraordinariamente importantes por su avanzada tecnología, el más importante es el silicio puro, al que se puede modificar de distintos modos para cambiar sus características eléctricas. Muchísimos circuitos electrónicos complejos se pueden miniaturizar en un chip de silicio de aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de pulgada cuadrada.

Los dispositivos microelectrónicos han hecho posibles nuevos productos, como los satélites de comunicaciones, los ordenadores avanzados, las calculadoras de bolsillo, los relojes digitales y los robots para soldar.

### **2.3 Resumen**

La ciencia de materiales y la ingeniería de materiales (colectivamente, ciencia e ingeniería de materiales) constituye un puente de conocimiento sobre materiales tendido entre las ciencias básicas (incluyendo las matemáticas) y las disciplinas de la ingeniería. La ciencia de los materiales tiene por objeto principal la búsqueda del conocimiento básico de los materiales, mientras que la ingeniería de materiales trata de la utilización del conocimiento sobre los mismos.

Las tres clases principales de materiales son: metálicos, poliméricos y cerámicos. Dos clases más de materiales, muy importantes en la moderna tecnología, son los materiales compuestos y los materiales electrónicos.

Los materiales compiten unos con otros por su existencia y los nuevos mercados y, en consecuencia, es lógico que se produzca la sustitución de un material por otro para ciertas aplicaciones. La disponibilidad de materiales en bruto, el coste de fabricación y el desarrollo de nuevos materiales y procesos para obtener productos son los factores prioritarios que dan lugar a los cambios en el uso de los materiales.

#### **Investigar:**

- 1. Tabla periódica de los elementos**
- 2. La estructura de los átomos**
- 3. Números atómicos y masas atómicas**
- 4. Estructura electrónica de los átomos**
- 5. Tipos de enlaces atómicos y enlaces moleculares**

## TEMA 2

### DEFORMACIÓN, ENDURECIMIENTO, POR TRABAJO Y RECOCIDO

#### 1 Objetivos:

- 1.1 Comprender generalidades sobre deformación, endurecimiento por trabajo y recocido
- 1.2 Comprender las distintas metodologías sobre deformación en frío y caliente
- 1.3 Comprender sobre la producción y fabricación del acero

#### 2 Marco Teórico:

##### 2.1 DEFORMACIÓN, ENDURECIMIENTO, POR TRABAJO Y RECOCIDO

Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

Se puede realizar a temperatura ambiente (deformación en frío) o elevando la temperatura del material (deformación en caliente). Se aplica principalmente a los metales, aunque también se emplea en la obtención de piezas de plástico (termoconformado).

Algunos metales (Au, Cu, Ag) se deforman bien en frío, pero otros (materiales féreos) son difíciles de deformar en frío. En muchas ocasiones se elige la deformación en frío, siempre que el material y la pieza lo aguanten, pues se obtienen unas propiedades mecánicas superiores y un mejor acabado de la pieza. Además se ahorra energía al no tener que calentar el material y las herramientas a emplear no tienen que soportar grandes temperaturas. Por el contrario, las máquinas empleadas en la deformación en frío han de ser más potentes.

##### 2.2 Deformación en caliente

- Colada continua
- Laminación
- forjado

Dentro de la forja se encuentran los procesos siguientes

- Extrusión
- Estirado
- Recalcado
- Estampado

## 2.3 Deformación en frío

- Embutición
- Laminación
- Forja
- Estampación
- Extrusión
- Doblado y curvado
- Trefilado y estirado

### 2.2.1 Colada continua

Consiste en llenar un recipiente (cuba) con metal fundido procedente de un horno emplea do para obtener acero. El metal cae de la cuba y se introduce en un molde refrigerado sin fondo donde se solidifica y se obtiene así una tira continua de sección semejante a la del molde Esta tira cae en vertical y al apoyarse sobre unos cilindros, a medida que avanza, se va colocando horizontal hasta ser cortada mediante sopletes, que se mueven a la misma velocidad que la plancha.

### 2.2.2 Laminación

Es un procedimiento que consiste en modificar una masa metálica haciéndola pasar entre rodillos superpuestos, que giran en sentido opuesto. Se efectúa normalmente en caliente; sin embargo, existe la laminación en frío. En la laminación en frío los metales adquieren acritud al deformarse, por lo que se someten a un tratamiento de recocido al final de la operación, e incluso en una etapa intermedia.

**Tren de laminación:** es una agrupación de varios laminadores o cajas relacionadas entre sí, de modo que el material a laminar pasa sucesivamente por cada una, hasta completar el ciclo de elaboración.

Un laminador elemental estaría constituido por las siguientes partes: dos o más cilindros, normalmente horizontales; un bastidor que soporta los asientos de los cilindros; y un sistema de ajuste de los cilindros formado por espárragos roscados, llamados tornillos de presión. Todo el conjunto recibe el nombre de caja de laminación.

### 2.2.3 Forjado

Es un procedimiento de conformación por deformación que se realiza sometiendo al metal a esfuerzos violentos de compresión repetidos, una vez calentado a temperaturas superiores a la de recristalización pero inferiores a las de fusión.

A estas temperaturas no sólo puede darse a los metales grandes deformaciones con pequeños esfuerzos; sino que la magnitud de la deformación es prácticamente ilimitada, sin que se produzca nunca acritud.

También se puede realizar un forjado en frío cuando se producen pequeñas piezas por martilleo (tornillos, varillas, arandelas, etc.) o cuando se quieren mejorar las propiedades mecánicas de los metales. En el forjado en frío las máquinas empleadas son prensas de mayor potencia que las empleadas en el forjado en caliente

**La forja puede ser:**

- Forja libre esta no impone ninguna forma específica a la herramienta.
- Forja con estampa (estampación) esta requiere la construcción de una estampa que reproduce la forma y dimensiones de la pieza a forjar

### **2.2.3.1 Extrusión**

Es la operación en la cual una masa de material dúctil fluye a través de un orificio por medio de un impacto o una fuerte compresión, ocasionada por un émbolo o punzón, para formar una pieza de sección constante, hueca o no, y cuya longitud depende básicamente de la aportación de material efectuada.

La norma cubana NC 09-01 divide los procesos de extrusión en cuatro tipos de acuerdo con la dirección en que fluye el material con respecto a la dirección de aplicación de la fuerza.

Estos cuatro tipos son los llamados

- Extrusión simple en esta el material fluye en la misma dirección en que actúa el punzón.
- Extrusión revertida el material fluye en sentido inverso en la dirección en que actúa el punzón.
- Extrusión combinada se produce una combinación de los dos sentidos de flujo.
- Extrusión lateral el flujo del material tiene lugar a través de orificios laterales de la matriz

Por este procedimiento se obtienen perfiles o tubos de secciones perfectamente uniformes y excelente acabado.

La extrusión puede hacerse en caliente o en frío.

### **2.2.3.2 Estirado y trefilado**

Son dos procedimientos de conformación por deformación plástica casi idénticos que consisten en hacer pasar el material de aportación por una matriz o hilera de forma determinada. Es procedimiento se realiza en ambos casos en frío

La diferencia entre ambos procedimientos consiste en el objetivo que se persigue

1. En el estirado se efectúa la reducción de la sección para obtener formas y dimensiones determinadas.
2. En el trefilado se desea reducir la sección (normalmente circular) al máximo.



## **2.4 Tratamientos térmicos**

### **2.4.1 Recocido del hierro**

#### **Acero**

A veces se perjudica y hasta se estropea por completo el acero, al recocerlo exageradamente; el acero calentado a temperatura demasiado elevada puede contraerse malamente al templarse, además de reducir su duración de modo considerable. El acero nunca debe calentarse más del rojo cereza pálido, siendo ese color más bajo que el necesario para el temple. Debe además calentarse lentamente y de modo que toda su superficie y su interior queden calentados con uniformidad.

Cuando se trata de objetos pequeños de acero, se calientan al rojo cereza en fuego de carbón, después se entierran en aserrín contenido en una caja de hierro, y se cubre el aserrín con ceniza. En esta caja se tiene el acero hasta que se enfríe.

Se calienta primero el acero al rojo, se deja enfriar hasta que este casi negro, y se introduce entonces en agua de jabón. El acero puede recocerse de este modo y queda mucho más suave que cuando se enfría en cenizas.

Se calienta en acero al rojo, se pone en sitio oscuro, enfriándolo al aire hasta que no se vea el rojo en la oscuridad, y por último se enfría en agua caliente

#### **Recocido del cobre**

El cobre se endurece casi siempre en muflas, donde se eleva a la temperatura conveniente y luego se deja enfriar. Hay que procurar que el cobre no se caliente demasiado tiempo, ni a temperatura superior a la debida, porque se quema, quedando de color amarillo con estructura granular gruesa o extraordinariamente frágil, más aun al rojo que frío.

#### **Investigar:**

##### **1. Proceso de fabricación del acero**

## TEMA 3

### POLÍMEROS

#### 1. Objetivos:

- 1.1 Conocer los polímeros más comunes.
- 1.2 Analizar los diferentes tipos de polímeros que existen.
- 1.3 Determinar cuáles son las aplicaciones de los polímeros más utilizadas en la industria.

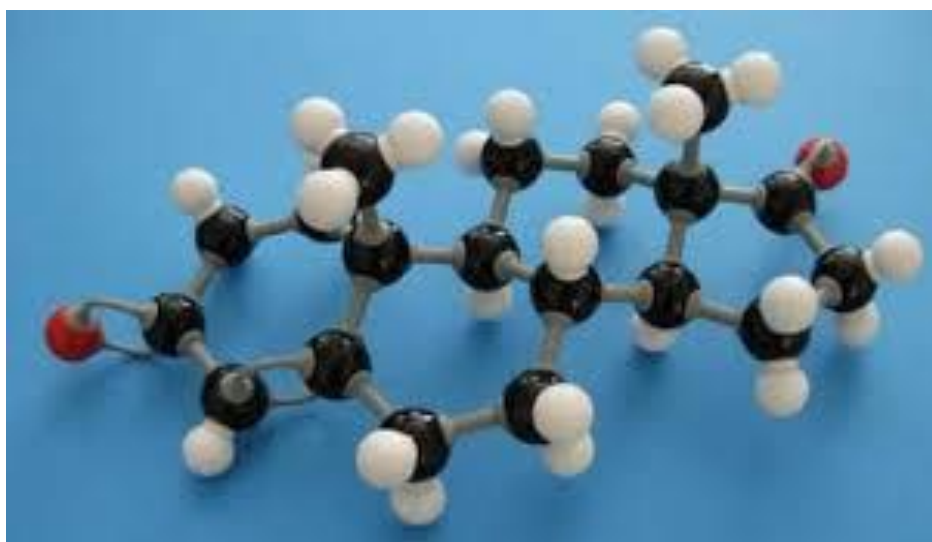
#### 2. Marco Teórico:

##### 2.1. Polímeros:

Es un compuesto químico, natural o sintético formado por polimerización y que consiste esencialmente en unidades estructurales repetitivas, al calentarse, alcanzan la temperatura de transición plástica y se vuelven más flexibles.

Un polímero es como si uniésemos con un hilo muchas monedas perforadas por el centro, al final obtenemos una cadena de monedas, en donde las monedas serían los monómeros y la cadena con las monedas sería el polímero.

La parte básica de un polímero son los monómeros, los monómeros son las unidades químicas que se repiten a lo largo de toda la cadena de un polímero, por ejemplo el monómero del polietileno es el etileno, el cual se repite x veces a lo largo de toda la cadena.



## 2.2. Clasificación de los Polímeros:

Clasificación según su origen:

- **Polímeros naturales o biopolímeros:** Que como su nombre indica se encuentran en la naturaleza. Ejemplos: Polisacáridos, proteínas, ácidos nucleicos, caucho, lignina.
- **Polímeros semisintéticos:** Se obtienen por transformación de polímeros naturales. Ejemplo: caucho vulcanizado, etc.
- **Polímeros sintéticos:** Se obtienen industrialmente. Ejemplos: nailon, poliestireno, PVC, polietileno, etc.

Según su composición:

- **Homopolímero:** Se le denomina así al polímero que está formado por el mismo monómero a lo largo de toda su cadena, el polietileno, poliestireno o polipropileno son ejemplos de polímeros pertenecientes a esta familia.
- **Copolímero:** Se le denomina así al polímero que está formado por al menos 2 monómeros diferentes a lo largo de toda su cadena, el ABS o el SBR son ejemplos pertenecientes a esta familia.

Según su estructura molecular:

- **Lineales:** Formados por monómeros difuncionales. Ejemplos: Polietileno, poliestireno, kévlar.
- **Ramificados:** Formados por monómeros trifuncionales. Ejemplo: Poliestireno (PS).
- **Entrecruzados:** Cadenas lineales adyacentes unidas linealmente con enlaces covalentes. Ejemplo: Caucho.
- **Reticulados:** Con cadenas ramificadas entrelazadas en las tres direcciones del espacio. Ejemplo: Epoxi.

Según su polimerización:

- **Polimerización:** Son el conjunto de reacciones químicas en las cuales un monómero iniciador o endurecedor activa a otro monómero comenzando una reacción en cadena la cual forma el polímero final.

- **Policondensación:** Son aquellas reacciones químicas en las cuales el polímero final se origina mediante sucesivas uniones entre monómeros, los cuales emiten moléculas condensadas durante el proceso de unión.
- **Poliadición:** Son las reacciones químicas en las cuales el polímero final se origina mediante sucesivas adiciones de grupos funcionales (monomero A) a estructuras moleculares con dobles enlaces (monomero B).

Según su comportamiento frente al calor:

- **Termoplásticos:** Después de ablandarse o fundirse por calentamiento, recuperan sus propiedades originales al enfriarse. Ejemplos: derivados polietilénicos, poliamidas (nylon), sedas artificiales, celofán, etc.
- **Termoestables:** Después del calentamiento se convierten en sólidos más rígidos que los polímeros originales. Este comportamiento se debe a que con el calor se forman nuevos entrecruzamientos que provocan una mayor resistencia a la fusión. Suelen ser insolubles en disolventes orgánicos y se descomponen a altas temperaturas. Ejemplos: baquelita, ebonita, etc.
- **Elastómeros:** Los elastómeros son polímeros que tienen propiedades elásticas, es decir, pueden ser estirados hasta doblar muchas veces su tamaño y después regresar a su forma original. Ejemplos: cauchos, siliconas, poliuretanos.

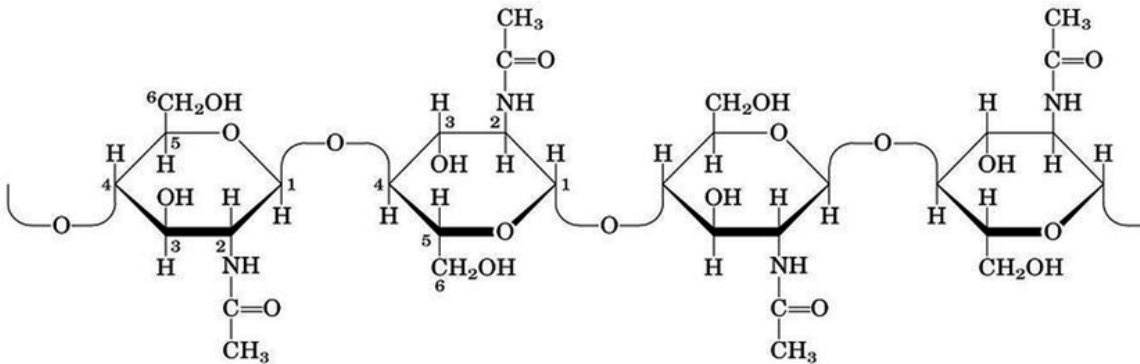
Según su composición orgánica o inorgánica:

- **Polímeros orgánicos:** Que poseen una cadena principal de átomos de carbono.
- **Polímeros orgánicos vinílicos:** Semejantes a los orgánicos, pero con enlaces dobles carbono-carbono. Incluyen las poliolefinas, estirénicos, vinílicos halogenados y acrílicos.
- **Polímeros orgánicos no vinílicos:** Poseen átomos de oxígeno y/o nitrógeno en su cadena principal, además de carbonos. Incluyen los poliésteres, las poliamidas y los poliuretanos.
- **Polímeros inorgánicos:** Basados en otros elementos como el azufre (polisulfuros) o el silicio (la silicona).

### 2.3. Polímeros Naturales

Los polímeros naturales existen como tales en la naturaleza, como biomoléculas y compuestos que integran el cuerpo de los seres vivos. La aparición de los polímeros naturales en el mundo representó un punto importante en la complejización bioquímica de la vida.

Entre ellos se incluyen la gran mayoría de las proteínas, ácidos nucleicos, polisacáridos (azúcares complejas, como la celulosa vegetal y la quitina de los hongos), el hule o caucho vegetal, y un enorme etcétera.

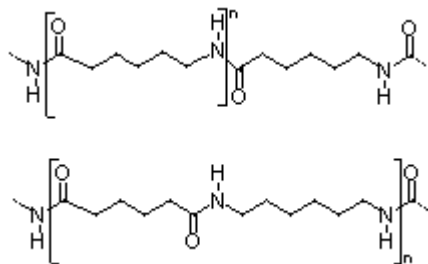


La Quitina es un polisacárido que se encuentra en los hongos.

### 2.4 Polímeros Naturales

El primer polímero sintético fue creado en 1907: la baquelita, material duradero y de bajo costo. Su gran éxito industrial se debió en gran medida a su fabricación simple y económica, empleando fenol y formaldehído. Mucho se ha avanzado desde entonces en la obtención de nuevos y más potentes materiales de origen orgánico, en particular en la industria petroquímica.

Los polímeros pueden crearse en laboratorio por la unión de monómeros específicos en una cadena, empleando para ello insumos orgánicos o inorgánicos, en condiciones controladas de temperatura, presión y presencia de catalizadores. Así se genera una reacción en cadena o por etapas que da como resultado la generación del compuesto.



El Nailon es un polímero sintético.

## 2.5 Propiedades y características de los polímeros

En líneas generales, los polímeros son malos conductores eléctricos, por lo que suelen emplearse como aislantes en la industria eléctrica, por ejemplo, el plástico como envoltorio de los cables.

La temperatura, en cambio, es un factor importante en el comportamiento de los polímeros. A bajas temperaturas se tornan duros, frágiles, semejantes al vidrio, mientras que a temperaturas normales tienden a la elasticidad. Si la temperatura aumenta hacia su punto de fusión, empiezan a perder su forma y descomponerse.

## 2.6 Aplicación de los Polímeros

Cada polímero puede tener distintas aplicaciones. Por ejemplo, si hablamos de poliuretano, hablamos del polímero de los mil usos, desde la simple esponja para limpiar hasta el material para construir grandes estructuras de ingeniería, pasando por material deportivo o aislantes térmicos para viviendas. Otra aplicación importante es en la fabricación de neumáticos, que ha facilitado enormemente el transporte.

Otras aplicaciones de los polímeros pueden ser tan cotidianas como absorber agua o pegar materiales. Si en casa hay niños pequeños que usan pañales, estamos usando polímeros con capacidad de super-absorción de líquidos. Antiguamente se fabricaban de celulosa (con el consiguiente impacto ambiental) y actualmente de materiales sintéticos como el poli (alcoholvinílico).

De manera general se podría decir que las aplicaciones de los polímeros son:

- Revestimientos
- Soportes sólidos para síntesis orgánica
- Adhesivos
- Materiales estructurales
- Materiales para ingeniería (automoción, construcción...)
- Envasado de alimentos
- Ropa
- Electrolitos (baterías)
- Supercondensadores eléctricos
- Conductores
- Biomedicina
- Deportes
- Aditivo a pavimentos asfálticos

### **3. Proyecto:**

Realizar un trabajo de investigación sobre la aplicación de un polímero que este enfocado con respecto a su carrera.

Partes del trabajo de investigación:

- Caratula.
- Objetivos
- Introducción.
- Información sobre la aplicación del polímero en relación a la carrera del estudiante.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

## TEMA 4

### CORROSIÓN QUÍMICA Y DESGASTE

#### 1. Objetivos:

- 1.1 Poseer conocimientos sobre la corrosión química.
- 1.2 Entender la diferencia entre corrosión y desgaste.
- 1.3 Analizar los diferentes tipos de corrosión que existen.

#### 2. Marco Teórico:

##### 2.1. Corrosión

Es una reacción química producto de la unión del metal con el oxígeno, es decir, la corrosión es un deterioro observado en un objeto metálico a causa de un alto impacto electroquímico de carácter oxidativo y la velocidad degenerativa de dicho material dependerá de la exposición al agente oxidante, la temperatura presentada, si se encuentra expuesto a soluciones salinizadas (conjugadas con sal), y por último de las propiedades químicas que posean estos agentes metálicos; el proceso de corrosión es totalmente espontáneo y natural, también pueden presentar este proceso materiales que no sean metálicos.

La corrosión es producto de una interacción oxido-reductiva entre el metal, el ambiente o el agua en donde se encuentre sumergido, de acuerdo a esto se dice que las causas más conocidas de corrosión, son las alteraciones producidas en la estructura química de un metal debido a la exposición al aire, ejemplo de este serían: la formación de una sustancia de color marrón que se forma en el hierro y el acero, degradando de tal forma a dichos materiales que pueden romperse o quebrantarse, popularmente se le conoce como "óxido o herrumbre"; de igual forma puede evidenciarse la corrosión en el cobre, esta se observa con una coloración verde-negruzca en la superficie de dicho material, la mencionada coloración también puede ser visible en las aleaciones del cobre con el bronce.

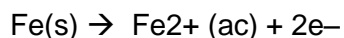
##### 2.2. Corrosión Electroquímica

La corrosión electroquímica es un proceso espontáneo que denota siempre la existencia de una zona anódica (la que sufre la corrosión), una zona catódica y un electrolito, y es imprescindible la existencia de estos tres elementos, además de una buena unión eléctrica entre ánodos y cátodos, para que este tipo de corrosión pueda tener lugar. La corrosión más frecuente siempre es de naturaleza electroquímica y resulta de la formación sobre la superficie metálica de multitud de zonas anódicas y catódicas; el electrolito es, en caso de no estar sumergido o enterrado el metal, el agua condensada de la atmósfera, para lo que la humedad relativa deberá ser del 70%.

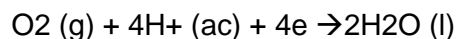


El proceso de disolución de un metal en un ácido es igualmente un proceso electroquímico. La infinidad de burbujas que aparecen sobre la superficie metálica revela la existencia de infinitos cátodos, mientras que en los ánodos se va disolviendo el metal. A simple vista es imposible distinguir entre una zona anódica y una catódica, dada la naturaleza microscópica de las mismas (micropilas galvánicas). Al cambiar continuamente de posición las zonas anódicas y catódicas, llega un momento en que el metal se disuelve totalmente.

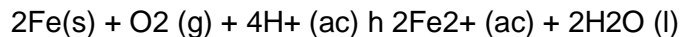
Ejemplo:



Los electrones donados por el hierro reducen el oxígeno atmosférico a agua en el cátodo, que a su vez es otra región de la misma superficie del metal:



La reacción redox global es:



Con los datos de la tabla de potenciales estándar de reducción, encontramos la fem estándar para este proceso:

$$\begin{aligned} E_{\text{celda}} &= E_{\text{cátodo}} - E_{\text{ánodo}} \\ &= 1.23 \text{ V} - (-0.44 \text{ V}) \\ &= 1.67 \text{ V} \end{aligned}$$

# Potenciales Estándar de Reducción a 25 °C

SEMIRREACCIÓN	$E^{\circ}(\text{V})$
$\text{Li}^+(\text{ac}) + e^- \longrightarrow \text{Li}(\text{s})$	-3.05
$\text{K}^+(\text{ac}) + e^- \longrightarrow \text{K}(\text{s})$	-2.93
$\text{Ba}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Ba}(\text{s})$	-2.90
$\text{Sr}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Sr}(\text{s})$	-2.89
$\text{Ca}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Ca}(\text{s})$	-2.87
$\text{Na}^+(\text{ac}) + e^- \longrightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2.71
$\text{Mg}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2.37
$\text{Be}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Be}(\text{s})$	-1.85
$\text{Al}^{3+}(\text{ac}) + 3e^- \longrightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1.66
$\text{Mn}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Mn}(\text{s})$	-1.18
$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{ac})$	-0.83
$\text{Zn}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0.76
$\text{Cr}^{3+}(\text{ac}) + 3e^- \longrightarrow \text{Cr}(\text{s})$	-0.74
$\text{Fe}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.44
$\text{Cd}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Cd}(\text{s})$	-0.40
$\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2e^- \longrightarrow \text{Pb}(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{ac})$	-0.31
$\text{Co}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Co}(\text{s})$	-0.28
$\text{Ni}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0.25
$\text{Sn}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0.14
$\text{Pb}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0.13
$2\text{H}^+(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{Sn}^{4+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{ac})$	+0.13
$\text{Cu}^{2+}(\text{ac}) + e^- \longrightarrow \text{Cu}^+(\text{ac})$	+0.15
$\text{SO}_4^{2-}(\text{ac}) + 4\text{H}^+(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.20
$\text{AgCl}(\text{s}) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^-(\text{ac})$	+0.22
$\text{Cu}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+0.34
$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \longrightarrow 4\text{OH}^-(\text{ac})$	+0.40
$\text{I}_2(\text{s}) + 2e^- \longrightarrow 2\text{I}^-(\text{ac})$	+0.53
$\text{MnO}_4^-(\text{ac}) + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- \longrightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{OH}^-(\text{ac})$	+0.59
$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2(\text{ac})$	+0.68
$\text{Fe}^{3+}(\text{ac}) + e^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{ac})$	+0.77
$\text{Ag}^+(\text{ac}) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(\text{s})$	+0.80
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow 2\text{Hg}(\text{l})$	+0.85
$2\text{Hg}^{2+}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Hg}_2^{2+}(\text{ac})$	+0.92
$\text{NO}_3^-(\text{ac}) + 4\text{H}^+(\text{ac}) + 3e^- \longrightarrow \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.96
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2e^- \longrightarrow 2\text{Br}^-(\text{ac})$	+1.07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{ac}) + 4e^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23
$\text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{ac}) + 14\text{H}^+(\text{ac}) + 6e^- \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{ac}) + 7\text{H}_2\text{O}$	+1.33
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2e^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-(\text{ac})$	+1.36
$\text{Au}^{3+}(\text{ac}) + 3e^- \longrightarrow \text{Au}(\text{s})$	+1.50
$\text{MnO}_4^-(\text{ac}) + 8\text{H}^+(\text{ac}) + 5e^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{ac}) + 4\text{H}_2\text{O}$	+1.51
$\text{Ce}^{4+}(\text{ac}) + e^- \longrightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{ac})$	+1.61
$\text{PbO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+(\text{ac}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.70
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{ac}) + 2\text{H}^+(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.77
$\text{Co}^{3+}(\text{ac}) + e^- \longrightarrow \text{Co}^{2+}(\text{ac})$	+1.82
$\text{O}_3(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{ac}) + 2e^- \longrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+2.07
$\text{F}_2(\text{g}) + 2e^- \longrightarrow 2\text{F}^-(\text{ac})$	+2.87

Fuerza oxidante creciente

Fuerza reductora creciente

## 2.3. Tipos de Corrosión

- **Corrosión generalizada (uniforme):**

La corrosión generalizada, también nombrada como corrosión uniforme, ocurre sobre toda la superficie del material de forma homogénea, deteriorándolo completamente. Esta corrosión es la que mayor pérdida de material provoca, pero es relativamente fácil de predecir y controlar, por lo que un accidente producido por este es de rara ocurrencia. Se puede observar comúnmente en materiales, sobre todo en la industria de la construcción, a base de hierro no aleado con metales inoxidables, como el níquel y el cromo.

- **Corrosión galvánica:**

La corrosión galvánica ocurre cuando existe una unión, física o eléctrica, entre metales de diferente naturaleza, lo cuales, en la presencia de un electrolito, forman una celda electroquímica, donde el material de menor potencial electroquímico es el que se corroe

- **Corrosión por fisuras:**

Este tipo de corrosión es similar a la corrosión galvánica, que se produce en zonas estrechas donde la concentración de oxígeno es mucho menor que en el resto del sistema, y cuyo efecto induce a que estas zonas de menor concentración de oxígeno actúen como un ánodo, propiciando el proceso de corrosión, en las fisuras.

- **Corrosión – tensión:**

Ocurre cuando en un material, sometido a esfuerzo de tensión, ya sea de forma interna o externa, se forman pequeñas fisuras, que dan inicio al proceso de corrosión. El material que permanece en ambos fenómenos, se deteriora con mayor rapidez, que si estuviese bajo el efecto individual de cada uno, ya que la corrosión debilita el material, lo cual permite que la tensión tenga mayor impacto, fracturando en mayor medida el material, lo cual a su vez incita a que la corrosión se propague en un área mayor, y así, sucesivamente.

- **Corrosión microbiológica:**

La corrosión microbiológica, en realidad no es un tipo de corrosión en sí, sino que más bien es un fenómeno que facilita el desarrollo de otros procesos de corrosión. Las bacterias son los microorganismos más influyentes en este caso, por lo que también es conocida como corrosión bacteriana y se produce en sistemas de transporte de líquido, facilitando la corrosión por picaduras.

## **2.4 Desgaste:**

Es la erosión de material sufrida por una superficie sólida por acción de otra superficie. Está relacionado con las interacciones entre superficies y más específicamente con la eliminación de material de una superficie como resultado de una acción mecánica. La necesidad de una acción mecánica, en forma de contacto debido a un movimiento relativo, es una distinción importante entre desgaste mecánico y cualquier otro proceso con similares resultados.

## **3. Hoja de Trabajo:**

Investigar los siguientes tipos de corrosión, proporcionando ejemplos y gráficas.

- Corrosión galvánica.
- Celda de concentración de oxígeno.
- Cavitación.
- Esfuerzo.
- Concentración de trabajo en frío