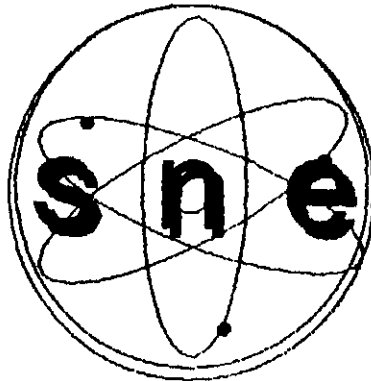


PONENCIA
XV REUNION ANUAL
DE LA SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA



INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS
AERODINAMICAS DE UNA VELETA
EN EL CALCULO DE DOSIS



ENUSA

Fabrica de Juzbado
Dto Seguridad y P. Radiológica

**INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS AERODINAMICAS DE UNA VELETA
EN EL CALCULO DE DOSIS**

AUTORES:

**GUILLERMO SANCHEZ
WIFREDO GARCIA
J. MIGUEL MESONERO**

ENUSA (FABRICA DE JUZBADO-SALAMANCA)

SINOPSIS

Para la determinación de las dosis como consecuencia de la emisión de efluentes gaseosos por una instalación nuclear es necesario conocer los coeficientes de dilución y deposición en el entorno de la planta, de los que depende la concentración que pueden alcanzar los aerosoles vertidos. Estos coeficientes dependen de las condiciones de estabilidad atmosférica, para cuya caracterización suelen utilizarse criterios basados en la desviación típica azimutal de la dirección del viento. En consecuencia, las características aerodinámicas de la veleta con la que se realizan las medidas deben ser tenidas en cuenta, en especial el coeficiente de amortiguamiento, pues, debido a los modelos discretos usados en el cálculo, pequeñas inexactitudes en las medidas pueden llevar a errores considerables. En la ponencia se propone un método para corregir, en función de los parámetros aerodinámicos de la veleta, el error cometido en la determinación de la desviación típica azimutal.

INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS AERODINAMICAS DE UNA VELETA EN EL CALCULO DE DOSIS

AUTORES:

GUILLERMO SANCHEZ

WIFREDO GARCIA

J. MIGUEL MESONERO

ENUSA (FABRICA DE JUZBADO-SALAMANCA)

1. OBJETO

En esta ponencia se muestra que para una instalación nuclear determinada, las estimaciones de dosis al público en general como consecuencia de la emisión de efluentes radiactivos gaseosos se pueden ver afectados por las características de las veletas que se utilicen para determinar la dirección del viento y la desviación azimutal asociada. Las conclusiones son aplicables a instalaciones no nucleares que emitan aerosoles contaminantes.

2. BASES

Las estimaciones de las dosis, via efluentes gaseosos, tanto en condiciones normales como de accidente utilizan, entre otros, como datos de partida los coeficientes de dilución (X/Q) y deposición (D/Q) del lugar. Para la determinación de estos parámetros se emplean los datos proporcionados por los sensores meteorológicos, especialmente las veletas y los medidores de diferencia de temperatura a distintas alturas. De lo anterior se puede intuir que de alguna manera influyen las características de la veleta en la determinación de los coeficientes de dilución y deposición y por consiguiente de la dosis (realmente existe una dependencia lineal entre los X/Q , D/Q y la dosis). En lo que sigue pretendemos hacer una valoración simplificada de cual puede ser esta influencia.

3. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE DILUCION Y LA CONCENTRACION EN UN PUNTO

Se trata de determinar qué coeficiente de dilución X/Q en s/m^3 , se produce en un punto situado a una distancia d , en m, del punto de vertido (supondremos que se trata de una chimenea de altura H en m) a través del cual se emite una tasa de actividad Q , en Bq/s.

Empleando un modelo gaussiano de difusión atmosférica muy simplificado descrito a la ref.1 se obtiene:

$$[1] X/Q = \frac{2,0320 f}{d V \sigma_z} \exp [-1/2 (H/\sigma_z)^2]$$

donde:

f es la fracción del tiempo considerado en la que el viento sopla en esa dirección; por simplicidad en lo que sigue supondremos que el viento sopla en una sola dirección, es decir f=1 en esa dirección.

V = Velocidad del viento en m/s.

σ_z = Desviación estándar de una distribución gaussiana perpendicular, en el sentido vertical, a la dirección del viento. A continuación veremos cómo se estima este parámetro que es el que más interés tiene para el objetivo que buscamos.

[El modelo anterior es extremadamente simple pero es suficiente para lo que se persigue. Modelos mas realistas, que son los que realmente se aplican, se pueden encontrar en la ref.2, para condiciones normales y en la ref.3 para condiciones de accidente].

El valor de σ_z indicado se obtiene (ver ref.1) a partir de la clasificación de categorías de estabilidad de Pasquill como sigue:

- a) El ordenador que recibe los datos de la veleta va determinando cada 15 minutos la desviación estandar azimutal, σ_R de la dirección del viento, donde:

$$\sigma_R = \frac{\sqrt{\sum (\theta_1 - \theta)^2}}{n - 1}$$

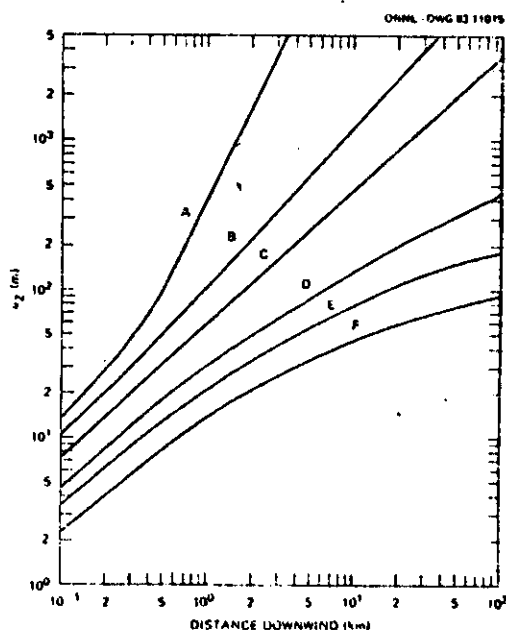
donde θ_1 es la dirección en grados del viento en un instante t_1 (la frecuencia de muestreo suele variar entre 1 y 20 seg) y θ es el valor medio de la dirección del viento en el intervalo considerado (generalmente 15 minutos). [Mas conveniente es obtenerlo a través de una descomposición vectorial que pondere la intensidad del viento. Por razones de simplicidad no haremos este tratamiento].

- b) A partir de este valor de σ_R se realiza la determinación las categorías de estabilidad según la tabla 1.

TABLA 1

<u>Clasificación de inestabilidad</u>	<u>Categoría Pasquill</u>	<u>σ_R (grados)</u>
Muy inestable	A	$\sigma_R \geq 22,5$
Moderadamente inest.	B	$22,5 > \sigma_R \geq 17,5$
Ligeramente inesta.	C	$17,5 > \sigma_R \geq 12,5$
Neutra	D	$12,5 > \sigma_R \geq 7,5$
Ligeramente estable	E	$7,5 > \sigma_R \geq 3,8$
Moderadamente estable	F	$3,8 > \sigma_R \geq 2,1$
Muy estable	G	$2,1 > \sigma_R$

c) Determinando la categoría de estabilidad se calcula σ_z en el punto deseado a partir de la fig.1. Este valor se introduce en [1] y así se obtiene X/Q.



d) Los X/Q así calculados multiplicados por la tasa de emisión Q, expresada en Bq/s nos proporcionan la concentración en Bq/m³ en el punto deseado. Conocida la concentración se puede calcular la dosis H.

Ahora estamos en condiciones de darnos cuenta que si para calcular σ_R según a) utilizamos una veleta con mucha facilidad de oscilación (más propiamente hablado, con un coeficiente de amortiguamiento mas bajo) el valor de σ_R será mayor que si hubiésemos empleado otra veleta con coeficiente de amortiguamiento mayor a pesar de ser las condiciones meteorológicas las mismas. Para mayores σ_R vemos en b) que las categorías son más inestable

consiguientemente de acuerdo con d) nos dan menores concentraciones y por tanto menores dosis. En el caso de una media anual, obtenida con gran número de datos, en general el error es despreciable. Sin embargo, en una situación de accidente, en la que se pretendan utilizar las condiciones meteorológicas reales, la estimación de dosis puede ser seriamente errónea, pues una pequeña diferencia en σ_m puede traducirse en un uso de una categoría de estabilidad equivocada.

4. METODO DE CORECCION DEL ERROR SEGUN LAS CARACTERISTICAS DE LA VELETA

Vamos a intentar estimar que influencia tienen las características de la veleta en la determinación de las categorías de estabilidad, y como puede corregirse este efecto.

En principio podemos asegurar que:

$$\sigma_M^2 = \sigma_R^2 \pm \varepsilon_1^2 \text{ donde}$$

σ_M = desviación estandar de la dirección azimutal del viento medida por la veleta en el intervalo considerando (típicamente 15 minutos).

σ_R = desviación real del viento.

ε_1 = error introducido en la medida de la desviación estandar (dependiente de las características de la veleta).

Se asume $\sigma_M^2 \approx \sigma_R^2$ cuando la veleta posee un coeficiente de amortiguamiento comprendido entre 0,4 a 0,6 y una constante de distancia inferior a 2 m.

Nos interesa analizar el caso en que el coeficiente de amortiguamiento es menor a 0,4 en cuyo caso este error no es en principio despreciable.

El error $\varepsilon_1^2 \approx V(\theta)$ donde $V(\theta)$ es la varianza cometida en la determinación de la dirección del viento.

Como los intervalos de muestreo de las veletas son de 10 segundos y podemos considerar que éste sigue una distribución uniforme (es decir el muestreo puede producirse en cualquier instante del intervalo 0 a 10 s con igual probabilidad) la varianza vendrá dada como sigue:

$$V(F(t)) = [(F(t) - E(F(t)))^2]$$

siendo $F(t)$ la ley del movimiento de la veleta; dado que se trata de una variable que se puede expresar por una función continua

$$V(F(t)) = \int (F(t) - \mu)^2 p(t) dt$$

Por otra parte $p(t)$ es una función uniforme que vale $1/T$ donde T es el intervalo de muestreo (10 s). Además la media de la desviación de las medidas, tenderá a cero para un número grande de éstas como es nuestro caso, luego

$$V(F(t)) = 1/10 \int_0^{10} [F(t)]^2 dt$$

Utilizando la expresión de $F(t)$ para una veleta de frecuencia W y razón de amortiguamiento K , (ref 1) el resultado es

$$\varepsilon_1^2 = \frac{\theta_0^2}{10(K^2-1)} \left[\frac{a \cos^2\beta - w \sin^2\beta}{a^2 + 4w^2} + \frac{2w^2}{a} \right] \equiv \theta_0^2 \varepsilon_0^2$$

$$\text{siendo } a = \frac{-2w}{\sqrt{1-K^2}} \quad \beta = \arctg \frac{K}{\sqrt{1-k^2}}$$

ε_0^2 es un valor constante para cada veleta estrechamente relacionado con su coeficiente de amortiguamiento K , (K es un dato proporcionado por el fabricante de la veleta o determinado en tunel de viento).

θ_0^2 es el ángulo inicial. Por el propio concepto de varianza para cada periodo concreto podemos suponer que para el intervalo de muestreo típico (15 minutos y 90 medidas) la desviación media respecto a la dirección del viento será $0,68 \sigma_M$. Este valor puede razonablemente asumirse como ángulo inicial para el periodo considerado, luego

$$[8] \quad \varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_0^2} 0,68^2 \sigma^2 M = 0,68 \varepsilon_0 \sigma_M$$

$$[9] \quad \sigma_R = \sqrt{\sigma^2 M - (0,68 \varepsilon_0)^2 \sigma^2 M} = \sigma_M \sqrt{1 - 0,68 \varepsilon_0^2}$$

Una forma de incorporar el error asociado al coeficiente de amortiguamiento de la veleta consiste en multiplicar la σ_M medidas por el Enviro/-Logger (computador de tratamiento de datos) y por el factor $\sqrt{1 - 0,68 \varepsilon_0^2}$ característico de cada veleta y considerar este producto como la sigma azimutal real.

Referencias

1. TID. 24.190, "Meteorology and Atomic Energy" Julio 1968
2. RG. 1.111, rev. 1, Julio 1977
3. RG. 1.145, rev. 1, Noviembre 1982

cuya probabilidad de excedencia sea menor, en el sector considerado, al 0,5 %.

TMDOGACAFA

Calcula las dosis integradas producidas por la emisión accidental de aerosoles radiactivos al exterior de la nave de fabricación a partir de la actividad emitida para los distintos isótopos (^{238}U , ^{235}U y ^{234}U), los factores X/Q para cada sector calculados por TMXQCAC, el tiempo que dura la emisión, el tiempo de exposición y la distribución porcentual del AMAD del polvo.

Además puede hacerse una estimación de la dosis en situación de accidente en tiempo real mediante una rutina que desencadena la secuencia de programas siguientes:

TMCAPTU - TMPEND - TMXQCAC - TMENDOLI
TMDGCNFA

Dentro de la secuencia, cada programa se ejecuta del modo descrito en el apartado correspondiente, con la única diferencia de que en el programa TMXQCAC, en lugar de utilizarse el criterio de seleccionar para cada sector un X/Q cuya probabilidad de excedencia sea del 0,5 %, simplemente se calcula el X/Q promedio del período considerado.

Cálculo de dosis al exterior de la fábrica por emisión de efluentes radiactivos líquidos

Los programas que constituyen este grupo se muestran en el recuadro «D» de la figura 1.

TMENDOLI

Este programa calcula a partir de las actividades totales vertidas la proporción emitida de cada uno de los siguientes radionucleidos ^{238}U , ^{234}Th , $^{234}\text{Pa-m}$, ^{234}U , ^{235}U .

TMDLCNFA

Este programa calcula las dosis anuales por emisión en efluentes radiactivos líquidos, de acuerdo con la RG. 1.109 rev. 1.

23.03

INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS AERODINÁMICAS DE UNA VELETA EN EL CÁLCULO DE DOSIS

G. SANCHEZ, W. GARCIA y J. M. MESONERO

ENUSA

OBJETO

En esta ponencia se muestra que para una instalación nuclear determinada, las estimaciones de dosis al público en general como consecuencia de la emisión de efluentes radiactivos gaseosos se pueden ver afectados por las características de las veletas que se utilizan para determinar la dirección del viento y la desviación azimutal asociada. Las conclusiones son aplicables a instalaciones no nucleares que emitan aerosoles contaminantes.

BASES

Las estimaciones de las dosis, vía efluentes gaseosos, tanto en condiciones normales como de accidente utilizan, entre

otros, como datos de partida los coeficientes de dilución (X/Q) y deposición (D/Q) del lugar. Para la determinación de estos parámetros se emplean los datos proporcionados por los sensores meteorológicos, especialmente las veletas y los medidores de diferencia de temperatura a distintas alturas. De lo anterior se puede intuir que de alguna manera influyen las características de la veleta en la determinación de los coeficientes de dilución y deposición y por consiguiente de la dosis (realmente existe una dependencia lineal entre los X/Q, D/Q y la dosis). En lo que sigue pretendemos hacer una valoración simplificada de cuál puede ser esta influencia.

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE DILUCION Y LA CONCENTRACION EN UN PUNTO

Se trata de determinar qué coeficiente de dilución X/Q en s/m^3 , se produce en un punto situado a una distancia d , en m, del punto de vertido (supondremos que se trata de una chimenea de altura H en m) a través del cual se emite una tasa de actividad Q , en Bq/s.

Empleando un modelo gaussiano de difusión atmosférica muy simplificado descrito en la ref. 1 se obtiene:

$$[1] \quad X/Q = \frac{2,0320 f}{d \sqrt{\sigma_z}} \exp \left[-1/2 (H/\sigma_z)^2 \right]$$

donde:

f es la fracción del tiempo considerado en la que el viento sopla en esa dirección; por simplicidad en lo que sigue supondremos que el viento sopla en una sola dirección, es decir $f = 1$ en esa dirección.

V = Velocidad del viento en m/s.

σ_z = Desviación estándar de una distribución gaussiana perpendicular, en el sentido vertical, a la dirección del viento. A continuación veremos cómo se estima este parámetro que es el que más interés tiene para el objetivo que buscamos. [El modelo anterior es extremadamente simple pero es suficiente para lo que se persigue. Modelos más realistas, que son los que realmente se aplican, se pueden encontrar en la ref. 2, para condiciones normales y en la ref. 3 para condiciones de accidente].

El valor de σ_z indicado se obtiene (ver ref.1) a partir de la clasificación de categorías estabilidad de Pasquill como sigue:

- a) El ordenador que recibe los datos de la veleta va determinando cada quince minutos la desviación estándar azimutal, σ_{θ} , de la dirección del viento, donde:

$$\sigma_{\theta} = \frac{\sqrt{\sum (\theta_i - \bar{\theta})^2}}{n - 1}$$

donde θ_i es la dirección en grados del viento en un instante t_i (la frecuencia de muestreo suele variar entre 1 y 20 seg) y $\bar{\theta}$ es el valor medio de la dirección del viento en el intervalo considerado (generalmente quince minutos). [Más conveniente es obtenerlo a través de una descomposición vectorial que pondere la intensidad del viento. Por razones de simplicidad no haremos este tratamiento].

- b) A partir de este valor de σ_{θ} se realiza la determinación las categorías de estabilidad según la tabla 1.

METODO DE CORRECCION DEL ERROR SEGUN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VELETA

Vamos a intentar estimar qué influencia tienen las características de la veleta en la determinación de las categorías de estabilidad, y cómo puede corregirse este efecto.

En principio podemos asegurar que:

donde

$$\sigma_R^2 = \sigma_M^2 + \epsilon^2$$

TABLA I

Clasificación de inestabilidad	Categoría Pasquill	σ_R (grados)
Muy inestable	A	$\sigma_R \geq 22,5$
Moderadamente inest.	B	$22,5 > \sigma_R \geq 17,5$
Ligeramente inesta.	C	$17,5 > \sigma_R \geq 12,5$
Neutra	D	$12,5 > \sigma_R \geq 7,5$
Ligeramente estable	E	$7,5 > \sigma_R \geq 3,8$
Moderadamente estable	F	$3,8 > \sigma_R \geq 2,1$
Muy estable	G	$2,1 > \sigma_R$

σ_M d desviación estándar de la dirección azimutal del viento medida por la veleta en el intervalo considerando (típicamente quince minutos).

σ_R d desviación real del viento.
 σ_{θ} d error introducido en la medida de la desviación estándar (dependiente de las características de la veleta).

Se asume $\sigma_M = \sigma_R$ cuando la veleta posee un coeficiente de amortiguamiento comprendido entre 0,4 a 0,6 y una constante de distancia inferior a 2 m.

Nos interesa analizar el caso en que el coeficiente de amortiguamiento es menor a 0,4 en cuyo caso este error no es en principio despreciable.

El error $\epsilon_1 = \sqrt{V}$ donde V es la variancia cometida en la determinación de la dirección del viento.

Como los intervalos de muestreo de las veletas son de diez segundos y podemos considerar que éste sigue una distribución uniforme (es decir, el muestreo puede producirse en cualquier instante del intervalo 0 a 10 s con igual probabilidad) la variancia vendrá dada como sigue:

$$V(F(t)) = \{(F(t) - E(F(t)))^2\}$$

siendo $F(t)$ la ley del movimiento de la veleta; dado que se trata de una variable que se puede expresar por una función continua

$$V(F(t)) = \int (F(t) - \mu)^2 p(t) dt$$

Por otra parte $p(t)$ es una función uniforme que vale $1/T$ donde T es el intervalo de muestreo (10 s). Además, la media de la desviación de las medidas, tenderá a cero para un número grande de éstas como es nuestro caso, luego

$$V(F(t)) = 1/10 \int_0^{10} [F(t)]^2 dt$$

Utilizando la expresión de $F(t)$ para una veleta de frecuencia W y razón de amortiguamiento K (ref 1) el resultado es

$$\epsilon_1^2 = \frac{\theta_0^2}{10(K^2-1)} \left[\frac{a \cos^2 \beta - w \operatorname{sen}^2 \beta}{a^2 + 4w^2} + \frac{2w^2}{a} \right] = \theta_0^2 \epsilon_0^2$$

$$\text{siendo } a = \frac{-2w}{\sqrt{1-K^2}} \quad \beta = \operatorname{arctg} \frac{K}{\sqrt{1-K^2}}$$

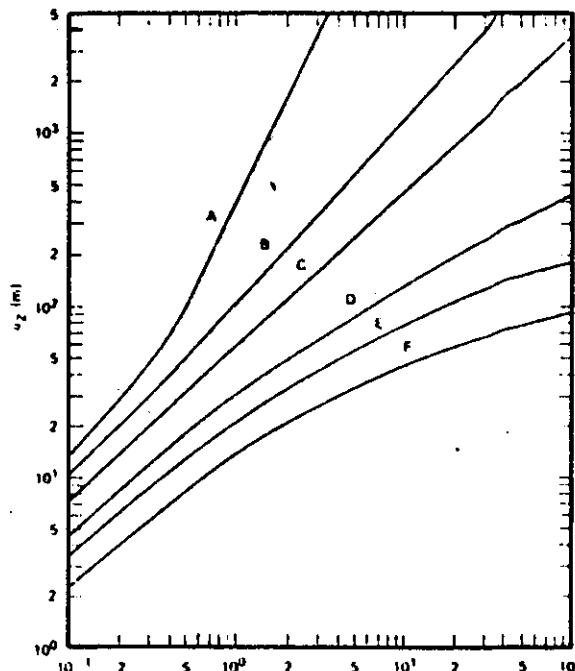
θ_0^2 es un valor constante para cada veleta estrechamente relacionado con su coeficiente de amortiguamiento K , (K es un dato proporcionado por el fabricante de la veleta o determinado en túnel de viento).

es el ángulo inicial. Por el propio concepto de variancia para cada período concreto podemos suponer que para el intervalo de muestreo típico (quince minutos y 90 medidas) la desviación media respecto a la dirección del viento será 0,68

Este valor puede razonablemente asumirse como ángulo inicial para el período considerado, luego

$$\epsilon_1 = \sqrt{2^2 \cdot 0,68^2 \cdot \sigma_M^2} = 0,68 \epsilon_0 \sigma_M$$

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_M^2 - (0,68 \epsilon_0)^2 \cdot \sigma_M^2} = \sigma_M \sqrt{1 - 0,68^2 \epsilon_0^2}$$



Una forma de incorporar el error asociado al coeficiente de amortiguamiento de la veleta consiste en multiplicar las medidas por el Enviro/Logger (computador de tratamiento de datos) y por el factor σ_R característico de cada veleta y considerar este producto como la sigma azimutal real.

REFERENCIAS

- 1.) TID. 24.190. «Meteorology and Atomic Energy» Julio 1968.
- 2.) RG. 1.111, rev. 1, Julio 1977.
- 3.) RG. 1.145, rev. 1, Noviembre 1982.