

# 7



# QUÍMICA E INDUSTRIA

Esta unidad didáctica muestra al estudiante la forma que tiene la química de producir a gran escala. La masa de producto obtenido en un laboratorio de química no es suficiente para satisfacer las necesidades de la sociedad, hay que pasar del laboratorio a la industria, y de ello se encarga la rama de la química denominada *química industrial*.

La unidad comienza mostrando las diferencias entre materia prima y producto de consumo.

A continuación se explica a qué se dedica la industria química, a la vez que clasifica las distintas industrias químicas en dos grupos: de base y de transformación y nos informa de cómo se desarrolla el proceso químico industrial.

Los epígrafes 3 y 4 exponen dos ejemplos de industrias químicas de base, la del amoníaco y sus derivados (ácido nítrico y abonos nitrogenados) y la del ácido sulfúrico y sus derivados (fertilizantes e insecticidas), así como del impacto medioambiental que ambas ocasionan.

El siguiente epígrafe muestra varios ejemplos de industrias químicas de transformación: la industria farmacéutica y la de los nuevos materiales.

Por último, el epígrafe 6 explica una industria metalúrgica: la siderurgia o producción de acero, uno de los materiales que más ha contribuido a construir la edad moderna.

## Objetivos

1. Comprender las diferencias entre química industrial y química de laboratorio así como las implicaciones de la química industrial en la sociedad actual.
2. Conocer algunas reacciones químicas que, por su importancia biológica, industrial o repercusión ambiental, tienen mayor interés en nuestra sociedad, así como el papel que debe ejercer la química en la construcción de un futuro sostenible.

## Relación de la unidad con las competencias clave

Los cuatro proyectos de investigación que se incluyen la unidad van a servir para desarrollar la **competencia lingüística** (en su

aspecto gramatical y ortográfico), la **competencia digital**, la **básica en ciencia y tecnología** y el **sentido de iniciativa y espíritu emprendedor**.

La **competencia matemática** y la **básica en ciencia y tecnología** el alumnado las puede conseguir trabajando y resolviendo las múltiples actividades y tareas propuestas a lo largo de la unidad así como aprehendiendo la información que contienen los distintos epígrafes.

La inclusión de seis ejercicios resueltos (los seis en la sección *Estrategias de resolución*), la realización de la práctica de laboratorio propuesta en la sección *Técnicas de trabajo y experimentación*, así como la sección de *Evaluación* del final de la unidad, van a servir para que el estudiante vaya examinando la adecuación de sus acciones y la aproximación a la meta, que no es otra que ser capaz de adquirir y asimilar nuevos conocimientos y llegar a dominar capacidades y destrezas propias del ámbito de las ciencias (aplicables, no obstante, a otros ámbitos). De esta forma desarrollará la **competencia aprender a aprender**.

La unidad, al mostrar la evolución en la forma de transformar las materias primas en productos de consumo, haciendo uso de maquinaria y recursos humanos, proporciona al alumno un conocimiento y actitud sobre la sociedad (en su concepción dinámica, cambiante y compleja), con los que podrá interpretar fenómenos y problemas, elaborar respuestas y tomar decisiones; en definitiva trabajar la **competencia social y cívica**.

Por último, la unidad, al mostrar la obra de científicos de renombre universal (Haber, Bosch, Bessemer, etc.), contribuye a que el alumno conozca una manifestación más de la herencia cultural europea (en este caso científica); por otra parte, y unido a la sección *Química, tecnología y sociedad*, al describir las industrias químicas más importantes hoy en día, va a revelar al estudiante la interacción entre la ciencia, la técnica y la sociedad, acrecentando sus conocimientos relacionados con el patrimonio tecnológico mundial, ambos conocimientos pertenecientes a la **competencia conciencia y expresiones culturales**.

## Temporalización

Se aconseja dedicar seis sesiones al estudio de la unidad.

## PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA DE LA UNIDAD

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Relación de actividades del LA	Competencias clave
<b>Materia prima, industria y producto de consumo</b>	1. Conocer la diferencia entre materia prima y producto de consumo.	1.1. Sabe explicar la diferencia entre materia prima y producto de consumo.	A: 1, 2 ER: 1 AT: 5	CMCCT CSC
<b>La industria química</b> ■ Clases de industrias químicas ■ El proceso químico industrial ■ Industrias químicas de especial relevancia	2. Definir industria química, clasificar las distintas industrias químicas y relatar los pasos del proceso químico industrial.	2.1. Conoce el objetivo de la industria química, saber clasificar a las industrias químicas y describir pormenorizadamente los pasos a seguir en todo proceso químico industrial.	A: 3-7 AT: 1-4, 6	CMCCT CSC
<b>La industria del amoníaco y sus derivados</b> ■ Obtención de amoníaco por el método de Haber- Bosch ■ Propiedades y aplicaciones del amoníaco ■ Obtención del ácido nítrico ■ Propiedades y aplicaciones del ácido nítrico ■ Abonos nitrogenados ■ Impacto medioambiental de la industria del amoníaco	3. Identificar las reacciones químicas implicadas en la obtención del amoníaco y sus derivados.	3.1. Describe el proceso de obtención del amoníaco por el método de Haber-Bosch, analizando su interés industrial.	A: 8-12 ER: 2,3 AT: 7-16	CMCCT CSC CCEC
<b>La industria del ácido sulfúrico y sus derivados</b> ■ Obtención de ácido sulfúrico ■ Propiedades y aplicaciones del ácido sulfúrico ■ Impacto medioambiental	4. Identificar las reacciones químicas implicadas en la obtención del ácido sulfúrico y sus derivados.	4.1. Describe el proceso de obtención del ácido sulfúrico por el método de contacto, analizando su interés industrial.	A: 13,14 ER: 4 AT: 17-26	CMCCT CSC CCEC
<b>Las industrias químicas de transformación</b> ■ La industria farmacéutica ■ Nuevos materiales	5. Dar ejemplos de algunas industrias químicas de transformación. 6. Valorar la importancia de la investigación científica en el desarrollo de nuevos materiales con aplicaciones que mejoren la calidad de vida.	5.1. Conoce ejemplos de industrias químicas de transformación. 6.1. Analiza la importancia y la necesidad de la investigación científica aplicada al desarrollo de nuevos materiales y su repercusión en la calidad de vida a partir de fuentes de información científica.	A: 15	CMCCT CSC
<b>La siderurgia</b> ■ El proceso siderúrgico ■ Clases de aceros y sus aplicaciones	7. Conocer los procesos básicos de la siderurgia así como las aplicaciones de los productos resultantes.	7.1. Explica los procesos que tienen lugar en un alto horno escribiendo y justificando las reacciones químicas que en él se producen. 7.2. Argumenta la necesidad de transformar el hierro de fundición en acero, distinguiendo entre ambos productos según el porcentaje de carbono que contienen. 7.3. Relaciona la composición de los distintos tipos de acero con sus aplicaciones.	A: 16, 17 ER: 5, 6 AT: 27-41	CMCCT CSC CMCCT CSC CMCCT CSC

LA: libro del alumno; A: actividades; ER: estrategias de resolución; AT: actividades y tareas;

CCL: Competencia lingüística; CMCCT: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; CD: Competencia digital; CAA: Aprender a aprender; CSC: Competencias sociales y cívicas; CSIEE: Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor; CCEC: Conciencia y expresiones culturales.

## MAPA DE CONTENIDOS DE LA UNIDAD

PARA EL ALUMNO

**Vídeo:** Así se hace la pasta de dientes  
**Presentación**

**Vídeos:** 1. El ingrediente del que están hechos los sueños;  
2. Economía sostenible gracias al reciclaje

**Enlaces web:** Reactores químicos  
**Vídeo:** Producción de biodiesel

**Vídeos:** 1. Proceso de Haber-Bosch;  
2. Fertilizantes con nitrógeno directamente asimilable.

**Vídeo:** Obtención industrial de ácido sulfúrico

**Vídeos:** 1. Los antibióticos; 2. Las algas en la industria farmacéutica;  
3. Nanomateriales;  
4. Microrobots médicos;  
5. Oro nanoporoso.

### Unidad 7: Química e Industria

**1. Materia prima, industria y producto de consumo**

**2. La industria química**

- 2.1. Clases de industrias químicas
- 2.2. El proceso químico industrial
- 2.3. Industrias químicas de especial relevancia

**3. La industria del amoníaco y sus derivados**

- 3.1. Obtención por el método de Haber-Bosch
- 3.2. Propiedades y aplicaciones del amoníaco
- 3.3. Obtención del ácido nítrico
- 3.4. Propiedades y aplicaciones del ácido nítrico
- 3.5. Abonos nitrogenados
- 3.6. Impacto medioambiental de la industria del amoníaco

**4. La industria del ácido sulfúrico y sus derivados**

- 4.1. Obtención de ácido sulfúrico
- 4.2. Propiedades y aplicaciones del ácido sulfúrico
- 4.3. Impacto medioambiental

**5. Las industrias químicas de transformación**

- 5.1. La industria farmacéutica
- 5.2. Nuevos materiales

**Documento:** Catalizadores industriales

PARA EL PROFESOR

### BIBLIOGRAFÍA

CANE, B. y SELWOOD, J.

*Química elemental básica (dos volúmenes)*. Madrid: Reverté, 1978.  
Texto adecuado para introducirse en los conceptos químicos básicos.

VIAN ORTUÑO, A. et al.

*Introducción a la química industrial*. Madrid: Reverté, 1999.

Trata del aprovechamiento de las materias primas esenciales (aire, agua, litosfera, etc.). Esta edición ha contado con la aportación de 14 prestigiosos profesores universitarios.

LEYENSETTER, A.

*Tecnología de los oficios metalúrgicos*. Madrid: Reverté, 2006.

Para conocer la forma en la que se desarrollan los trabajos metalúrgicos.

PARKER, A.

*Contaminación del aire por la industria*. Madrid: Reverté, 2006.

Ayuda a conocer, para así poder solucionar, la contaminación general del aire (procedente de procesos industriales) en zonas urbanas y rurales.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

*Industria química inorgánica de gran volumen de producción (amoníaco, ácidos y fertilizantes). Mejores técnicas disponibles de referencia europea: documento BREF*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009.

GONZÁLEZ SÁNCHEZ G. y VARA BLANCO, A.

*Mejores técnicas disponibles de referencia europea industria química de gran volumen de producción (amoníaco, ácidos y fertilizantes)*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2007. Madrid. Permite conocer las técnicas de prevención y control de la contaminación producida por la industria química.

GARCÍA, D. J.

*La industria química y el ingeniero químico*. Murcia: Editum (Universidad de Murcia), 1998.

Libro que sitúa, frente a frente, al ingeniero químico con la industria en la que trabaja.

**Videos:** 1. Extracción del hierro; 2. Alto horno; 3. El acero

**Práctica de laboratorio:** Sustitución de Cu por Ag

**Práctica de laboratorio:** 1. Una reacción catalizada; 2. Electrolisis

## 6. La siderurgia

- 6.1. El proceso siderúrgico
- 6.2. Clases de aceros y sus aplicaciones

## Química, tecnología y sociedad

El mundo nano

## Técnicas de trabajo y experimentación

Obtención de amoníaco

## Estrategias de resolución y Actividades y tareas

## Síntesis de la unidad y Autoevaluación

### Documento:

- 1. La reacción de combustión;
- 2. Nanotubos de carbono; 3. Las propiedades del agua y la mala suerte del Titanic

**Test de autoevaluación interactiva**  
**Pruebas de evaluación**

## WEBGRAFÍA

<https://www.youtube.com/watch?v=QX8QsDkC86E>  
Vídeo de la UNED: «El auge de la industria química».

<https://www.youtube.com/watch?v=jcsY2lqYaSs>  
Serie de vídeos en español acerca de las materias primas.

<https://www.youtube.com/watch?v=XkwHd3Q1-84>  
Vídeo en español (del canal Discovery) que trata sobre el proceso industrial.

<http://www.aulafacil.com/calidad-empresa/curso/Lecc-22.htm>  
Tutorial en español acerca del control de calidad.

[http://www.llegarasalto.com/docs/manuales\\_prl/MANUAL\\_QUIMICA\\_Q.pdf](http://www.llegarasalto.com/docs/manuales_prl/MANUAL_QUIMICA_Q.pdf)  
Manual de riesgos y prevención de accidentes en la industria química.

<https://www.youtube.com/watch?v=TixVXNDaUIU>  
Vídeo en español sobre la fabricación del amoníaco por el método Haber-Bosch.

<http://educacion.tv/archivos/701>  
Vídeo en español: enocosmética.

<https://www.youtube.com/watch?v=7NP8Fw67NUU>  
Vídeo mudo: aplicaciones de la nanotecnología.

<https://www.youtube.com/watch?v=u9H9a5j1GZw>  
Vídeo en español sobre corrosión: acero al carbono e inoxidable.

<http://www.sabelotodo.org/metalurgia/acero.html>  
Tutorial en español sobre el acero.

## SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

### QUÍMICA E INDUSTRIA

A modo resumen se introduce la unidad con un texto que puede ser comentado en clase.

Sería interesante proponer a los alumnos que visualicen el vídeo introductorio sobre cómo se fabrica la pasta de dientes cuyo objetivo sería que visualicen como se realiza un proceso industrial de un producto cotidiano.

#### Vídeo: ASÍ SE HACE LA PASTA DE DIENTES

Vídeo en español, fragmento del documental ¿Cómo lo hacen?, emitido por el canal Discovery.

#### PRESENTACIÓN

Presentación en forma de diapositivas de recorrido de la unidad. El profesor la puede utilizar tanto al principio como al final de la unidad.

En el apartado *Conocimientos previos* sería importante preguntar a los alumnos si los recuerdan y que hagan las actividades propuestas en *Comprueba lo que sabes* para así saber los conocimientos de partida.

### 1. Materia prima, industria y producto de consumo (página 179)

En este epígrafe hay que definir materia prima y clasificar las materias primas en función de su origen; luego definiremos industria y estableceremos su clasificación. Puede resultar interesante pedir al alumnado que de un ejemplo de cada tipo de industria, explicando cuáles de ellas se encuentran en su localidad.

#### Vídeo: EL INGREDIENTE DEL QUE ESTÁN HECHOS LOS SUEÑOS

Vídeo mudo patrocinado por la unión europea, con texto en español, que muestra la importancia de las materias primas.

#### Vídeo: ECONOMÍA SOSTENIBLE GRACIAS AL RECICLAJE

Vídeo en español que muestra como el reciclaje puede ser muy útil en la recuperación de materias primas.

### 2. La industria química (páginas 150/152)

Para motivar a los estudiantes y que estos comprendan la importancia de la industria química, se puede empezar este epígrafe solicitándoles que describan cómo sería la vida si no existieran muchos de los productos que elabora esta industria. A continuación se les dará la definición de industria química.

#### 2.1. Clases de industrias químicas

Una vez definido el concepto de industria química, se hará una clasificación de todas ellas (incluida la petroquímica), justificando la obligatoriedad de sufrir meticulosas inspecciones con objeto de comprobar que la emisión de partículas contaminantes está dentro de los márgenes que marca la ley.

#### 2.2. El proceso químico industrial

A continuación, describiremos las etapas del proceso químico industrial explicando a los estudiantes que dicho proceso comienza en el laboratorio, lugar donde se comprueba la viabilidad de las reacciones, continúa en la planta piloto, un modelo a escala de la futura planta industrial y por último, finaliza en la fábrica o planta industrial, donde las medidas de seguridad dependerán de la peligrosidad de las operaciones y del tipo de productos utilizados. Una vez obtenido el producto, este ha de pasar severos controles de calidad. También se evaluará el propio proceso de producción.

Para afianzar este epígrafe, el profesor puede considerar si realiza con sus alumnos una visita a un laboratorio importante de su localidad o a una fábrica.

#### Enlace web: REACTORES QUÍMICOS

Tutorial en español, que explica qué es un reactor químico, sus funciones principales así como los diferentes tipos que existen.

#### 2.3. Industrias químicas de especial relevancia

Es necesario que los estudiantes conozcan algunas de las empresas químicas más importantes del mundo, también las españolas, haciendo referencia a si fabrican productos inorgánicos u orgánicos. Se les puede pedir que realicen una investigación sobre este asunto.

#### Vídeo: PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

Vídeo en español, que muestra el proceso seguido para fabricar biodiesel.

### 3. La industria del amoníaco y sus derivados (páginas 153/155)

Es imprescindible comenzar informando que el amoníaco es el segundo producto químico sintético de mayor producción mundial, después del ácido sulfúrico, y ello se debe, sobre todo, a que es la base de la producción de abonos nitrogenados, sin los cuales no habría alimentos para la actual población mundial.

#### 3.1. Obtención de amoníaco por el método de Haber- Bosch

Debemos comenzar este epígrafe anunciando que todo el amoníaco que hoy se fabrica se hace según el método inventado por Haber y Bosch. A continuación se expondrá dicho método, explicando cómo se obtienen las materias primas que lo conforman ( $N_2$  y  $H_2$ ), las condiciones de presión y temperatura, termodinámica de la reacción, etcétera.

#### Vídeo: PROCESO DE HABER-BOSCH

Vídeo en inglés que muestra el proceso seguido para fabricar amoníaco a partir de  $N_2$  e  $H_2$ .

#### 3.2. Propiedades y aplicaciones del amoníaco

Mucha gente cree que el amoníaco, a temperatura y presión ambientales, es líquido, debemos explicar a nuestros alumnos que eso no es cierto, que es un gas, y que lo que ocurre es que la

gente confunde amoníaco con disolución amoniacal (al igual que confunde cloro con hipoclorito de sodio, como sustancia que se añade al agua de las piscinas).

A continuación se enumerarán las aplicaciones que tiene el amoníaco, destacando la de fabricación de ácido nítrico y abonos nitrogenados.

### 3.3. Obtención del ácido nítrico

Comenzaremos indicando cómo el amoníaco, obtenido a partir de las materias primas  $N_2$  e  $H_2$ , es a su vez materia prima para fabricar otro compuesto muy importante: el ácido nítrico. Así lo hizo Ostwald en 1902 (unos años antes de que Haber y Bosch descubrieran la forma barata de obtener amoníaco), desarrollando un proceso en tres etapas que serán explicadas al estudiante.

Se comentará que es muy difícil obtener ácido nítrico de concentración 100 %, de ahí la importancia que tiene el saber realizar cálculos con disoluciones de ácido nítrico.

### 3.4. Propiedades y aplicaciones del ácido nítrico

Una vez expuestas las propiedades del ácido nítrico (debemos explicar a qué se debe la tonalidad amarilla que adquiere cuando se expone a la acción de la luz), se analizarán las principales aplicaciones de este ácido destacando entre ellas la fabricación de explosivos y el agua regia.

### 3.5. Abonos nitrogenados

Abordaremos este epígrafe indicando que sin los fertilizantes nitrogenados no se podría dar de comer a una población mundial tan numerosa; sin embargo, y como se verá en el epígrafe siguiente, muchos de ellos resultan dañinos para el medio ambiente.

#### Vídeo: FERTILIZANTES CON NITRÓGENO DIRECTAMENTE ASIMILABLE

Vídeo en español que muestra la utilidad de los fertilizantes.

### 3.6. Impacto medioambiental de la industria del amoníaco

Este epígrafe está relacionado con «la cara mala de la química» es decir, los efectos que sobre el medio ambiente tiene la producción de amoníaco y sus derivados, así como el uso abusivo de fertilizantes. Se les propondrá una reflexión sobre el asunto, sugiriendo, posibles soluciones (férreas inspecciones en las fábricas, conciencia ciudadana sobre su uso, ilegalizar los más dañinos, etc.).

## 4. La industria del ácido sulfúrico y sus derivados (páginas 156/157)

Este epígrafe se desarrollará de igual modo que el anterior. Para captar la atención del alumno, se comenzará diciendo que el ácido sulfúrico es el producto químico de mayor producción mundial, siendo España el segundo productor europeo de este ácido.

### 4.1. Obtención de ácido sulfúrico

A continuación se expondrán las tres etapas del método de obtención de ácido sulfúrico denominado «de contacto», el único que hoy se utiliza, haciendo hincapié en la importancia que tiene el catalizador usado en la segunda etapa (óxido de vanadio).

Al igual que el ácido nítrico, el ácido sulfúrico tampoco se puede producir puro al 100 %.

#### Vídeo: OBTENCIÓN INDUSTRIAL DE ÁCIDO SULFÚRICO

Vídeo en español que muestra el proceso de obtención de este ácido.

### 4.2. Propiedades y aplicaciones del ácido sulfúrico

Luego de explicar las propiedades de este ácido (hay que recordar las precauciones que hay que tomar en su manipulación), se mostrará a los estudiantes algunas de sus muchas aplicaciones, como por ejemplo la fabricación de fertilizantes e insecticidas, generando en la clase una discusión sobre los peligros de estos productos.

### 4.3. Impacto medioambiental

Al igual que se hizo al tratar la industria del amoníaco, terminaremos el epígrafe señalando el negativo impacto medioambiental que tiene la industria del ácido sulfúrico y sus derivados. Se les pedirá que aporten soluciones.

## 5. Las industrias químicas de transformación (página 158)

Como ejemplos representativos de las muchas industrias químicas de transformación, en este libro se analizarán (si bien someramente) dos: la industria farmacéutica y la de los nuevos materiales.

### 5.1. La industria farmacéutica

Una vez indicado a qué se dedica la industria farmacéutica, se explicará los pasos a seguir en la fabricación de un fármaco, apuntando que, una vez aprobado por la autoridad sanitaria competente, para compensar los gastos de la investigación, dicha autoridad permite a la empresa farmacéutica descubridora del fármaco, patentar este durante un mínimo de 20 años, y cobrar al público el precio oportuno.

Una vez comercializado, la empresa farmacéutica vigilará a lo largo de varios años la seguridad y eficacia del medicamento. Si se observan reacciones adversas, el fármaco deberá ser retirado y si no, será aceptado por el mercado.

Este epígrafe se presta a una reflexión y debate sobre las garantías que ofrecen las autoridades sanitarias en la comercialización de medicamentos (garantías nulas si se ofertan a través de Internet), así como si el enorme volumen de capital que mueven las industrias farmacéuticas no es el resultado de crear en la población un miedo inexistente a contraer enfermedades. Sobre el primer asunto se puede señalar el problema que ocasionó la *talidomida*, y sobre el segundo se puede comentar la famosa frase de Henry Gadsten, director hace años de la compañía farmacéutica Merck, que dijo que su sueño era producir medicamentos para las personas sanas y así vender a todo el mundo.

#### Enlace web: LOS ANTIBIÓTICOS

Tutorial en español sobre los antibióticos y su correcto uso.

#### Vídeo: LAS ALGAS EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Vídeo en español que muestra el uso que se le puede dar a las algas en la industria farmacéutica.



## 5.2. Nuevos materiales

Al describir los nuevos materiales el profesor intentará causar entre sus alumnos la suficiente motivación para que ellos solos (o a través del *Investiga*) sientan la curiosidad de profundizar más sobre el asunto y realicen un informe que luego expondrán en clase.

### Vídeo: MICROROBOTS MÉDICOS

Vídeo en español que muestra el uso de la nanotecnología en medicina.

### Vídeo: NANOMATERIALES

Vídeo en español sobre las aplicaciones de los nanomateriales.

### Vídeo: ORO NANOPOROSO

Vídeo en español sobre el oro nanoporoso.

### Documento: CATALIZADORES INDUSTRIALES

## 6. La siderurgia (páginas 159/161)

Debemos comenzar explicando que la siderurgia es una rama de la metalurgia que se dedica exclusivamente a la obtención de acero, un material que ha servido para construir la edad moderna.

### 6.1. El proceso siderúrgico

Se explicará que el proceso siderúrgico comienza en la mina, donde se extrae el mineral de hierro, y cómo después este mineral se comprime hasta formar unos perdigones o *pellets* para facilitar su transporte hasta el alto horno. Así mismo se hablará del otro material que también entrará en el alto horno: el coque, que se obtiene a partir de la materia prima denominada hulla.

Luego se describirá un alto horno: partes que lo constituyen, materias primas que se utilizan, reacciones que tienen lugar y productos obtenidos (arrabio o hierro de primera fundición y escoria).

A continuación se deberá mostrar el proceso que ocurre en el convertidor u horno especialmente adaptado para transformar el arrabio en acero, señalando la diferencia entre ellos: el primero contiene un elevado porcentaje de carbono (superior al 2 %) y otras impurezas, y en el acero, el contenido de carbono es inferior al 2 % y, además, contiene otros elementos que se añaden para potenciar determinadas cualidades.

### Vídeo: EXTRACCIÓN DEL HIERRO

Vídeo en español, del canal Historia, que muestra los trabajos de extracción y preparación del mineral de hierro antes de ser llevado al alto horno.

### Vídeo: ALTO HORNO

Vídeo en español que muestra el funcionamiento de un alto horno.

### Práctica de laboratorio: SUSTITUCIÓN DE Cu POR Ag

## 6.2. Clases de aceros y sus aplicaciones

Por último, hay que exponer los diferentes tipos de aceros (según la proporción de carbono, el contenido de otros elementos, etc.) y sus principales aplicaciones.

Un objetivo es que el alumno comprenda que la palabra acero no se refiere a una sustancia pura, sino a una mezcla homogénea (disolución) de composición variable, de ahí que existan diferentes aceros.

### Vídeo: EL ACERO

Vídeo en español que muestra los trabajos de fabricación y posterior acabado del acero, donde se le dan diversas formas y tamaños para su posterior comercialización.

## SOLUCIONES DE LAS ACTIVIDADES (páginas 148/161)

### Comprueba lo que sabes

1. ¿A qué se dedica la industria química? ¿Cuándo empezó a desarrollarse?

La industria química se dedica a introducir cambios en la composición de las materias primas naturales con el fin de obtener productos útiles para otras industrias o para la vida cotidiana.

Las primeras industrias creadas por el hombre (en el Neolítico) fueron de tipo químico: la salazón, la cerámica, la metalurgia, los colorantes, etcétera.

2. ¿En qué aspectos de la vida corriente mejora esta industria la calidad de vida de las personas? ¿Qué hace para proteger el medio ambiente?

Remedia muchas enfermedades mediante la investigación y el desarrollo de fármacos, ayuda al aseo y limpieza (tanto personal como en el hogar), procura alimentos a la población (conservación, fertilizantes, etc.), evita plagas de insectos (plaguicidas, insecticidas), protege del sol (cremas protectoras), fabrica aleaciones muy útiles para la construcción y elaboración de herramientas (como el acero), crea combustibles (gasolinas, gas-oil, etc.), entre otros.

Para proteger el medioambiente la industria química sufre fuertes inspecciones analizándose los vertidos (al aire, al agua y al suelo) y comprobando que se hallan dentro de unos parámetros fijados por ley.

3. Nombra algunas áreas nuevas de la industria química.

La química verde (diseña nuevos procesos con los que obtener los mismos o mejores productos químicos, reduciendo o eliminando el uso y producción de sustancias que pueden dañar la salud de las personas o el medio ambiente), los nuevos materiales (grafeno, fullereno y nanotubos de carbono), la nanotecnología, la biotecnología, etcétera.

### Actividades

1. ¿Es lo mismo recurso natural que materia prima?

No, no es lo mismo aunque en muchos casos coincide. Recurso natural es todo bien o servicio proporcionado por la naturaleza sin alteraciones por parte del ser humano.

Esta definición engloba tanto a los bienes materiales (arcilla, minerales, etc.) como a los servicios que se derivan de estos bienes (la fuerza del viento que mueve las aspas de un molino, la fuerza de las mareas, el calor del sol, etc.), mientras que materia prima es el recurso natural (del primer tipo) que utiliza la industria en su proceso para ser transformado en un producto nuevo.

2. ¿De qué materias primas se surte la industria química inorgánica? ¿Y la orgánica? ¿Utilizan ambas las mismas fuentes de energía? ¿Cuáles?

La química inorgánica se surte, sobre todo, de materias primas de origen mineral que se encuentran en el suelo (diversos minerales), aire (oxígeno, nitrógeno, etc.) y agua (hidrógeno, diversas sales, etc.).

La química orgánica se surte, principalmente, de petróleo, gas natural, carbón y materias vegetales (caucho, madera,

algas, etc.) y animales (sobre todo para la industria de la alimentación).

El tipo de energía que utilizan ambas es básicamente el mismo: energía térmica, eléctrica y solar.

3. Distingue entre empresa química, industria química y planta química.

La empresa química es una organización que tiene responsabilidades jurídicas y cuyo objetivo es obtener una remuneración por el intercambio de bienes y servicios.

La industria química es el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar masivamente unas materias primas en productos elaborados.

La fábrica o planta química es el lugar físico donde se desarrollan, producen o crean los productos elaborados mencionados anteriormente. Se caracteriza por el empleo de máquinas y recursos humanos para elaborar los productos.

4. En el control de calidad, ¿a qué se llama «inspección por muestreo»? Puedes buscar información en Internet.

El muestreo es un proceso de evaluación que restringe la inspección a una serie de artículos o productos elegidos aleatoriamente (si bien se siguen ciertas reglas basadas en probabilidad y estadística, por ejemplo, un artículo de cada lote, dos artículos de cada lote, un artículo de cada dos lotes, etc.), a fin de aceptar o rechazar todo el lote. La principal ventaja del muestreo, frente a la inspección 100 %, es la economía, porque se inspecciona sólo una parte del lote.

5. ¿Qué es el coque? ¿Para qué se utiliza?

El coque o carbón de coque es un mineral artificial con una concentración muy alta en carbono. Se obtiene en las plantas de coquización, calentando la hulla (un mineral que contiene entre un 45 % y un 85 % de carbón) en unos hornos con revestimiento refractario (calor indirecto y sin oxígeno alcanzándose temperaturas de 500 a 1 000 °C), con objeto de que el mineral pierda sus componentes volátiles (alquitrán, gases y agua que se procesan y recuperan para ser utilizados como combustibles) y, consecuentemente, aumente su concentración en carbono.

Se utiliza en los altos hornos para producir primero hierro y después, acero.

6. ¿Qué aplicaciones tienen las sustancias alginato, carragenina y agar, extraídas de las algas?

Los tres, debido a sus funciones de gelificación, espesamiento, estabilización de emulsiones, estabilización de proteínas, suspensión de partículas, control de fluidez y retención de agua, se usan en la industria alimentaria: productos lácteos (helados, flanes, pudines, crema de leche, yogures, postres cremosos, quesos, postres en polvo, leche de coco, etc.), dulces y confituras (gelatina, jaleas, dulces en pasta, caramelos de goma, merengues, etc.), productos cárnicos (jamón, mortadela, hamburguesa, patés, etc.), bebidas (clarificación y refinación de zumos, cervezas, vinos y vinagres, jarabes, zumos de fruta en polvo, etc.), panificación (coberturas de tartas, rellenos de tortas, masas de pan, etc.), salsas y sopas, etc., y también en la industria de la pasta dentífrica, odoríficos para aire, cosméticos, pinturas, emulsiones, etcétera.

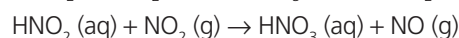
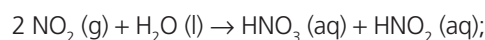


**7** ¿Qué es la nanotecnología? ¿Y la biotecnología?

La nanotecnología es la manipulación de la materia a escala atómica y molecular (del orden de  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  m).

La biotecnología es toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.

**8** Si en el tercer paso del método de Ostwald se empleara agua fría, se producirían ácido nítrico y ácido nitroso, y posteriormente este último se descompondría, en presencia de  $\text{NO}_2$ , en ácido nítrico y  $\text{NO}$ . Escribe las ecuaciones químicas (ajustadas) que representan ambos procesos y comprueba que su suma equivale a utilizar agua caliente.



**9** Indica las materias primas a partir de las cuales se obtiene el  $\text{HNO}_3$ .

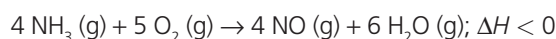
Amoníaco y oxígeno gaseosos y agua caliente. A su vez, el amoníaco se obtiene de nitrógeno e hidrógeno gaseosos.

**10** ¿Conviene que las plantas industriales del  $\text{HNO}_3$  y el  $\text{NH}_3$  estén próximas? ¿Por qué?

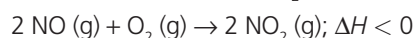
Porque al ser el  $\text{NH}_3$  una materia prima para obtener  $\text{HNO}_3$  si las dos plantas están próximas se evita un gasto añadido, el transporte del  $\text{NH}_3$ .

**11** Haz un esquema del método de Ostwald.

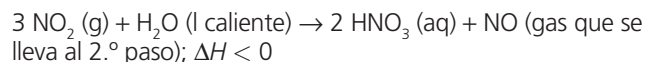
1°. Oxidación catalítica (Pt-Rh) de amoníaco ( $800^\circ\text{C}$  –  $900^\circ\text{C}$ ):



2°. Los gases generados se llevan a intercambiadores de calor, donde se transforma el  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$ :



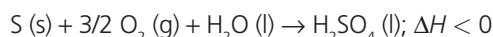
3°. Los gases se enfrían y el calor liberado se utiliza para calentar agua que se pone en contacto con  $\text{NO}_2$  para producir  $\text{HNO}_3$  y  $\text{NO}$ :



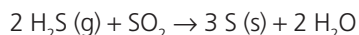
**12** ¿Por qué el ácido nítrico (líquido incoloro) se guarda en recipientes de vidrio de color topacio?

El ácido nítrico, por efecto de la luz y del calor, se descompone y genera dióxido de nitrógeno (de color pardo rojizo) y agua, otorgando a la disolución un color amarillento.

**13** Escribe la reacción resumen de obtención de ácido sulfúrico por el método de contacto.



**14** Escribe la reacción entre el sulfuro de dihidrógeno (g) y el dióxido de azufre (g) para formar S (s).



**15** Uno de los mayores retos a los que se enfrentan los ensayos clínicos es la escasez de voluntarios. ¿Estarías dispuesto a ser uno de ellos? ¿Por qué?

RESPUESTA LIBRE.

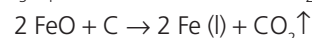
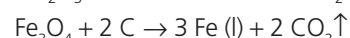
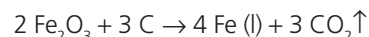
**16** De abajo (zona de etalajes) a arriba (parte alta de la cuba), describe las reacciones químicas que ocurren en un alto horno.

- En la zona de etalajes, una corriente de aire precalentado ( $\sim 800^\circ\text{C}$ ), introducido a través de las toberas, entra en contacto con el coque incandescente y produce la combustión del carbono y la posterior reducción del  $\text{CO}_2$  formado a monóxido de carbono:



Los gases que no han reaccionado ( $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) escapan por el pantalón (dos tubos que salen del tragante).

- En el vientre o zona de fusión ( $\sim 1500^\circ\text{C}$ ) ocurre la reducción directa de los óxidos de hierro:

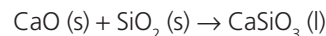


En esta zona también tiene lugar la formación posterior de una mezcla líquida constituida por arrabio (coque y hierro) y escoria (residuo formado por ganga, carbón de coque y fundente).

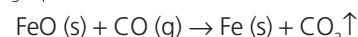
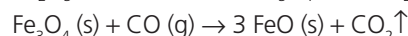
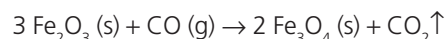
- En la parte media o zona de absorción de calor ( $\sim 1200^\circ\text{C}$ ) el fundente, supongamos caliza, se descompone:



El óxido formado se combina con la ganga (supongamos, sílice) originando la escoria:



En la parte alta de la cuba o zona de reducción indirecta ( $\sim 700^\circ\text{C}$ ) ocurre la reducción de los óxidos de hierro por el  $\text{CO}$  formado en la zona de etalajes:



**17** Haz una tabla-resumen de las clases de aceros y sus aplicaciones.

Tipo de acero	Aplicaciones
Aceros no aleados	En la ingeniería de construcción (edificios, puentes colgantes, etc.) y automoción (trenes, coches, barcos, aviones, etc.).
Aceros aleados	Fabricación de tornillos, rodamientos, herramientas, tubos, engranajes, núcleos de transformadores, construcción metálica, aparatos de presión, para aplicaciones eléctricas, etcétera.
Aceros inoxidables	Depósitos de agua, cámaras frigoríficas, instrumentos quirúrgicos, prótesis osteoarticulares, material doméstico (cuberterías, cuchillerías, pequeños electrodomésticos), etcétera.

## SOLUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES QUÍMICA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD (página 162)

Aprovechando que en la nanoescala los materiales alteran sus propiedades y que ya se puede trabajar a esa escala, cabe pensar en un horizonte casi infinito de nuevas aplicaciones.

### Análisis

#### 1 ¿Qué es la nanotecnología?

La nanotecnología es la manipulación de la materia a escala atómica y molecular (del orden de  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  m).

#### 2 ¿Por qué en la nanoescala los materiales tienen propiedades diferentes a las que poseen en la macroescala?

Porque a esa escala adquieren mucha importancia los fenómenos de superficie (frente a los de volumen, que son los que caracterizan a la materia en estado masivo). Eso es así porque en la nanoescala el movimiento de los electrones está más limitado y los átomos de la superficie tienen menos enlaces que los átomos del interior o son de otra naturaleza y se sabe que el tipo de enlace determina las propiedades del material.

#### 3 Indica dos aplicaciones de los nanomateriales en medicina, óptica y electrónica.

En medicina: seguimiento del rastro de una proteína en el interior de la célula, fabricación de nanosensores capaces de abrir nanocápsulas rellenas de fármacos, etcétera.

En óptica: pantallas LCD de gran formato y a la vez delgadas y flexibles, cámaras de visión nocturna, sensores de incendios o de productos contaminantes, células solares, etcétera.

En electrónica: dispositivos informáticos integrados en pantallas ultradelgadas o en gafas, interruptores moleculares utilizados en ordenadores moleculares, etcétera.

### Propuesta de investigación

#### 4 Busca información (estructura, propiedades y aplicaciones) sobre tres derivados del grafito: el grafeno, los fullerenos y los nanotubos de carbono y prepara una presentación para exponerla en clase.

RESPUESTA LIBRE.

#### Lectura: LA REACCIÓN DE COMBUSTIÓN

Explicación de en que consiste una reacción de combustión, así como tipos de combustibles y comburentes entre otros aspectos relacionados con el tema.

## SOLUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS DE TRABAJO Y EXPERIMENTACIÓN (página 163)

El objetivo de esta práctica es obtener amoníaco a partir de cloruro de amonio e hidróxido de sodio y reconocerlo por su olor.

### Cuestiones

#### 1 ¿A qué huele el gas? Escribe la reacción que ha tenido lugar.

El olor del amoníaco es acre, muy fuerte y desagradable.

La reacción que ha tenido lugar es:



#### 2 Si ha habido cambio de color en el papel indicador, ¿a qué se debe?

Sí hay cambio de color en el papel indicador, pasa de anaranjado a azul. Se debe a que el amoníaco es una sustancia básica, sus disoluciones tienen  $\text{pH} > 7$ .

#### 3 Realiza un informe de la práctica.

RESPUESTA LIBRE.

#### Práctica de laboratorio: UNA REACCIÓN CATALIZADA

El objetivo de esta práctica es observar el efecto de un catalizador sobre la velocidad de reacción.

## SOLUCIONES DE ACTIVIDADES Y TAREAS (páginas 166/167)

### La industria química

- 1 Cita algunas industrias químicas que estén implantadas en tu ciudad.

RESPUESTA LIBRE.

- 2 Si el análisis de un agua natural muestra la presencia de nitritos, ¿qué tipo de actividad se desarrolla en sus cercanías?

Actividad industrial y doméstica. Las aguas residuales doméstica (fecales) llevan nitritos, siendo el valor máximo permitido de 0,5 mg/L.

La peligrosidad de los nitritos reside en la posibilidad de formación de nitrosaminas, productos con acción cancerígena demostrada, pero estos compuestos no se forman de manera automática en cualquier circunstancia, pues requieren unas determinadas condiciones: pH ácido, calor y tiempo.

- 3 ¿Qué diferencias hay entre llevar a cabo una reacción química en el laboratorio y hacerlo en una planta industrial? ¿Qué es una planta piloto?

En el laboratorio se trabaja con pequeñas cantidades de materias primas, las sustancias residuales se eliminan fácilmente, las energías implicadas (al ser bajas las cantidades usadas) también son pequeñas, las presiones son las mismas que las de la fábrica (de ahí que se usen reactores capaces de soportarlas si bien más pequeños) y las medidas de seguridad y protección son las usuales de todo laboratorio (no hay que hacer ningún estudio especial de riesgos para la población de los alrededores, a menos que se opere con sustancias muy contaminantes o con virus peligrosos).

En una planta industrial todo es a lo grande pues se trabaja con grandes cantidades de materias primas.

Una planta piloto es una instalación continua, de tamaño reducido, que representa un modelo a escala de la planta industrial. Es aquí donde se prueba el proceso industrial.

- 4 Clasifica las siguientes industrias como de base o de transformación: a) detergentes, b) pinturas y barnices, c) abonos, d) hierro y acero y e) amoníaco.

- a) De transformación.  
b) De transformación.  
c) De transformación.  
d) De base.  
e) De base.

- 5 Las menas de oro suelen contener un 0,02 % en peso de oro. Calcula la masa de mena necesaria para obtener 200 g de oro.

$$\frac{100 \text{ g de mena}}{0,02 \text{ g de oro}} = \frac{x \text{ g de mena}}{200 \text{ g de oro}};$$

$$x = 1\,000\,000 \text{ g} = 1\,000 \text{ kg de mena}$$

- 6 En el laboratorio se obtiene  $O_2$  descomponiendo  $KClO_3$ . ¿Por qué en la industria no se hace así?

Por el coste, es más barato extraerlo del aire.

### Industria del amoníaco

- 7 El nitrato de Chile ( $NaNO_3$ ) se obtiene de los depósitos de guano de las aves en las islas de la costa chilena. ¿Qué cantidad de nitrógeno aporta a la tierra 1 kg de este fertilizante?

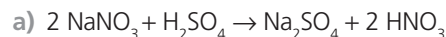
Masa molar  $NaNO_3 = 85 \text{ g/mol}$ ; entonces:

$$\frac{85 \text{ g de } NaNO_3}{14 \text{ g de N}} = \frac{1\,000 \text{ g de } NaNO_3}{x \text{ g de N}};$$

$$x = 164,7 \text{ g de N}$$

- 8 Antes de la Primera Guerra Mundial, el  $HNO_3$  se obtenía tratando nitrato de Chile (suponer 100 % en  $NaNO_3$ ) con ácido sulfúrico concentrado (el proceso también origina sulfato de sodio).

- a) Escribe la ecuación química (ajustada) que representa al proceso.  
b) Suponiendo un rendimiento del 80 %, ¿qué cantidad de nitrato de Chile se necesitará para preparar 1000 L de  $HNO_3$  del 68 % de riqueza y  $\rho = 1,4 \text{ g/cm}^3$ ?



- b) Los 1000 L de  $HNO_3$  del 68 % tienen una masa de 1400 kg; de ellos:  $1\,400 \text{ kg} \cdot 0,68 = 952 \text{ kg}$  son de  $HNO_3$  puro.

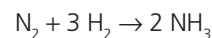
Como la estequiometría entre  $NaNO_3$  y  $HNO_3$  es 1:1 y el rendimiento de la reacción es del 80 %, tenemos que:

$$\frac{85 \text{ g de } NaNO_3}{63 \cdot 0,8 \text{ g de } HNO_3} = \frac{x \text{ kg de } NaNO_3}{952 \text{ kg } HNO_3};$$

$$x = 1\,605,6 \text{ kg}$$

- 9 Una planta de obtención de amoníaco produce 1500 toneladas de este compuesto al día. Calcula:

- a) La masa de aire (77 % de masa de  $N_2$  y 23 % de masa de  $O_2$ ) y de metano que consume diariamente.  
b) La masa de ácido nítrico del 60 % de riqueza en peso que se puede fabricar con esas 1500 t de amoníaco, si el rendimiento general es del 90 %.
- a) La reacción de obtención de amoníaco:



Para producir 1500 t de  $NH_3$  necesitamos:

$$\frac{28 \text{ g de } N_2}{34 \text{ g de } NH_3} = \frac{x \text{ t de } N_2}{1\,500 \text{ t de } NH_3}; x = 1\,235,29 \text{ t de } N_2$$

Por tanto, de aire:

$$\frac{1\,235,29 \text{ t de } N_2 \cdot 100 \text{ t aire}}{77 \text{ t } N_2} = 1\,604,3 \text{ t de aire}$$

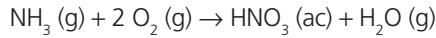
Hallamos la masa necesaria de  $H_2$ :

$$1\,500 \text{ t} - 1\,235,29 \text{ t} = 264,71 \text{ t de } H_2$$

Ese  $H_2$  se obtiene del metano ( $CH_4$ ):

$$\frac{16 \text{ g de } CH_4}{4 \text{ g de } H_2} = \frac{x \text{ t de } CH_4}{264,71 \text{ t de } H_2}; x = 1\,058,84 \text{ t de } CH_4$$

- b) La reacción resumen de obtención del ácido nítrico a partir de amoníaco (método de Ostwald) es:



Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{17 \text{ g de NH}_3}{63 \text{ g de HNO}_3} = \frac{1500 \text{ t de NH}_3}{x \text{ t de HNO}_3}; x = 5558,82 \text{ t}$$

de  $\text{HNO}_3$  si el rendimiento del proceso hubiese sido del 100 %, pero como ha sido del 90 %, en realidad se obtendrán:

$$5558,82 \text{ t} \cdot 0,9 = 5002,94 \text{ t de HNO}_3$$

Es decir:

$$\frac{5002,94 \text{ t de HNO}_3 \cdot 100 \text{ t de HNO}_3 \text{ del } 60\%}{60 \text{ t de HNO}_3} = 8338,23 \text{ t}$$

de  $\text{HNO}_3$  del 60 %

- 10 Se mezclan 40 mL de gas  $\text{H}_2$  con otros 40 mL de aire (suponer que está formado solo por  $\text{O}_2$  y  $\text{N}_2$ ) en las mismas condiciones de presión y temperatura. Se hace saltar una chispa eléctrica y, tras la reacción, queda un volumen de 54,80 mL entre  $\text{H}_2$  sobrante y  $\text{N}_2$ , medido en las condiciones anteriores. Calcula la composición volumétrica del aire.

Del enunciado se desprenden las siguientes ecuaciones:

$$(1) 40 \text{ mL} = V_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2}$$

$$(2) 40 \text{ mL} = V_{\text{H}_2}$$

Por otra parte y como reacciona doble volumen de  $\text{H}_2$  que de  $\text{O}_2$  para formar  $\text{H}_2\text{O}$ , y de  $\text{O}_2$  no queda nada después de la reacción, ha de cumplirse:

$$(3) V_{\text{H}_2} = 2V_{\text{O}_2} + V'_{\text{H}_2} \text{ (siendo } V'_{\text{H}_2} \text{ el volumen sobrante de este gas).}$$

De (1), (2) y (3) se cumple:

$$V_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2} = 2V_{\text{O}_2} + V'_{\text{H}_2}; \text{ es decir:}$$

$$V_{\text{N}_2} = V_{\text{O}_2} + V'_{\text{H}_2} \text{ y como } V_{\text{O}_2} = 40 \text{ mL} - V_{\text{N}_2}, \text{ tenemos que:}$$

$$V_{\text{N}_2} = 40 \text{ mL} - V_{\text{N}_2} + V'_{\text{H}_2}, \text{ o lo que es lo mismo:}$$

$$(4) 2V_{\text{N}_2} = 40 \text{ mL} + V'_{\text{H}_2}$$

Por otra parte:

$$54,80 \text{ mL} = V_{\text{N}_2} + V'_{\text{H}_2}; V'_{\text{H}_2} = 54,80 \text{ mL} - V_{\text{N}_2} \text{ que sustituido en (4) queda:}$$

$$2V_{\text{N}_2} = 40 \text{ mL} + 54,80 \text{ mL} - V_{\text{N}_2};$$

es decir:  $3V_{\text{N}_2} = 94,80 \text{ mL}$ ;  $V_{\text{N}_2} = 31,60 \text{ mL}$ , que frente a los 40 mL totales de aire, representa:  $31,60 \cdot 100/40 = 79\%$  de  $\text{N}_2$ , y por tanto: 21 % de  $\text{O}_2$ .

- 11 El nitrógeno es muy abundante en la atmósfera terrestre. ¿Por qué entonces la cantidad de compuestos de nitrógeno en la corteza terrestre es tan baja?

Porque para que se formen los compuestos de nitrógeno se tienen que romper los tres enlaces covalentes (enlace triple) que unen a los dos átomos de nitrógeno ( $\text{N}\equiv\text{N}$ ), con la elevada energía que ello supone.

- 12 El nitrógeno hace uso de muchos estados de oxidación. Indica cuál utiliza en los siguientes compuestos: a) amoníaco; b) ácido nítrico; c) nitruro de litio; d) dióxido de nitrógeno; e) monóxido de dinitrógeno; f) monóxido de nitrógeno; g) hidracina ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ); h) hidroxilamina ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ) e i) nitrato de sodio.

a) -3

b) +5

c) -3

d) +4

e) +1

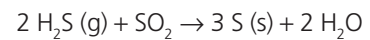
f) +2

g) -2

h) -1

i) +5

- 13 Una forma de conseguir eliminar el  $\text{H}_2\text{S}$  que acompaña al gas natural (materia prima para obtener  $\text{H}_2$ ) es hacer que reaccione (el  $\text{H}_2\text{S}$ ) con dióxido de azufre, con lo que se obtienen azufre y agua. Si se han obtenido 4286 g de azufre, calcula el volumen de gas natural, con un contenido en  $\text{H}_2\text{S}$  del 1 % en volumen, que se ha tratado en condiciones normales.



$$\frac{44,8 \text{ L de H}_2\text{S}}{96 \text{ g de S}} = \frac{x \text{ L de H}_2\text{S}}{4286 \text{ g de S}}; x = 2000 \text{ L de H}_2\text{S}$$

eso representa:

$$\frac{2000 \text{ L de H}_2\text{S} \cdot 100 \text{ L de gas natural}}{1 \text{ L de H}_2\text{S}} = 200000 \text{ L de gas natural} = 200 \text{ m}^3 \text{ de gas natural}$$

- 14 Se quiere fabricar nitrato de amonio. Para ello se hacen reaccionar 2 t de amoníaco con 2 m<sup>3</sup> de ácido nítrico puro de densidad 1520 kg/m<sup>3</sup>. Halla:

a) La cantidad de nitrato que se obtendrá.

b) La superficie de terreno que se podrá abonar con el nitrato del apartado anterior, sabiendo que el terreno necesita 100 kg de N/ha.



Primeramente hallamos la masa de  $\text{HNO}_3$  que equivale a los 2 m<sup>3</sup> de  $\text{HNO}_3$ :

$$m = \rho V = 1520 \text{ kg/m}^3 \cdot 3 \text{ m}^3 = 4560 \text{ kg de HNO}_3$$

Ahora averiguamos quién es el reactivo limitante:

$$\frac{17 \text{ g de NH}_3}{63 \text{ g de HNO}_3} = \frac{x \text{ kg de NH}_3}{4560 \text{ kg de HNO}_3}; x = 1230,48 \text{ kg de NH}_3$$

(sobran 769,52 kg de  $\text{NH}_3$ )

- b) El reactivo limitante es el  $\text{HNO}_3$ , con él establecemos la siguiente relación:

$$\frac{63 \text{ g de HNO}_3}{80 \text{ g de NH}_4\text{NO}_3} = \frac{4560 \text{ kg de HNO}_3}{x \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3};$$

$$x = 5790,48 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3$$

Calculamos la masa de nitrógeno contenida en la cantidad anterior:

$$\frac{80 \text{ g de NH}_4\text{NO}_3}{28 \text{ g de N}} = \frac{5790,48 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}{x \text{ kg de N}};$$

$$x = 2026,7 \text{ kg de N},$$

lo que equivale a abonar una superficie de:  $2027,7 \text{ kg N}/100 \text{ kg N/hectárea} = 20,28 \text{ hectáreas}$ .

- 15** Calcula el porcentaje de saturación de una disolución acuosa de nitrato de sodio al 30 % en peso y a una temperatura de  $50^\circ\text{C}$ . Dato: solubilidad del nitrato de sodio a  $50^\circ\text{C} = 114 \text{ g}/100 \text{ g de H}_2\text{O}$

Una disolución acuosa de  $\text{NaNO}_3$  al 30 % en peso, significa que contiene 30 g de  $\text{NaNO}_3$  en 70 g de  $\text{H}_2\text{O}$  o lo que es lo mismo 42,86 g de  $\text{NaNO}_3$  en 100 g de  $\text{H}_2\text{O}$ .

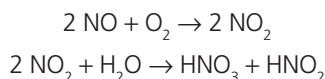
Por tanto:

$$\frac{42,86 \text{ g de NaNO}_3 \cdot 100\%}{114 \text{ g de NaNO}_3} = 37,6\%$$

- 16** Nombra las actividades humanas implicadas en la emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera. ¿Por qué estos óxidos están implicados en la lluvia ácida? ¿Qué otros óxidos también lo están? ¿Por qué «el problema de la lluvia ácida es transfronterizo»?

La generación y posterior emisión a la atmósfera de óxidos de nitrógeno proviene de la combustión de combustibles fósiles en vehículos de motor, centrales eléctricas (sobre todo térmicas) y fábricas de fertilizantes.

Estos óxidos están implicados en la lluvia ácida porque, combinados con el oxígeno y el vapor de agua de la atmósfera, generan ácido nítrico y ácido nitroso:



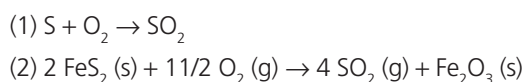
Los óxidos de azufre  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$  también están implicados.

El problema de la lluvia ácida es transfronterizo, es decir que trasciende fronteras. Por ejemplo, puede suceder que la fábrica que contamina esté ubicada en un cierto país y, debido al viento, ser otro país quien sufra el problema.

## Industria del ácido sulfúrico

- 17** A igualdad de rendimiento, ¿qué es mejor para obtener ácido sulfúrico por el método de contacto, quemar azufre de una pureza del 100 % o tostar piritita, también con un 100 % de riqueza en  $\text{FeS}_2$ ? Razona la respuesta.

Las dos reacciones planteadas en el enunciado del problema son:



La estequiometría de ambas indica que en la reacción (1) 32 g de S permiten obtener 64 g de  $\text{SO}_2$ , mientras que con la misma cantidad de piritita en la (2):

$$\frac{32 \text{ g de FeS}_2}{x \text{ g SO}_2} = \frac{2 \text{ mol} \cdot 120 \text{ g/mol de FeS}_2}{4 \text{ mol} \cdot 64 \text{ g/mol de SO}_2};$$

$$x = 34,13 \text{ g de SO}_2$$

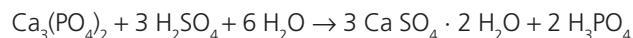
Es decir, utilizando azufre se obtiene casi el doble de  $\text{SO}_2$  que utilizando la misma cantidad de piritita por tanto, es mejor quemar azufre.

- 18** El  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es un agente deshidratante. ¿Se puede utilizar para eliminar el indeseable vapor de agua que suele acompañar, en su obtención, al amoníaco gaseoso?

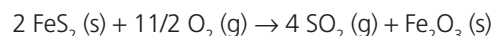
No, pues reaccionaría con él originando sulfato de amonio. Es preferible utilizar  $\text{Cl}_2$ .

- 19** Indica tres propiedades del ácido sulfúrico que expliquen sus muchas aplicaciones.

El ácido sulfúrico es un gran agente deshidratante (puede erradicar el agua de muchos ambientes e incluso de compuestos, como por ejemplo la glucosa reduciéndola a carbón); es un oxidante fuerte, capaz de oxidar a muchos metales como el cobre, el cinc y el hierro, disolviéndolos en forma de sulfatos (al oro no lo disuelve) y es un ácido fuerte capaz de desplazar a otros ácidos menos fuertes de sus sales:



- 20** Calcula el volumen de  $\text{SO}_2$  generado, medido a  $25^\circ\text{C}$  y 1 atm, al tostar 1 t de piritita con un contenido en  $\text{FeS}_2$  del 60 %. En la tostación también se produce óxido de hierro(III).



Primero hallamos el  $\text{FeS}_2$  que contiene la tonelada de piritita:

$$1000 \text{ kg} \cdot 0,6 = 600 \text{ kg de FeS}_2$$

Ahora establecemos la siguiente relación:

$$\frac{2 \text{ mol} \cdot 120 \text{ g/mol de FeS}_2}{4 \text{ mol de SO}_2} = \frac{600000 \text{ de FeS}_2}{x \text{ mol de SO}_2};$$

$$x = 10000 \text{ mol de SO}_2$$

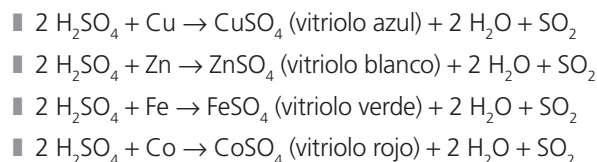
Aplicamos la ecuación de estado de los gases ideales:

$$pV = nRT; 1 \text{ atm} \cdot V = 10000 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atmL/molK} \cdot 298 \text{ K}$$

$$V = 244,36 \text{ m}^3 \text{ de SO}_2$$

- 21** En la Edad Media, se conocía al ácido sulfúrico como aceite de vitriolo (*aceite*, por su aspecto oleaginoso, y *vitriolo*, por la apariencia cristalina de sus sales). Escribe las ecuaciones químicas que representan las reacciones entre el aceite de vitriolo y los metales siguientes: cobre, cinc, hierro y cobalto. En el proceso se obtienen vitriolo azul, vitriolo blanco, vitriolo verde y vitriolo rojo, así como  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{SO}_2$ .

Las ecuaciones químicas son:

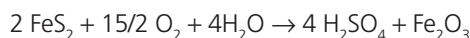


Como las reacciones son de oxidación, siendo el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  el agente oxidante, el metal que mejor reacciona será el más reductor, es decir, el que esté más a la izquierda y abajo en el sistema periódico (el de menor energía de ionización o mejor pierda los electrones), o sea, el Fe.



- 22 ¿Qué cantidad de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  se puede obtener por el método de contacto partiendo de la cantidad de pirita del ejercicio anterior? El rendimiento global del proceso es del 85 %.

La reacción resumen es la siguiente:



Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{2 \text{ mol} \cdot 120 \text{ g/mol de FeS}_2}{4 \text{ mol} \cdot 98 \text{ g/mol de H}_2\text{SO}_4} = \frac{600 \text{ kg de FeS}_2}{x \text{ kg de H}_2\text{SO}_4}; x = 980 \text{ kg}$$

de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  si el rendimiento hubiera sido del 100 %, pero como ha sido del 85 %, se obtendrá:  $980 \text{ kg} \cdot 0,85 = 833 \text{ kg}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

- 23 Observa la etiqueta de la botella y contesta:

- ¿Qué indica el símbolo de la parte superior?
- ¿Qué pasaría si unas gotas de ese ácido nos cayeran en la mano? ¿Cómo tendríamos que actuar?
- ¿Qué volumen de ese ácido habría que tomar para preparar 1 L de disolución 0,1 M?



- El símbolo indica que se trata de una sustancia corrosiva.
- Debido a que el ácido sulfúrico es muy deshidratante, si nos cayera en la mano y no reaccionáramos rápidamente nos produciría una quemadura, ya que destruiría los tejidos que entrasen en contacto con el ácido. Tendríamos que reaccionar rápidamente y echarnos abundante agua sobre la piel y colocarnos un emplastro de bicarbonato de sodio para neutralizar la acidez.
- $n = MV$ ;  $n = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} = 0,1 \text{ mol}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Es decir:

$$0,1 \text{ mol} \cdot 98 \text{ g/mol} = 9,8 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ puro}$$

$$9,8 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \cdot \frac{100 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ del 98\%}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = 10 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ del 98\%}$$

que equivale a un volumen:

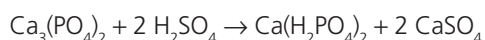
$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{10 \text{ g}}{1,844 \text{ g/cm}^3} = 5,4 \text{ cm}^3 \text{ de H}_2\text{SO}_4 \text{ del 98\%}.$$

- 24 Halla la cantidad de superfosfato  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$  que se obtendrá al tratar una tonelada de roca fosfática, del 90 % de riqueza en fosfato de calcio, con ácido sulfúrico.

El contenido en  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  de la tonelada de roca fosfática es:

$$1000 \text{ kg} \cdot 0,9 = 900 \text{ kg}$$

La reacción ajustada es:



Planteamos la siguiente relación:

$$\frac{1 \text{ mol} \cdot 310 \text{ g/mol de Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{1 \text{ mol} \cdot 234 \text{ g/mol de Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2} = \frac{900 \text{ kg de Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{x \text{ kg de Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2}$$

$$x = 679,35 \text{ kg de Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$$

- 25 El  $\text{H}_2\text{SO}_4$  neutraliza al hidróxido de sodio originando una sal y agua. Calcula la masa de sal que se obtendrá al hacer reaccionar 100 mL de disolución de ácido sulfúrico del 20 % y densidad 1,14 g/cm<sup>3</sup>, con 200 mL de disolución de hidróxido de sodio 2 M.

Primero hay que descubrir cuál es el reactivo limitante, para ello hallamos los gramos de ácido añadidos:

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ del 20\%} = \rho V = 1,14 \text{ g/cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^3 = 114 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ del 20\%}$$

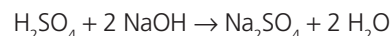
Por tanto:

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 114 \text{ g} \cdot 0,2 = 22,8 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ puro}$$

Calculamos los mol de hidróxido de sodio añadidos:

$$n_{\text{NaOH}} = VM = 0,2 \text{ L} \cdot 2 \text{ M} = 0,4 \text{ mol}$$

La reacción de neutralización es la siguiente:



Se observa que 2 mol de NaOH reaccionan con 98 g de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , por tanto 0,4 mol de NaOH reaccionarán con 19,6 g de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (sobrando 3,2 g de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ); siendo, por tanto, el NaOH el reactivo limitante, con él planteamos la siguiente relación:

$$\frac{1 \text{ mol de NaOH}}{142 \text{ g de Na}_2\text{SO}_4} = \frac{0,4 \text{ mol de NaOH}}{x \text{ g de Na}_2\text{SO}_4}$$

$$x = 56,8 \text{ g de Na}_2\text{SO}_4$$

- 26 Un recipiente de 20 L contiene 300 g de  $\text{SO}_3$  a 25 °C. Suponiendo un comportamiento ideal:

- ¿Qué presión ejerce el gas?
- ¿Cuántas moléculas de  $\text{N}_2$ , a la misma temperatura y en el mismo volumen, harían falta para ejercer la misma presión?
- ¿Qué masa de dióxido de azufre puede obtenerse de la descomposición de los 300 g de trióxido de azufre si el rendimiento es del 80 %?

- a) Hallamos el número de moles de  $\text{SO}_3$ :

$$n = \frac{300 \text{ g}}{80 \text{ g/mol}} = 3,75 \text{ mol}$$

Aplicamos la ecuación de los gases ideales:

$$pV = nRT; p \cdot 20 \text{ L} = 3,75 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 298 \text{ K}$$

$$p = 4,58 \text{ atm}$$

- b) Un número igual de moles de gases distintos, en las mismas condiciones de  $p$  y  $T$ , ejercen la misma presión; por tanto se necesitarían 3,75 mol de  $\text{N}_2$  o lo que es lo mismo:  $3,75 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ moléculas/mol} = 2,26 \cdot 10^{24} \text{ moléculas}$





Establecemos la relación:

$$\frac{1 \text{ mol} \cdot 80 \text{ g/mol de } \text{SO}_3}{1 \text{ mol} \cdot 64 \text{ g/mol de } \text{SO}_2} = \frac{300 \text{ g de } \text{SO}_3}{x \text{ g de } \text{SO}_2};$$

$$x = 240 \text{ g de } \text{SO}_2$$

Se obtendrían 240 g si el rendimiento fuera del 100 %, pero como ha sido del 80 %, se obtendrá:

$$240 \text{ g} \cdot 0,8 = 192 \text{ g de } \text{SO}_2$$

## Siderurgia

- 27) Define los siguientes términos: mineral, mena, ganga, metalurgia, alto horno y siderurgia.

Mineral: sustancia natural, de origen inorgánico, homogénea, de composición química más o menos fija y que corrientemente exhibe una estructura de cristal.

Mena: parte del mineral del que se puede extraer el elemento químico que se está buscando, ya que lo contiene en cantidad suficiente para poderlo aprovechar.

Ganga: materia que acompaña a los minerales y que, a diferencia de la mena, se separa de ellos como inútil.

Metalurgia: conjunto de industrias, en particular las pesadas, dedicadas a la elaboración de metales.

Alto horno: horno de cuba muy alargada, destinado a reducir los minerales de hierro por medio de CO y carbón, y con auxilio de aire precalentado e impelido con gran fuerza.

Siderurgia: conjunto de técnicas metalúrgicas aplicadas a la extracción del hierro y su posterior transformación en acero.

- 28) ¿Por qué suele concentrarse la mena antes de comenzar los trabajos en el alto horno?

Porque se ahorra reactivo y energía.

- 29) Indica algunos metales cuyas menas más corrientes sean sulfuros.

Plata (argentita,  $\text{Ag}_2\text{S}$ )

Mercurio (cinabrio,  $\text{HgS}$ )

Plomo (galena,  $\text{PbS}$ )

Molibdeno (molibdenita,  $\text{MoS}_2$ )

Hierro (pirita,  $\text{FeS}_2$ )

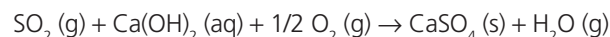
Cinc (blenda,  $\text{ZnS}$ )

- 30) ¿Por qué el  $\text{H}_2$  y el  $\text{N}_2$  se encuentran entre los gases que salen por la chimenea de un alto horno?

Porque esos elementos están contenidos en el carbón de coque ya que los lleva la hulla debido a que lo poseen los vegetales antes de convertirse en carbón.

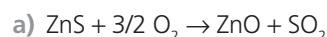
- 31) ¿Qué se puede hacer para evitar la producción de  $\text{SO}_2$  cuando se quema carbón o se tuesta un sulfuro?

Tratar el  $\text{SO}_2$ , por ejemplo, con  $\text{CaCl}_2$  o bien con  $\text{CaO}$  o  $\text{Ca(OH)}_2$  que retienen al azufre en forma de sulfato:



- 32) Se tuestan 100 kg de blenda cuya riqueza en sulfuro de cinc es del 70 %. Calcula:

- a) La masa de óxido de cinc obtenida.  
 b) La masa de monóxido de carbono necesario para reducir todo el óxido anterior.  
 c) El volumen de  $\text{CO}_2$  que en condiciones normales se producirá en la reducción anterior.



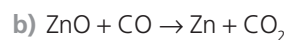
La cantidad de ZnS que se va a tostar es:

$$100 \text{ kg} \cdot 0,7 = 70 \text{ kg}$$

Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{97,4 \text{ g de ZnS}}{81,4 \text{ g de ZnO}} = \frac{70 \text{ kg de ZnS}}{x \text{ kg de ZnO}};$$

$$x = 58,5 \text{ kg de ZnO}$$



Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{81,4 \text{ g de ZnO}}{28 \text{ g de CO}} = \frac{58,5 \text{ kg de ZnO}}{x \text{ kg de CO}};$$

$$x = 20,1 \text{ kg de CO}$$

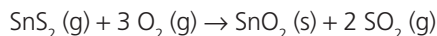
- c) Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{81,4 \text{ g de ZnO}}{22,4 \text{ L de CO}_2} = \frac{58,5 \text{ kg de ZnO}}{x \text{ m}^3 \text{ de CO}_2};$$

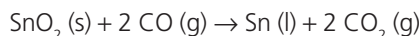
$$x = 16,1 \text{ m}^3 \text{ de CO}_2$$

**33** Describe cómo, a partir de casiterita (mineral con un alto contenido en  $\text{SnO}_2$ ), se puede obtener estaño.

Se tritura y muele el mineral. A continuación se separa la mena de la ganga (puede utilizarse agua: el mineral de estaño suele pesar más y por decantación lo separamos de la ganga). La mena, así concentrada, se tuesta en un horno para que se oxiden los posibles sulfuros de estaño que contenga:



Concentrada toda la mena en forma de  $\text{SnO}_2$ , se la trata en un horno de reverbero, donde el monóxido de carbono (producido al quemar carbón) reduce el óxido a estaño:



Al estaño así obtenido se le puede someter después a una electrolisis para obtenerlo más puro.

**34** Haz los cálculos necesarios para averiguar cuál de los siguientes compuestos de hierro es más rico en ese metal:  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  y  $\text{FeCO}_3$ .

Hay que hallar el % de Fe que contiene cada uno:

$$\text{FeO: } \frac{56}{72} \cdot 100 = 77,8\% \text{ de Fe}$$

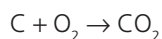
$$\text{Fe}_2\text{O}_3: \frac{112}{160} \cdot 100 = 70\% \text{ de Fe}$$

$$\text{Fe}_3\text{O}_4: \frac{168}{232} \cdot 100 = 72,4\% \text{ de Fe}$$

$$\text{FeCO}_3: \frac{56}{116} \cdot 100 = 48,3\% \text{ de Fe}$$

Por tanto, el compuesto más rico en Fe es el  $\text{FeO}$ .

**35** Calcula el volumen de aire necesario para quemar, en condiciones normales, 1 t de carbón de coque de 95 % de riqueza. Se sabe que el aire contiene un 21 % en volumen de  $\text{O}_2$ .



Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{12 \text{ g de C}}{22,4 \text{ L de O}_2} = \frac{950 \text{ kg de C}}{x \text{ m}^3 \text{ de O}_2};$$

$$x = 1773,3 \text{ m}^3 \text{ de O}_2$$

O lo que es lo mismo:

$$\frac{1773,3 \text{ m}^3 \text{ de O}_2 \cdot 100 \text{ m}^3 \text{ de aire}}{21 \text{ m}^3 \text{ de O}_2} =$$

$$= 8444,4 \text{ m}^3 \text{ de aire}$$

**36** Una siderurgia produce 12000 t de arrabio diarias con una riqueza en hierro del 96 %, para lo cual emplea una hematita con una riqueza en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  del 80 %. Calcula:

a) La cantidad de hematita que, como mínimo, se necesita al día.

b) La cantidad de carbón de coque del 95 % de contenido en carbono necesario para ello.

c) El volumen de  $\text{CO}_2$  a  $20^\circ\text{C}$  y 1 atm de presión que libera la combustión anterior.

a)  $2 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{C}(\text{s}) \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{l}) + 3 \text{CO}_2(\text{g})$

Primeramente hallamos la cantidad de hierro puro que se produce al día:

$$12000 \text{ t} \cdot 0,96 = 11520 \text{ t de Fe}$$

A continuación establecemos la siguiente relación:

$$\frac{2 \text{ mol} \cdot 160 \text{ g/mol de Fe}_2\text{O}_3}{4 \text{ mol} \cdot 56 \text{ g/mol de Fe}} =$$

$$= \frac{x \text{ t de Fe}_2\text{O}_3}{11520 \text{ t de Fe}}; x = 16457,14 \text{ t Fe}_2\text{O}_3$$

Por tanto, la hematita necesaria será de:

$$\frac{16457,14 \text{ t de Fe}_2\text{O}_3 \cdot 100 \text{ t hematita}}{80 \text{ t de Fe}_2\text{O}_3} =$$

$$= 20571,43 \text{ t de hematita}$$

b) Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{3 \text{ mol} \cdot 12 \text{ g/mol de C}}{4 \text{ mol} \cdot 56 \text{ g/mol de Fe}} = \frac{x \text{ t de C}}{11520 \text{ t de Fe}};$$

$$x = 1851,43 \text{ t de C}$$

O lo que es lo mismo:

$$\frac{1851,43 \text{ t de C} \cdot 100 \text{ t de carbón de coque}}{95 \text{ t de C}} = 1948,87 \text{ t de carbón de coque}$$

c) Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{4 \text{ mol} \cdot 56 \text{ g/mol de Fe}}{3 \text{ mol de CO}_2} = \frac{11,52 \cdot 10^9 \text{ g de Fe}}{x \text{ mol de CO}_2};$$

$$x = 1,54 \cdot 10^8 \text{ mol de CO}_2$$

Aplicamos la ecuación de los gases ideales.  $pV = nRT$ ;

$$1 \text{ atm} \cdot V = 1,54 \cdot 10^8 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atmL/molK} \cdot 293 \text{ K};$$

$$V = 3,7 \cdot 10^9 \text{ L} = 3,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ de CO}_2$$

**37** ¿Qué diferencia hay entre hierro de fundición, hierro dulce y acero?

El hierro de primera fusión o hierro de fundición es una aleación de hierro y carbono (> 2%), obtenida directamente del alto horno que, al contener muchas impurezas (S, P, Si, etc.), resulta demasiado frágil y apenas tiene aplicaciones, salvo para ser convertido en hierro dulce o en acero.

El acero es una aleación de hierro con un contenido en carbono inferior al 2%. Existe una gran variedad de aceros.

El hierro dulce es el hierro más puro que aparece en la naturaleza, de las tres aleaciones de hierro, es la que contiene un menor porcentaje de carbono, hasta el 0,1%. Es bastante blando, de elevada resistencia a la corrosión y muy dúctil. Se emplea en la fabricación de tuberías, remaches, placas metálicas y en la fabricación de electroimanes.

**38** De las siguientes cualidades: dureza, elasticidad, plasticidad, tenacidad (capacidad de absorber energía frente a esfuerzos bruscos exteriores antes de romperse o deformarse), ductilidad y maleabilidad, indica cuál (o cuáles) debe tener el acero utilizado en la fabricación de:

- a) Cuchillos de cocina.
- b) Muelles.
- c) Rodamientos de bolas.
- d) Reactores para la industria.
- e) Instrumental quirúrgico
- f) Martillos.
- g) Ruedas de tren.
- a) Dureza y maleabilidad.
- b) Elasticidad y tenacidad.
- c) Dureza y tenacidad.
- d) Dureza y tenacidad.
- e) Dureza, tenacidad y maleabilidad.
- f) Dureza y tenacidad.
- g) Dureza y tenacidad.

**39** ¿Qué ventajas tiene utilizar oxígeno puro en lugar de aire en el convertidor?

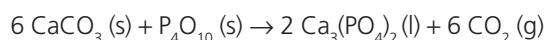
La principal ventaja es que se logra temperaturas más altas.

**40** Un hierro de fundición contiene un 1% de  $P_4$ , halla la cantidad mínima de  $CaCO_3$  que debe echarse al convertidor para eliminar todo el  $P_4$  existente en 2 t de fundición.

Primeramente hallamos la cantidad de  $P_4$  que lleva el hierro de fundición:

$$2 \text{ t} \cdot 0,01 = 0,02 \text{ t de } P_4 = 20 \text{ kg de } P_4$$

La reacción a producir en el convertidor es la siguiente:



Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{6 \text{ mol} \cdot 100 \text{ g/mol de CaCO}_3}{124 \text{ g de } P_4} = \frac{x \text{ kg de CaCO}_3}{20 \text{ kg de } P_4};$$

$$x = 96,77 \text{ kg de CaCO}_3$$

## SOLUCIONES DE LA EVALUACIÓN (página 169)

1. Escribe las reacciones implicadas en los diversos procesos industriales de obtención del  $\text{NH}_3$ , del  $\text{HNO}_3$  y del  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Indica también las condiciones óptimas en las que ha de verificarse cada una de ellas.

- a)  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$ ; temperatura de  $500^\circ\text{C}$ , una presión de 200 atm y el empleo de catalizadores (diversos óxidos metálicos).
- b)  $\text{NH}_3(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ; la oxidación del amoníaco se realiza a  $800^\circ\text{C} - 900^\circ\text{C}$  y en presencia de catalizadores (Pt-Rh).
- c)  $\text{S}(\text{s}) + 3/2\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{g})$ ; se usa pentaóxido de divanadio ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) sólido como catalizador (catálisis heterogénea).

2. Indica las propiedades y aplicaciones del amoníaco y del ácido sulfúrico.

A temperatura ambiente el  $\text{NH}_3$  es un gas incoloro, de olor desagradable, muy soluble en agua (con la que forma  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) y de marcado carácter básico. Aplicaciones: se utiliza en la fabricación de plásticos, fibras, explosivos, hidracina, productos farmacéuticos, etc., aunque su principal aplicación es la fabricación de ácido nítrico y abonos nitrogenados (el 80 % de su producción se destina a ello).

El ácido sulfúrico es un líquido incoloro, aceitoso, denso ( $1,84\text{ g/cm}^3$ ) y muy soluble en agua. Es un ácido fuerte que reacciona con los metales más activos desprendiendo  $\text{H}_2$ . Es un poderoso oxidante (aunque menos que el  $\text{HNO}_3$ ) y un buen agente deshidratante, que puede carbonizar tejidos animales y vegetales. Aplicaciones: se emplea en la fabricación de abonos y fertilizantes, en el refinado del petróleo, la fabricación de explosivos, colorantes, plásticos, fibras textiles, pinturas y pigmentos, acumuladores, baterías de automóviles, insecticidas, etcétera.

3. En las tierras de cultivo se suele aumentar el contenido de nitrógeno añadiendo fertilizantes. Si el precio del kilogramo de nitrato de sodio, nitrato de amonio y amoníaco fueran el mismo, ¿cuál de los tres resultaría más rentable?

Datos: masas atómicas: N = 14; O = 16; Na = 23; H = 1

Como lo que interesa es el contenido de nitrógeno, resultará más rentable el que tenga mayor porcentaje de este elemento. Las masas molares de los tres compuestos son:

masa molar $_{\text{NaNO}_3} = 85\text{ g}$ ; masa molar $_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 80\text{ g}$ ;

masa molar $_{\text{NH}_3} = 17\text{ g}$ .

Establecemos las siguientes relaciones:

$$\frac{85\text{ g de NaNO}_3}{14\text{ g de N}} = \frac{100\text{ g de NaNO}_3}{x\text{ g de N}}$$

$$x = 16,5\text{ g de N}$$

$$\frac{80\text{ g de NH}_4\text{NO}_3}{28\text{ g de N}} = \frac{100\text{ g de NH}_4\text{NO}_3}{x\text{ g de N}}$$

$$x = 35\text{ g de N}$$

$$\frac{17\text{ g de NH}_3}{14\text{ g de N}} = \frac{100\text{ g de NH}_3}{x\text{ g de N}}$$

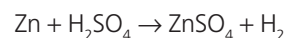
$$x = 82,4\% \text{ de N}$$

Por tanto, es más rentable el  $\text{NH}_3$ .

4. El ácido sulfúrico reacciona con el cinc para dar sulfato de cinc y hidrógeno gaseoso. Escribe la ecuación química que describe el proceso y calcula los gramos de cinc que deben ser tratados con exceso de ácido sulfúrico diluido para obtener 20 L de hidrógeno, medidos en condiciones normales.

Datos: masas atómicas: Zn = 65,4

La reacción es:



Establecemos la siguiente relación:

$$\frac{65,4\text{ g de Zn}}{22,4\text{ L de H}_2} = \frac{x\text{ g de Zn}}{20\text{ L de H}_2}$$

$$x = 58,4\text{ g de Zn}$$

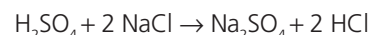
5. El ácido sulfúrico reacciona con el cloruro de sodio para dar sulfato de sodio y ácido clorhídrico. Si se añaden 65 mL de ácido sulfúrico del 98 % en peso y densidad  $1,844\text{ g/cm}^3$  sobre una muestra de 100 g de cloruro de sodio, y se supone que la reacción es completa:

- a) ¿Qué reactivo es el limitante y cuántos moles sobran del otro?

- b) ¿Qué masa de sulfato de sodio se obtiene en la reacción?

Datos: masas atómicas: Cl = 35,5; S = 32; O = 16; Na = 23; H = 1

La ecuación que explica el proceso es:



- a) Hallamos el número de gramos de ácido sulfúrico del 98 % en peso añadidos:

$$m = \rho V = 1,844\text{ g/cm}^3 \cdot 65\text{ cm}^3 = 119,86\text{ g}$$

De estos, son puros:  $119,86\text{ g} \cdot 0,98 = 117,46\text{ g}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Como la estequiometría de la reacción informa que 98 g de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  reaccionan con  $2\text{ mol} \cdot 58,5\text{ g/mol}$  de NaCl, quiere decir que 83,76 g de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  reaccionarán con 100 g de NaCl, siendo el reactivo imitante el NaCl, y sobran:

$$117,46\text{ g} - 83,76\text{ g} = 33,70\text{ g de H}_2\text{SO}_4$$

que equivalen a:

$$33,70\text{ g}/98\text{ g/mol} = 0,34\text{ mol de H}_2\text{SO}_4$$

- b) Aplicamos la siguiente relación:

$$\frac{2\text{ mol} \cdot 58,5\text{ g/mol de NaCl}}{142\text{ g de Na}_2\text{SO}_4} = \frac{100\text{ g de NaCl}}{x\text{ de Na}_2\text{SO}_4}$$

$$x = 121,4\text{ g de Na}_2\text{SO}_4$$

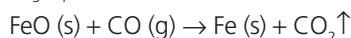
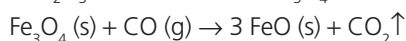
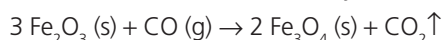
**6. ¿Qué es la nanotecnología? Indica algunos materiales que la nanotecnología permite fabricar y sus aplicaciones.**

La nanotecnología es la manipulación de la materia a escala atómica y molecular (del orden de  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  m). Gracias a esta técnica puede manipularse cualquier material convencional introduciendo en su microestructura partículas metálicas, nanopartículas, microfibras, etc., para mejorar las propiedades físicas del mismo.

Con la nanotecnología se pueden fabricar: materiales cerámicos, como la circonia estabilizada con itria y magnesita, que se emplea en la fabricación de mecanismos a usar en ambientes corrosivos; materiales metálicos estructurales, como los nuevos aceros (TRIP, TWIP) que, además de Fe y C, contienen Si, Al, Mg, Cr, Mn, etc., y poseen numerosas aplicaciones debido a su alta resistencia y ductilidad; las aleaciones de aluminio (con Cu, Mn, Si, Mg, Zn), por su baja densidad y resistencia a la rotura, se usan mucho en la industria aeroespacial; superaleaciones, sobre todo las de Ni (muy resistentes a la fatiga) y Ti, muy útiles en prótesis osteoarticulares; nanomateriales, entre ellos se encuentran los nanotubos, los nanohilos, las nanocapas y los nanocompositos, todos ellos con interesantes aplicaciones biomédicas; polímeros; materiales magnéticos; biomateriales; láseres, etcétera.

**7. Describe los procesos que tienen lugar en un alto horno, escribiendo las reacciones químicas que se producen en la parte alta de la cuba, en la parte baja, en el vientre y en la zona de etalajes.**

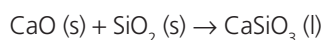
■ En la parte alta de la cuba o zona de reducción indirecta ( $\sim 700^\circ\text{C}$ ) ocurre la reducción de los óxidos de hierro por el CO formado en la zona de etalajes:



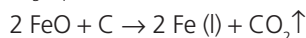
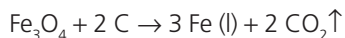
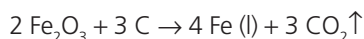
■ En la parte media o zona de absorción de calor ( $\sim 1200^\circ\text{C}$ ) el fundente, supongamos caliza, se descompone:



El óxido formado se combina con la ganga (supongamos, sílice) originando la escoria:



■ En el vientre o zona de fusión ( $\sim 1500^\circ\text{C}$ ) ocurre la reducción directa de los óxidos de hierro:



En esta zona también tiene lugar la formación posterior de una mezcla líquida constituida por arrabio (coque y hierro) y escoria (residuo formado por ganga, carbón de coque y fundente).

■ En la zona de etalajes, una corriente de aire precalentado ( $\sim 800^\circ\text{C}$ ), introducido a través de las toberas, entra en contacto con el coque incandescente y produce la com-

bustión del carbono y la posterior reducción del  $\text{CO}_2$  formado a monóxido de carbono:



Los gases que no han reaccionado ( $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) escapan por el pantalón (dos tubos que salen del tragante).

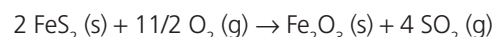
**8. Al tostar la pirita se forman óxido de hierro(III) y dióxido de azufre gaseoso.**

a) Escribe la ecuación ajustada que describe el proceso.

b) Halla el volumen de dióxido de azufre, medido en condiciones normales, que se obtiene al tostar 10 t de pirita de 95 % de riqueza en  $\text{FeS}_2$ .

Datos: masas atómicas: S = 32; Fe = 56

a) La ecuación que describe el proceso es:



b) La cantidad de  $\text{FeS}_2$  que contiene la pirita utilizada es:

$$10 \text{ t} \cdot 0,95 = 9,5 \text{ t} = 9,5 \cdot 10^6 \text{ g de FeS}_2$$

Aplicamos la siguiente relación:

$$\frac{2 \text{ mol} \cdot 120 \text{ g/mol de FeS}_2}{4 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ L/mol de SO}_2} = \frac{9,5 \cdot 10^6 \text{ g de FeS}_2}{x \text{ L de SO}_2};$$

$$x = 3,55 \cdot 10^6 \text{ L de SO}_2$$

**9. ¿Qué diferencia hay entre hierro de fundición y acero? ¿Por qué es más útil el acero que el hierro de fundición?**

El hierro de fundición, arrabio o hierro de primera fusión, es el material que sale del alto horno, contiene muchas impurezas (4 % de C así como S, P, Si entre otras), lo que hace que resulte demasiado frágil y, por ende, apenas tiene aplicación, salvo para ser convertido en hierro dulce o en acero.

El acero es una aleación de hierro y carbono donde el contenido de este segundo elemento es inferior al 2 %. Además, posee más elementos y pueden añadirse otros que mejoren su dureza, maleabilidad, corrosión, soldadura, etc., de ahí que exista una gran variedad de aplicaciones.

**10. Indica las clases de aceros que conoces, así como sus diversas aplicaciones.**

Tipo de acero	Aplicaciones
Acero no aleado	En la ingeniería de construcción: edificios, puentes colgantes, etc., y automoción: trenes, coches, barcos, aviones, etcétera.
Acero aleado	Fabricación de tornillos, rodamientos, herramientas, tubos, engranajes, núcleos de transformadores, construcción metálica, aparatos de presión, para aplicaciones eléctricas, etcétera.
Acero inoxidable	Depósitos de agua, cámaras frigoríficas, instrumentos quirúrgicos, prótesis osteoarticulares, material doméstico (cubiterías, cuchillerías, pequeños electrodomésticos), etcétera.

## RÚBRICA DE ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE

Estándar de aprendizaje evaluable	Herramientas de evaluación (actividades del LA)	Excelente 3	Satisfactorio 2	En proceso 1	No logrado 0	Puntos
1.1. Saber explicar la diferencia entre materia prima y producto de consumo.	A: 1, 2 ER: 1 AT: 5	Explica de manera adecuada los conceptos, identificando todos los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
2.1. Conocer el objetivo de la industria química, saber clasificar a las industrias químicas y describir pormenorizadamente los pasos a seguir en todo proceso químico industrial.	A: 3-7 AT: 1-4, 6	Explica de manera adecuada los conceptos, identificando todos los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
3.1. Describir el proceso de obtención del amoníaco por el método de Haber-Bosch, analizando su interés industrial.	A: 8-12 ER: 2,3 AT: 7-16	Explica de manera adecuada los conceptos, identificando todos los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones.	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
4.1. Describir el proceso de obtención del ácido sulfúrico por el método de contacto, analizando su interés industrial.	A: 13,14 ER: 4 AT: 17-26	Explica de manera adecuada los conceptos, identificando todos los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
5.1. Conocer ejemplos de industrias químicas de transformación.	A: 15	Explica de manera adecuada los conceptos, identificando todos los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
6.1. Analizar la importancia y la necesidad de la investigación científica aplicada al desarrollo de nuevos materiales y su repercusión en la calidad de vida a partir de fuentes de información científica.	A: 15	Explica de manera adecuada los conceptos, identificando todos los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	



Estándar de aprendizaje evaluable	Herramientas de evaluación (actividades del LA)	Excelente 3	Satisfactorio 2	En proceso 1	No logrado 0	Puntos
7.1. Explicar los procesos que tienen lugar en un alto horno escribiendo y justificando las reacciones químicas que en él se producen.	A: 16 ER: 5 AT: 27-36	Explica de manera adecuada los conceptos, identificando todos los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
7.2. Argumentar la necesidad de transformar el hierro de fundición en acero, distinguiendo entre ambos productos según el porcentaje de carbono que contienen.	ER: 6 AT: 37, 39, 40	Explica de manera adecuada los conceptos, identificando todos los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	
7.3. Relacionar la composición de los distintos tipos de acero con sus aplicaciones.	A: 17 AT: 38, 41	Explica de manera adecuada los conceptos, identificando todos los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos de manera algo incompleta, aunque válida, identificando bastantes de los elementos importantes y sus relaciones.	Explica los conceptos con errores, identificando pocos de los elementos importantes y sus relaciones	Responde de manera totalmente errónea o no responde.	

A: actividades; ER: estrategias de resolución; AT: actividades y tareas.

## PRUEBA DE EVALUACIÓN A

### 1. Distingue entre:

- a) **Materia prima natural y materia prima sintética.** Pon dos ejemplos de cada una.
- b) **Industria pesada e industria ligera.** Pon dos ejemplos de cada una.
- c) **Industria química de base e industria química de transformación.**

a) Materia prima natural es aquella que se obtiene de la naturaleza, como por ejemplo el aire y el agua. Materia prima sintética es aquella que se ha elaborado a partir de las naturales, por ejemplo el amoníaco y el ácido sulfúrico.

b) **Industria pesada:** aquella que maneja grandes cantidades de materia prima, por ejemplo la industria del amoníaco, la siderúrgica, etcétera.

Industria ligera: es aquella que maneja pequeños volúmenes de materia prima, por ejemplo la industria textil, la industria del calzado, etcétera.

c) **Industria química de base** es la que utiliza grandes cantidades de materias primas naturales y, con ellas, fabrica productos sencillos. La industria química de transformación convierte los productos sencillos anteriores (o también materias primas de recuperación) en productos más elaborados.

### 2. Describe las etapas del proceso químico industrial

**En el laboratorio:** aquí se realiza un estudio de la viabilidad de las reacciones, es decir, se determinan cuáles son las mejores condiciones ( $p$ ,  $T$ , catalizadores, etc.) para obtener el máximo rendimiento en el menor tiempo posible. Se trabaja con pequeñas cantidades de materias primas, las sustancias residuales se eliminan fácilmente, las energías implicadas son pequeñas y las presiones son las mismas que las de la fábrica, de ahí que se usen reactores capaces de soportarlas, si bien más pequeños.

**En la planta piloto:** se trata de una instalación continua, de tamaño reducido, que representa un modelo a escala de la planta industrial. Aquí es donde el ingeniero químico se enfrenta a los problemas técnicos que entrañará la aplicación posterior del proceso en la fábrica y fija los parámetros óptimos de dicho proceso. Una vez resueltos, diseña la planta a escala industrial.

**En la planta química:** la serie de operaciones que en el laboratorio se realizan de forma independiente (trituration, molienda, lavado, destilación, filtración, cristalización, etc.), aquí se hacen de manera continua, en un proceso denominado cadena o línea de producción, de ahí que se requieren grandes superficies para realizar las tareas (si la industria es pesada se precisan amplios contenedores para almacenar las enormes cantidades de materia prima que van a ser transformadas) y un alto índice de automatización.

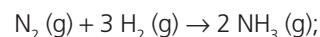
### 3. Indica dos ejemplos de industrias químicas que fabriquen productos inorgánicos y otros dos que fabriquen productos orgánicos.

Industrias de productos inorgánicos: industria del amoníaco y sus derivados e industria del ácido sulfúrico y sus derivados

Industrias de productos orgánicos: industria petroquímica, industria de detergentes.

### 4. Explica cómo se obtiene industrialmente el amoníaco. Escribe la ecuación que describe la reacción e indica las condiciones de presión y temperatura a la que se lleva a cabo.

El amoníaco se obtiene por el método de Haber-Bosch, partiendo de las materias primas  $N_2$  (que se obtiene por licuefacción indirecta del aire) e  $H_2$  (que se obtiene por reformado con vapor del gas natural). La ecuación que describe el proceso es:



$$\Delta H^\circ = -92,2 \text{ kJ}; \Delta S^\circ = -0,199 \text{ kJ/K}; \Delta G^\circ = -32,9 \text{ kJ}$$

Las condiciones del proceso son las siguientes: temperatura de  $500^\circ\text{C}$ , presión de 200 atm y el empleo de catalizadores (diversos óxidos metálicos).

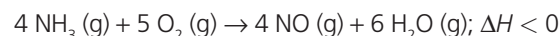
### 5. De los tres fertilizantes amoniacales siguientes: nitrato de amonio, fosfato de amonio y sulfato de amonio, indica cuál de ellos, al descomponerse explosivamente, no es conveniente utilizarlo como abono y cuál de ellos es el más efectivo al aportar dos de los tres nutrientes esenciales que necesitan las plantas.

El nitrato de amonio se descompone por el calor y la reacción genera gases explosivos ( $N_2O$ ). En relación con su peso, el nitrato de amonio aporta más volumen de gas que cualquier otro explosivo.

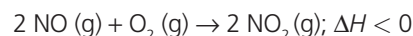
El fosfato de amonio suministra un doble aporte de nutrientes: aporta nitrógeno y fósforo.

### 6. Escribe las ecuaciones que describen las tres etapas del proceso de Ostwald de fabricación de ácido nítrico y calcula la entalpía de la reacción de oxidación de un mol de monóxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno (segundo paso del método de Ostwald). Se sabe que las entalpías de formación del monóxido y del dióxido de nitrógeno son $+90,4$ y $+33,2$ kJ/mol, respectivamente.

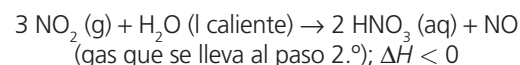
1.º Oxidación catalítica (Pt-Rh) de  $NH_3$  ( $800^\circ\text{C} - 900^\circ\text{C}$ ):



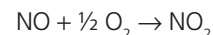
2.º Los gases generados se llevan a intercambiadores de calor, donde se transforma el NO en  $NO_2$ :



3.º Los gases se enfrían y el calor liberado se utiliza para calentar agua, que se pone en contacto con  $NO_2$  para producir  $HNO_3$  y NO:



La reacción problema es:



Mediante las entalpías de formación calculamos la variación de entalpía:

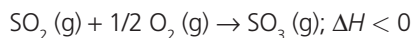
$$\Delta H = \sum \Delta H_{f \text{ productos}} - \sum \Delta H_{f \text{ reactivos}} = 33,2 - (90,4 + 0) = -57,2 \text{ kJ/mol}$$

## 7. Explica cómo se obtiene industrialmente el ácido sulfúrico.

Siguiendo el método de contacto, en tres etapas:

1ª Obtención de  $\text{SO}_2$  (g): se realiza en hornos, bien quemando azufre ( $\text{S} (\text{s}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2 (\text{g}); \Delta H < 0$ ) bien tostando piritas ( $2 \text{FeS}_2 (\text{s}) + 11/2 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 4 \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{s}); \Delta H < 0$ ).

2ª Conversión de  $\text{SO}_2$  (g) en  $\text{SO}_3$  (g): primero se depura el  $\text{SO}_2$  (g) hasta conseguir una pureza del 12 %; luego se refrigera hasta los  $400^\circ\text{C}$  y se le hace pasar al convertidor, donde se pone en contacto con el catalizador,  $\text{V}_2\text{O}_5$  (s). La reacción global es:



El rendimiento de esta reacción supera el 98 %.

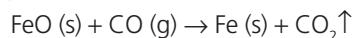
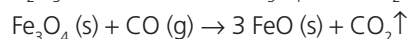
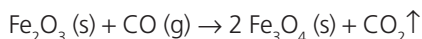
3ª Absorción de  $\text{SO}_3$  (g): una vez enfriado hasta los  $180^\circ\text{C}$ , el  $\text{SO}_3$  (g) se trata con  $\text{H}_2\text{O}$  (l):  $\text{SO}_3 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{l}); \Delta H < 0$ . Esta operación se realiza en columnas de relleno.

## 8. ¿Qué es un alto horno? ¿Para qué sirve?

Es un horno de cuba, de gran altura y pequeño diámetro, que sirve para transformar el mineral de hierro en arrabio o hierro de primera fusión que, al contener muchas impurezas (4 % C, S, P, Si, etc.), resulta demasiado frágil y apenas tiene aplicación, salvo para ser convertido en hierro dulce o en acero.

## 9. De arriba abajo, describe las reacciones químicas que ocurren en un alto horno.

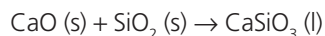
■ En la parte alta de la cuba o zona de reducción indirecta ( $\sim 700^\circ\text{C}$ ) ocurre la reducción de los óxidos de hierro por el CO formado en la zona de etalajes:



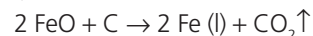
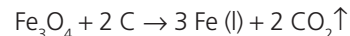
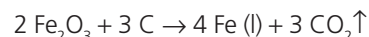
■ En la parte media o zona de absorción de calor ( $\sim 1200^\circ\text{C}$ ) el fundente, supongamos caliza, se descompone:



El óxido formado se combina con la ganga (supongamos, sílice) originando la escoria:

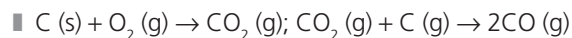


■ En el vientre o zona de fusión ( $\sim 1500^\circ\text{C}$ ) ocurre la reducción directa de los óxidos de hierro:



En esta zona también tiene lugar la formación posterior de una mezcla líquida constituida por arrabio (coque y hierro) y escoria (residuo formado por ganga, carbón de coque y fundente).

■ En la zona de etalajes, una corriente de aire precalentado ( $\sim 800^\circ\text{C}$ ), introducido a través de las toberas, entra en contacto con el coque incandescente y produce la combustión del carbono y la posterior reducción del  $\text{CO}_2$  formado a monóxido de carbono:



■ Los gases que no han reaccionado ( $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) escapan por el pantalón (dos tubos que salen del tragante).

## 10. ¿Qué es el acero? ¿Cuántos tipos hay?

El acero es una aleación de hierro, carbono (< 2 %) y otros elementos. Hay muchos tipos de acero que podemos englobar en tres: acero aleado, acero no aleado y acero inoxidable.

**PRUEBA DE EVALUACIÓN B**

Señala la respuesta correcta en cada uno de los ejercicios:

- La industria química de base:
  - Trabaja con productos semielaborados.
  - Fabrica productos sencillos, tanto inorgánicos como orgánicos
  - Trabaja con materias primas de recuperación.
- En la planta piloto:
  - Se usan amplios contenedores para almacenar las enormes cantidades de materia prima que van a ser transformadas.
  - Se realiza un estudio de la viabilidad de las reacciones químicas que permiten obtener la máxima cantidad de producto en el menor tiempo posible.
  - Se ensaya el proceso industrial.
- El proceso de Haber-Bosch de fabricación del amoníaco:
  - Utiliza como materias primas aire y metano.
  - Es un proceso irreversible.
  - Necesita temperaturas y presiones no muy altas.
- Actualmente, la mayor parte del ácido nítrico se obtiene:
  - Descomponiendo  $\text{NaNO}_3$  con ácido sulfúrico.
  - Oxidando amoníaco.
  - Por el llamado «método de contacto».
- La mayor parte del amoníaco y del ácido nítrico producidos, se utilizan para fabricar:
  - Plásticos.
  - Explosivos.
  - Abonos nitrogenados.
- El ácido sulfúrico:
  - Es un líquido incoloro, de olor desagradable y reductor.
  - Es muy soluble en agua.
  - Se obtiene por el método de las cámaras de plomo, ya que se trata de un método que apenas daña al medio ambiente.
- El  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$  son gases:
  - De efecto invernadero.
  - Responsables de la lluvia ácida.
  - Que se obtienen principalmente a partir de ácido sulfúrico.
- En el alto horno:
  - Se utiliza carbón de coque y mineral de hierro para obtener «pellets».
  - Se utiliza carbón de coque, mineral de hierro y fundente para obtener acero.
  - Se utiliza carbón de coque, mineral de hierro y fundente para obtener arrabio.
- La zona de etalajes:
  - Se encuentra en la parte alta del alto horno.
  - Es el lugar donde se reduce el mineral de hierro.
  - Es el lugar donde se forma el CO.
- El acero:
  - Es una sustancia pura.
  - Es una mezcla formada principalmente por hierro y donde el contenido de carbono es inferior al 2 %.
  - Inoxidable contiene, al menos, un 10,5 % de Mn.