# Modelado de la Calidad del Aire

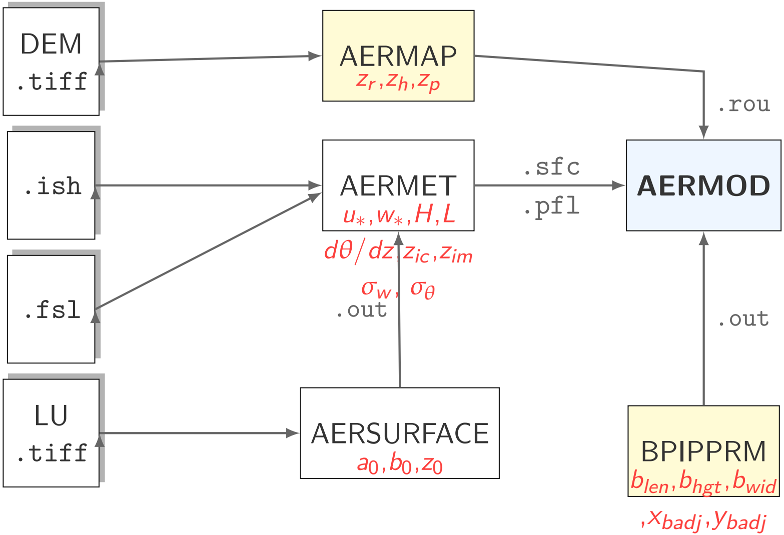
## AERMOD: Fundamentos

FAUBA

7 de junio de 2023

# AERMOD

## Sistema de modelado



# AERMOD

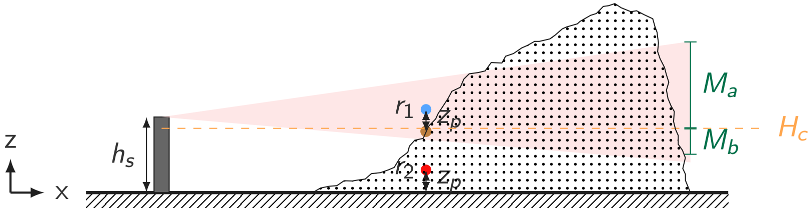
## Características generales

- Modelo de pluma gaussiano de estado estacionario.
- Usa parametrización continua para los coeficientes de dispersión ($\sigma_{y,z}$).
- Caracteriza la capa límite, usando la teoria de similitud para representar las variables en el perfil de esta.
- Contempla inhomogeneidades de la PBL mediante el uso de *variables efectivas*.
- Representa la dispersión en terrenos complejos.
- Contempla corrientes ascendentes y descendentes mediante una distribución vertical bi-gaussiana.
- Representa *plume lofting* y la inyección de plumas flotantes a capas estables.

# Cálculo de concentraciones

# Terreno complejo

AERMOD calcula dos plumas: una ignorando el terreno y otra siguiendo el terreno.




la concentración final es la suma ponderada de estas dos: [1]

$$C_{tot} = f\,C_{ref} + (1-f)\,C_{terr}.$$

[1] donde $f = 0{,}5 + 0{,}5\varphi_p$ y $\varphi_p = M_b / M_a\,M_b$. $M_a$ Masa sobre $H_c$ y $M_b$ masa por debajo de $H_c$. $H_c$: critical dividing streamline, depende de $h_c$: hill slope scale (calculado en AERMAP).

# Cálculo de dispersión
## Fórmula general

$$\overline{c} = \frac{Q}{\tilde{u}}\,\varphi_y\,\varphi_z$$

$\varphi_y$ es la dispersión horizontal:

$$\varphi_y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y}\exp\left(-\frac{1}{2}\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)$$

la dispersión vertical $\varphi_z$ tambien tiene forma *gaussiana* en atmósferas estables:

$$\varphi_z = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z}\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(z+h_c)^2}{\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(z-h_c)^2}{\sigma_z^2}\right]\right\}$$

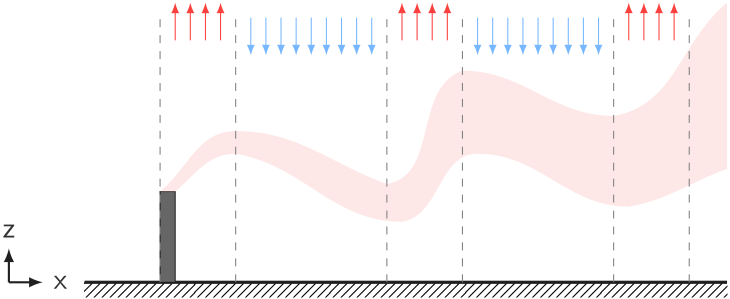
donde $h_c$ es la altura del centro de la pluma.

$$h_c = h_s + \Delta z$$

# Cálculo de dispersión

## Updrafts y Downdrafts

Bajo condiciones inestables hay corrientes verticales ascendentes y descendentes:




la concentración promedio resultante es una función Gaussiana asimétrica, que AERMOD calcula usando un $\varphi_z$ bi-gaussiano.

# Cálculo de dispersión
## en atmósferas convectivas

Para atmósferas convectivas la distribución vertical es *bi-gaussiana*:[2]

$$\varphi_z = \underbrace{\frac{\lambda_1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{z1}} \exp\left(-\frac{(z - z_{c1})^2}{2\sigma_{z1}^2}\right)}_{updraft} + \underbrace{\frac{\lambda_2}{\sqrt{2\pi}\sigma_{z2}} \exp\left(-\frac{(z - z_{c2})^2}{2\sigma_{z2}^2}\right)}_{downdraft}$$

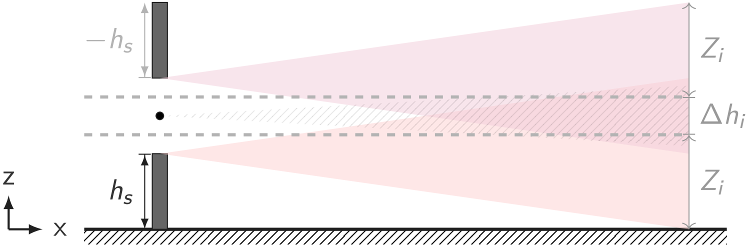
donde $z_c$ es la altura del centro de la pluma:

$$h_{c1} = h_s + \Delta z + \frac{w_1\, x}{u} \qquad h_{c2} = h_s + \Delta z + \frac{w_2\, x}{u}$$

[2] $\lambda_i$ coeficiente de partición tal que: $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$

# Cálculo de dispersión
## en atmosferas convectivas

Para representar el efecto de *lofting* y el ingreso de la pluma a una capa estable se calculan 3 tipos de plumas: *directa*, *indirecta* y *penetrada*.



# Cálculo de dispersión
## en atmósferas convectivas

Pluma directa:[3]

$$\varphi_z = \frac{\lambda_1 f_p}{\sqrt{2\pi}\sigma_{z1}} \exp\left(-\frac{(z-z_{d1})^2}{2\sigma_{z1}^2}\right) + \frac{\lambda_2 f_p}{\sqrt{2\pi}\sigma_{z2}} \exp\left(-\frac{(z-z_{d2})^2}{2\sigma_{z2}^2}\right)$$

Pluma indirecta:

$$\varphi_z = \frac{\lambda_1 f_p}{\sqrt{2\pi}\sigma_{z1}} \exp\left(-\frac{(z-z_{r1}-2z_i)^2}{2\sigma_{z1}^2}\right) + \frac{\lambda_2 f_p}{\sqrt{2\pi}\sigma_{z2}} \exp\left(-\frac{(z-z_{r2}-2z_i)^2}{2\sigma_{z2}^2}\right)$$

Pluma penetrada:

$$\varphi_z = \frac{1-f_p}{\sqrt{2\pi}\sigma_{zp}} \exp\left(-\frac{(z-h_{ep})^2}{2\sigma_{zp}^2}\right)$$

[3] $f_p$: es la fracción que se mantiene atrapada en la CBL.

# Tratamiento de meandro lateral

Pluma coherente:

$$\varphi_y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp\left( - \frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right)$$

Pluma aleatoria (uniforme):

$$\varphi_y = \frac{1}{2\pi\, x_r}$$

# Estimación de coeficientes de dispersión

# Coeficientes de dispersión

La mezcla puede ser inducida por: turbulencia del ambiente, flotación ó edificios.
La forma general de cálculo es:

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_{y,0}^2 + 0{,}08(\Delta z)^2} \qquad \sigma_z = \sqrt{\sigma_{z,0}^2 + 0{,}08(\Delta z)^2}$$

donde: $\sigma_{y,0}$ representa la dispersión ambiente, sin tener en cuenta la flotación.
En el caso de $\sigma_{y,0}$ es independiente de la estabilidad atmosférica:

$$\sigma_{y,0} = \frac{\sigma_v\, x}{\tilde{u}\,[1 + 78 z_{PG} \tilde{\sigma}_v x / (z_{max} \tilde{u}\, z_i)]^{0,3}}$$

Para el caso de $\sigma_{z,0}$ la forma de calculo depende de la estabilidad.

$$\sigma_{z,0} = \left(1 \frac{z}{z_i}\right)\sigma_{z,g} + \frac{z}{z_i}\sigma_{z,e}$$