

**CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DE LA
POBLACIÓN A CONTAMINANTES PROCEDENTES
DE PROCESOS DE INCINERACIÓN**

Incineración y salud pública

Juan Francisco Sánchez Pérez
Dr. en Ingeniería
Universidad Politécnica de Cartagena

DEFINICIONES

DEFINICIONES

Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación

Definiciones	
Elemento y actividad	Definición
Instalación de combustión	Cualquier dispositivo técnico en el que se oxiden productos combustibles a fin de utilizar el calor así producido.
Instalación de incineración de residuos	Cualquier unidad técnica o equipo, fijo o móvil, dedicado al tratamiento térmico de residuos con o sin recuperación del calor producido por la combustión; mediante la incineración por oxidación de residuos , así como otros procesos de tratamiento térmico, si las sustancias resultantes del tratamiento se incineran a continuación, tales como pirólisis, gasificación y proceso de plasma.

SALUD PÚBLICA

SALUD PÚBLICA

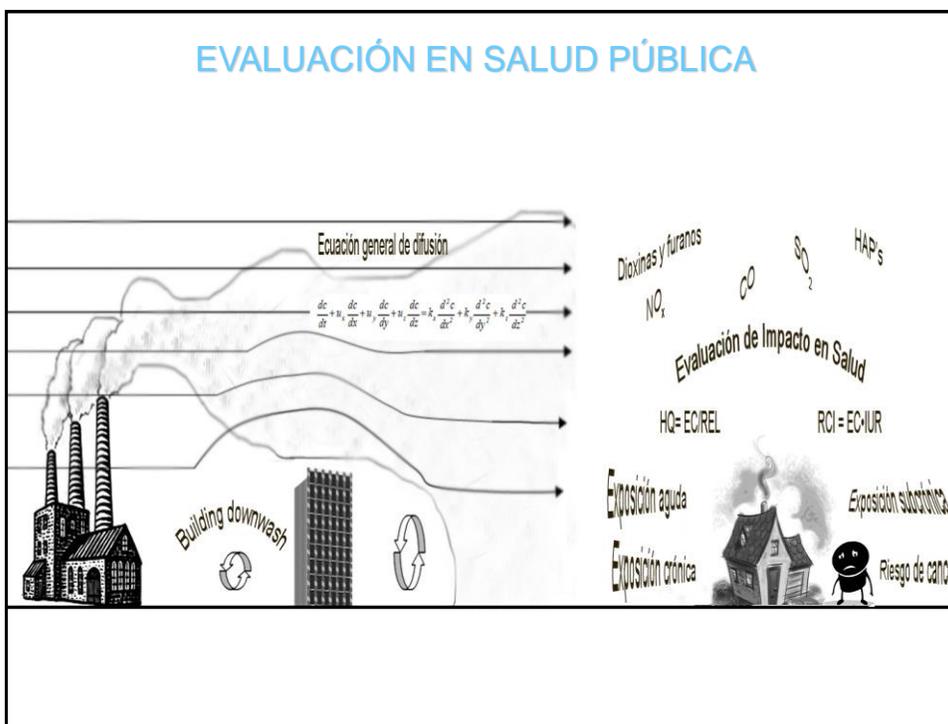
Características de la Evaluación

- Materiales a incinerar (Residuos u otros productos)
- Incineradora (Características)
- Ubicación en el territorio
- Niveles de emisión / **Niveles de inmisión**

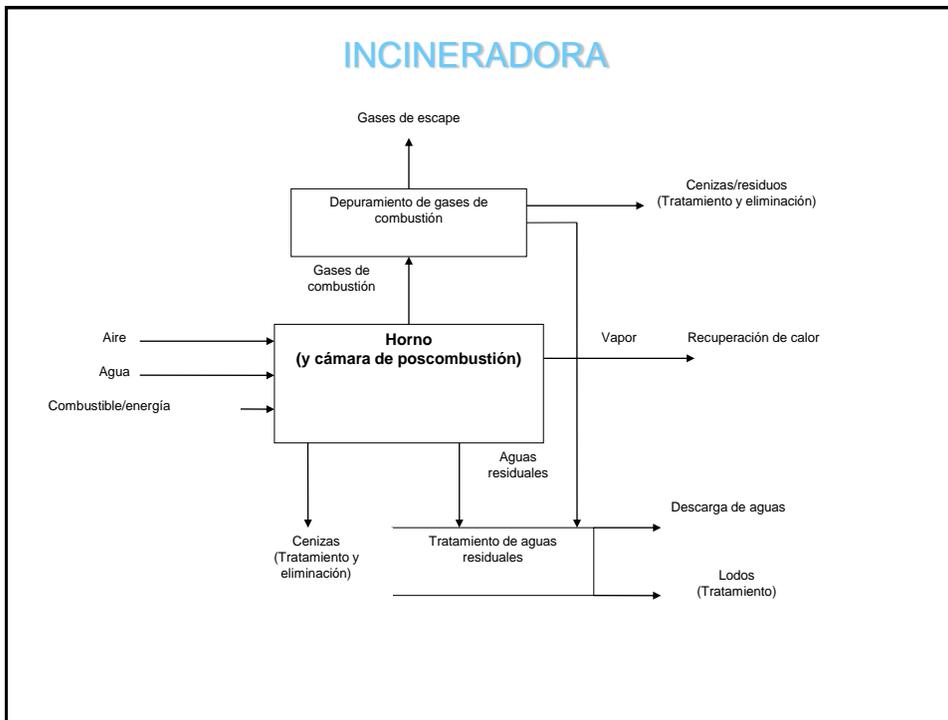


Evaluación de los posibles efectos en la salud de la población

EVALUACIÓN EN SALUD PÚBLICA



INCINERADORA



INCINERADORA

CÁMARA DE POSTCOMBUSTIÓN

Temperatura

Una temperatura elevada **por encima de 850 °C o 1100°C** garantiza la ruptura de enlaces químicos complejos como los correspondientes a las **dioxinas y furanos**.

INCINERADORA

CÁMARA DE POSTCOMBUSTIÓN

Tiempo de Residencia

Un tiempo **superior a 2 segundos** en las condiciones de alta temperatura permite que todas las sustancias orgánicas presentes sean **oxidadas en forma de CO₂ y vapor de agua**.

INCINERADORA

CÁMARA DE POSTCOMBUSTIÓN

Turbulencia

Unas condiciones turbulentas proporcionan una **mezcla uniforme** de todo el volumen de gases, garantizando que las condiciones son iguales y representativas en toda la cámara.

INCINERADORA

CHIMENEA

Características de la chimenea

- Diámetro (0,4 m)
- Altura (12 m)

TIPO DE CONTAMINANTES

TIPO DE CONTAMINANTES

DIÓXIDOS DE AZUFRE

Los principales efectos del SO₂ sobre la salud están relacionados con el **sistema respiratorio**. Es, además, irritante de los ojos, piel y mucosas.

Órgano diana: Efecto agudo → Sistema respiratorio (OEHHA)

MONÓXIDO DE CARBONO

La intoxicación aguda por monóxido de carbono causa multitud de efectos debido a la inhibición de la oxidación celular, produciendo **hipoxia en los tejidos y envenenamiento celular**.

Órgano diana: Efecto agudo → Sistema cardiovascular (OEHHA)

TIPO DE CONTAMINATES

PARTÍCULAS

Las partículas en suspensión presentes en el aire causan efectos en la salud. Esto se ha demostrado tanto con **partículas finas** como con las **gruesas**, afectando especialmente al **aparato respiratorio y sistema cardiovascular**.

Órgano diana: Efecto agudo → Neumopatías (OMS)

Efecto crónico → Neumopatías (OMS)

Efecto cancerígeno → Cáncer de pulmón (OMS)

TIPO DE CONTAMINATES

ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Una exposición breve al NO₂ puede provocar **irritación del sistema respiratorio y ocular**. A **largo plazo**, los principales efectos en la salud humana pueden ser la aparición de **enfermedades respiratorias crónicas**.

Órgano diana: Efecto agudo → Sistema respiratorio (OEHHA)

SULFURO DE HIDRÓGENO

La sustancia **irrita los ojos y el tracto respiratorio**. La inhalación del gas puede originar **edema pulmonar**.

Órgano diana: Efecto agudo → Sistema nervioso (OEHHA)

Efecto crónico → Sistema respiratorio (OEHHA)

TIPO DE CONTAMINATES

CLORURO DE HIDRÓGENO

El cloruro de hidrógeno es **irritante y corrosivo** para cualquier tejido con el que tenga contacto.

Órgano diana: Efecto agudo → Sistema respiratorio; ojos (OEHHA)

Efecto crónico → Sistema respiratorio (OEHHA)

CLORO

La exposición a **niveles bajos** de cloro puede producir **irritación** de la nariz, la garganta y los ojos.

La exposición a **niveles más altos** puede producir tos y **alteraciones del ritmo respiratorio y daño de los pulmones**.

Órgano diana: Efecto agudo → Sistema respiratorio; ojos (OEHHA)

Efecto crónico → Sistema respiratorio (OEHHA)

TIPO DE CONTAMINATES

DIOXINAS Y FURANOS

El término “**dioxinas**” se utiliza frecuentemente para designar conjuntamente a **dioxinas y furanos**. Las **dioxinas** son un tipo de compuestos orgánicos tricíclicos halogenados que abarca un grupo de **75 congéneres** policlorodibenzo-p-dioxinas (**PCDD**) y **135** policlorodibenzofuranos (**PCDF**). De este conjunto de compuestos se ha considerado que **17 congéneres** entrañan **riesgos toxicológicos**.

Órgano diana: Efecto crónico → Hígado, sistema reproductivo, endocrino, respiratorio y hematológico (OEHHA)

TIPO DE CONTAMINATES

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)

La reciente publicación Air quality in Europe - 2014 report, de la Agencia Europea de Medioambiente especifica que el 45% de las estaciones de Europa 28, en 2012, estuvieron por encima del valor objetivo de 1 ng/m³ sobre todo en las zonas urbanas y suburbanas

Muchos hidrocarburos aromáticos **son peligrosos** y tiene propiedades **cancerígenas y mutagénicas**, siendo absorbidos **a través de los pulmones**.

TIPO DE CONTAMINATES

METALES PESADOS

El tipo y la cantidad de **trazas de metales** en los **gases de combustión** están directamente relacionados con los metales contenidos en la **materia incinerada** como en pigmentos, sustancias que se le agregan a los productos de papel y plástico, etc. Los más importantes a considerar:

- Mercurio
- Cadmio
- Níquel
- Plomo

TIPO DE CONTAMINATES

En nuestro ejemplo suponemos que se emiten:

- partículas (PM10)
- dioxinas y furanos
- mercurio
- SO₂
- NO₂
- CO
- Cl₂
- SH₂
- HCl

VALORES LÍMITE DE EMISIÓN E INFORME DE EMISIONES

VALORES LÍMITE DE EMISIÓN

Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

Parte 5

Valores límite de emisión a la atmósfera para las instalaciones de incineración de residuos

a) Todos los valores límite de emisión relativos a los apartados siguientes se calcularán a una temperatura de 273,15 K, una presión de 101,3 kPa y previa corrección del contenido en vapor de agua de los gases residuales.

Están normalizados al 11% de oxígeno en el gas residual excepto en el caso de la incineración de aceites minerales usados según lo definido en el artículo 3 f) de la Ley 22/2011, de 28 de julio, normalizados al 3% de oxígeno, y en los casos a que se refiere el artículo 13.8.

VALORES LÍMITE DE EMISIÓN

Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

b) Valores medios diarios (mg/Nm³)

Partículas totales	10
Sustancias orgánicas en estado gaseoso y de vapor expresadas en carbono orgánico total	10
Cloruro de hidrógeno (HCl)	10
Fluoruro de hidrógeno (HF)	1
Dióxido de azufre (SO ₂)	50
Monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂), expresados como dióxido de nitrógeno, para instalaciones de incineración existentes de capacidad nominal superior a 6 toneladas por hora o para instalaciones de incineración nuevas	200
Monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂), expresados como dióxido de nitrógeno, para instalaciones de incineración ya existentes de capacidad nominal no superior a 6 toneladas por hora	400

VALORES LÍMITE DE EMISIÓN

Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

c) Valores medios semihorarios (mg/Nm³)

	(100%) A	(97%) B
Partículas totales	30	10
Sustancias orgánicas en estado gaseoso y de vapor expresadas en carbono orgánico total	20	10
Cloruro de hidrógeno (HCl)	60	10
Fluoruro de hidrogeno (HF)	4	2
Dióxido de azufre (SO ₂)	200	50
Monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂), expresados como dióxido de nitrógeno, para instalaciones de incineración existentes de capacidad nominal superior a 6 toneladas por hora o para instalaciones de incineración nuevas	400	200

VALORES LÍMITE DE EMISIÓN

Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

d) Todos los valores medios medidos a lo largo de un período de muestreo de un mínimo de 30 minutos y un máximo de 8 horas (mg/Nm³).

Cadmio y sus compuestos, expresados en cadmio (Cd).	Total 0,05
Talio y sus compuestos, expresados en talio (Tl).	
Mercurio y sus compuestos, expresados en mercurio (Hg).	0,05
Antimonio y sus compuestos, expresados en antimonio (Sb).	Total 0,5
Arsénico y sus compuestos, expresados en arsénico (As).	
Plomo y sus compuestos, expresados en plomo (Pb).	
Cromo y sus compuestos, expresados en cromo (Cr).	
Cobalto y sus compuestos, expresados en cobalto (Co).	
Cobre y sus compuestos, expresados en cobre (Cu).	
Manganeso y sus compuestos, expresados en manganeso (Mn).	
Níquel y sus compuestos, expresados en níquel (Ni).	
Vanadio y sus compuestos, expresados en vanadio (V).	

Estos valores medios se refieren a las emisiones correspondientes de metales pesados, así como de sus compuestos, tanto en estado gaseoso como de vapor.

VALORES LÍMITE DE EMISIÓN

Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

e) Todos los valores medios medidos a lo largo de un período de muestreo de un mínimo de 6 horas y un máximo de 8 horas. El valor límite de emisión se refiere a la concentración total de dioxinas y furanos calculada utilizando el concepto de equivalencia tóxica de conformidad con el anejo 1.

Dioxinas y furanos	0,1 ng/Nm ³
--------------------	------------------------

f) No podrán superarse en los gases residuales los siguientes valores límite de emisión de las concentraciones de monóxido de carbono (CO):

- 50 mg/Nm³ calculado como valor medio diario.
- 100 mg/Nm³ calculado como valor medio semihorario;
- 150 mg/Nm³ calculado como valor medio cada 10 minutos.

El órgano competente podrá autorizar exenciones para instalaciones de incineración de residuos que utilicen la tecnología de combustión en lecho fluido, siempre y cuando la autorización establezca un valor límite de emisión para el monóxido de carbono (CO) igual o inferior a 100 mg/Nm³ como valor medio horario.

INFORME DE EMISIONES

Datos de emisión de CO, NO₂, Cl₂, partículas, HCl, SH₂, SO₂, dioxinas y furanos, y Hg

Parámetro	Valor
Temperatura ambiente (° C)	18
Temperatura de salida de gases (° C)	646
Caudal de gases (m ³ /h)	9400
Caudal de gases (m ³ N/h)	3400
Velocidad del gas (m/s)	11
Volumen gas seco muestreado C.N. (Nm ³)	0.6
Peso molecular de los gases (Kg/mol)	29.4
CO (mg/m ³ N)	140
NO ₂ (mg/m ³ N)	279
Cl ₂ (mg/m ³ N)	38
Partículas (PM10) (mg/m ³ N)	29
HCl (mg/m ³ N)	11
Hg (mg/m ³ N)	0.002
SO ₂ (mg/m ³ N)	3.8
SH ₂ (mg/m ³ N)	<3.2
Dioxinas y furanos (ng/m ³ N)	1

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

PARÁMETROS AMBIENTALES

Los fenómenos relacionados con la **mezcla y dispersión** de las nubes que interesan destacar aquí, siendo los parámetros más significativos los siguientes:

1. La magnitud, dirección y persistencia del viento.
2. La temperatura y la presión.
3. La humedad y la pluviosidad.
4. La radiación solar.
5. La turbulencia

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Velocidad del viento

La velocidad del viento tiene una **gran importancia en la dispersión**, de manera que, como primera aproximación, la **concentración** del producto emitido en la dirección del viento y en cualquier punto resulta **inversamente proporcional a esta magnitud**.

La velocidad varía con la altura y está relacionada con la turbulencia.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Dirección del viento

La dirección del viento **condiciona la dirección del transporte** de las sustancias emitida y, por consiguiente, su impacto.

La **topografía**, la **presencia de obstáculos** o la **proximidad del mar**, **influyen** considerablemente en la **dirección del viento**, provocando los efectos valle o montaña-valle, las brisas marinas, las corrientes predominantes en calles y avenidas..., todo ello como consecuencia de variaciones locales de presiones, que, a su vez, están originadas por diferencias térmicas.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Persistencia

La persistencia del viento expresa el **número de ocasiones** que en periodos determinados (1, 6,... horas) **la dirección del viento permanece estable**, en cada uno de los sectores definidos por las direcciones geográficas.

Este parámetro es de interés para **prever los probables cambios de dirección del viento** que influyen de la misma manera en la dirección de la nube y, por consiguiente, en las posibles localizaciones de los impactos.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Temperatura

La temperatura ambiente influye en la **cinética de las reacciones** de **transformación** de las sustancias emitidas en aire, acelerando generalmente estos procesos.

Algunos parámetros o mecanismos de interés dependen de la temperatura, como **la densidad del aire y de la nube**, la presión de vapor, los coeficientes de transferencia de calor y de materia...

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Presión

La presión atmosférica a nivel de suelo está relacionada con la **estabilidad**.

Humedad

La humedad provoca la **formación de aerosoles líquidos** cuando el producto emitido es **higroscópico** (amoníaco, cloruro amónico, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno,...) y **puede transformar** las **nubes ligeras en pesadas** al aumentar la masa molecular.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Pluviosidad

La pluviosidad es el método más importante desde el punto de vista de la **eliminación de los contaminantes atmosféricos**, incluso para los productos insolubles, dado que el concepto de "insolubilidad" es relativo.

Así, la presencia en aire de sustancias consideradas insolubles, tales como los hidrocarburos volátiles, disminuye muy significativamente tras un episodio lluvioso.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Radiación solar

Como es sabido, la radiación solar es el **fenómeno primario más importante** que dinamiza **los movimientos de la atmósfera** y, además, propicia las **reacciones fotoquímicas atmosféricas** que son las más importante en cuanto a la transformación de los contaminantes; la información sobre este tema es muy amplia, entre las que cabe destacar las **publicaciones de Finlayson y Pitts, y Hewitt**.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Turbulencia atmosférica

La turbulencia atmosférica es el **mecanismo más importante**, influyendo de forma decisiva en la **mezcla y dispersión de las emisiones**.

Se trata de movimientos complejos donde **intervienen la mayoría de los parámetros anteriores**.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Tabla de estabildades atmosféricas

A: Extremadamente inestable

B: Moderadamente inestable

C: Ligeramente inestable

D: Condiciones neutras

E: Ligeramente estable

F: Moderadamente estable

Velocidad del viento a 10 m del suelo (m/s)	Insolación diurna ¹			Condiciones nocturnas de nubosidad ²		Día o noche Cubierto 8/8
	Fuerte	Moderada	Ligera	Seminublado ≥4/8	Despejado ≤3/8	
<2	A	A-B	B	-	-	D
2-3	A-B	B	C	E	F	D
3-4	B	B-C	C	D	E	D
4-6	C	C-D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D

1: La **insolación fuerte** es la que corresponde a las **horas centrales de los días de verano**. La **insolación ligera** es la que corresponde a las **horas centrales de los días de invierno**.

2: Se entiende por noche el periodo comprendido entre una hora antes de la puesta del sol hasta una hora después de la salida del sol.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

DISPERSIÓN PASIVA

La mayor parte de las emisiones de las sustancias tienen una **densidad inicial mayor que la del aire**, originando **nubes densas**, pero la continuada mezcla hace que la densidad de la interfase nube-aire disminuya hasta que las **fuerzas gravitatorias** son compensadas por las **fuerzas de turbulencia atmosférica**. En ese momento las nubes adquieren la **dinámica del viento** y son **transportadas y dispersadas por éste**.

También puede suceder que la **sustancia emitida** tenga una **densidad menor o muy próxima a la del aire**.

A estas **nubes** se las conoce como **neutras**.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

DISPERSIÓN PASIVA

Emisiones instantáneas

$$c(x, y, z, t) = \frac{2m_c}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{(x-ut)^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right) \right]$$

Coeficientes de dispersión para emisiones instantáneas			
Coeficiente de dispersión	Categoría inestable	Categoría neutra	Categoría muy estable
σ_x	$0,14x^{0,92}$	$0,06x^{0,92}$	$0,024x^{0,89}$
σ_y	$0,14x^{0,92}$	$0,06x^{0,92}$	$0,024x^{0,89}$
σ_z	$0,53x^{0,73}$	$0,15x^{0,70}$	$0,05x^{0,61}$

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

DISPERSIÓN PASIVA

Emisiones continuas

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

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

NUBES DENSAS

Las **nubes densas** se producen en los casos o circunstancias siguientes:

1. Cuando **la masa molecular** de la sustancia emitida es **superior** a la del **aire**. La mayoría de los productos de interés industrial tienen esta característica.
2. Si la **temperatura** de la emisión es **inferior a la del aire** circundante se incrementa la densidad. Incluso las sustancias con masas moleculares menores a las del aire pueden superar la densidad atmosférica si la disminución térmica es suficientemente importante.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

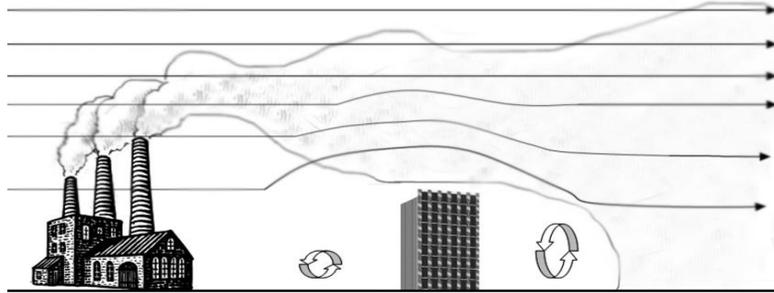
NUBES DENSAS

3. La **capacidad reactiva** de algunas sustancias puede dar lugar a otras de mayor masa molecular: este es el caso de las sustancias **hidrofilicas** que pueden reaccionar con el vapor de agua ambiental.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

EFFECTOS AERODINÁMICOS LOCALES

Edificaciones elevadas cercanas a la chimenea que realiza la emisión, estas podrían afectar a la dispersión de los contaminantes provocando fenómenos de **caída de flujo** (building downwash).



SOFTWARE DE DISPERSIÓN

SOFTWARE DE DISPERSIÓN

MODELOS DE EPA

SCREEN 3

SCREEN3 es un modelo de **dispersión gaussiana** modificada, basado en la distribución gaussiana o distribución normal de estadísticas, que incorpora **factores meteorológicos** del entorno y **características de la fuente**.

SOFTWARE DE DISPERSIÓN

MODELOS DE EPA

SCREEN 3

El modelo gaussiano asume que el material proveniente de una fuente, **continuamente es transportado en dirección del vector de velocidad de viento**, estando las **concentraciones más altas en el centro de la pluma** y las **más bajas en los extremos**. La mayoría de modelos recomendados por la EPA son gaussianos.

SOFTWARE DE DISPERSIÓN

MODELOS DE EPA

ALOHA

El software para la “Localización de áreas con atmósferas peligrosas” (ALOHA por siglas en inglés) es un modelo diseñado para emisiones de sustancias químicas para planificación y respuesta ante emergencias.

Permite estimar como de toxico será un escenario tras la liberación de la sustancia.

SOFTWARE DE DISPERSIÓN

MODELOS DE EPA

ALOHA

El software está diseñado para escenarios accidentales y no para escenarios con correcto funcionamiento de la instalación, por lo que se deben **realizar ajustes en la implementación** de los datos de entrada.

Permite la simulación de numerosos escenarios de emisión, tanto de **nubes neutras (modelo gaussiano)** como densas (modelo heavy gas).

SOFTWARE DE DISPERSIÓN

MODELOS CAMBRIDGE ENVIRONMENTAL RESEARCH
CONSULTANTS

ADMS 3

Entre las fuentes que modela nos encontramos: **chimeneas, zonas industriales**, carreteras, etc.

Dispersión de penachos industriales: SO₂, CO, NO_X, partículas, metales, dioxinas.

Evaluación del riesgo industrial.

SOFTWARE DE DISPERSIÓN

MODELOS CAMBRIDGE ENVIRONMENTAL RESEARCH
CONSULTANTS

ADMS 3

Calcula la **trayectoria de penachos** a la salida de la chimenea teniendo en cuenta **situaciones meteorológicas complejas**, los efectos aerodinámicos generados por **obstáculos presentes en el lugar** (p. ej.: edificios), los efectos producidos por **la superficie** (tierra/mar, naturaleza del suelo, relieve) y la influencia de la **turbulencia** sobre la dispersión a corto plazo (cálculo en tres dimensiones de la rosa de los vientos).

FACTORES DE CORRECCIÓN

FACTORES DE CORRECCIÓN

FACTORES DE CONVERSIÓN HORARIA

Los softwares proporcionan valores de concentración medios para un **periodo de 1 hora**.

Para convertir los valores horarios a periodos más largos se puede emplear los factores de multiplicación proporcionados por la **EPA**, que se muestran en la siguiente tabla:

Factores de corrección horaria	
Periodo medio	Factores de multiplicación para fuentes puntuales de la EPA
3 horas	0,9
8 horas	0,7
24 horas	0,4
anual	0,08

Fuente: *Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources*. Revised. EPA-454/R-92-019

FACTORES DE CORRECCIÓN

CONVERSIÓN DE NOX A NO2

La EPA recomienda usar por defecto un ratio **NO2/ NOX** de **0,75** para que porcentaje de la concentración de NOX estimada se encuentra en el aire ambiente en forma de NO2. Se trata de una **estimación conservadora** (sobredimensionada) de las emisiones de NO2.

FACTORES DE CORRECCIÓN

FACTORES DE EQUIVALENCIA PARA LAS DIBENZO-PARA-DIOXINAS Y LOS DIBENZOFURANOS

Según el anejo 2, del Real Decreto 815/2013, para determinar la **concentración total de dioxinas y furanos**, se multiplicarán las concentraciones en masa de las dibenzo-para-dioxinas y dibenzofuranos por **factores de equivalencia**.

Se obtiene una concentración equivalente en función de la sustancia 2,3,7,8 Tetraclorodibenzodioxina (TCDD)

FACTORES DE CORRECIÓN

FACTORES DE EQUIVALENCIA PARA HIDROCARBUROS POLICÍCLIOS AROMÁTICOS

En la guías Benzo[a]pyrene as a toxic air contaminant, de la OEHHA se indica que se multiplicarán las concentraciones en masa de los hidrocarburos policíclicos aromáticos por **factores de equivalencia** antes de hacer la suma total

Se obtiene una concentración equivalente en función de la sustancia Benzo(a)pireno

FACTORES DE CORRECIÓN

CORRECCIÓN CON EL NIVEL O CONCENTRACIÓN DE FONDO

Para estudiar la **exposición de la población** a la contaminación procedente de una instalación de incineración resulta necesario contemplar la **contaminación ambiental ya existente**, conocida como nivel de fondo.

DATOS DE CONCENTRACIONES BASALES

Datos de concentraciones basales	
Parámetro	Valor basal promedio
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	160
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	25
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	3
Partículas (PM10) ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	31
HCl ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	NM
SH ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	NM
Cl ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	NM
Dioxinas y furanos ($\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$)	NM
Mercurio ($\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$)	NM
Temperatura ambiente (°C)	19
Humedad relativa (%)	60
Velocidad del viento (m/s)	0.5

NM: Contaminante no medidos en la estaciones de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica

UBICACIÓN

UBICACIÓN

Información técnica de la instalación

- Identificación, características y **ubicación de los focos**
- Indicación de la **altura de los edificios/estructuras** próximos a los focos
- Ubicación de las **poblaciones cercanas**
- Ubicación de elementos vulnerables cercanos (**colegios, hospitales**, etc.)

UBICACIÓN

El horno de incineración está ubicado en un polígono industrial cerca de la población.

Según el Sistema de Información Geográfica (GIS) los elementos vulnerables más cercanos al horno de incineración son:

- Colegio Público Reina Shena I (400 m)
- Hospital Jesusito de Mi Vida (300 m)
- Residencia de la Tercera Edad Vida Eterna (500 m)

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Concentraciones de CO, SH₂, SO₂, NO₂, HCl, Hg, PM₁₀, Cl₂ y dioxinas y furanos utilizando condición de terreno rural a distintas distancias del foco de emisión para las condiciones atmosféricas más desfavorables

Distancia (m)	25	50	100	150	200	300	400	500
CO (µg/m ³)	1.20	116	130	77.0	48.0	23.0	13.0	8.60
SH ₂ (µg/m ³)	0.03	2.70	3.00	1.80	1.10	0.55	0.30	0.20
SO ₂ (µg/m ³)	0.030	3.20	3.60	2.10	1.00	0.60	0.35	0.25
NO ₂ (µg/m ³)	2.30	232	261	153	95.5	45.5	26.5	17.0
HCl (µg/m ³)	0.090	9.05	10.5	6.00	3.75	1.78	1.03	0.68
Cl ₂ (µg/m ³)	0.313	31.6	35.5	20.9	13	6.22	3.6	2.34
Hg (µg/m ³)	1.7·10 ⁻⁵	1.7·10 ⁻³	1.9·10 ⁻³	1.1·10 ⁻³	7.0·10 ⁻⁴	3.2·10 ⁻⁴	2.0·10 ⁻⁴	1.2·10 ⁻⁴
PM ₁₀ (µg/m ³)	-	3.6·10 ⁻⁶	5.2·10 ⁻²	0.20	0.44	0.92	1.07	1.1
Dioxinas y furanos (µg/m ³)	8.2·10 ⁻⁹	8.3·10 ⁻⁷	9.3·10 ⁻⁷	5.5·10 ⁻⁷	3.4·10 ⁻⁷	1.6·10 ⁻⁷	9.5·10 ⁻⁸	6.2·10 ⁻⁸

Nota: Valores de dispersión para una hora.

EVALUACIÓN DE IMPACTO EN SALUD DE LA POBLACIÓN

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

RELACIÓN DE PELIGRO

La **cuantificación del riesgo** se realiza a través de la **relación de peligro**, HQ, que relaciona la concentración de exposición con los valores de referencia.

$$HQ = EC/REL$$

HQ: Relación de peligro (adimensional)

REL: **Nivel de exposición de referencia** ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

RELACIÓN DE PELIGRO

Según la guía de caracterización del riesgo de la Región 8 de la EPA, si el **HQ** para un producto químico es **igual o menor que uno**, se cree que **no hay ningún riesgo apreciable** de que se puedan **producir efectos no cancerígenos**.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

RELACIÓN DE PELIGRO

Si el **HQ** es **superior a uno**, hay **alguna posibilidad** de que se puedan **producir efectos no cancerígenos**, ya que un HQ por encima de uno no indica que el efecto se producirá. Esto es debido al **margen de seguridad** inherente derivado de los **valores de referencia**.

Un **valor aún mayor** de HQ indica que es **más probable** que los **efectos adversos puedan producirse**.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

NIVELES DE EXPOSICIÓN DE REFERENCIA

El REL se basa en el **efecto más sensible, relevante y adverso para la salud** informado en la **bibliografía médica y toxicológica**. Además, está diseñado para proteger a las **personas más sensibles** de la población al introducir **márgenes de seguridad**.

La **OEHHA** presenta REL para **exposiciones agudas** (tiempo medio de exposición de una hora), para exposiciones de **8 horas** que pueden ser repetidas, y **crónicas** (REL diseñados para la exposición continua durante toda la vida: la exposición métrica utilizada es la exposición de promedio anual).

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS AGUDOS

Según el glosario de términos del Integrated Risk Information System (IRIS), la **exposición aguda** se produce a lo largo de un **tiempo corto**, por lo general minutos u horas. Una exposición aguda puede causar **efectos de salud a corto o largo plazo**. Se puede establecer el **periodo de tiempo hasta 24 horas**.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS AGUDOS

Según la guía Risk Assessment Guidance for Superfund, de la EPA, en exposiciones agudas, la concentración de exposición, EC, es equivalente a la concentración del contaminante en el aire, CA.

$$EC = CA$$

EC: Concentración de la exposición ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

CA: Concentración del contaminante en el aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS AGUDOS

Efectos agudos para una hora de exposición con las condiciones atmosféricas más desfavorables

Contaminante	Distancia (m)	C _{max} (µg/m ³)	C _{ref} (µg/m ³)	HQ
CO	74	316	23000	0.014
SH ₂	73	3.6	42	0.086
SO ₂	72	7.3	350	0.021
NO ₂	72	340	200	1.70
HCl	75	12.5	2100	0.006
Cl ₂	74	42.9	210	0.204
Hg	74	2.3·10 ⁻³	0.6	0.004

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS SUBCRÓNICOS

Según el glosario de términos del IRIS, la exposición subcrónica se define como **exposiciones repetidas durante más de 30 días, hasta aproximadamente el 10% de la duración de la vida** en los seres humanos. Una exposición subcrónica puede causar **efectos de salud a medio plazo**.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFECTOS SUBCRÓNICOS

Cuando la exposición transcurre durante varios días, se debe realizar la siguiente conversión:

$$EC = (CA \cdot ET \cdot EF \cdot ED) / (AT)$$

ET: Tiempo de exposición (horas/día)

EF: Frecuencia de exposición (días/año).

ED: Duración de la exposición (años)

AT: Tiempo medio (horas)

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFECTOS SUBCRÓNICOS

Efectos a un año para las condiciones atmosféricas más desfavorables					
Condiciones de funcionamiento	Contaminante	Distancia (m)	C _{max} (µg/m ³)	C _{ref} (µg/m ³)	HQ
La incineradora funciona 8 horas al día y 7 días a la semana, durante todo el año	SO ₂	72	4.67	20	0.23
	NO ₂	72	130	40	3.25
	PM10	400	31.3	20	1.57
La incineradora funciona 4 horas al día y 5 días a la semana, durante todo el año	SO ₂	72	3.75	20	0.19
	NO ₂	72	62.2	40	1.56
	PM10	400	31	20	1.55

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS CRÓNICOS

Según el glosario de términos del IRIS, la exposición crónica se define como **exposiciones repetidas durante más de aproximadamente el 10 por ciento de la duración de la vida** en los seres humanos. Una exposición crónica puede causar **efectos de salud a largo plazo**.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS CRÓNICOS

Cuando la exposición transcurre durante varios días, se debe realizar la siguiente conversión:

$$EC = (CA \cdot ET \cdot EF \cdot ED) / (AT)$$

ET: Tiempo de exposición (horas/día)

EF: Frecuencia de exposición (días/año).

ED: Duración de la exposición (años)

AT: Tiempo medio (horas)

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS CRÓNICOS

Efectos crónicos para las condiciones atmosféricas más desfavorables					
Condiciones de funcionamiento	Contaminante	Distancia (m)	C _{max} (µg/m ³)	C _{ref} (µg/m ³)	HQ
La incineradora funciona 8 horas al día y 7 días a la semana, durante todo el año	SH ₂	73	1.2	10	0.12
	HCl	75	4.2	9	0.47
	Cl ₂	74	14.3	0.2	71.5
	Hg	74	7.7·10 ⁻⁴	0.03	0.026
	Dioxinas y furanos	73	3.7·10 ⁻⁷	4·10 ⁻⁵	0.0093
La incineradora funciona 4 horas al día y 5 días a la semana, durante todo el año	SH ₂	73	0.43	10	0.043
	HCl	75	1.49	9	0.17
	Cl ₂	74	5.1	0.2	25.5
	Hg	74	2.7·10 ⁻⁴	0.03	0.009
	Dioxinas y furanos	73	1.31·10 ⁻⁷	4·10 ⁻⁵	0.0033

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS CANCERÍGENOS

Según la **IARC**, se denomina **agente cancerígeno** a cualquier agente **físico, químico o biológico** si es capaz de **aumentar la incidencia de neoplasias malignas**, reduciendo su latencia, o aumentando su gravedad o multiplicidad. En algunas circunstancias, la inducción de neoplasias benignas puede contribuir a denominar a un agente como carcinógeno.

Se desarrolla una **metodología** para una **primera estimación** del **riesgo de cáncer asociado** a un contaminante dado.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFECTOS CANCERÍGENOS

La **EPA** ha desarrollado una metodología para poder estimar el **riesgo de un compuesto carcinógeno**.

Estas estimaciones de riesgo representan la **probabilidad incremental** que un individuo **desarrolle cáncer durante toda la vida**, como resultado de una **exposición específica** a un producto químico **cancerígeno**.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFECTOS CANCERÍGENOS

La EPA recomienda el cálculo del riesgo de cáncer por inhalación (RCI) de la siguiente forma:

$$RCI = EC \cdot IUR$$

$$EC = (CA \cdot ET \cdot EF \cdot ED) / (AT)$$

IUR: Unidad de factor de riesgo por inhalación ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS CANCERÍGENOS

Valores de IUR	
Contaminante	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹
2,3,7,8 Tetraclorodibenzodioxina (TCDD)	38
2,3,7,8 Tetraclorodibenzofurano (TCDF)	3,8
Benzo(a)antraceno	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Benzo(a)pireno	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Benzo(b)fluoranteno	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Benzo(j)fluoranteno	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Benzo(k)fluoranteno	$1,1 \cdot 10^{-4}$

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS CANCERÍGENOS

La EPA para las evaluaciones de riesgo de exposición a químicos que **causan cáncer por un mutágeno** MOA, recomienda los siguientes factores de ajuste dependientes de la edad (ADAF) para aquellos químicos que no tengan otros **factores de ajuste**

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFECTOS CANCERÍGENOS

- Un ADAF de **10** para exposiciones durante los **dos primeros años de vida**
- Un ADAF de **3** para exposiciones comprendidas entre los **2 y 16 años** de vida
- Un ADAF de **1** para exposiciones **después** de cumplir **16 años**

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFECTOS CANCERÍGENOS

La ecuación de riesgo de cáncer por inhalación se reescribiría de la siguiente forma

$$RCI = (IUR \cdot EC_{<2} \cdot ADAF_{<2}) + (IUR \cdot EC_{2-16} \cdot ADAF_{2-16}) + (IUR \cdot EC_{>16})$$

donde la concentración de exposición para cada rango de edad viene definida mediante las expresiones siguientes

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFECTOS CANCERÍGENOS

$$EC<2 = (CA \cdot ET \cdot EF \cdot 2,25) / (AT)$$

$$EC2-16 = (CA \cdot ET \cdot EF \cdot 14) / (AT)$$

$$EC>16 = (CA \cdot ET \cdot EF \cdot (DV-16)) / (AT)$$

DV es la duración media de la vida de una persona (años)

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFECTOS CANCERÍGENOS

Según la guía Risk Characterization de la Región 8 y Role of the Baseline Risk Assessment in Superfund Remedy Selection Decisions, ambos de la EPA, se considera:

Nivel de “**riesgo aceptable**” los valores que están por debajo de **una probabilidad entre un millón** (1E-6).

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS CANCERÍGENOS

Se deben **tomar medidas** para los valores **mayores a 1E-4**.

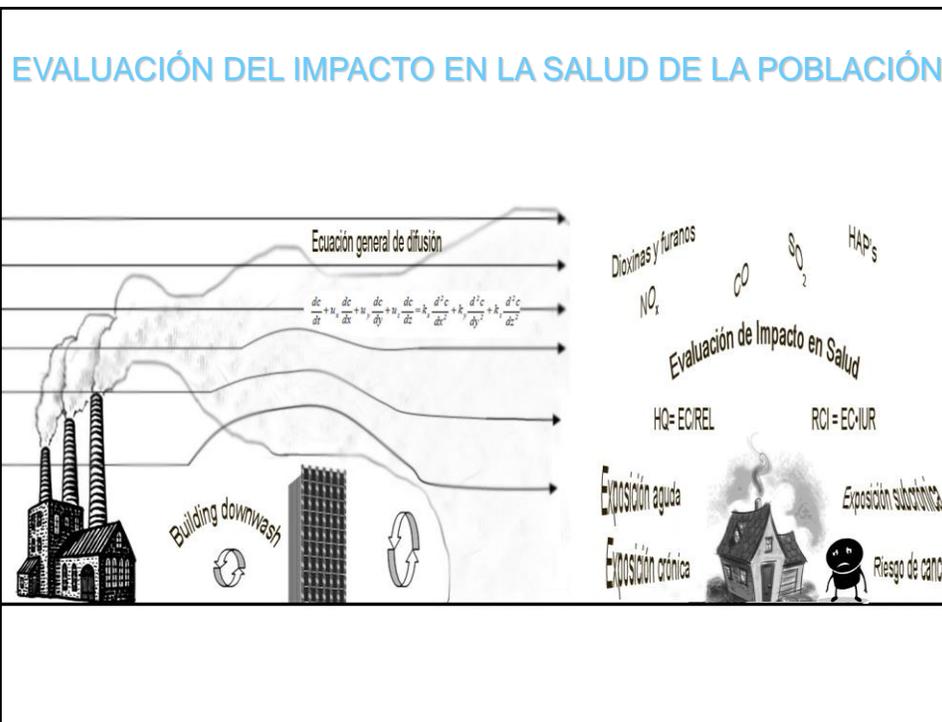
Los valores que se encuentran entre **1E-4 y 1E-6** son considerados **aceptables en determinados casos**.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN

EFFECTOS CANCERÍGENOS

Riesgo de cáncer para las condiciones atmosféricas más desfavorables

Condiciones de funcionamiento	Contaminante	Nivel máximo de riesgo de cáncer			Límite de la zona de riesgo de cáncer		
		C _{max} (µg/m ³)	Distancia (m)	Riesgo de cáncer	Riesgo de cáncer	Conc. (µg/m ³)	Distancia (m)
La incineradora funciona 8 horas al día y 7 días a la semana, durante todo el año	Dioxinas y furanos	6.31·10 ⁻⁷	74	2.40·10 ⁻⁵	1·10 ⁻⁶	4.6·10 ⁻⁸	580
La incineradora funciona 4 horas al día y 5 días a la semana, durante todo el año	Dioxinas y furanos	2.25·10 ⁻⁷	74	8.55·10 ⁻⁶	1·10 ⁻⁶	1.3·10 ⁻⁷	339



MINIMIZACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES

MINIMIZACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES

Características de la Evaluación

- Materiales a incinerar (Residuos u otros productos)
- Incineradora (Características)
- Ubicación en el territorio
- Niveles de emisión / **Niveles de inmisión**



Evaluación de los posibles efectos en la salud de la población

MINIMIZACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES

Incineradora

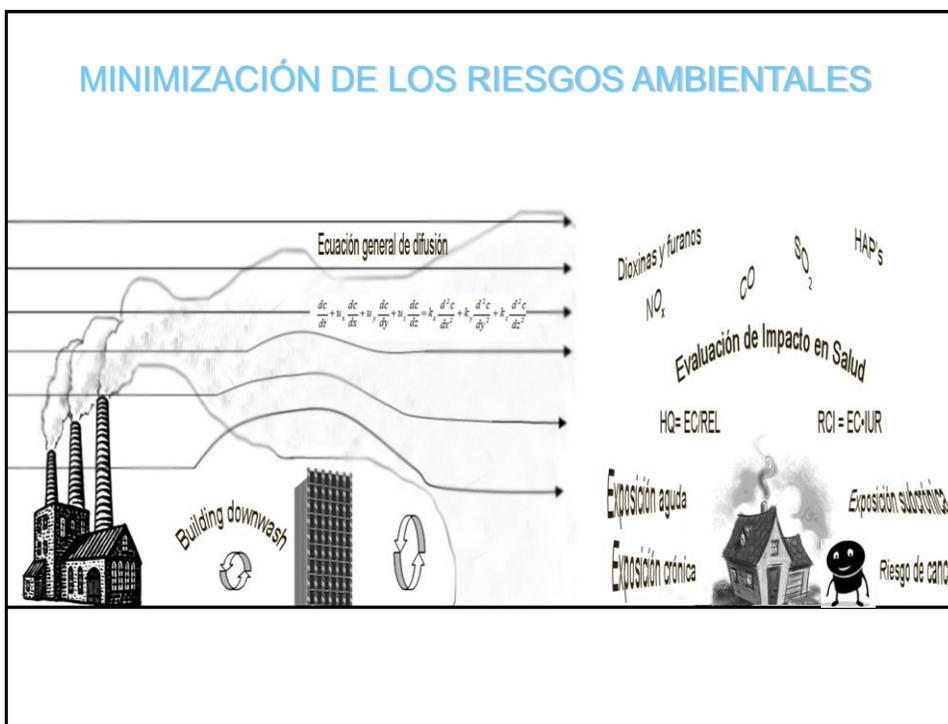
- Características del diseño de los hornos para la reducción de la emisión/inmisión de los contaminantes
 - Control de O₂
 - Control de CO
 - Control de temperatura
 - Control de tiempo de residencia
- Características de mantenimiento adecuadas para un buen funcionamiento del mismo
- Filtros

MINIMIZACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES

Ubicación en el territorio

- Identificación, características y ubicación de los focos
- Coordenadas geográficas de todos y cada uno de los focos
- Indicación de la altura de los edificios/estructuras próximos a los focos
- Distancia a la población y elementos vulnerables

MINIMIZACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES



GRACIAS POR SU ATENCIÓN