

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA



Definición

- *“Introducción por el hombre en la atmósfera y de manera artificial, directa o indirectamente, de materias en cualquier estado físico o de formas de energía, capaces de producir efectos que puedan poner en peligro la salud humana, dañar los recursos vivos o bienes de cualquier naturaleza o impedir o interferir con el disfrute del paisaje y otros usos legítimos del medio ambiente”.*

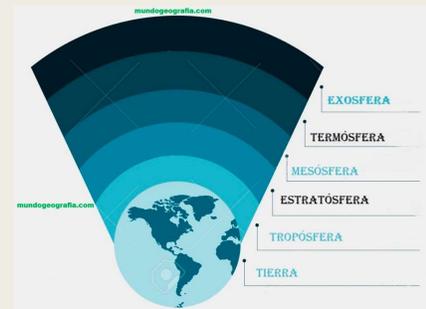
IPPC

Atmósfera. Composición

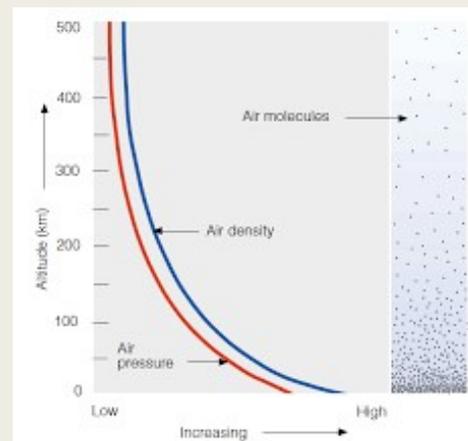
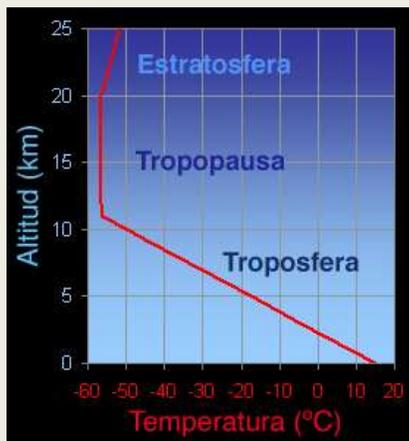
- Está compuesta por:
 - **Aire seco:** composición casi constante, que se puede tratar como un solo gas.
 - **Vapor de agua:** juega un papel importante en el clima. Se encuentra en principalmente en los primeros 5km y puede componer el 4% en volumen.
 - **Partículas en suspensión**

En contaminación atmosférica la atención se concentra principalmente en la tropósfera (>10km).

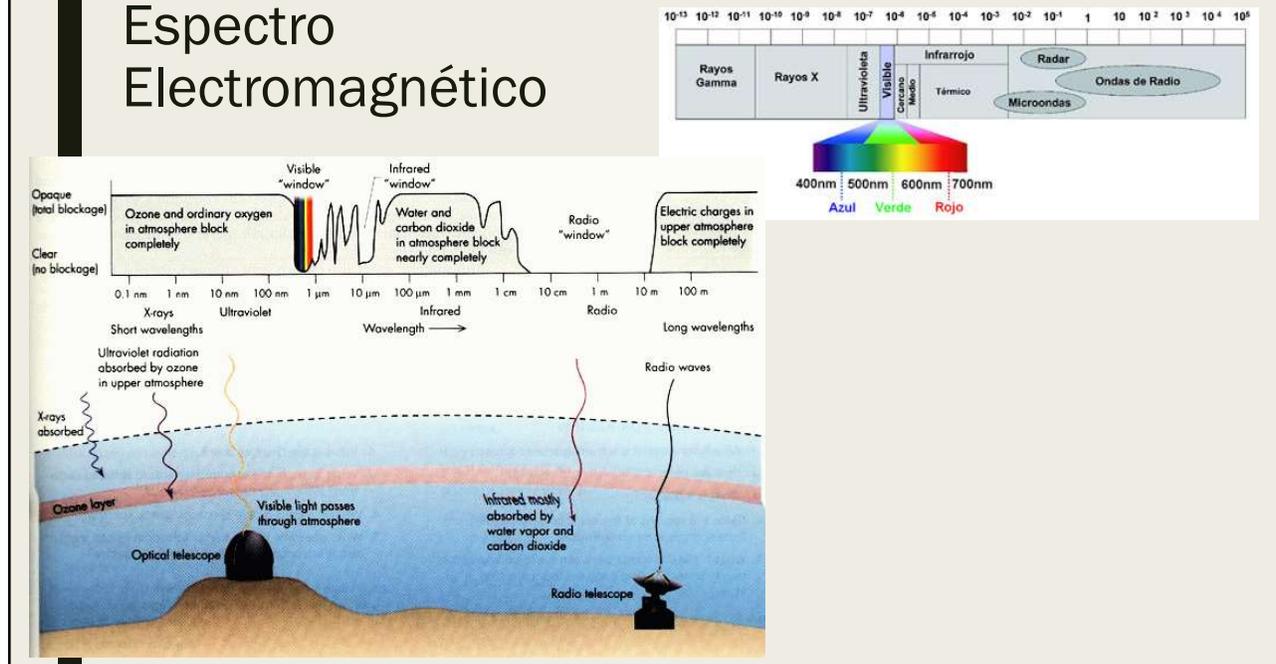
Nitrógeno:	78 %
Oxígeno:	21 %
Argón:	0,9 %
Dióxido de carbono:	0,03 %
Otros gases:	0,07 % (Proporciones de vapor de agua, trazas de hidrógeno, ozono, metano, monóxido de carbono, helio, neón, kriptón y xenón).
TOTAL	100,00 %



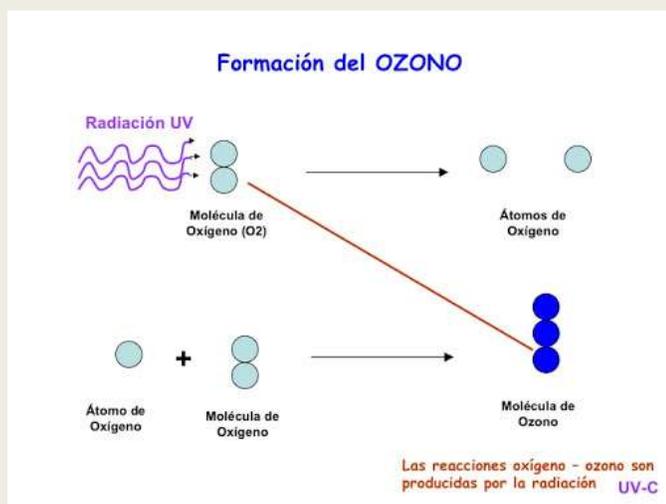
Presión y Temperatura



Espectro Electromagnético



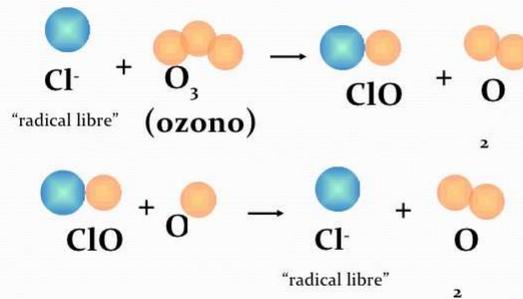
La capa de ozono



Para mantener constante la capa de ozono en la estratosfera esta reacción fotoquímica debe suceder en perfecto equilibrio, pero estas reacciones son fácilmente perturbables por moléculas, como los compuestos clorados (como los clorofluorocarbonos³) y los compuestos bromurados

La capa de ozono

Destrucción del ozono



Protocolo de Montreal

Se enfoca en la eliminación de las emisiones mundiales de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SACO). El tratado propone la reducción en su producción y consumo hasta llegar a la eliminación parcial.



Gases de Efecto Invernadero

- Los GEI son gases que absorben radiación IR, dejan pasar el visible que viene del sol y no dejan salir del todo el IR que sale de la superficie terrestre.
- Parte de la radiación IR que absorben es emitida al espacio y parte de nuevo a la tierra → EFECTO INVERNADERO
- Los GEI son:
 - Dióxido de carbono CO_2
 - Vapor de agua H_2O
 - Metano CH_4
 - Ozono O_3
 - Oxido nitroso N_2O
 - CFCs

Ventana infrarroja

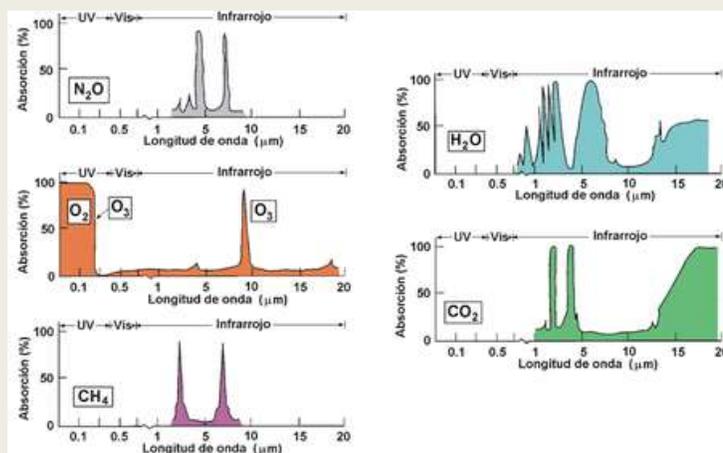
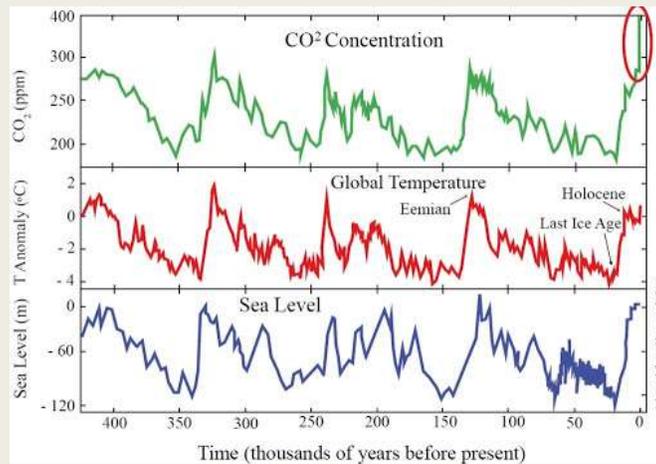


Figura 2. Coeficientes de absorción (en %) por gases atmosféricos, en función de la longitud de onda del espectro electromagnético, distinguiéndose los intervalos de radiación ultravioleta (UV), visible (Vis) e infrarrojo.

Variaciones de temperatura vs Concentración de CO₂ atmosférico



Protocolo de Kyoto

- 1997: Convenio para reducir emisiones de GEI
- En reuniones sucesivas, se trataron temas como compra-venta de derechos de emisión y descuentos por sumideros de carbono.
- Metas establecidas: reducir para 2012 las emisiones de Usa en un 7%, Japón 8% y Canadá 6%
- Se propusieron medidas tecnológicas para la reducción de emisiones de CO₂:
 - *Uso eficiente de energía*
 - *Uso de combustibles con alta relación H/C*
 - *Fuentes alternativas de energía (eólica, solar)*
 - *Captura y secuestro de CO₂*

Contaminación Acústica

Definiciones

- FUENTE: Cualquier elemento que produzca vibraciones mecánicas
- RUIDO: Sonido indeseable para el receptor
- SONIDO: Fenómeno físico de propagación de ondas. Generalmente a través de un fluido y otro medio elástico y como resultado de los desplazamientos que una fuente de vibración mecánica imprime a las partículas del medio que la rodea

Escalas de ruido

Nivel de intensidad del sonido.	
140 dB	Umbral del dolor
130 dB	Avión despegando
120 dB	Motor de avión en marcha
110 dB	Concierto
100 dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50/60 dB	Aglomeración de Gente
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Respiración tranquila
0 dB	Umbral de audición

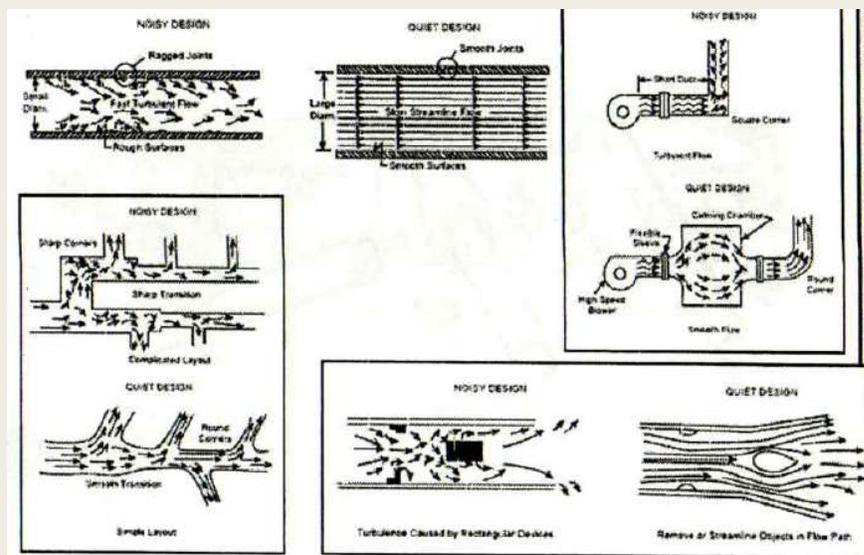
$$L_P = 20 \times \log \frac{P_1}{P_0} \text{ (dB)}$$

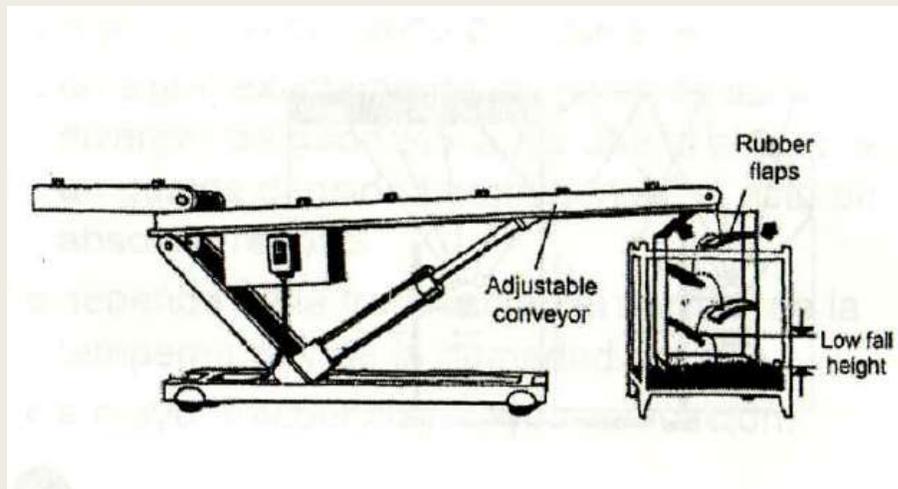
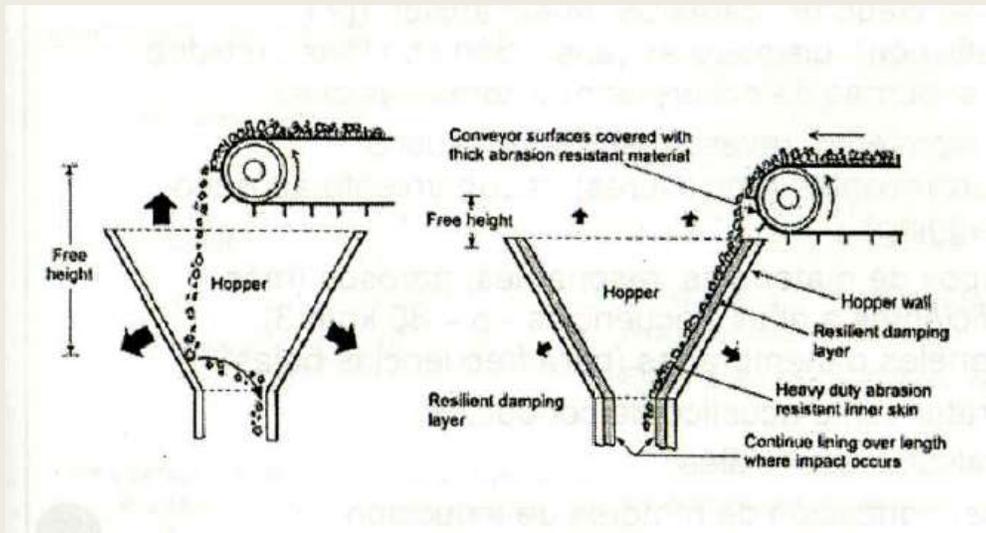
Fuentes industriales

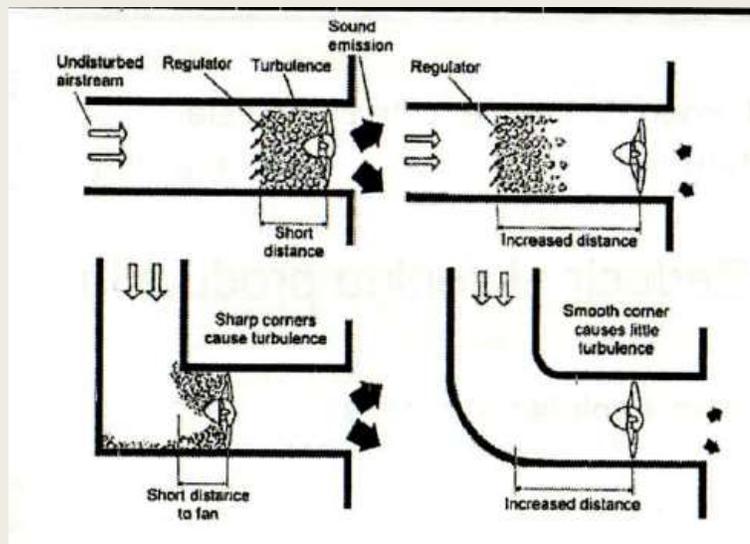
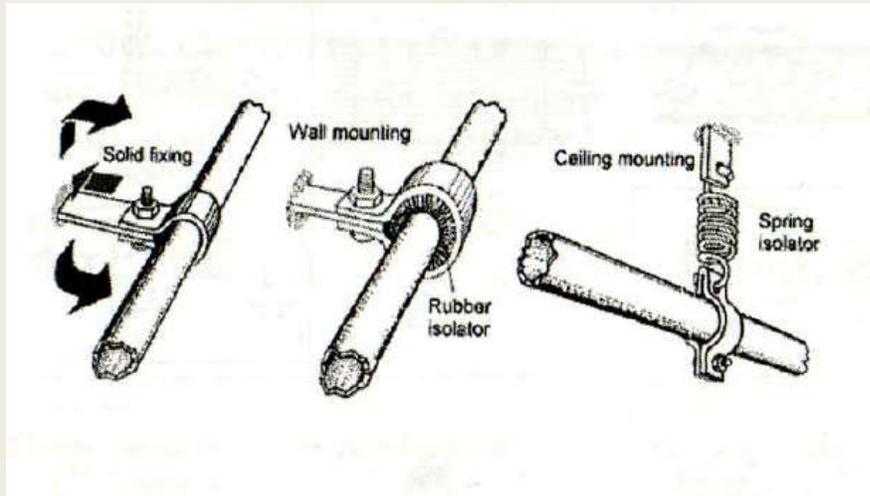
- Venteos
- Válvulas de control
- Ventiladores
- Compresores
- Turbinas
- Bombas
- Motores eléctricos
- Hornos

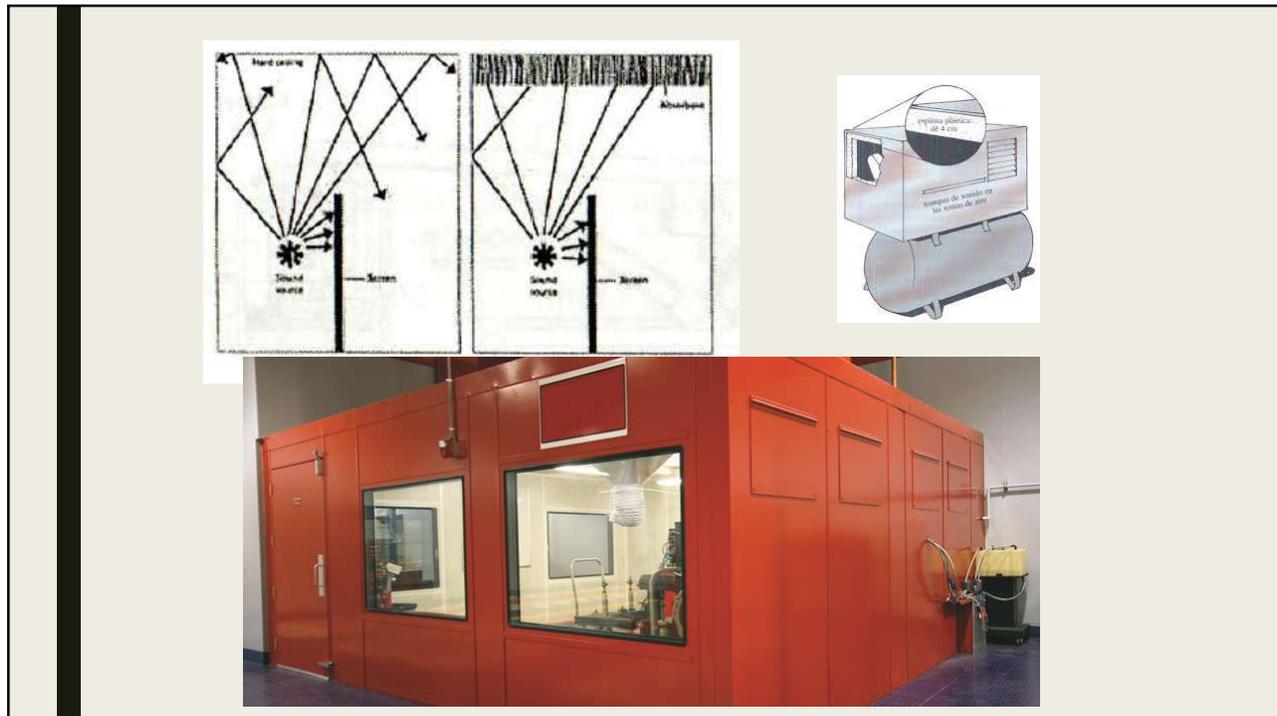
Medidas de control

- Silenciadores: cámaras de expansión y disipadores
- Aislamiento: revestimiento de caucho, cerramientos, recubrimiento acústico
- Tipos de materiales: resonantes, porosos (más eficientes para altas frecuencias) paneles, membranas (para bajas frecuencias)
- Tratamiento acústico de conductos
- Válvulas especiales
- Insonorización de motores de inducción.









Norma Iram 4062. Ruidos molestos

- Protocolo de medición. Contempla:
 - *Carácter del ruido (continuo, impulsivo)*
 - *Zona (hospitalaria, residencial, industrial)*
 - *Horario (diurno, nocturno)*
- *Compara el ruido generado con el de fondo preexistente, mediante una serie de factores de corrección.*

Contaminantes Criterio

- Son los contaminantes atmosféricos más comunes y más estudiados. Para ellos se fijan niveles de concentración permitidos y sirven de parámetro para determinar la calidad del aire.
- Son familias de contaminantes y se los clasifica según el elemento químico que tienen en común.

GRUPO	CONTAMINANTE
Partículas	Cenizas, aerosoles...
Compuestos de azufre	SO ₂ , SO ₃ , H ₂ S, SO ₄ -2
Compuestos de nitrógeno	NO, NO ₂ , NO ₃ -,NH ₃
Compuestos de carbono	CO, CO ₂
Compuestos orgánicos	HC, Aldehídos
Compuestos de halógenos	HF,HCl,F-,Cl-

SO_x. Compuestos más comunes

- Dióxido de azufre (SO₂)
 - Irritante a concentraciones superiores a 3 ppm
 - Tiene poder reductor, sufriendo la acción de oxidantes diversos en la atmósfera
 - Fuentes principales: producción energética y térmica, derivado de combustibles que contienen azufre.
- Trióxido de azufre (SO₃)
 - Puede provenir de la combustión(al igual que el SO₂), o de la oxidación del SO₂ en atmósfera.
 - Muy reactivo, no suele encontrarse en condiciones normales, debido a que reacciona con la humedad, formando SO₄H₂
- Sulfuro de hidrógeno (SH₂)
 - Fuentes: Plantas de aguas residuales, fabricación de papel, fabricación de acero.
 - Producto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica

SOx. Principales consecuencias

- Los **compuestos** del **azufre** presentan un olor desagradable y a menudo son altamente tóxicos. En general las sustancias sulfurosas pueden tener los siguientes efectos en la salud humana: Efectos neurológicos y cambios comportamentales. Alteración de la circulación sanguínea.
- Contribuyen a la formación de lluvias ácidas, con las consecuencias implicadas: acidificación de aguas, deterioro de materiales, empobrecimiento de suelos, entre otras...

NOx. Compuestos más comunes

- Óxido Nitroso (N_2O)
 - *No se lo suele considerar como contaminante, aunque es un GEI y en la estratósfera sufre fotodisociación a NO.*
- Monóxido y Dióxido de Nitrógeno (NO , NO_2)
 - *Proviene principalmente de combustiones de derivados del petróleo a altas temperaturas. También se emiten desde fábricas de compuestos nitrogenados, fertilizantes y explosivos.*
 - *En la atmósfera, se convierten en ácido nítrico (NO_3H). El cual después se elimina como nitrato con la lluvia o polvo.*
- Amoníaco (NH_3)
 - *Puede, provenir, principalmente, de fugas en circuitos de refrigeración y de ciertos procesos industriales (plantas de fertilizantes u otros productos orgánicos)*
 - *En la atmósfera, suelen formar el ion amonio NH_4^+ mediante absorción húmeda o reacción con un ácido. O, por otro lado, oxidarse para formar nitratos.*

NOx. Principales consecuencias

- Los niveles bajos de óxidos de nitrógeno en el aire pueden irritar los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones, y posiblemente causar tos y una sensación de falta de aliento, cansancio y náusea. La exposición a bajos niveles también puede producir acumulación de líquido en los pulmones 1 ó 2 días luego de la exposición. Respirar altos niveles de óxidos de nitrógeno puede rápidamente producir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, reduciendo la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produciendo acumulación de líquido en los pulmones y la muerte.

- Si la piel u ojos entran en contacto con altas concentraciones de monóxido de nitrógeno gaseoso o dióxido de nitrógeno líquido probablemente sufriría quemaduras graves.

COx. Compuestos inorgánicos del carbono

- Monóxido de carbono (CO)
 - *Es el contaminante del aire más abundante y más ampliamente distribuido en la capa inferior de la atmósfera.*
 - *Se forman por combustión incompleta de combustibles, por reacción a elevada temperatura del CO₂ y materiales del carbono.*

- Dióxido de carbono (CO₂)
 - *Se encuentra en modo natural en la atmósfera. Es un GEI.*
 - *Es el producto final de toda combustión completa de materias carbonosas.*
 - *Alta solubilidad en agua, el gas es retirado de la atmósfera y se reserva en el océano. Otro "reservorio" es la vegetación, que captura CO₂ mediante fotosíntesis.*

COx. Efectos

- El monóxido de carbono es un gas altamente tóxico.
- Si se respira, aunque sea en moderadas cantidades, el monóxido de carbono puede causar la muerte por envenenamiento en pocos minutos porque sustituye al oxígeno en la hemoglobina de la sangre. Tiene una afinidad por el grupo hemo 250 veces mayor que el oxígeno.

COVs. Compuestos Orgánicos Volátiles

- Se conocen infinidad de COVs. Se encuentran en tres estados físicos a temperatura ambiental, relacionado con la estructura molecular de cada compuesto.
- Las principales fuentes de emisión son:
 - *Procesos de combustión estacionaria y móvil, refinamiento y transporte del petróleo y derivados.*
 - *Evaporación de disolventes orgánicos (presentes en pinturas, barnices, lacas, revestimientos y productos similares). Tanto en su uso, como en su fabricación.*
 - *Pérdidas de hidrocarburos durante el llenado de camiones cisterna, tanques de estaciones de servicio y automóviles.*

COVs. Efectos

- Efectos nocivos sobre la salud humana y sobre los ecosistemas naturales debido a su toxicidad, efectos carcinógenos y otros efectos psicológicos adversos. Algunos de estos efectos están fundamentalmente originados por inhalación: dolor de cabeza, dificultad para respirar, mareos, fatiga, etc.
- Efectos nocivos sobre el medio, como desperfectos sobre los materiales, olores, etc.
- Entre los efectos indirectos está la formación de oxidantes fotoquímicos troposféricos (ozono troposférico). El principal problema medioambiental de estas sustancias es que al mezclarse con otros contaminantes atmosféricos como los óxidos de nitrógeno (NOX), y reaccionar con la luz solar, puede formar ozono a nivel del suelo (troposférico), el cual contribuye a la formación de oxidantes fotoquímicos como el smog fotoquímico. Los COVs y NOX se denominan contaminantes precursores del ozono.

MP. Material Particulado

- Contaminantes que no están presentes en forma de gas → forma sólida o gotas líquidas.
- Se clasifican según su tamaño en: sedimentables (diámetro superior a 10µm) y en suspensión (diámetro inferior a 10 µm)
- Fuentes principales:
 - *Quemado de combustibles*
 - *Procesos de elaboración industrial*
 - *Tráfico de automóviles*
 - *Incineración de residuos*

MP. Efectos

- El interés por las partículas atmosféricas se debe a dos causas:
- Afectación del balance de la radiación terrestre
- Efectos nocivos sobre la salud. Las partículas penetran en los pulmones, los bloquean y evitan el paso del aire, lo cual conlleva:
 - *Deterioro de los sistemas respiratorio y cardiovascular*
 - *Alteración de los sistemas de defensa del organismo contra materiales extraños*
 - *Daños al tejido pulmonar*
 - *Carcinogénesis*
 - *Mortalidad prematura*

Modelación

La dispersión de los contaminantes depende de factores tales como:

- Naturaleza física y química de las sustancias.
- Condiciones meteorológicas del ambiente
- Localización de la chimenea respecto al movimiento del aire y la naturaleza del terreno que se encuentra en la dirección del viento que viene de la chimenea
- Grado de turbulencia en la atmósfera

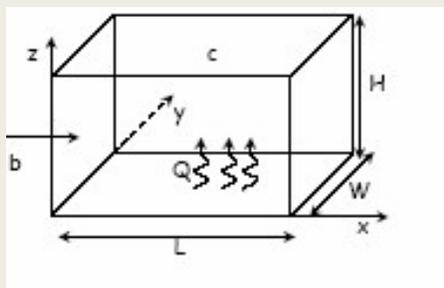
Modelación

Un *modelo de dispersión atmosférico* es una expresión matemática que relaciona a la emisión de un material a la atmósfera con la concentración de dicho material en el ambiente.

Dichos modelos se basan en el siguiente balance de masa:

$$(Tasa\ de\ acumulación) = (Todos\ los\ flujos\ que\ entran) - (Todos\ los\ flujos\ que\ salen) + (Tasa\ de\ generación) - (Tasa\ de\ destrucción)$$

Modelación. Modelo de caja fija



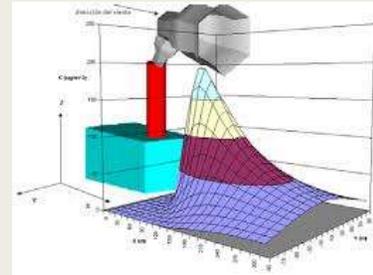
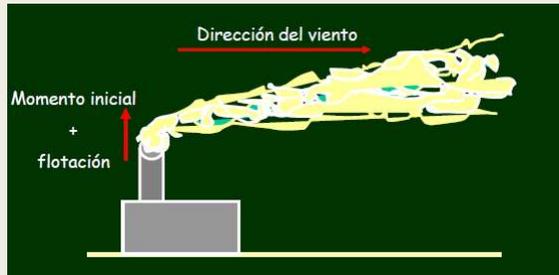
Forma simplificada:

$$c = b + \frac{qL}{uH}$$

Forma simplificada:

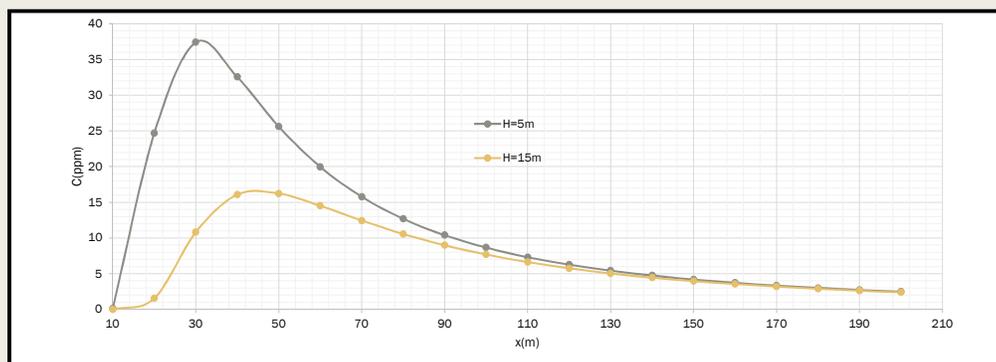
- Estado estacionario
- Sin reacción de generación/destrucción

Modelación. Modelo de dispersión de Gauss



$$c(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right]\right\}$$

Modelación. Modelo de dispersión de Gauss



$$c(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right]\right\}$$

Modelación

Modelo	Ventajas	Desventajas
Modelo de celda fija	Su formulación matemática es sencilla	Hipótesis ideales, ejemplo: mezclado uniforme
	No se requiere conocer muchos datos	
Modelo de dispersión	Formulación matemática de complejidad media	Hipótesis ideales, ejemplo: no hay reacción química por parte de contaminantes

Modelación. Modelos avanzados

SCREEN 3/ISCT3	AERSCREEN/ AERMOD
Modelos relativamente simples, se basan en conceptos fáciles de comprender y aplicar. Tiene ecuaciones y formulas que pueden calcularse a mano	Son modelos más completos pero más complicados, con algunos conceptos complejos. Sus ecuaciones y formulas se resuelven casi exclusivamente con modelos computacionales

Medición. Clasificación

- Muestreo pasivo;
- Muestreo con Bioindicadores;
- Muestreo activo;
- Método automático;

Medición. Muestreos pasivos

Este método de muestreo colecta un contaminante específico por medio de su adsorción y/o absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición por un periodo adecuado de muestreo, que puede variar desde una hora hasta meses o inclusive un año, la muestra se regresa al laboratorio donde se realiza la desorción del contaminante para ser analizado cuantitativamente.

Los equipos utilizados se conocen como muestreadores pasivos que se presentan en diversas formas y tamaños, principalmente en forma de tubos o discos.

Ventajas: Simplicidad en la operación y bajo costo (no requiere energía eléctrica).

Desventajas: No desarrollados para todos los contaminantes, sólo proporcionan valores promedios con resoluciones típicas semanales o mensuales; no tienen gran exactitud (sirven solo como valor referencial), en general requieren de análisis de laboratorio.

Medición. Muestreos con bioindicadores

Este método implica el uso de especies vivas generalmente vegetales, como árboles y plantas, donde su superficie funge como receptora de contaminantes. Sin embargo, a pesar de que se han desarrollado guías sobre estas metodologías, todavía quedan problemas no resueltos en cuanto a la estandarización y armonización de estas técnicas.

Ventajas: Muy bajo costo, útiles para identificar la presencia y efectos de algunos contaminantes.

Desventajas: Problemas con la estandarización de las metodologías y procedimientos; algunos requieren análisis de laboratorio.

Medición. Muestreo activo

Requiere de energía para succionar el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones diarias promedio.

Los muestreadores activos se clasifican en burbujeadores (gases) e impactadores (partículas); dentro de estos últimos, el más utilizado actualmente es el muestreador de alto volumen "High- Vol" (para PST, PM₁₀ y PM_{2.5}) (Ver Manual 3 Redes, Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire).

Ventajas: Fácil de operar, muy confiables y costo relativamente bajo (requieren energía eléctrica).

Desventajas: No se aprecian los valores mínimos y máximos durante el día, sólo promedios generalmente de 24 horas; requieren de análisis de laboratorio.

Medición. Método automático

Estos métodos son los mejores en términos de la alta resolución de sus mediciones, permitiendo llevar a cabo mediciones de forma continua para concentraciones horarias y menores. El espectro de contaminantes que se pueden determinar van desde los contaminantes criterio (PM₁₀-PM_{2.5}, CO, SO₂, NO₂, O₃) hasta tóxicos en el aire como mercurio y algunos compuestos orgánicos volátiles.

Las muestras colectadas se analizan utilizando una variedad de métodos los cuales incluyen la espectroscopia y cromatografía de gases. Además, estos métodos tienen la ventaja de que una vez que se carga la muestra al sistema nos da las lecturas de las concentraciones de manera automática y en tiempo real.

Ventajas: Valores en tiempo real, alta resolución; concentraciones máximas y mínimas; permite por la detección de valores máximos en tiempo real establecer situaciones de alerta para implantar las respectivas medidas de contingencia.

Desventajas: Costo elevado de adquisición y operación; requieren personal capacitado para su manejo; requieren mantenimiento y calibración constantes.

Equipos de Control. Estrategias de control

Prioridad de las medidas a tomar:

1. No generar contaminante
 - Cambio de producto o composición
 - Cambio de tecnologías
2. Reducir la emisión de contaminantes mediante el control de la fuente
3. Reducción por dispersión → Chimeneas

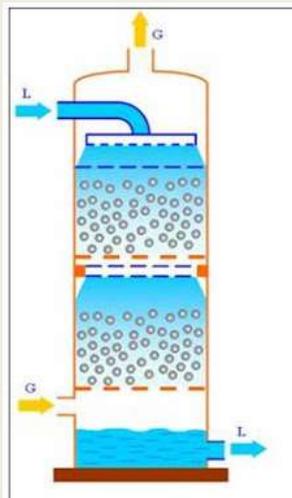
Equipos de Control. Absorción

- Transferencia de un contaminante gaseoso que está en el aire a una fase líquida.
- El gas debe disolverse en el líquido → debe ser soluble

El proceso puede ser:

- **Físico:** el compuesto absorbido se disuelve en el solvente.
- **Químico:** El compuesto absorbido y el solvente reaccionan

Equipos de Control. Absorción



Equipos de Control. Adsorción

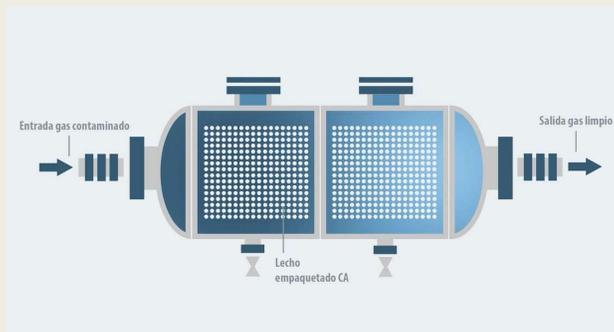
- Proceso en el cual la materia es extraída de una fase (gaseosa) y concentrada en la superficie de una segunda fase sólida.
- Fenómeno de superficie. En oposición a la absorción, en el que el contaminante cambia de fase en solución)
- Se suele usar cuando:
 - *El contaminante no es combustible.*
 - *Es lo suficientemente valioso para justificar su recuperación*
 - *Se encuentra en bajas concentraciones.*

Equipos de Control. Adsorción

Rellenos empleados:

- Carbón activado
- Silica gel
- Tierras de fuller
- Zeolitas
- Aluminia activada
- Polímeros

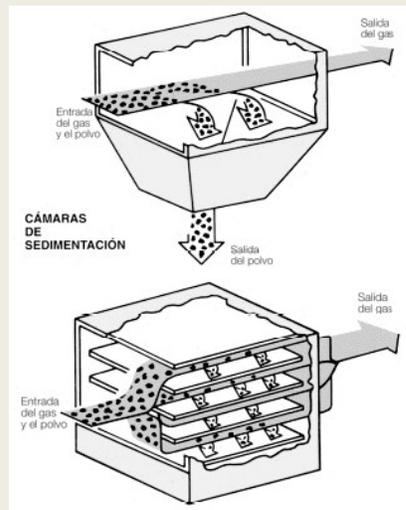
Equipos de Control. Adsorción



Equipos de Control. Cámaras de sedimentación

- Cámaras que utilizan la gravedad como medio de asentamiento.
- La cámara de expansión reduce la velocidad del gas, lo que permite el asentamiento de las partículas más grandes.
- Se utilizan tolvas para recolectar el polvo asentado, también pueden usarse cadenas de arrastre y transportadores tornillo.
- El sistema de remoción de los polvos debe estar sellado para evitar entradas de aire, y la consecuente turbulencia que reduciría la eficiencia.

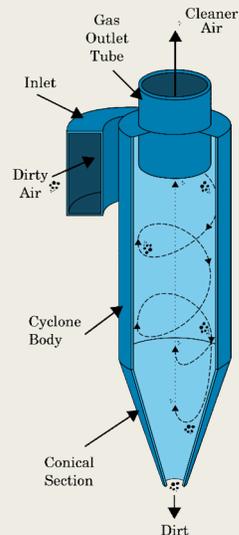
Equipos de Control. Cámaras de sedimentación



Equipos de Control. Ciclones

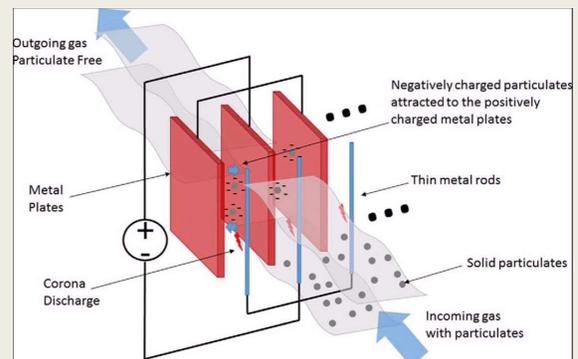
- Emplean la fuerza centrífuga generada por la corriente en remolino del gas para separar partículas.
- Usos:
 - Como pre-limpiadores antes de un equipo de control más fino.
 - Recuperación de productos o materiales de proceso.
 - Después de operaciones de secado en industrias químicas y de alimentos.

Equipos de Control. Ciclones



Equipos de Control. Precipitador Electrostático

- Se utilizan para atrapar partículas mediante su ionización, atrayéndolas por una carga electrostática inducida.
- Muy efectivos para la emisión de hornos de cemento, plantas de pastas de celulosa y otras fuentes industriales.



Equipos de Control. Precipitador Electrostático



Equipos de Control. Filtros

- Técnica muy utilizada para coleccionar partículas
- El gas es forzado a pasar a través de una estructura porosa de un material granular o fibroso donde quedan retenidas las partículas
- Dos tipos:
 - *Desechables. Deben ser reemplazados cuando se llenan de partículas y la caída de presión se vuelve excesiva.*
 - *No desechables. Las partículas se van acumulando y deben ser removidas mediante algún mecanismo de limpieza (sacudidor, pulso de aire, contraflujo)*

Equipos de Control. Filtros



Casas de bolsas

Normas de calidad de aire

- Ley nacional n° 20284. Anexo II

Contaminante (^o unidad)	Norma calidad de aire	Alerta	Alarma	Emergencia
CO (1) (ppm)	10 ppm - 8 hs. 50 ppm - 1 h.	15 ppm - 8 hs. 100 ppm - 1 h.	30 ppm - 8 hs. 120 ppm - 1 h.	50 ppm - 8 hs. 150 ppm - 1 h.
NO x (2) (ppm)	0,45 ppm - 1 h.	0,6 ppm - 1 h. 0,15 ppm - 24 hs.	1,2 ppm - 1 h. 0,3 ppm - 24 hs.	0,4 ppm - 24 hs
SO ₂ (3) (ppm)	0,03 ppm (70 ug/m ³) (promedio mensual)	1 ppm - 1 h. 0,3 ppm - 8 hs.	5 ppm - 1 h.	10 ppm - 1 h.
O ₃ (y oxidantes en general) (4) (ppm)	0,10 ppm - 1 h.	0,15 ppm - 1 h.	0,25 ppm - 1 h.	0,40 ppm - 1 h.
Partículas en suspensión (mg/m ³) (5)	150 ug/m ³ (promedio mensual)	No aplicable	No aplicable	Idem
Partículas sedimentables (6) (mg/cm ² 30 días)	1,0 mg/cm ² 30 días	Idem	Idem	Idem

Normas de calidad de aire

- Resolución Santa Fe n° 201/04 Anexo I

CONTAMINANTES	C.A.P.C.	C.AP.L.	mg/m3 (1hora)
	mg/m3 (20 minutos)	mg/m3 (24 horas)	
Monóxido de Carbono (CO)	15,00	3,00	-----
Oxido de Nitrógeno (como NO2)	0,40	0,10	-----
Dióxido de Azufre (SO2)	0,50	0,05	-----
Oxidantes (como Ozono O3)	-----	-----	0,235
Material Particulado en Suspensión (PM10)	0,50	0,15	-----
Plomo (Pb)	0,01	0,0010	-----
Cromo Total (Cr)	-----	0,0015	-----
Benceno	-----	0,10	-----
Sulfuro de Hidrógeno (pS)	-----	0,15	-----

Normas de calidad de aire

- Decreto Bs As n° 3395/96 Anexo III

ANEXO III
NORMA DE CALIDAD DE AIRE AMBIENTE
TABLA A
CONTAMINANTES BÁSICOS

Contaminante	Símbolo	mg/m ³	ppm	Período de Tiempo
Dióxido de azufre	SO ₂	1,300 (1)	0,50 (1,2)	3 horas
		0,365 (1)	0,14 (1)	24 horas
		0,080 (4)	0,03 (4)	1 año
Material particulado en suspensión (PM - 10)	PM-10	0,050 (4)		1 año
		0,150 (1)		24 horas (3)
Monóxido de carbono	CO	10,000 (1)	g (1)	8 horas
		40,082 (1)	35 (1)	1 hora
Ozono (Oxidantes fotoquímicos)	O ₃	0,235 (1)	0,12 (1)	1 hora
Oxidos de nitrógeno (expresado como dióxido de nitrógeno)	NO _x	0,400	0,2	1 hora
		0,100 (4)	0,053 (4)	1 año
Plomo	Pb	0,0015 (media aritmética)		3 meses