

PROBLEMAS BLOQUE 3 Y BLOQUE 4 - IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y TECNOLOGIAS PROCESOS PARA EL CONTROL DE LAS CARGAS AMBIENTALES

ENUNCIADO 1.

El objeto de las centrales térmicas es aprovechar la energía calorífica de un combustible para transformarla en electricidad (**Figura 1**). Esta transformación sigue el siguiente proceso:

- i) La energía contenida en el combustible se transforma, por combustión en energía calorífica.
- ii) La energía calorífica que absorbe el fluido de trabajo se convierte al expandirse en la turbina o motor en energía mecánica.
- iii) La energía mecánica es transformada en energía eléctrica a través del generador eléctrico.

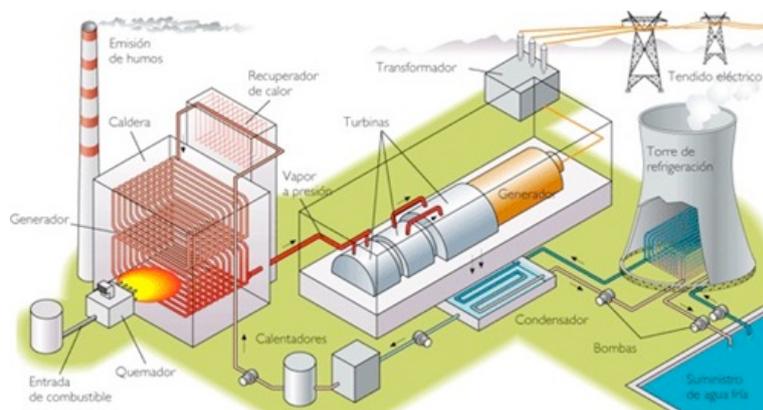


Figura 1: Funcionamiento de una central térmica.

Las fuentes más habituales de generación de calor son el carbón, fuel-oil o gas natural, pero hay una gran variedad de materiales de biomasa y de subproductos de procesos industriales que también pueden ser empleados. La combustión de estos combustibles genera energía, pero también produce emisiones atmosféricas de diversos contaminantes como dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) y óxidos de carbono (NO_x), entre otros (**Figura 2** *Error! No se encuentra el origen de la referencia.*). En este ejercicio vamos a determinar estas emisiones y el impacto ambiental y económico que generan.

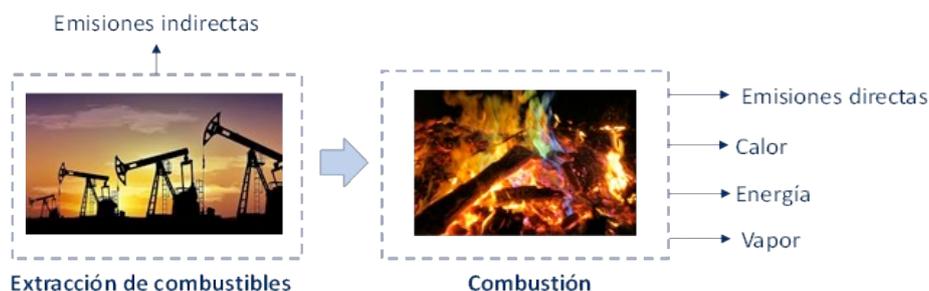


Figura 2: Proceso de combustión de combustibles fósiles.

Se pide,

- a) Estimar las cantidades necesarias de combustibles (en toneladas anuales) para alimentar una planta termoeléctrica de 100 MW trabajando en continuo 350 días/año. Conociendo las potencias caloríficas (PCI, poder calorífico inferior) y las eficiencias de las tecnologías de la **Tabla 1**.

Tabla 1: Poderes caloríficos de los combustibles y eficiencia de las tecnologías.

Combustible	PCI (GJ/t)	Eficiencia (%)
Carbón de importación	24,05	35
Carbón nacional	19,25	35
Fuel-oil	40,40	33
Gas Natural	48,20	45

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- *Fernández y Ramón (2021). Centrales de Generación de Energía Eléctrica. Open Course Ware, Universidad de Cantabria. Disponible en: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1160/course/section/1407/bloque-energia-IV.pdf>*
- *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020) Informe Inventarios GEI en España 1990-2018 (Edición 2020) Anexo VII Factores de emisión de CO₂ y PCI de los combustibles. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/es_2020_anexovii_unfccc_nir_tcm30-379357.pdf*

ENUNCIADO 2.

Saber estimar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxido nitroso (N₂O) y óxidos de azufre (SO₂) en kg de emisión por tonelada de combustible resulta indispensable para la calcular la huella de carbono de los distintos procesos.

- a) Calcular las emisiones de los gases anteriormente mencionados a partir de los factores de emisión de la **Tabla 2**.
- b) Justificar qué combustible presenta unas emisiones más altas por unidad de masa.
- c) ¿y por GJ de energía?

Tabla 2: Factores de emisión (FE) por GJ de los combustibles empleados en la central termoeléctrica.

Combustible	Factores de emisión				
	kg CO ₂ /GJ PCI	g CO/GJ PCI	g N ₂ O/GJ PCI	g NO _x /GJ PCI	g SO ₂ /GJ PCI
Carbón de importación	101	8,7	1,5	557	499
Carbón nacional	99,42	8,7	1,5	461	415,6
Fuel-oil	77,40	39	0,3	226	495
Gas Natural	55,98	15,1	0,1	170	4,15

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020) Informe Inventarios GEI en España 1990-2018 (Edición 2020) Anexo VII Factores de emisión de CO₂ y PCI de los combustibles. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/es_2020_anexovii_unfccc_nir_tcm30-379357.pdf*

ENUNCIADO 3.

El comercio de derechos de emisión es un instrumento de mercado, mediante el que se crea un incentivo o desincentivo económico que persigue un beneficio medioambiental. De esta manera se persigue que un conjunto de plantas industriales reduzca colectivamente las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Dentro de estas instalaciones, sujetas a la Ley 13/2010, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, se encuentran las instalaciones de combustión con una potencia térmica nominal superior a 20 MW.

Estas instalaciones tienen una asignación anual de derechos de emisión (EUA), es decir se les asigna anualmente la cantidad de CO₂ que pueden emitir. En el caso de exceder esa cantidad puede comprar en el mercado de CO₂ derechos de emisión, mientras que si no llegan a la cantidad asignada podrán vender sus derechos a otras instalaciones.

De acuerdo a los precios establecidos por tonelada de CO₂ que puedes consultar en la página del sistema europeo de negociación de CO₂ SendeCO₂ (<https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>), determinar los costes o los beneficios que le supone a la central termoeléctrica la emisión de CO₂.

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- *BOE (2010) Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/2010/07/05/13>*
- *Sistema europeo de negociación de CO₂ SendeCO₂. Disponible en: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>*

ENUNCIADO 4.

Otra forma que puede ser útil para estimar las emisiones de un proceso es a partir de la reacción de combustión que tiene lugar en la central termoeléctrica.

- a) Estimar la cantidad total de gases generados considerando combustión estequiométrica de carbón y del gas natural. Suponer que no existen impurezas en los combustibles.
- b) ¿Qué diferencias observas respecto a los resultados obtenidos con los factores de emisión?

ENUNCIADO 5.

Como se ha comentado anteriormente existen otro tipo de combustibles que se podrían emplear en una central termoeléctrica. A través de los valores de factores de emisión del Ministerio de Transición Ecológica, justificar qué combustible seleccionarías desde un punto de vista ambiental.

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- *Apuntes de teoría de la asignatura Sostenibilidad Ambiental Industrial*
- *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020) Informe Inventarios GEI en España 1990-2018 (Edición 2020) Anexo VII Factores de emisión de CO₂ y PCI de los combustibles. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/es_2020_anexovii_unfccc_nir_tcm30-379357.pdf*

ENUNCIADO 6.

A partir de las emisiones determinadas en los ejercicios anteriores,

- a) Calcular las cargas ambientales a la atmósfera, en términos de huella de carbono (kg CO₂ eq.), generadas anualmente por la termoeléctrica de acuerdo con los factores de caracterización de la **Tabla 3**.

Tabla 3: Factores de caracterización de los contaminantes emitidos la central termoeléctrica.

Contaminantes	Factor de caracterización Calentamiento Global	Factor de caracterización Acidificación
CO ₂	1	
CO		
N ₂ O	265	
NO ₂		1.35
SO _x		1.31

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- *IPPC method (2021) The Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/>*
- *Recipe method (2021) Universidad de Leiden. Disponible en: <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-projects/science/cml-recipe>.*

ENUNCIADO 7.

A partir de los datos de actividad de la termoeléctrica y de la información de la **Tabla 3**:

- a) Calcular las cargas ambientales a la atmósfera, en términos de SO₂ eq., generadas anualmente por la actividad de acuerdo con los factores de caracterización de la **Tabla 3**.
- b) Analizar los resultados obtenidos con los dos tipos de indicadores ambientales, acidificación y calentamiento global.

ENUNCIADO 8.

Evaluar ambiental y económicamente que combustible emplearías completado la información de la **Tabla 4**. Para la evaluación ambiental se deben emplear los resultados de los ejercicios 6 y 7 y para los precios los valores suministrados por la International Energy Agency IEA. ¿Qué combustible es más sostenible desde un punto de vista ambiental y económico?

Tabla 4: Análisis económico y ambiental de los distintos tipos de combustible.

Combustible	Huella de carbono (kg CO ₂ /t)	Acidificación (kg SO ₂ /t)	Precios (€/t)
Carbón de importación			
Carbón nacional			
Fuel-oil			
Gas Natural			

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- International Energy Agency, IEA (2021). Disponible en: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020/prices>

ENUNCIADO 9.

Los contaminantes del Ejercicio 8 son emitidos a través de los tres focos que se muestran en la **Tabla 5**. A partir de la información suministrada en las referencias de la bibliografía, se pide completar la **Tabla 5** con la catalogación de los focos emisores (CAPCA) según lo establecido en la normativa de referencia, así como indicar las periodicidades de medición de las emisiones de estos.

Tabla 5: Focos de emisión de contaminantes de la central termoeléctrica.

Nº	Denominación del foco	Epígrafe CAPCA	Grupo	Periodicidad controles reglamentarios	Periodicidad autocontroles
1	Turbinas de gas de P.t.n. (Potencia térmica nominal) >= 50 MWt				
2	Grupo electrógeno (motor de combustion interna)1 (250 kW _t)				
3	Grupo electrógeno 2 (1300 kW _t)				

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- BOE (2011) Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- BOC (2009) Decreto 50/2009, de 18 de junio, por el que se regula el control de la contaminación atmosférica industrial en la Comunidad Autónoma de Cantabria.

ENUNCIADO 10.

Una Entidad colaboradora de la Administración en materia de Medio Ambiente Atmosférico (ECAMAT) ha realizado controles reglamentarios de las emisiones atmosféricas del foco 1 de la central, obteniendo los resultados para los diferentes contaminantes que se muestran en la **Tabla 6**:

Tabla 6: Concentraciones medidas de NO₂ y CO en el foco 1 según 3 mediciones.

Contaminante	Concentraciones medidas			Unidades
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	
NO ₂	77	78	76	mg/Nm ³
CO	10,51	10,77	9,67	mg/Nm ³
SO ₂	1,21	1,34	1,45	mg/Nm ³

En base a los resultados obtenidos por la ECAMAT (**Tabla 6**),

- a) justificar si se cumplen o incumplen los valores límite de emisión que han sido autorizados y que se muestran en la **Tabla 7**.

Tabla 7: Focos de emisión, parámetros de control y valor límite autorizado.

Focos	Parámetros de control	Valor límite autorizado
Foco 1	NO _x (como NO ₂)	300 ppm (partes por millón)
	CO	10 ppm
	SO ₂	150 ppm

ENUNCIADO 11.

Las emisiones calculadas en los ejercicios anteriores son confinadas a través de una chimenea revestida de ladrillo refractario. La dispersión de contaminantes sigue una distribución gaussiana tal y como se muestra en la **Figura 3**.

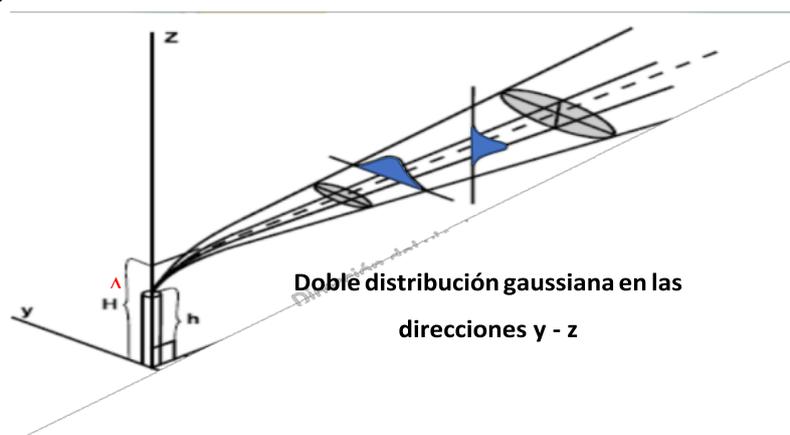


Figura 3: Modelo de dispersión de contaminantes.

La geometría de una chimenea se puede asemejar la de un cono truncado invertido (**Figura 4**). La altura de la chimenea es de 20 metros de diámetro, el diámetro de la base inferior es de 2m y el de la base superior de 1.5 m.

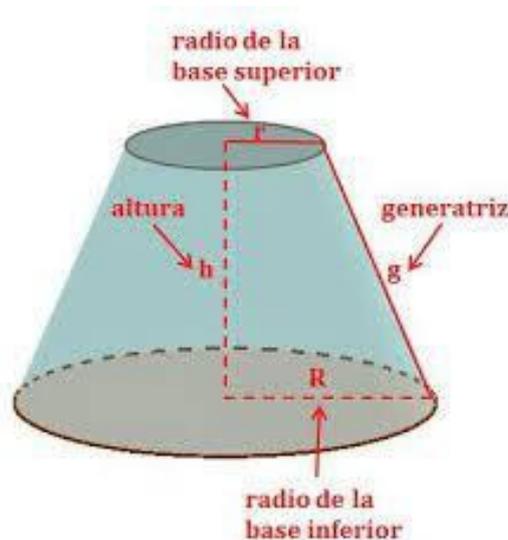


Figura 4: Geometría de una chimenea.

En base a los datos suministrados y sabiendo que el precio del ladrillo refractario es aproximadamente de 54 €/m²:

- Calcular los costes de inversión para construir la chimenea. Analizar gráficamente la relación que existe entre la altura y los costes.
- ¿Qué pasaría si empleásemos otro material de revestimiento? ¿Cuál recomendarías?

ENUNCIADO 12

Además de las emisiones de CO₂ uno de los contaminantes emitidos por las instalaciones industriales son las partículas. El material particulado atmosférico engloba una gran variedad de compuestos que varían ampliamente tanto en sus características físico-químicas, como en su origen y vías de formación, y por tanto en sus efectos sobre la salud y el medio ambiente. El tamaño de las partículas es el principal factor limitante para la mayor o menor penetración en las vías respiratoria (MITECO) y de este parámetro dependerá el tipo de equipo de eliminación y recuperación más adecuado.

Se pide:

- Completar la **Tabla 8** con los principales tipos de tecnologías de control de partículas: separadores, ciclones, precipitadores electrostáticos y lavadores húmedos.
- Seleccionar la tecnología más adecuada para las partículas más pequeñas y determinar los costes de inversión de la tecnología seleccionada.
- A partir de la información de la Organización Mundial de la salud (OMS) analizar los efectos a la salud humana en función del tamaño de partícula.

Tabla 8: Características de los distintos tipos de tecnologías de control de partículas

Tecnología	Tamaño de partícula	Temperatura	Ventajas	Desventajas

Información útil a la hora de resolver la tarea:

- *Mejores Técnicas Disponibles Sistemas de Gestión y Tratamiento de Aguas y Gases Residuales en el Sector Químico (2009). Documento BREF. <https://prtr-es.es/Data/images//SISTEMAS-GESTION-Y-TRATAMIENTO-SECTOR-QUIMICO-31BD47D46BEE5B08.pdf>*
- *Organización Mundial de la salud. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).*

ENUNCIADO 13.

En base a los conocimientos vistos previamente en teoría, una empresa, tras hacer los tratamientos correspondientes a las aguas generadas en sus instalaciones, puede verter sus efluentes a Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT), Dominio Público Hidráulico (DPH) o alcantarillado.

- Con toda la información disponible, completar la **Tabla 9** *Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, identificando el medio receptor, la normativa aplicable, la autoridad competente y los cánones que hay que pagar en cada uno de los casos.

Tabla 9: Principales características de vertido a DPMT, DPH y alcantarillado.

	DPMT	DPH	Alcantarillado
Medio receptor			
Normativa de aplicación			
Autoridad competente			
Cánones			

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- [Decreto 18/2009](#) de 12 de marzo, relativo al Reglamento del Servicio Público de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales Urbanas
- [Ley de Cantabria 2/2014](#), de 26 de noviembre, de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de la Comunidad Autónoma de Cantabria.
- [Ley 22/1988](#) de 28 de julio de costas
- [Real Decreto 606/2003](#) de 23 de mayo relativo al Reglamento del DPH que desarrolla la Ley de

Aguas por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

ENUNCIADO 14.

En general, las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) vierten sus aguas residuales directamente al alcantarillado, por lo que el agua residual utilizada pasa a una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). Una vez que dicha agua es tratada, el efluente debe cumplir con la normativa vigente en cuanto a límites de vertido. Se pide, identificar los límites de vertido, de las aguas residuales en Cantabria, de los siguientes parámetros, tomando como referencia la normativa específica colgada en la información adicional del Tema 3.

- a) Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- b) Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).
- c) Hierro.
- d) Temperatura.

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- [Decreto 18/2009](#), *Reglamento del Servicio Público de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales Urbanas.*

ENUNCIADO 15.

Mientras que una Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) es una instalación en la que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano, una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), recoge y trata las aguas residuales para eliminar gran parte de las sustancias contaminantes que lleva.

- a) Identificar y describir cada una de las etapas principales de estas instalaciones.
- b) Dibujar un diagrama de flujo de ambos procesos.

ENUNCIADO 16.

El valor de referencia relativo al tamaño de una depuradora es el término de habitante equivalente (he). Este término viene definido oficialmente en el Real Decreto 11/1995, donde se remarca que, un he hace referencia a una carga orgánica biodegradable con DBO₅ (Demanda Biológica de Oxígeno) de 60 g de oxígeno por día. Esta definición para determinar los habitantes equivalentes se debe contabilizar haciendo la media de la semana de mayor carga del año sin lluvias o vertidos extraordinarios según indica la Directiva 91/271. Es importante destacar que la relación entre habitantes reales y equivalentes no es 1; hay más habitantes equivalentes que habitantes reales en cualquier población. Esto es debido a que además de la contaminación debida a las excreciones humanas hay otro tipo de contaminación debida a industrias, fábricas, negocios, comercios, servicios, entre otros.

- a) Si una planta depuradora de aguas residuales de 1.800 m³/h, descarga el efluente con una DBO₅ de 15 mg/L en un río, calcular el número de habitantes equivalentes para esa depuradora.
- b) Además, si la DBO₅ del río aguas arriba del punto de descarga es 0,1 mg/L, con un caudal de 30 m³/s, determinar la DBO₅ del río aguas abajo de la descarga, suponiendo un mezclado perfecto.

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- *Apuntes de la asignatura Balances Macroscópicos y Microscópicos en Ingeniería Química.*

- [Real Decreto-ley 11/1995](#), de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Directiva 2013/64/UE del Consejo de 17 de diciembre de 2013.
- Habitantes equivalentes (he) $\frac{CC_{EDAR} \left(\frac{g\ DBO_5}{día} \right)}{60 \left(\frac{g\ DBO_5}{día} \right)}$

ENUNCIADO 17.

En una depuradora de tratamiento de aguas residuales urbanas, se tratan cada día 5.000 m³ en el clarificador, tanque de sedimentación para la eliminación continua de sólidos por sedimentación. Si el influente contiene 210 mg/L de sólidos en suspensión, y el agua una vez tratada contiene 4 mg/L.

- Realizar el diagrama de flujo.
- Calcular el caudal másico de sólidos suspendidos en la corriente de lodos, considerando que esta corriente corresponde al 15 % del caudal de entrada.

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- *Apuntes de la asignatura Balances Macroscópicos y Microscópicos en Ingeniería Química.*

ENUNCIADO 18.

El cloro es el reactivo más usado para desinfectar el agua destinada al consumo humano ya que posee un gran poder oxidante, que favorece la destrucción de la materia orgánica. Si una ETAP trata 360 m³/h y el valor a la entrada de cloro libre es 0,3 mg/L y se ha fijado un valor consigna a la salida de 0,6 mg/L ¿qué cantidad de hipoclorito sódico comercial (con una pureza del 17 % en peso) debemos añadir diariamente?

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- *Apuntes de la asignatura Balances Macroscópicos y Microscópicos en Ingeniería Química*

ENUNCIADO 19.

Si una EDAR consume 0,5 kWh/m³, considerando el mix eléctrico actual de España, Francia y Noruega. Utilizando los datos la siguiente dirección: <https://www.electricitymap.org/zone/ES> se pide:

- Completar la **Tabla 10** y comentar las principales diferencias en cada país.
- Calcular las emisiones en CO₂ equivalente de cada m³ de agua.

Tabla 10: Porcentaje de utilización de distintas fuentes de energía en España, Francia y Noruega.

Fuente de energía y contribución	España	Francia	Noruega
Nuclear			
Biomasa			
Eólica			
Solar			
Hidráulica			
Gas Natural			
Petróleo			

Otras			
-------	--	--	--

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- Apuntes de teoría de la asignatura Sostenibilidad Ambiental Industrial.
- Conocimientos de bloque 1 de la asignatura Sostenibilidad Ambiental Industrial.

ENUNCIADO 20

Algunas estaciones depuradoras de aguas residuales, con el fin de disminuir su consumo energético adecúan sus plantas para llevar a cabo el aprovechamiento del biogás generado durante la digestión anaerobia de los fangos obtenidos en el proceso de depuración de las aguas residuales. La digestión anaerobia es un proceso natural por el cual, en condiciones de ausencia de oxígeno, la materia orgánica se degrada obteniéndose como resultado de esa fermentación, el biogás. Dicho biogás se almacena en un gasómetro de doble membrana. Se pide:

- Identificar al menos una EDAR de la región que haya implantado este tipo de aprovechamiento energético.
- Describir cómo funciona el proceso
- ¿Qué porcentaje de reducción en términos de consumo energético supone la instalación de estos procesos?

ENUNCIADO 21.

Considerando que una empresa vierte sus efluentes a la Bahía de Santander, calcular el precio parcial del canon del agua residual en €/m³ realizado en el año 2020 de los vertidos de acuerdo con las siguientes características del vertido mostradas en la **Tabla 11**.

Es importante tener en cuenta que, para el cálculo del canon de agua residual debe utilizarse el Decreto 36/2015, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Régimen Económico- Financiero del abastecimiento canon y saneamiento de aguas de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Tabla 11: Características del vertido en el año 2020.

Parámetros contaminación	Valor vertido (año 2020)												E
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	
DQO (mg O ₂ /L)	633	567	433	634	755	610	504	628	712	444	548	602	25
COT (mg/L)	879	788	601	881	1049	847	700	872	989	617	761	836	34
Materias Inhibitorias (equitox/m ³)	12	10	13	14	16	19	20	12	13	14	17	11	1
Nitrogeno (mg/L)	12	9	9	6	12	6	4	12	12	15	12	16	2
Fosforo (mg/L)	1	5	2	3	3	4	2	3	4	1	4	5	0.5
Temperatura (°C)	18	19	20	21	22	28	32	33	27	23	19	18	16
Cu (mg/L)	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- *Apuntes de la asignatura Balances Macroscópicos y Microscópicos en Ingeniería Química*

ENUNCIADO 22.

Si suponemos que una empresa de la región realiza los vertidos de DQO, DBO y fósforo total únicamente a la red de saneamiento,

- Calcular el canon del agua residual en €/m³ de acuerdo a los datos de la **Tabla 12**.
- ¿Qué otros cánones, por verter a la red de saneamiento, debería pagar la empresa?
- Busca una factura de agua e indica cuánto es el coste por m³ de agua en los domicilios de los particulares. ¿Qué opinas del precio?

Tabla 12: Principales consumos y emisiones de la instalación.

Parámetros de vertido	Valor vertido mensual												E
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
DQO (mg/l)	2450	2560	2150	2200	2060	2310	2360	2410	2390	2580	2466	2100	2150
DBO (mg/l)	1150	1205	1160	1130	1090	1800	1089	1256	1244	1034	1056	1150	560
Fósforo (mg/l)	4500	4780	4650	4320	4840	4890	4750	4760	4560	4787	4733	4600	3874

ENUNCIADO 23.

Si suponemos que una empresa de la región realiza los vertidos de DQO, DBO y fósforo total únicamente a la red de saneamiento,

- Calcular el canon del agua residual en €/m³ de acuerdo a los datos de la **Tabla 13**.
- ¿Qué otros cánones, por verter a la red de saneamiento, debería pagar la empresa?
- Busca una factura de agua e indica cuánto es el coste por m³ de agua en los domicilios de los particulares. ¿Qué opinas del precio?

Tabla 13: Principales consumos y emisiones de la instalación.

Parámetros de vertido	Valor vertido mensual												E
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
DQO (mg/l)	2450	2560	2150	2200	2060	2310	2360	2410	2390	2580	2466	2100	2150
DBO (mg/l)	1150	1205	1160	1130	1090	1800	1089	1256	1244	1034	1056	1150	560
Fósforo (mg/l)	4500	4780	4650	4320	4840	4890	4750	4760	4560	4787	4733	4600	3874

ENUNCIADO 24.

Santander que tiene actualmente más de 170.000 habitantes, quiere revisar su sistema de gestión de residuos, diseñando las necesidades de la ciudad en cada una de las etapas: recogida, transporte y tratamiento. Se pide,

- Identificar conceptualmente las necesidades de gestión.
- De acuerdo con la información relativa a la cantidad de residuos municipales que se generan actualmente en España, determinar la cantidad de residuos anuales y per cápita que se generan en la ciudad.
- Escoger el tipo de separación que más adecuado para la ciudad en base a la clasificación de la **Tabla 14**. Para ello tienes que tener en cuenta las características de la ciudad.

Tabla 14: Tipos de sistemas de separación de residuos.

Tipo 1 5 fracciones	Tipo 2 Húmedo -seco	Tipo 3 Multiproducto	Tipo 4 4 fracciones + poda	Tipo 5 4 fracciones	Tipo 6 3 fracciones
Vidrio	Vidrio	Vidrio	Vidrio	Vidrio	Vidrio
Papel-cartón	Papel-cartón	Papel-cartón + Envases ligeros	Papel-cartón	Papel-cartón	Papel-cartón
Envases ligeros	Resto + Envases ligeros		Envases ligeros	Envases ligeros	-
Resto		Resto	Resto (incluye FO)	Resto (incluye FO)	Resto (incluye FO + envases ligeros)
Fracción orgánica	Fracción orgánica	Fracción orgánica	Residuos de jardinería	-	-

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- Eurostat. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/data/database>
- Instituto nacional de estadística. Disponible en: <https://www.ine.es/>

ENUNCIADO 25.

La recogida de los residuos municipales se puede llevar a cabo mediante diferentes tipos de sistemas tal y como se resume en la **Figura 5**. Además, en la documentación incluida en la información adicional se describen las ventajas y desventajas de estos sistemas de recogida que se resumen en la **Figura 6**.

- Seleccionar y justificar el tipo de sistema más adecuado.
- Calcular el número aproximado de contenedores que se necesitaría.



Figura 1: Resumen de los sistemas de recogida.

		1. Resultado sistema (% recogida separada)	2. Cantidad impropios sistema recogida	3. Proximidad usuario	4. Ocupación espacio público	5. Impacto visual	6. Presencia residuos vía pública (desbordamiento fuera contenedor)	7. Olores	8. Transporte residuos	9. Ruido
		Cond. +	Cond. -	Cond. +	Cond. -	Cond. -	Cond. -	Cond. -	Cond. -	
Neumática	Buzones edificios	?	?	↑	↓↓	↓↓	↓↓	↓	↓↓	↓
	Buzones vía pública	?	?	→	→	→	→	↓	↓↓	↓
Puerta a Puerta		↑↑	↓	↑↑	↑	↓	↓	↓	↑↑	→
Contenedores superficie		(1) →	(1)	→	↑	↑	→	↑	↑	↑
Contenedores soterrados		?	?	→	→	→	→	→	↑	↑
Codificación		Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	Datos no concluyentes ?			

Figura 5: Ventajas y desventajas de los sistemas de recogida.

ENUNCIADO 26.

Para la recogida de los residuos se pueden emplear diferentes tipos de camiones, en el caso de no haber escogido un sistema de recogida neumática en el enunciado 30, en función de la carga del contenedor. Se pide:

- Seleccionar tipo de vehículo más adecuado y la frecuencia de recogida.

ENUNCIADO 27.

Diseñar el sistema de tratamiento final de los residuos teniendo en cuenta el tipo de separación propuesto y los tipos de tratamiento disponibles y más habituales en España. Plantear el balance de materia de un complejo de tratamiento de residuos.

ENUNCIADO 28.

Una instalación industrial genera una serie de residuos tanto peligrosos como no peligrosos. La **Tabla 15** contiene la información más detallada sobre los residuos generados en la instalación (se incluyen cantidades), mientras que la **Tabla 16** describe residuos que han sido identificados por los operarios de planta de forma menos precisa, tras proceder a la limpieza de un viejo almacén. Se pide completar las Tablas, describiendo y catalogando los residuos generados en la instalación. En caso de que sea posible más de un código LER incluir ambos (en tanto que la información proporcionada es limitada).

Figura 15: Residuos peligrosos y no peligrosos identificados en instalación industrial.

Tipología	Código LER	NOMBRE DESCRIPTOR LER	DESCRIPCIÓN	Cantidad (t/año)
Peligrosos			Materiales para aislamiento (amianto)	40
			Catalizador para procesos de hidrogenación	8
			Materiales absorbentes (contaminados con HC y disolventes no halogenados)	8
No Peligrosos			Madera, plásticos, papel, cartón e inertes en general (fracción no segregada)	316
			Chatarra	73
			Lodos de la planta de tratamiento de aguas	252

Tabla 3: Residuos identificados por los operarios.

Tipología	Código LER	NOMBRE DESCRIPTOR LER	Datos suministrados por los operarios
			Residuos de construcción
			Anticongelantes
			Plásticos
			Ropa vieja de trabajo
			Envase que han contenido mezclas de disolventes

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

ENUNCIADO 29

Además de la codificación LER, se puede usar la codificación OCDE. Se pide,

- Determinar las principales diferencias entre la codificación LER y la OCDE.
- Completar la 4 (estos residuos han aparecido en la **Tabla 17**), realizar una propuesta de una posible codificación OCDE.

Tabla 17: Codificación OCDE de los residuos generados.

Codificación OCDE	Código OCDE completo	Código LER	RESIDUOS

										Materiales para aislamiento (amianto)
										Materiales absorbentes (contaminados con HC y disolventes no halogenados)

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio
- Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados

ENUNCIADO 30.

Identificar los gestores autorizados y transportistas que tienen sede en Cantabria y podrían gestionar los catalizadores de los procesos de hidrogenación.

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- Sistema de información ambiental de Cantabria. Disponible en: <https://siacan.cantabria.es/siacan/>

ENUNCIADO 31.

Los pictogramas de Seguridad son Símbolos de riesgo químico estandarizados en la Unión Europea que especifican a qué peligros se encuentran expuestas las personas que intenten transportar, manipular o almacenar productos. Se pide,

- Completar la **Tabla 18**.
- Explicar los criterios principales que hay que tener en cuenta a la hora de almacenar productos o envases.
- Identificar la legislación que regula su utilización.

Tabla 18: Pictogramas de Seguridad.

Etiqueta	Código	Pictograma
Explosivo		

Inflamable		
Oxidante		
Tóxico		
Irritante		
Peligroso para el cuerpo		
Gas presurizado		
Corrosivo		
Dañino para el medio ambiente		

ENUNCIADO 32.

Una empresa industrial genera una cantidad de 1.000 t/año (en base seca) de lodos en la planta de tratamiento de aguas. La gestión de dichos lodos, según su catalogación, genera un coste elevado para la empresa, por lo que se ha planteado dentro de la dirección técnica de la empresa la posibilidad de reducir dicho coste.

Para ello se ha realizado una caracterización química de dicho residuo, obteniendo los resultados mostrados la **Tabla 19**:

Tabla 19: Parámetros del lodo en base seca.

Parámetro	Valor	Unidad
Cd	13	mg/kg materia seca
Cu	450	
Ni	380	
Pb	600	
Zn	2.800	
Hg	3	
Cr	560	

Responde:

- De acuerdo con la normativa de aplicación ¿cuáles serían los requisitos a cumplir para poder utilizar esos lodos en el sector agrario?
- Si el precio medio que se paga por el empleo de los lodos de la depuradora en los suelos se encuentra en el entorno de 5 céntimos € por cada kg de residuo en base seca y el pH del suelo en el municipio es de 7,3 ¿cuáles serían los ingresos potenciales derivados de la venta de dichos lodos?
- Si el pH del suelo fuera de 6,8 ¿cambiaría la gestión la utilización de los lodos?

ENUNCIADO 33.

Derivada de la necesidad de abono orgánico en la actividad agrícola citada en el enunciado anterior, se ha planteado la posibilidad de participar en un proyecto de compostaje de los lodos de la depuradora y de sus residuos biodegradables producidos en la cocina y restaurante de la misma, así como otros de mercados de productos animales y vegetales del citado municipio para su uso como enmienda orgánica. Para ello, se ha realizado un proyecto piloto y caracterizado el compost generado, obteniendo los siguientes datos según la **Tabla 20**.

Tabla 20: Parámetros del compost.

Parámetro	Valor	Unidad
Nitrógeno orgánico	88	% respecto al N total
Escherichia coli	< 600	NMP por gramo
Cd	2,5	mg/kg materia seca
Cu	250	
Ni	52	
Pb	131	
Zn	430	
Hg	0,3	
Cr	61	

Se pide:

- ¿De acuerdo con la normativa de aplicación, ¿se podría utilizar este compost para el objetivo propuesto de fabricación de fertilizantes como enmienda orgánica?
- ¿Existe un límite máximo anual de cantidad utilizada?

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario
- Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario

ENUNCIADO 34

Un hospital con 1.200 empleados y 500 camas es una clínica especial para casos de ortopedia. En la sala de operaciones se generan 1.000 kg semanales de moldes de yeso, ropas de la sala de operaciones y guantes desechables (estos últimos considerados como desecho no infeccioso). Estos residuos acaban en un contenedor para desechos totales. Por su parte, las jeringuillas y los bisturís provenientes de la sala de operaciones son colocados en una bolsa separada y enviados a un contenedor para residuos desechables. Además, en el Departamento de Radiografía se generan semanalmente 400 L de baños de fijación que son vertidos a un tanque y eliminados una vez al mes. Finalmente, todos los cartones sobrantes de la cafetería y las latas son enviados a un contenedor de 7 m³. Se pide,

- a) Encontrar los códigos de identificación apropiados para los diferentes tipos de desechos descritos, empleando la lista europea de residuos.
- b) Determinar aquellos de los desechos generados que pueden clasificarse como peligrosos.
- c) Describir al menos dos técnicas que podrían suponer un ahorro en la generación de residuos.

Información útil a la hora de resolver el ejercicio:

- ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos