**FORMATO PARA EL DESARROLLO DE COMPONENTE FORMATIVO**

| PROGRAMA DE FORMACIÓN | Tecnología en prevención y control ambiental |
| --- | --- |

| COMPETENCIA | 220201002 - Controlar las emisiones atmosféricas resultantes de procesos y operaciones productivas de acuerdo con la normativa ambiental establecida. | RESULTADOS DE APRENDIZAJE | 220201002-2 Interpretar los resultados de las mediciones de contaminación atmosférica, con base en la normativa ambiental en contaminación atmosférica. |
| --- | --- | --- | --- |

| NÚMERO DEL COMPONENTE FORMATIVO | 9 |
| --- | --- |
| NOMBRE DEL COMPONENTE FORMATIVO | Interpretación de los resultados de medición de las emisiones. |
| BREVE DESCRIPCIÓN | El objetivo es contextualizar al aprendiz para que incorpore y establezca las metodologías apropiadas en la verificación de las emisiones resultantes de proceso y operaciones productivas con el fin de correlacionar las concentraciones emitidas por la fuente de emisión según los protocolos y metodologías establecidas para realizar las respectivas correlaciones normativas según lo establecido en las leyes, decretos y resoluciones. |
| PALABRAS CLAVE | cálculo, combustión, mediciones, normas, valores |

| ÁREA OCUPACIONAL | 2- Ciencias naturales, aplicadas y relacionadas. |
| --- | --- |
| IDIOMA | Español |

**Interpretación de los resultados de medición de las emisiones**

1. **TABLA DE CONTENIDOS**

**Introducción**

1. **Bases conceptuales cálculo valores de emisión** 
   1. Unidades de medida de la contaminación atmosférica
      1. *Microgramos/metro cúbico.*
      2. *Miligramos/metro cúbico.*
      3. *El metro cúbico.*
      4. *Partes por millón (ppm).*
      5. *Partes por billón (ppb).*
      6. *Ppb a microgramo/metro cúbico.*
   2. Sistema de unidades
   3. Unidades de medición
   4. El sistema internacional de unidades y notación científica
   5. Conversión de unidades
   6. Factor de conversión
   7. Cifras significativas
   8. Notación científica
   9. Conversión de unidades
   10. Ley de gases ideales
   11. Diagramas de entrada y salida de la contaminación atmosférica
2. **Cálculo de emisiones**
   1. Medición directa
      1. *Descripción de equipos muestreadores en chimenea.*
      2. *Métodos de medición directa.*
      3. *Infraestructura para la medición directa en fuentes de emisión.*
      4. *Instalaciones mínimas.*
   2. Puertos de muestreo
   3. Plataformas de muestreo
   4. Acceso al sitio de muestreo
   5. Instalaciones para equipos de toma de muestra y análisis
   6. Medición indirecta
   7. Factores de emisión
      1. *¿Qué es un factor de emisión?*
      2. *Información para el cálculo de las emisiones por factores de emisión.*
      3. *Identificación de las fuentes de emisión.*
3. **Combustión**
   1. Leyes de las reacciones químicas
   2. Ecuaciones químicas
      1. *Tipos de reacciones químicas.*
      2. *Reacciones químicas de interés ambiental.*
   3. Procesos de combustión
   4. Combustibles
      1. *Comburente (aire).*
      2. *Tipos de combustión.*
   5. Balanceo de ecuaciones químicas
      1. *Método de tanteo o inspección.*
      2. *Método de óxido-reducción.*
   6. Estequiometría
      1. *Cálculo estequiométrico.*
      2. *Cálculos de reactivo, limitante y porcentaje de rendimiento.*
      3. *Rendimientos teóricos.*
4. **Normativa de emisiones** 
   1. Calidad del aire
      1. *Normas asociadas.*
      2. *Protocolos asociados.*
   2. Fuentes fijas
      1. *Normas asociadas.*
      2. *Método de medición y protocolos asociados.*
5. **Interpretación de resultados de las mediciones**
   1. Correcciones de resultados en inmisión o calidad del aire.
   2. Correcciones de resultados de emisión en fuentes fijas.
6. **DESARROLLO DE CONTENIDOS**

**Introducción**

Como bien sabe, la contaminación atmosférica es la consecuencia producida por el consumo irracional de los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, los cuales son vitales en los diferentes procesos productivos que apalancan el consumo y que permiten mover la economía del mundo. 

Por lo anterior, la importancia de los combustibles en la sociedad se refleja directamente en su desarrollo y en los impactos que se producen por la generación de las emisiones, especialmente de compuestos de azufre y nitrogenados, los cuales quedan inmersos en el aire que se respira, por lo que producen directamente en el hombre enfermedades respiratorias.

Como puede ver, el cambio climático está impactando fuertemente el medio ambiente y el contexto en el cual vive el ser humano. Aquí se hace necesario profundizar en algunos temas, con el fin de que entienda cómo desde su contexto directo o indirecto puede aportar para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por los países que conforman la UNESCO en las Naciones Unidas (s. f.)

1. **Bases conceptuales cálculo valores de emisión**

Las siguientes definiciones son importantes para reconocer las unidades de medida utilizadas en los cálculos de valores de emisión de la contaminación atmosférica, lea algunos de ellos a continuación:

* 1. **Unidades de medida de la contaminación atmosférica**

Para interpretar los resultados que se obtienen al realizar las mediciones en las fuentes de emisión, es importante reconocer cuáles son las principales unidades de medida que se emplean en la contaminación atmosférica. Por esa razón, se verán en esta unidad las variables, constantes y demás unidades de medición para la interpretación de los resultados de emisión.

Entre las principales unidades de concentración que generalmente se emplean tanto en el monitoreo de la calidad del aire como en la medición en fuentes fijas de emisión sobresalen las siguientes:

* + 1. **Microgramos/metro cúbico:** empleada en las mediciones y normas para el monitoreo de la calidad del aire o inmisión.

El portal Troposfera define el microgramo como: *“… la unidad de masa del Sistema Internacional que equivale a la millonésima parte de un gramo¨.*

*Se abrevia µg (aunque a veces aparece como ug).*

1. *µg = 0,000 001 g = 10-6 g*
   * 1. **Miligramos/metro cúbico:** es empleada en las mediciones y normas para el monitoreo de las fuentes fijas o emisiones (mg/m3). Esta es la unidad de masa del Sistema Internacional que equivale a la milésima parte de un gramo.
     2. **El metro cúbico** es una unidad de volumen. Corresponde al volumen de un cubo que mide un metro en todos sus lados (1000 litros).

También es habitual encontrar conversiones para otras unidades de medición aún más pequeñas, estas son:

* + 1. **Partes por millón (ppm)**

Este término se abrevia ppm y es la unidad empleada usualmente para valorar la presencia de elementos en pequeñas cantidades (traza) en una mezcla. Generalmente suele referirse a porcentajes que dan información de dos tipos diferentes de unidad, estos son:

* En peso en el caso de sólidos.
* En volumen en el caso de gases (caso de la ppm utilizada en calidad del aire).

Así, 5 ppm de CO equivale a decir que existen 5 unidades de volumen de CO por cada millón de unidades de volumen de aire. Por ejemplo, 5 ppm de CO serían 5 litros de CO en cada millón de litros de aire.

* + 1. **Partes por billón (ppb)**

Partes por billón (abreviado como ppb) es otra unidad empleada usualmente para valorar la presencia de elementos en pequeñas cantidades (traza) en una mezcla. Generalmente, suele referirse a porcentajes, que son dos tipos de medidas de unidad, estas son:

* El peso, en el caso de sólidos, y
* El volumen, en el caso de gases (caso del ppb utilizado en calidad del aire).

Así, 5 ppb de NO equivale a decir que existen 5 unidades de volumen de NO por cada billón de unidades de volumen de aire, entendiendo billón como 1000 millones.

Por ejemplo, 5 ppb de NO serían 5 litros de NO en cada mil millones de litros de aire.

1. **ppm = 1000 ppb**
   * 1. **ppb a microgramos/metro cúbico (µg/m3)**

Para transformar N ppb de un gas a µg/m3 en determinadas condiciones de presión y temperatura, se realiza de la siguiente forma:

donde M es la masa molecular del gas en cuestión, y V(atm,Tª) el volumen de un mol del gas a determinada presión (P) en atmósferas y temperatura (Tª) en Kelvin.

A continuación, se presenta un ejemplo tomado de la página web Troposfera.org (s. f.) que se encuentra en referencias para que analice la información.

*Ejemplo:*

*Para transformar 5 ppb de SO2 (M = 64 uma) a µg/m3 en condiciones de 1 atmósfera de presión y 20ºC (273'15+20= 293'15 K) de temperatura, sería:*

*1º) Calculamos V(atm,Tª)= V(1, 293'15)= (R\*Tª)/P= (0,082\*293'15)/1= 24'04 litros (suponiendo comportamiento ideal de los gases).*

*2º) Hacemos el cambio de unidades con (a): 5 ppb de SO2\*(64/24'04) = 13'31 µg/m3*

* 1. **Sistemas de unidades**

Para analizar el Sistema de Unidades es necesario revisar el Sistema Internacional de las mismas, por lo que a continuación se precisa el concepto de medición.

**¿Qué es medir?**

Así como cuando se cuenta, al medir lo que se está haciendo es comparar dos cantidades. Por ejemplo, cuando se necesita saber cuál es la longitud de una ventana, se hace comparándola con la longitud de una regla o metro.

Para entenderlo de otro modo, **medir es seccionar determinada cantidad en partes iguales usando otra cantidad que sirva de referencia para compararla y contarla**. Por ejemplo, suponga que se quiere saber la cantidad de agua con la que se llena una piscina. Para ello, no se tiene más que un balde o cubeta y una fuente de agua. En ese caso, lo que se haría sería empezar a llenar cubetas de agua y vaciar su cantidad dentro de la piscina varias veces.

Al contar el número de veces que se ha llenado y vaciado la cubeta dentro de la piscina, también se habrá hecho una medición de cuánta agua necesita la piscina para quedar llena. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede revisar otro concepto importante, las unidades de medición, por lo que se le invita a seguir leyendo la información que a continuación se le presenta.

* 1. **Unidades de medición**

Sería muy complejo que todos midieran las cantidades, las longitudes, los pesos, etc., con lo que les pareciera, ya que cada cual tendría un parámetro distinto y no habría un acuerdo universal para establecer cálculos precisos sobre algo. Es por ello que se crearon **las unidades de medida, con el fin de tener un parámetro de referencia sobre las cantidades, magnitudes y demás, en todo el mundo**. Por lo anterior, se hace necesario conocer este Sistema Internacional.

* 1. **El Sistema Internacional de Unidades y notación científica**

El Sistema Internacional de Unidades se basa en dos tipos de magnitudes, **las físicas**, las cuales se muestran en la siguiente infografía interactiva didáctica. Para acceder, revise el siguiente objeto de aprendizaje:

* Longitud
* Tiempo
* Masa
* Intensidad de corriente eléctrica.
* Temperatura
* Cantidad de sustancia
* Intensidad luminosa

También existen **las derivadas**, que son las restantes, y que pueden ser expresadas con una combinación matemática de las anteriores. Para conocer las más frecuentes, revise el siguiente listado:

* Superficie
* Volumen
* Velocidad
* Aceleración
* Densidad
* Frecuencia
* Periodo
* Fuerza
* Presión
* Trabajo
* Calor
* Energía
* Potencia
* Carga eléctrica
* Diferencia de potencial
* Potencial eléctrico
* Resistencia eléctrica

También es importante estudiar el Sistema de Unidades, tales como: CGS, MKS, SI, por sus siglas en inglés. Un Sistema de Unidades es un conjunto consistente de unidades básicas de medida a partir del cual se derivan el resto. Existen varios sistemas de unidades, los cuales se describen en el siguiente objeto de aprendizaje. Para acceder al contenido haga clic sobre cada pestaña.

| ACORDEÓN  CF9\_1\_4\_SistemadeMedidas |
| --- |

En el desarrollo del contenido, se han venido conociendo algunos conceptos de unidades de medida que son usados a nivel internacional. Ahora, conozca cuáles son las unidades más usadas en el país. En Colombia, el Instituto Nacional de Metrología ha establecido que se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades.



El **Sistema Internacional de Unidades** (abreviado SI del francés: Le Système International d’Unités), también denominado Sistema Internacional de Medidas, es el nombre que recibe el sistema de unidades que se usa en la mayoría de los países y es la forma actual del Sistema Métrico Decimal.

**El SI también es conocido como Sistema Métrico**, especialmente en las naciones en las que aún no se ha implantado para su uso cotidiano. Este fue creado en 1960 por la **Conferencia General de Pesos y Medidas**, que inicialmente definió seis unidades físicas básicas. En 1971 se añadió la séptima unidad básica, el mol.

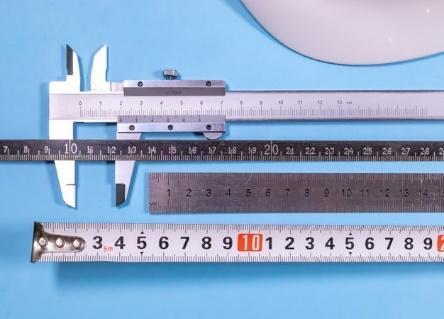
**Una de las principales características, que constituye la gran ventaja del SI, es que sus unidades están basadas en fenómenos físicos fundamentales**. La única excepción es la unidad de la magnitud masa, el kilogramo, que está definida como la masa del prototipo internacional del kilogramo o aquel cilindro de platino e iridio almacenado en una caja fuerte de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas, según se menciona en el documento Cursos de Química analítica de la Universidad de Panamá (s. f.)



Las unidades del SI son la referencia internacional de las indicaciones de los instrumentos de medida y a las que están referidas a través de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones. Esto permite alcanzar la equivalencia de las medidas realizadas por instrumentos similares, utilizados y calibrados en lugares apartados y por ende asegurar, sin la necesidad de ensayos y mediciones duplicadas, el cumplimiento de las características de los objetos que circulan en el comercio internacional y su intercambiabilidad.

* 1. **Conversiones de unidades**



La conversión de unidades es la transformación de una unidad en otra. Un método para realizar este proceso es con el uso de los factores de conversión y las muy útiles tablas de conversión. Bastaría multiplicar por una fracción (factor de conversión) y el resultado es otra medida equivalente en la que han cambiado las unidades.

Cuando el cambio de unidades implica la transformación de varias unidades, se pueden utilizar varios factores de conversión, uno tras otro, de forma que el resultado final será la medida equivalente en las unidades que se busca. Por ejemplo, si se quiere pasar 8 metros a yardas, lo único que se tiene que hacer es multiplicar 8(0.914 yd) = 7.312 yd.



* 1. **Factor de conversión**



El factor de conversión es una fracción en la que el numerador y el denominador son medidas iguales expresadas en unidades distintas, de tal manera que esta fracción vale la unidad. Método efectivo para cambio de unidades y resolución de ejercicios sencillos dejando de utilizar la regla de tres.

* 1. **Cifras significativas**

Las cifras pueden ser: significativas o no significativas.

* Las significativas son aquellas que tienen significado real o aportan alguna información.
* Las cifras no significativas aparecen como resultado de los cálculos y no tienen significado alguno.

Las cifras significativas de un número vienen determinadas por su error. Son aquellas que ocupan una posición igual o superior al orden o posición del error, según la página web Física I. Laboratorio de Física I (Arias, s. f.)

Por ejemplo, considere una medida de longitud que arroja un valor de 5432.4764 m, con un error de 0.8 m. **El error es, por tanto, del orden de décimas de metro. Es evidente que todas las cifras del número que ocupan una posición menor que las décimas no aportan ninguna información**.

En efecto, ¿qué sentido tiene dar el número con precisión de diezmilésimas si afirmamos que el error es de casi 1 metro? Las cifras significativas en el número serán, por tanto, las que ocupan la posición de las décimas, unidades, decenas, etc., pero no las centésimas, milésimas o diezmilésimas.

**Cuando se expresa un número, debe evitarse siempre la utilización de cifras no significativas**, puesto que pueden suponer una fuente de confusión. Estos datos deben redondearse de forma que contengan sólo cifras significativas. **Se llama redondeo al proceso de eliminación de cifras no significativas de un número.**

* 1. **Notación científica**

La notación científica (o notación índice estándar) es un modo conciso de representar un número utilizando potencias de base diez. Los números se escriben como un producto: a × 10k, (siendo a un número mayor o igual que 1 y menor que 10, y k un número entero). Esta notación se utiliza para poder expresar más fácilmente números muy grandes o demasiado pequeños.

La notación científica utiliza un sistema llamado **coma flotante, o de punto flotante** en países de habla inglesa y en algunos hispanohablantes, según se menciona en la página web Pedro probabilidad y estadística (algoestadistica, 2011), por lo cual se invita a revisar la siguiente tabla sobre el tema:

**Tabla 1**

*Notación científica*

| 100 = 1 |
| --- |
| 101 = 10 |
| 102 = 100 |
| 103 = 1000 |
| 104 = 10000 |
| 105 = 100000 |
| 106 = 1000000 |
| 109 = 1000000000 |
| 1010 = 10000000000 |
| 1020 = 100000000000000000000 |
| 1030 = 1000000000000000000000000000000 |

Nota: Tomado de <http://pedroprobabilidadyestadistica.blogspot.com/2011/04/notacion-cientifica.html>.

* 1. **Conversión de unidades**

**Para sacar resultados relacionados con las emisiones resultantes de las fuentes contaminantes se emplean las relacionadas con las concentraciones físicas**. El portal ibero.mx define el término concentración… *a la cantidad de soluto disuelta en una cantidad dada de disolvente o de solución. Entre mayor sea la cantidad de soluto disuelta, más concentrada estará la solución.*

Por otro lado, la misma página menciona que…¨ *las unidades de concentración más empleadas son la molaridad, porcentajes, fracción molar, partes por millón, normalidad y molalidad¨.*

En la siguiente tabla, se resumen las principales unidades de concentración:

**Tabla 2**

*Unidades de concentración*

| MOLARIDAD | MOLARIDAD | MOLARIDAD |
| --- | --- | --- |
| /  Moles por litro | Moles/ Kilogramo | N=eq x M  equiv/litro |
| FRACCIÓN MOLAR | PORCIENTO MOL | PORCIENTO PESO |
|  |  |  |
| PARA LÍQUIDOS % VOLUMEN | RELACIÓN % PESO Y VOLUMEN | PARTES POR MILLÓN |
| % VOLUMEN  % = 100 |  |  |
| so=soluto | se=solvente | sn=solución |

Nota: Tomado de <https://ibero.mx/campus/publicaciones/quimanal/pdf/2soluciones.pdf>

Es importante tener en cuenta que las unidades de concentración se aplican en las normas ambientales relacionadas con la matriz aire y están dirigidas a una relación masa/volumen expresada en unidades ug/m3 y mg/m3,puesto que **la concentración de los contaminantes expuestos en el aire que se respira presenta minúsculas partículas que fácilmente llegan al sistema respiratorio del ser humano, generando enfermedades respiratorias que se reflejan en cifras impactantes en la mortalidad**.

Según el portal El Tiempo (2019), entre las grandes urbes (de más de 14 millones de habitantes) que ha analizado la OMS, la peor tajada del pastel se la llevan Nueva Delhi, El Cairo, Dacca, Bombay, Pekín, Shanghái, Estambul, Buenos Aires y Sao Paulo. Pero si vive en Bogotá o Medellín, se puede encontrar el peor aire de Colombia.

De acuerdo con el último informe del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), para el material particulado 2,5, las mayores concentraciones están en las estaciones de monitoreo Carvajal – Sevillana y Kennedy, localizadas en el Distrito Capital; y Tráfico Sur, Tráfico Centro, Universidad Nacional Facultad de Minas, Corporación Lasallista (Caldas) y Casa de Justicia (Itagüí), en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para profundizar en el tema, se invita a revisar la sección de materiales complementarios, donde encontrará el video: Puntaje Nacional Chile (4 abril 2013), denominado “Unidades de concentración” y otros objetos de aprendizaje que son de sumo interés para su aprendizaje. |
| --- |

Como parte de los conceptos que debe aprender, se invita a continuar revisando el siguiente tema.

* 1. **Ley de gases ideales**

Para comprender cómo se comportan los contaminantes que se mezclan en el aire atmosférico, debe entender qué son los gases y cuáles son sus principales características. Para contextualizar el tema, se invita a ver el siguiente contenido audiovisual sobre cómo el área caliente produce efectos en los objetos.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para profundizar en el tema, se le invita a revisar el video que se encuentra en la sección de materiales de apoyo denominado ¨Experimento densidad del aire¨. |
| --- |

Por otra parte, las más importantes leyes físicas que relaciona la historia sobre el aire atmosférico fueron investigadas por los más importantes científicos que estudiaron las teorías que rigen las principales leyes fisicoquímicas del aire.

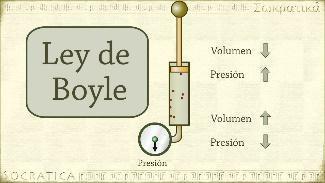
Para explicar sus componentes, se debe dar un viaje al pasado para conocer los estudios de los principales protagonistas, los cuales se mencionan en el siguiente objeto de aprendizaje:

| Tarjeta vertical 1  CF9\_1\_10\_Leydelosgases |
| --- |

Para profundizar en la investigación de cada uno de estos científicos y conocer cómo afectaron las ciencias posteriormente, se invita a revisar la siguiente información.

* **Ley de Boyle**



Nacido en 1627, el menor de los catorce hijos del conde de Cork estudió en las mejores universidades de Europa. Él estableció la química como una ciencia y enunció la primera definición moderna de elemento químico, como sustancia que no es posible descomponer en otras. En 1660, en una obra titulada *Sobre la Elasticidad del Aire,* anunció su descubrimiento sobre la relación entre el volumen de un gas y su presión, según la página web Educaplus (s. f.-d). 

Boyle define el comportamiento del aire así:

**A temperatura constante, el volumen de una masa fija de gas es inversamente proporcional a la presión que este ejerce, es decir, si el volumen aumenta, la presión disminuye, y si la presión aumenta, el volumen disminuye.**

En términos matemáticos se puede expresar como:

**(P\*V = K),**

Donde:

P, es presión

V, es volumen

Suponga que tiene un cierto volumen de gas V1 que se encuentra a una presión P1 al comienzo del experimento. Si se varía el volumen de gas hasta un nuevo valor V2, entonces la presión cambiará a P2, y se cumplirá:

**P1V1 = P2V2**

Lo anterior se muestra en el documento del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (2019), que habla sobre las Leyes generales de los gases: su aplicación en Fisiología.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para profundizar en el tema, puede revisar las referencias o buscar por su cuenta en una página de Internet con contenido de alta calidad educativa el tema. |
| --- |

* **Ley de Charles**

Jacques Alexandre César Charles, químico, físico y aeronauta francés, nació en Beaugency (Loiret) el 2 de noviembre de 1746 y falleció en París el 7 de abril de 1823. Al conocer los experimentos de los hermanos Montgolfier con su globo aerostático, él propuso la utilización del hidrógeno para elevarlo porque era el gas más ligero que se conocía en ese momento, por ser más eficiente para mantenerlo en el aire.

En 1783, construyó los primeros globos de hidrógeno y subió él mismo hasta una altura de unos 2 km, experiencia que supuso la locura por la aeronáutica que se desató en la época. Su descubrimiento más importante fue, en realidad, un redescubrimiento, ya que, en 1787, retomó un trabajo anterior de Montons y demostró que los gases se expanden de la misma manera al someterlos a un mismo incremento de temperatura, según la información publicada en la web Educaplus (s. f.-b).

Según lo estudiado por Charles, el comportamiento del aire muestra lo siguiente:

**El volumen (V) de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta (T), considerando una presión constante**. A nivel pulmonar se encuentra una mayor temperatura que en el medio ambiente, por lo que los gases inhalados en el aire se expandirán, aumentando así el volumen pulmonar.

Esta ley no afecta la ventilación tanto como lo hace la Ley de Boyle, pero tiene un efecto. 



Considere un ejemplo que se encuentra en el documento de la UNAM sobre: Leyes generales de los gases: ¨ …*cómo se respira en un día frío (-10º C) y la diferencia en un día cálido (37º C). En el caso del día frío el aire se expande mientras pasa por el sistema respiratorio y se calienta hasta 37º C. Ahora bien, calcule con la fórmula de arriba.*

| LLAMADO A LA ACCIÓN  REFLEXIÓN  *¿Qué volumen de aire tiene que tomar para llenar sus pulmones con 500 ml en el caso de un día frío o un día cálido?* ¨ |
| --- |

* **Ley de Gay Lussac**

Químico y físico francés, nacido el 6 de diciembre de 1778, en Saint-Léonard-de-Noblat, y fallecido el 9 de mayo de 1850, en París. En 1802, publicó los resultados de sus experimentos, que ahora se conocen como Ley de Gay-Lussac. **Esta ley establece que, a volumen constante, la presión de una masa fija de un gas dado es directamente proporcional a la temperatura Kelvin**.

**En el campo de la física, se llevaron a cabo, en 1804, dos ascensiones en globo hasta altitudes de 7.000 metros, en las que se estudió la composición de las capas altas de la atmósfera y el magnetismo terrestre**. Entre 1805 y 1808, se dio a conocer **la Ley de los volúmenes de combinación, que afirma que los volúmenes de los gases que intervienen en una reacción química (tanto de reactivos como de productos) están en la proporción de números enteros sencillos.**

En relación con estos estudios, investigó, junto con el naturalista alemán Alexander Von Humboldt, la composición del agua, descubriendo que se compone de dos partes de hidrógeno por una de oxígeno, según se evidencia en la página web Educaplus (s. f.-c), la cual puede consultar en las referencias de este documento.

Según lo estudiado por Gay Lussac, se define el comportamiento de la siguiente forma:

**A un volumen constante, la presión de un gas (P) es directamente proporcional a su temperatura (T).** Como ya se mencionó, la temperatura pulmonar provocará que los gases inhalados

tengan mayor presión.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Si está interesado en profundizar en el tema, se invita a revisar la sección de contenidos complementarios, en la cual se encuentra el video con el título: leyes generales de los gases, su aplicación en fisiología, un documento de la UNAM (2019). |
| --- |

* **Ley de Avogadro**

Químico y físico italiano. Nació el 9 de junio de 1776 en Turín, Italia, y murió el 9 de julio de 1856.

Reflexionó sobre el descubrimiento de Charles (publicado por Gay -Lussac) … ***que todos los gases se dilatan en la misma proporción con la temperatura. Decidió que esto debía implicar que cualquier gas a una temperatura dada debía contener el mismo número de partículas por unidad de volumen****.*

Avogadro tuvo la precaución de especificar que las partículas no tenían por qué ser átomos individuales, sino que podían ser combinaciones de átomos (lo que hoy llamamos moléculas). Con esta consideración, pudo explicar con facilidad la ley de la combinación de volúmenes que había sido anunciada por Gay-Lussac y, basándose en ella, dedujo que el oxígeno era 16 veces más pesado que el hidrógeno y no ocho, como defendía Dalton en aquella época.

Por lo anterior, el científico enunció la siguiente hipótesis: **iguales volúmenes de gases distintos, contienen el mismo número de moléculas, si ambos se encuentran a igual temperatura y presión**. Ese número es equivalente **a 6,022 \* 1023**, el cual es constante, según se publicó en 1811. Sin embargo, la Ley de Avogadro permite explicar por qué los gases se combinan en proporciones simples.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para profundizar en el tema, puede ver en referencias la página web de Educaplus sobre la Biografía de Avogadro (Educaplus.org, s. f.-a). |
| --- |

Avogadro descubre en 1811 que, a presión y temperaturas constantes, la misma cantidad de gas tiene el mismo volumen, independientemente del elemento químico que lo forme. El volumen (V) es directamente proporcional a la cantidad de partículas de gas (n), independiente del elemento químico que forme el gas,

Por lo tanto:

Lo cual tiene como consecuencia que:

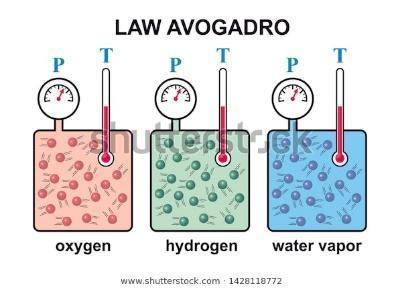
* Si aumenta la cantidad de gas, aumenta el volumen.
* Si disminuye la cantidad de gas, disminuye el volumen.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para aprender más sobre las Leyes de los gases, puede consultar la página web colegios (Colegio Cristiano Jireth, s. f.) que se encuentra en las referencias del documento o hacer búsquedas por su cuenta en páginas de alta calidad académica en Internet. |
| --- |

A continuación, se muestra la figura sobre la Ley de Avogadro.

**Figura 10**

*Ley de Avogadro*



Por la relación de las leyes anteriores, se podría concluir que la Ley de los Gases Ideales se puede incluir en una ecuación, la cual se expresa de la siguiente manera:

| LLAMADO A LA ACCIÓN-VIDEO  Para profundizar en su aprendizaje, se le sugiere revisar en la sección de materiales complementarios el video ̈ Leyes de los gases parte -3- Ley general de los gases y ejemplos prácticos de Danstein” (2019). |
| --- |

Teniendo en cuenta las leyes que se han visto en esta unidad, se puede concluir …**que se cumplen cuando se trabaja a bajas presiones y temperaturas moderadas, según muestra la siguiente tabla:**

**Tabla 3**

*Propiedades constantes*

| PROPIEDADES QUE SE MANTIENEN CONSTANTES | | LEY | EXPRESIÓN |
| --- | --- | --- | --- |
| Moles, n | Temperatura, T | Boyle |  |
| Moles, n | Presión, P | Charles |  |
| Presión, P | Temperatura, T | Avogadro |  |

Nota. Tomada de Sánchez (2018). <https://machete2000.files.wordpress.com/2018/10/08-gases-ideales.pdf>

**Cuando estas leyes se combinan en una sola ecuación, se obtiene la denominada ecuación general de los gases ideales: P V = n R T, donde la nueva constante de proporcionalidad se denomina R, constante universal de los gases ideales, que tiene el mismo valor para todas las sustancias gaseosas**. El valor numérico de R dependerá de las unidades en las que se trabajen las otras propiedades, P, V, T y n.

En consecuencia, se debe tener cuidado al elegir el valor de R que corresponda a los cálculos que se están realizando, así:

**Tabla 4**

*Comportamiento ideal de los gases*

| *Valor de R* | *Unidades* | *Observaciones* |
| --- | --- | --- |
| *0,082* |  | *Los gases tienen un comportamiento ideal cuando se encuentran a bajas presiones y temperaturas moderadas, en las cuales se mueven lo suficientemente alejadas unas de las otras, de modo que se pueda considerar que sus moléculas no interactúan entre sí, (no hay acción de las fuerzas intermoleculares).* |
| *8,314* |  |
| *1,987* |  |

Nota. Tomada de Sánchez (2018). <https://machete2000.files.wordpress.com/2018/10/08-gases-ideales.pdf>

Como se ha observado, son cuatro (4) las propiedades que definen el estado o las condiciones en las que se encuentra una sustancia en estado gaseoso:

* La cantidad de sustancia o número de moles, n.
* La presión que ejercen sus moléculas, P.
* La temperatura a la que se encuentra, T y
* El volumen que ocupa, V.

Estas propiedades pueden variar todas simultáneamente o se pueden mantener constantes una o dos de ellas, a fin de cambiar las otras.

A continuación, se tocará el tema ¨Densidad y masa molar de un gas ideal¨:

La ecuación de los gases ideales permite determinar la densidad, d, y la masa molar, M, de un determinado gas ideal. Según las definiciones de densidad, d, el número de moles, n, y de la ecuación del gas ideal, se tiene la siguiente información (revise la tabla 5):

**Tabla 5**

*Ecuación de gases ideales*

| Densidad, d |  |
| --- | --- |
| Masa molar, M |  |

Nota. Tomada de Sánchez (2018). <https://machete2000.files.wordpress.com/2018/10/08-gases-ideales.pdf>

Para continuar aprendiendo sobre el tema, se le invita a revisar el siguiente punto: ¨Diagrama de entradas y salidas de la contaminación atmosférica¨.

* 1. **Diagrama de entradas y salidas de la contaminación atmosférica**

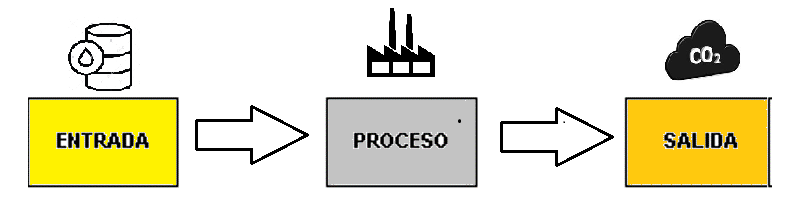
Para valorar la estimación de los contaminantes que emite una fuente, es importante reconocer el proceso y/o actividad que produce la contaminación. Según el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, se definen una serie de **pasos** importantes para establecer tanto las entradas como las salidas provenientes de un proceso. Para lo anterior, se le invita a revisar el siguiente objeto de aprendizaje:

| CARRUSEL  CF9\_1\_11\_entradasysalidas |
| --- |

Teniendo en cuenta los pasos anteriormente expuestos, es importante construir un diagrama de procesos en la organización, en el que se evidencien las entradas y las salidas que resultan de un proceso productivo, teniendo en cuenta que la *Guía Práctica para la Gestión Ambiental Empresarial* (2008) resalta que es vital conocer los conceptos asociados, los cuales se mencionan a continuación:

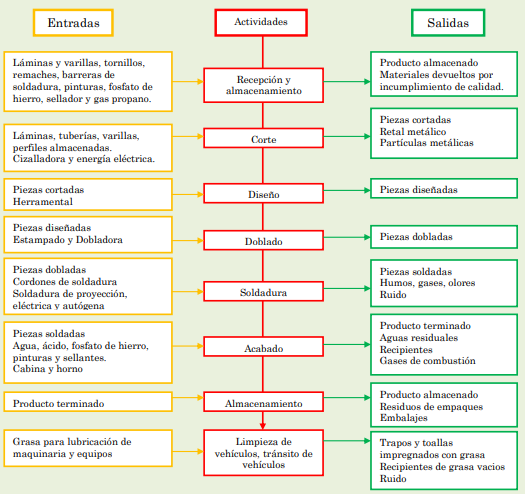
**Figura 11**

*Procesos organizacionales*



* **Entrada**: son los insumos, las materias primas y los recursos que al someterse a procesos de transformación darán como resultado un producto, un servicio o una entrada para otra actividad.
* **Proceso**: conjunto de actividades que toman una entrada, la transforman y generan como resultado un producto o servicio.
* **Salida**: son los productos, servicios, residuos, emisiones o subproductos que resultan de cada actividad en un proceso productivo.

El diagrama de procesos es la representación de cada una de las etapas del proceso productivo. Se construye a través de bloques secuenciales que relacionan las actividades, las entradas y las salidas. Como ejemplo, se puede observar el diagrama de entradas y salidas de un proceso productivo relacionado con la industria metalmecánica:

Nota. Tomada de *Guía práctica para la gestión ambiental empresarial* (2008).

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para contextualizar el tema, puede consultar el siguiente recurso audiovisual que se encuentra en la sección de contenidos complementarios en formato de video, denominado Evaluación de impacto ambiental - diagramas de proceso. |
| --- |

En conclusión, se puede observar que todo proceso productivo puede generar emisiones a la atmósfera, por lo cual es necesario hacer un análisis completo y detallado de estas, con el fin de reducir el impacto en el medio ambiente y en la calidad de vida del ser humano. A continuación, se invita a continuar su aprendizaje sobre el tema.

1. **Cálculo de emisiones**

Como ha venido estudiando en el tema, el medio ambiente y, por ende, las condiciones de calidad del aire están siendo enrarecidas por una serie de partículas diminutas que son producidas por las actividades productivas que realiza el ser humano. Por lo anterior, se hace necesario revisar el siguiente tema: ¨Cálculo de emisiones¨

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Descargar  CF9\_PDF1 \_2\_CálculodeEmisiones |
| --- |

1. **Combustión**



Las diferentes sustancias presentes en la naturaleza interactúan entre ellas continuamente. Por lo que sucesos tan comunes como la combustión de un fósforo, la oxidación de un metal en el ambiente o nuestra respiración obedecen a lo que se conocen como reacciones químicas. Se trata de un proceso por el cual una o más sustancias, llamadas reactivos, se transforman en otra u otras sustancias con propiedades diferentes, llamadas productos.

En una reacción química, los enlaces entre los átomos que forman los reactivos se rompen. Entonces, estos se reorganizan de otro modo, formando unos nuevos y dando lugar a una o más sustancias diferentes a las iniciales.

*¨La respiración celular puede ser considerada como una serie de reacciones químicas de óxido-reducción en las cuales las moléculas combustibles son paulatinamente oxidadas y degradadas liberando energía¨.*

(Universidad Nacional de Lomas de Zamora, s. f.)

* 1. **Leyes de las reacciones químicas**

A continuación, se presenta un objeto de aprendizaje donde podrá revisar los exponentes de las leyes de las reacciones químicas.

| CF9\_3\_1\_LeyesReaccionesQuímicas |
| --- |

* 1. **Ecuaciones químicas**

Las ecuaciones químicas constituyen una forma abreviada de expresar por escrito una reacción química, por medio de símbolos y fórmulas. En una ecuación química las sustancias que se combinan entre sí son los reactivos y se escriben a la izquierda. A la derecha se escriben los productos, que son las sustancias que se forman. Los reactivos se separan de los productos por medio de una flecha, su dirección es de reactivos → productos.

Los símbolos y fórmulas utilizados en la ecuación deben ir acompañados por un subíndice dentro de un paréntesis que indica los estados de agregación de cada sustancia (s) (l) (g). También se puede colocar el subíndice (ac) que significa que la sustancia está en disolución acuosa. Arriba o debajo de la flecha pueden aparecer las condiciones necesarias para que se efectúe la reacción, por ejemplo, indica que se requiere energía en forma de calor para que se lleve a cabo la reacción.

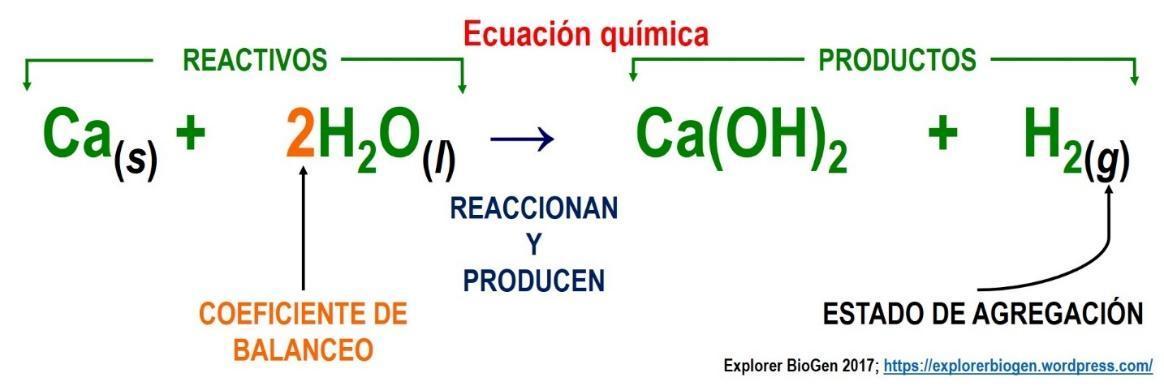
En toda reacción química no se crean ni se destruyen átomos, los que están presentes se reorganizan para formar nuevas sustancias, conservándose la materia. ¿Recuerda la Ley de conservación de la materia? Importante para comprender el equilibrio entre reactivos y productos en una reacción.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para profundizar en el tema, se invita a ver el documento ecuaciones químicas, que se encuentra en la sección de referencias. |
| --- |

Para continuar, con el tema, se invita a revisar el siguiente ejemplo:

**Figura 14**

*Ecuación química*



Nota. Tomada de Peña y Bautista (2018). <https://explorerbiogen.wordpress.com/2018/02/01/naturaleza-de-las-reacciones-quimicas/>

* + 1. ***Tipos de reacciones químicas.***

Hay diferentes tipos de reacciones químicas y varias formas de clasificarlas según el criterio elegido. Estos pueden ser: el energético, el cinético, la transformación que se produce y la partícula intercambiada. Revise el siguiente objeto de aprendizaje para acceder a mayor información.

| PESTAÑAS  CF9\_3\_2-1\_tiposReaccionesQuímicas |
| --- |

A continuación, se explican las reacciones según la transformación que se produce:

* Reacciones de síntesis

Son reacciones químicas en las que dos o más sustancias (reactivos) se combinan para formar otra distinta (producto), más compleja.

Si los reactivos son elementos, se llaman reacciones de formación.

La ecuación química general es:

A + B → AB

Ejemplos:

Fe + S → FeS

4 Al + 3 O 2 → 2 Al 2 O 3

* Reacciones de descomposición

Son reacciones químicas en las que un compuesto se descompone en dos o más sustancias más simples. Son las inversas de las reacciones de síntesis.

La ecuación química general es:

AB → A + B

Ejemplos:

2 AlCl 3 → 2 Al + 3 Cl 2

2 KClO 3 → 2 KCl + 3 O 2

* Reacciones de sustitución o desplazamiento

Las reacciones de sustitución o desplazamiento pueden ser simples o dobles.

En una reacción de sustitución o desplazamiento simple, un elemento es reemplazado por otro elemento más reactivo en un compuesto para producir un nuevo compuesto y el elemento desplazado.

La ecuación química general es:

A + BC → AC + B

Ejemplos:

Fe 2 O 3 + 2 Al → Al 2 O 3 + 2 Fe

2 Na + 2 H 2 O → 2 NaOH + H 2

En una reacción de doble sustitución o desplazamiento, hay dos compuestos químicos que intercambian dos elementos para formar dos nuevos compuestos.

La ecuación química general es:

AB + CD → AD + CB

Ejemplos:

LiH + H 2 O → LiOH + H 2 ↑ (H 2, gas)

HCl + NaOH → NaCl + H 2 O (H 2 O, agua)

Por otro lado, es indispensable revisar los conceptos relacionados con las reacciones según la partícula transferida, los cuales se desarrollan a continuación:

* Reacciones de precipitación

En una reacción de precipitación, la partícula intercambiada es un ión. Se produce, en general,

en disolución acuosa y entre sustancias iónicas. En la reacción, un anión y un catión se ponen en contacto y dan lugar a un compuesto iónico insoluble que precipita.

Ejemplo:

AgNO 3 (aq) + NaCl (aq) → NaNO 3 (aq) + ↓AgCl (s)

Para saber si se produce una reacción de este tipo, es necesario saber qué sustancia es insoluble y por esto se ponen en la ecuación química los estados físicos de las sustancias que intervienen.

* + Reacciones de oxidación-reducción

Las reacciones de oxidación-reducción (redox) implican la transferencia de electrones entre especies químicas. Se llaman también reacciones de transferencia de electrones, ya que la partícula que se intercambia es el electrón.

En una reacción de oxidación-reducción, tienen lugar dos procesos simultáneos: la oxidación y la reducción.

El aluminio reacciona con el oxígeno para formar óxido de aluminio,

4 Al + 3 O 2 → 2 Al 2 O 3

En el transcurso de esta reacción, cada átomo de aluminio pierde tres electrones, para formar un ion Al 3+

Al → Al 3+ + 3 e -

Y cada molécula de O 2 gana cuatro electrones, para formar dos iones O 2-

O 2 + 4 e - → 2 O 2-

Como los electrones ni se crean ni se destruyen en las reacciones químicas, la oxidación y la reducción son inseparables.

El aluminio cede electrones y el oxígeno los gana. El aluminio actúa como agente reductor, se oxida (su número de oxidación pasa de 0 a +3) cediendo tres electrones, mientras que el oxígeno actúa como agente oxidante, se reduce (su número de oxidación pasa de 0 a -2) ganando dos electrones.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para profundizar en el tema, se invita a revisar la página web de la Junta de Andalucía (s. f.), donde se mencionan los tipos de reacciones químicas, la cual está ubicada en la sección de referencias. |
| --- |

* + 1. ***Reacciones químicas de interés ambiental.***

Uno de los problemas fundamentales en el presente siglo, que debe ser estudiado por el ciudadano global y que menciona Naciones Unidas, es el ¨cambio climático y sus consecuencias para la sostenibilidad del planeta y la existencia de la raza humana¨ (Naciones Unidas, s. f.). Por lo anterior, se invita a seguir revisando el contenido del documento con el fin de conocer cuáles son las reacciones químicas que afectan directamente el medio ambiente.

* Reacciones con el oxígeno

El oxígeno es el elemento químico más abundante en la corteza terrestre. Muchos elementos reaccionan con el oxígeno dando lugar a una reacción de oxidación. Un caso particular de la reacción de oxidación es la denominada reacción de combustión.

* Reacciones de oxidación

En las reacciones de oxidación, el oxígeno se une al elemento de forma lenta y sin gran desprendimiento de energía, y se forma un compuesto llamado óxido:

elemento + oxígeno (O2) → óxido

La reacción contraria, en la que el óxido se descompone, produce el metal y libera oxígeno, también existe y se llama reacción de reducción:

calor óxido → metal + oxígeno

La formación de óxidos no siempre es ventajosa, ya que a veces la oxidación de algunos no metales, como el carbono y el azufre, puede crear problemas medioambientales. El CO2 desprendido contribuye a aumentar el efecto invernadero, y el SO3 formado por la oxidación del azufre favorece la denominada lluvia ácida.

Asimismo, la oxidación de metales, como el hierro, produce grandes perjuicios económicos. El hierro es uno de los metales que más se utiliza en la industria y en la construcción, pero en presencia de oxígeno y humedad se oxida rápidamente y se corroe. Para evitarlo, se recubre de una capa de pintura y de una capa de otro metal que no se oxide, por ejemplo, de cromo, lo que se denomina cromado.

* Reacciones de combustión

Las reacciones de combustión son reacciones de oxidación en las que una sustancia arde uniéndose al oxígeno y produce otras sustancias diferentes. La sustancia que arde se denomina combustible y la sustancia que mantiene la combustión se llama comburente.

Uno de los usos más frecuentes de las reacciones de combustión es la producción de energía. En la actualidad, los combustibles más utilizados son los hidrocarburos (compuestos derivados del petróleo formados por carbono e hidrógeno) que, en presencia de oxígeno, producen dióxido de carbono, agua y energía. Así, por ejemplo, la reacción de combustión del metano (CH4) es:

CH4 (g) + 2 O2 (g) → CO2 (g) + 2H2O (g) + energía

El CO2 desprendido crea problemas medioambientales y contribuye a aumentar el efecto invernadero. Por este motivo, las investigaciones se encaminan a la fabricación de vehículos no contaminantes, como los coches eléctricos.

* Reacciones de combustión en el reino animal

Metabolismo. El metabolismo es el conjunto de cambios físicos y químicos que se originan en los seres vivos y que sirven, por un lado, para mantener sus funciones vitales (anabolismo) y, por otro, para generar la energía que necesitan (catabolismo). Así, los alimentos ingeridos, ricos en hidratos de carbono, se descomponen, entre otros compuestos, en glucosa (C6H12O6) que pasa desde el intestino a la sangre y de esta a las células donde se producen las reacciones de combustión:

C6H12O6 + 6 O2 → 6 CO2 + 6 H2O + energía

* 1. **Procesos de combustión**

La combustión no es más que una reacción química de oxidación, en la que normalmente se va a liberar una gran cantidad de calor (energía). La reacción de un elemento químico con el oxígeno se llama oxidación. Para entender este tema, se hace necesario adquirir los siguientes conceptos:

* Cuando el calor de reacción es negativo, dicho calor es liberado o entregado por el sistema, y el proceso se llama exotérmico.
* Si, en cambio, el calor es positivo, el calor debe ser absorbido por el sistema durante la reacción química y el proceso se denomina endotérmico.
* Combustible: toda sustancia (hidrocarburo) capaz de arder.
* Comburente: sustancia (aire) que aporta el oxígeno para que el combustible sufra oxidación.

En una reacción de oxidación, se tiene la siguiente ecuación:

**Combustible + Comburente = Gases de combustión + Energía**

Entonces, la ecuación también podría tomar la siguiente forma, donde las letras mayúsculas indican las sustancias químicas y las minúsculas indican la cantidad de moles de dichas sustancias. Y se denominan genéricamente reactantes a las sustancias escritas antes del signo igual (A y B) y productos a las escritas después del signo igual (C y D).

Se puede dar el caso de que el combustible esté formado por una mezcla de sustancias entre las cuales hay una o más que no reaccionan con el O2, por ejemplo, SO2. En este caso, estas sustancias también pasarán en forma completa a los humos (productos).

* 1. **Combustibles**

Los combustibles normalmente son una combinación de carbono, hidrógeno y azufre, tal como se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla 6**

*Tipos de combustibles*

| NOMBRE QUÍMICO | NOMBRE COMERCIAL | FÓRMULA |
| --- | --- | --- |
| Octano | Gasolina |  |
| Iso-octano | Gasolina |  |
|  | Diésel |  |
|  | Diésel |  |
| Propano | Gas licuado de Petróleo |  |
| Butano |  |
| Etano |  |  |
| Metano | Gas natural |  |
|  | Biodiesel | - O – CO - |
|  | Alcohol ético |  |

* + 1. ***Comburente (aire).***

Sustancia gaseosa, transparente, inodora e insípida que envuelve la tierra y forma la atmósfera; está constituida principalmente por oxígeno y nitrógeno, y por cantidades variables de argón, vapor de agua y anhídrido carbónico. Para casi todos los cálculos de combustión, es posible tratar al argón y al dióxido de carbono como nitrógeno adicional, ya que son inertes y aparecen en pequeñas cantidades. Puede revisar la composición en la siguiente tabla:

**Tabla 7**

*Composición del comburente (aire)*

| COMPONENTE | FRACCIÓN MOLAR |
| --- | --- |
|  | 0.7809 |
|  | 0.2095 |
| AR | 0.0093 |
|  | 0.0003 |
|  |  |
| La masa molar de esta mezcla (aire) es: 28.967 Kg/Kmol | |

Utilizando esta suposición, un mol de aire se compone de 0.79 moles de N2 y 0.21 moles de O2.

0.21mol O2 + 0.79mol N2 = 1mol aire

Por lo tanto, el N2 pasará íntegramente a los humos.

* + 1. **Tipos de combustión**

Los procesos de combustión se pueden clasificar en:

* Combustión completa

Las sustancias del combustible se queman hasta el máximo grado posible de oxidación. En consecuencia, no habrá sustancias combustibles en los humos (productos).

En los productos de la combustión completa, se pueden encontrar los siguientes reactantes y sus correspondientes productos:

**Tabla 8**

*Productos de la combustión*

| REACTANTES | PRODUCTOS |
| --- | --- |
| C + | C |
| + | O |
| S + |  |
| + | + O |
| CO + |  |
|  |  |

El balance de materia de las reacciones químicas se denomina estequiometría. Siempre se plantea en moles, y la sumatoria de masas de ambos miembros siempre deberá ser igual, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

+ O

Kmol + 0.5 Kmol 1 Kmol O

Con los pesos moleculares: M() = 2 kg/kmol: M ( ) = 32 kg /Kmol: M(0) = 18 kg/Kmol

2kg + 16kg 18 kg O

* Combustión incompleta

El combustible no se oxida completamente. Se forman sustancias que todavía pueden seguir oxidándose; por ejemplo, CO. Estas sustancias se denominan inquemados. La presencia de inquemados indica que la combustión se está realizando en forma incompleta. Otros inquemados pueden ser H2, CnHm, H2S y C. Estas sustancias son los contaminantes más comunes que escapan a la atmósfera en los gases de combustión.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para desarrollar su aprendizaje autónomo, se invita a revisar la página web Naturaleza de las reacciones químicas (Peña y Bautista, 2018), con el fin de profundizar en el tema tratado anteriormente. La información la puede encontrar en la sección de referencias. |
| --- |

* 1. **Balanceo de ecuaciones químicas**

Balancear una ecuación es realmente un procedimiento de ensayo y error, que se fundamenta en la búsqueda de diferentes coeficientes numéricos que hagan que el número de cada tipo de átomos presentes en la reacción química sea el mismo tanto en reactivos como en productos.

* + 1. ***Método del tanteo o inspección.***

Este método es utilizado para ecuaciones sencillas y consiste en colocar coeficientes a la izquierda de cada sustancia, hasta tener igual número de átomos tanto en reactantes como en productos. Observe el siguiente ejemplo:

N2 + H2 → NH3

Para balancearlos hay que colocar un coeficiente 3 al H2 y un coeficiente 2 al producto NH3:

N2 + 3H2 → 2NH3

La ecuación ha quedado equilibrada, el número de átomos de cada elemento es el mismo en reactivos y productos.

* + 1. ***Método de óxido reducción.***

Las reacciones de oxidación-reducción (redox) implican la transferencia de electrones entre especies químicas. Se llaman también reacciones de transferencia de electrones, ya que la partícula que se intercambia es el electrón.

En una reacción de oxidación-reducción, tienen lugar dos procesos simultáneos: la oxidación y la reducción. Para balancear una ecuación por oxidación-reducción, hay que tener presente lo registrado a continuación:





Como los procesos de óxido-reducción son de intercambio de electrones, las ecuaciones químicas estarán igualadas cuando el número de electrones cedidos por el agente oxidante sea igual al recibido por el agente reductor. El número de electrones intercambiados se calcula fácilmente, teniendo en cuenta la variación de los números de oxidación de los elementos. Revise los siguientes pasos:

| LLAMADO A LA ACCIÓN  Para profundizar en su aprendizaje, se invita a revisar el contenido El Mundo de la Ciencia (s. f.), el cual se encuentra ubicado en la sección de referencias. |
| --- |

* 1. **Estequiometría**

Es la parte de la química que estudia las relaciones cuantitativas entre las sustancias que intervienen en una reacción química (reactivos y productos). Por lo anterior, se invita a revisar el siguiente pdf sobre el tema.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  PDF  CF9\_PDF4\_estequiometría |
| --- |

**4. Normativa de emisiones**

Para poder cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, agenda 2030, Colombia debe diseñar una serie de normas y resoluciones, con el fin de disminuir la emisión de gases o partículas al aire. Por lo anterior, se invita a revisar este tema en el siguiente documento descargable.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  PDF  CF9\_PDF2\_ 4\_ Normasdeemisión |
| --- |

Como parte de su aprendizaje, le invito a revisar el siguiente tema, con el fin de comprender cómo se interpretan los resultados de las emisiones.

**5. Interpretación de los resultados de emisiones**

Uno de los pasos más importantes para hacer control de la calidad del aire que hay en Colombia es hacer mediciones de manera periódica de las emisiones lanzadas al aire y luego realizar la interpretación de los datos obtenidos en ellas, con el fin de identificar si están acordes con los estándares internacionales definidos para el control de la concentración de estas sustancias que las empresas lanzan al medio ambiente, esto con el fin de diseñar políticas y dar pautas para su adecuado manejo, y de esa forma cumplir con la agenda 2030 definida por la UNESCO.

Para profundizar en este tema, se invita a descargar el siguiente documento.

| LLAMADO A LA ACCIÓN  DESCARGAR PDF 3  CF9\_PDF3\_5\_Interpretanción de los resultados de emisiones. |
| --- |

1. **ACTIVIDADES DIDÁCTICAS (OPCIONALES SI SON SUGERIDAS)**

Con el fin de fortalecer el aprendizaje, se recomienda hacer la actividad didáctica.

Instrucciones: Lea el siguiente contenido y responda la pregunta según corresponda.

Colombia tendría 190.000 vehículos eléctricos en 2030.

Haga clic en el botón de acceso a la actividad didáctica.

| Descripción de actividad didáctica | |
| --- | --- |
| Nombre de la actividad | Colombia y la Agenda 2030 |
| Objetivo de la actividad | Inferir del texto presentado la aplicación de los conceptos aprendidos en el componente de formación. |
| Tipo de actividad sugerida | Opción múltiple única respuesta |
| Archivo de la actividad  (anexo donde se describe la actividad propuesta) | CF9\_actividadDidáctica  Documento en Word |

1. **MATERIAL COMPLEMENTARIO**

| Tema | | Referencia APA del material | | Tipo de material  (video, capítulo de libro, artículo, otro) | | Enlace del recurso o  archivo del documento o material |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Conversión de unidades | Puntaje Nacional Chile. (Abril 4, 2013). *Unidades de concentració*n [Video]. YouTube. | | Video | | <https://www.youtube.com/watch?v=NGUytYmKAro> | |
| Ley de los gases | Education Journal. (Marzo 10, 2017). *Experimento densidad del aire* [Video]. YouTube. | | Video | | <https://www.youtube.com/watch?v=VjGghz1JBVE> | |
| Ley de los gases | Danstein. (Octubre 15, 2019). *Leyes de los gases Parte 3-Ley general de los gases y ejemplos prácticos* [Video]. YouTube. | | Video | | <https://www.youtube.com/watch?v=b-Dzm6hGPJ8> | |
| Diagramas de entrada y salida de la contaminación atmosférica | Ochoa, W. (Marzo 22, 2020). *Evaluación de impacto ambiental - Diagramas de proceso* [Video]. YouTube*.* | | Video | | <https://www.youtube.com/watch?v=yqi372crXWY> | |
| Cálculo de emisiones | Corantioquiaoficial. (Abril 30, 2014). *Seguimiento y Control a Fuentes Fijas* [Video]. YouTube*.* | | Video | | <https://www.youtube.com/watch?v=fNBy6k4EKHo> | |
| Instalaciones para equipos de toma de muestra y análisis | Fluoreciencia Didáctica, lenguaje y cultura*.* (Marzo 1, 2016*) Atmósfera-Muestreo Isocinético en chimenea* [Video]. YouTube. | | Video | | <https://www.youtube.com/watch?v=rrXgBvkuJ4w&t=10s> | |
| ¿Qué es un factor de emisión? | Tecnológico de Monterrey | Innovación Educativa. (Septiembre 27, 2017*). ¿Qué es un factor de emisión*? [Video]. YouTube. | | Video | | <https://www.youtube.com/watch?v=A0DKIGHVUsE> | |
|  | Páez, J. (Agosto 3, 2013). *Factores de Emisión EPA AP-42* [Video]. YouTube. | | Video | | <https://www.youtube.com/watch?v=kThVlN83V9g> | |

1. **GLOSARIO**

| Término | Significado |
| --- | --- |
| Balance de masas: | El balance de masas hace referencia a la cuantificación de emisiones por balance de materia y energía. En ocasiones, por las características del proceso industrial, es el único método para la cuantificación de emisiones que se puede emplear. Por ejemplo, en las actividades industriales que manufacturan o emplean en sus procesos compuestos orgánicos volátiles, especialmente cuando las emisiones se producen de manera fugitiva, este procedimiento de evaluación se convierte en la primera alternativa para cuantificar la emisión de contaminantes. (MAVDT, 2010a, p. 25). |
| Concentración de una sustancia en el aire: | Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida. (Resolución 909 de 2008, p. 33). |
| Condiciones de referencia: | Son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan las normas de calidad del aire y de las emisiones, que respectivamente equivalen a 25 ºC y 760 mm de mercurio. (Resolución 909 de 2008, p. 33). |
| Contaminación atmosférica: | Es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire. (Resolución 909 de 2008, p. 33). |
| Contaminantes: | Son fenómenos físicos o sustancias o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana, que solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas. (Resolución 909 de 2008, p. 33). |
| Emisión: | Es la descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de éstos, proveniente de una fuente fija o móvil. (Resolución 909 de 2008, p. 34). |
| Factores de emisión: | Un factor de emisión es la relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad o del proceso, tal como el consumo de energía, el consumo de materia prima, el consumo de combustible, las unidades de producción, el calendario de protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas en operación, el número de dispositivos o las características de estos, entre otros. (MAVDT, 2010a, p. 28). |
| Fuente de emisión: | Es toda actividad, proceso u operación realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire. (Resolución 909 de 2008, p. 34) |
| Fuente fija dispersa o difusa: | Es aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como, por ejemplo, en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales. (Resolución 909 de 2008, p. 34). |
| Fuente fija puntual: | Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas. (Resolución 909 de 2008, p. 34). |
| Fuente fija: | Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aún cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. (Resolución 909 de 2008, p. 34). |
| Norma de emisión: | Es el valor de descarga permisible de sustancias contaminantes establecido por la Autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de calidad del aire. (Resolución 909 de 2008, p. 35). |

1. **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA]. (2020). *Factores de emisiones atmosféricas y cuantificación*. <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/basic-information-air-emissions-factors-and-quantification#About%20Emissions%20Factors>

algoestadistica. (2011). *Notación científica*. Probabilidad y Estadística. <http://pedroprobabilidadyestadistica.blogspot.com/2011/04/notacion-cientifica.html>

Ambiente Bogotá. (2020). *Red de calidad del aire*.

<http://ambientebogota.gov.co/image/image_gallery?uuid=b459b6d1-003d-4333-9484-9d1efbb526e2&groupId=10157&t=1410817522951>

Arias, M. (s. f.). *Cifras Significativas - Física I. Laboratorio de Física I (FI-LUZ)*. Física I. Laboratorio de Física I (FI-LUZ). <https://sites.google.com/site/laboratoriodefisicaifiluz/practicas-de-laboratorio/practica-no-1/cifras-significativas>

Brown, T., LeMay, H., Bursten, B. y Burdge, J. (2004)*. Química. La ciencia central.* Pearson Educación. <https://academia.utp.edu.co/quimica2/files/2018/09/quc3admica-la-ciencia-central-brown.pdf>

Colegio Cristiano Jireth. (s. f.). *Leyes de los ga*ses. <https://www.webcolegios.com/file/bb95fd.pdf>

Comisión Nacional del Medio Ambiente Chile. (2009). *Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes*. Gobierno de Chile. <http://www.declaracionemision.cl/docs/GUIA_CONAMA.pdf>

Educaplus.org. (s. f.-a). *Amedeo Avogadro (1776–1856)*. <http://www.educaplus.org/gases/bio_avogadro.html>

Educaplus.org. (s. f.-b). *Jacques Charles (1746–1823)*. <http://www.educaplus.org/gases/bio_charles.html>

Educaplus.org. (s. f.-c). *Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850)*. <http://www.educaplus.org/gases/bio_gay.html>

Educaplus.org. (s. f.-d). *Robert Boyle (1627–1691)*. <http://www.educaplus.org/gases/bio_boyle.html>

El Mundo de la Ciencia. (s. f.). *Balanceo de reacciones REDOX - El Mundo de la Ciencia*. <https://sites.google.com/site/elmundodelacienciaensm/reacciones-redox>

El Tiempo. (2019, Junio 4). *El 92 % de los habitantes del planeta no respiran un aire limpio*. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/datos-sobre-la-contaminacion-del-aire-en-el-mundo-370632>

Gobierno de Estados Unidos. (s. f.). *Leyes y regulaciones federales*. USAGov en Español. <https://www.usa.gov/espanol/leyes-regulaciones-federales>

*Guía práctica para la gestión ambiental empresarial*. (2008). <https://docplayer.es/11257606-Guia-practica-para-la-gestion-ambiental-empresarial-2008-guia-practica-para-la-gestion-ambiental-empresarial.html>

IDEAM. (s. f.-a). *Calidad del aire*. <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>

IDEAM. (s. f.-b). *Emisiones por fuentes fijas*. <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/emisiones-por-fuentes-fijas>

IDEAM. (s. f.-c). *Emisiones por fuentes móviles*. <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/emisiones-por-fuentes-moviles>

IDEAM. (2014). *Contaminación y calidad ambiental*. <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental>

Junta de Andalucía. (s. f.). *Las reacciones químicas: tipos de reacciones químicas.*

<http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/30042010/10/es-an_2010043013_9115528/FQ1_U3_T3_Contenidos_v02.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire.* <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010a). *Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas*. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527666/Protocolo+fuentes+fijas.pdf/65780586-e70d-434a-9da7-264d3649b2ba>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010b). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire.* (2010). <https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Dise%C3%B1o.pdf>

Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

Pardo, K. (2018, Noviembre 24). *Contaminación del aire: un asesino anda suelto*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/contaminacion-del-aire-un-problema-para-la-salud-en-colombia-292226>

Peña, T. y Bautista, J. (2018). *Naturaleza de las reacciones químicas.* Explorer BioGen. <https://explorerbiogen.wordpress.com/2018/02/01/naturaleza-de-las-reacciones-quimicas/>

Profe Cerebrito. (2013a). *Información cuantitativa a partir de ecuaciones balanceadas teoría y ejercicios resueltos*. <http://quimica-a1.blogspot.com/2013/02/informacion-cuantitativa-partir-de.html>

Profe Cerebrito. (2013b). *Reactivos limitantes teoría y ejercicios resueltos*. <http://quimica-a1.blogspot.com/2013/02/reactivos-limitantes-teoria-y.html>

Resolución 909 de 2008. [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. Junio 5 de 2008. <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0-Resoluci%C3%B3n%20909%20de%202008%20%20-%20Normas%20y%20estandares%20de%20emisi%C3%B3n%20Fuentes%20fijas.pdf>

Resolución 910 de 2008. [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones. Junio 5 de 2008. <http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/RESOLUCI%C3%93N%20910%20DE%202008.pdf>

Resolución 650 de 2010. [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Marzo 29 de 2010. <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/fb-Resolucion%20650%20de%202010%20-%20Adopci%C3%B3n%20protocolo%20calidad%20del%20aire.pdf>

Resolución 2154 de 2010. [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones. Noviembre 2 de 2010. <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/79-Resoluci%C3%B3n%202154%20de%202010%20-%20Ajuste%20Protocolo%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

Resolución 0935 de 2011. [Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia]*.* Por la cual se establecen los métodos para la evaluación de emisiones contaminantes por fuentes fijas y se determina el número de pruebas o corridas para la medición de contaminantes en fuentes fijas. Abril 20 de 2011. DO. Nº 48.085. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=42971>

Resolución 2254 de 2017. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones. Noviembre 1 de 2017. <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf>

Revista Semana. (2020, septiembre 9). *Colombia tendría 190.000 vehículos eléctricos en 2030* <https://sostenibilidad.semana.com/actualidad/articulo/colombia-tendria-190000-vehiculos-electricos-en-2030--noticias-hoy/55167>

Sánchez, C. (2018). *Ley de los gases ideales*. Instituto Superior Paramédico. <https://machete2000.files.wordpress.com/2018/10/08-gases-ideales.pdf>

Tecnológico de Monterrey | Innovación Educativa. (Septiembre 27, 2017). *¿Qué es un factor de emisión?* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=A0DKIGHVUsE>

Troposfera. (s. f.). *Unidades de Medición Empleadas en Calidad del Aire*. <https://www.troposfera.org/conceptos/unidades-de-medicion-empleadas-en-calidad-del-aire/>

Universidad de Panamá. (s. f.). *El Sistema Internacional*. Universidad de Panamá. Cursos de Química Analítica. <https://alkemist.jimdofree.com/qm-112/sem-2-sistema-internacional/>

Universidad Iberoamericana. (s. f.). *2. Soluciones. Unidades de Concentración*. <https://ibero.mx/campus/publicaciones/quimanal/pdf/2soluciones.pdf>

Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. (s. f.). Ecuación química. <http://uapas2.bunam.unam.mx/ciencias/ecuacion_quimica/>

Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. (2019). *Leyes generales de los gases: su aplicación en Fisiología.* <http://fisiologia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2019/11/3-leyes-de-los-gases.pdf>

Universidad Nacional de Lomas de Zamora. (s. f.). *Módulo: Respiración celular*. <http://agrarias.unlz.edu.ar/archivos_descargables/rvmaterialdebiologaparaelccf/Respiracion%20celular.pdf>

1. **CONTROL DEL DOCUMENTO**

|  | Nombre | Cargo | Dependencia | Fecha |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| AUTOR (es) | Diana Carolina Triana Guarnizo | Instructor | Centro de Gestión Industrial | 12/10/2020 |
|  | Juan Carlos Cárdenas Sánchez | Instructor | Centro de Gestión Industrial | 12/10/2020 |
|  | Gloria Esperanza Ortiz Russi | Evaluador y diseñador instruccional | Centro de diseño y metrología | Noviembre de 2020 |
|  | Martha Isabel Martínez Vargas | Productora audiovisual | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura | Diciembre 2020 |
|  | Ana Vela Rodríguez Velásquez | Diseño instruccional | Centro de Gestión Industrial | Mayo 2021 |
|  | Alix Cecilia Chinchilla Rueda | Evaluadora Instruccional | Centro de Gestión Industrial | Junio 2021 |
|  | Darío González | Corrección de estilo | Regional Tolima – Centro Agropecuario La Granja | Septiembre 2021 |

1. **CONTROL DE CAMBIOS**

|  | Nombre | Cargo | Dependencia | Fecha | Razón del cambio |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Autor (es) |  |  |  |  |  |