

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

NORMA CUBANA



Obligatoria

39: 1999

CALIDAD DEL AIRE. REQUISITOS HIGIENICO-SANITARIOS

ENMIENDA 1

Air quality. Health and Sanitary Requirements

AMENDMENT 1

La enmienda 1 fue preparada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 3 Gestión Ambiental.

Descriptores: Calidad; Aire; Condiciones de higiene;
Condiciones sanitarias.

1. Edición

1999

ICS: 13.040

REPRODUCCION PROHIBIDA

**Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.
Teléf.: 30-0835 Fax: (537) 33-8048 E-mail: ncnorma@ceniai.inf.cu**

Toda la norma:

Cambiar NC 93-02-202: 1987 por NC 39: 1999

Página 1:

Cambiar el título por: Calidad del aire. Requisitos higiénico-sanitarios.

Página 1:

Incluir el siguiente párrafo explicativo en la introducción de la norma: "Se deberá dar prioridad al diseño y/o adquisición de tecnologías limpias o de baja emisividad".

Página 2:

Eliminar los apartados 1.1 y 1.2.

Página 71:

Eliminar las referencias bibliográficas a la norma de la URSS, SN 369-74 y al establecimiento de las concentraciones máximas admisibles del MINSAP de la URSS.

Página 13:

Apartado 4.2, incluir una segunda NOTA al final de la primera NOTA.

2. Se recomienda utilizar como valores de la razón U_r/U_s que aparece en las fórmulas 5 y 7, los que se presentan en el punto 3 del Apéndice.
-

Página 14:

Apartado 4.4, incluir un tercer párrafo:

En el caso de las industrias y otras fuentes emisoras de contaminantes del aire de clase V, los **radios mínimos admisibles** de protección sanitaria se considerarán **radios mínimos recomendables**. En tal sentido, en cada microlocalización las autoridades sanitarias y de planificación física, de común acuerdo, aprobarán las zonas de protección sanitarias de las fuentes emisoras de clase V sobre la base del cumplimiento de las condiciones higiénicas del aire. Al respecto se exigirá la consideración de "sombras aerodinámicas" (sección 12), la adopción de posibles reducciones tecnológicas de las emisiones de contaminantes y la realización de cálculos de dispersión de contaminantes (chimeneas y conductos de expulsión de gases provenientes de sistemas de extracción y ventilación).

Página 14:

Apartado 4.5, sustituir en todas las Clases V, páginas 20, 21, 23, 25, 26, 28, 29, 31 y 32.
Radio Mínimo admisible de 50 m por **Radio mínimo recomendable de 50 m**.

Página 25:

Apartado 4.5, Industria Construcción, Clase V incluirlo como el número 3: **pequeños almacenes de materiales de construcción destinados a la población.**

Página 32:

Apartado 4.5, en Instalaciones sanitarias y empresas municipales, clase III, No. 3 eliminar: **Instalaciones de desagüe (punto de vertimiento).**

Página 32:

Apartado 4.5, en Instalaciones sanitarias y empresas municipales, clase IV No. 2: Eliminar **Aparcamiento de vehículos utilizados en la recogida de basuras de las ciudades** de la Clase IV No. 2 e incluirlo en la Clase V como el No. 3.

Página 33:

Apartado 4.5, en Instalaciones de tratamiento de aguas residuales, sustituir todo el texto en las Clase I, II, III, IV por:

Instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

Clase I**Radio mínimo admisible de 1 000 m**

1. **Plantas de tratamiento de residuales líquidos con diferentes procesos y órganos de tratamiento (sedimentadores, biofiltros, digestores, cienos activados y otros) para residuales porcinos y otros biodegradables de alta carga.**

Clase III**Radio mínimo admisible de 300 m**

1. **Plantas de tratamiento de residuales líquidos con diferentes procesos y órganos de tratamiento (sedimentadores, biofiltros, digestores, cienos activados y otros) para poblaciones mayores de 100 000 habitantes.**

Clase III (Especial) Radio mínimo admisible de 200 m

1. Plantas de tratamiento de residuales líquidos con diferentes procesos y órganos de tratamiento (sedimentadores, biofiltros, digestores, cienos activados y otros) para poblaciones entre 50 000 y 100 000 habitantes y biodegradables de baja carga.
2. Lagunas de estabilización anaerobias.

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

1. Plantas de tratamiento de residuales líquidos con diferentes procesos y órganos de tratamiento (sedimentadores, biofiltros, digestores, cienos activados y otros) para poblaciones menores de 50 000 habitantes.
2. Lagunas de estabilización facultativas y aeróbicas.

Página 52:

Apartado 8.1.1, fila 12, sustituir “En caso contrario, o sea, si $H' \leq h'$, será necesario...” por “En caso contrario, o sea, si $H' \geq h'$, será necesario...”

Página 52:

Sustituir la fórmula 57 por:

$$H_{i+1} = H_i \sqrt{\frac{m \cdot i \cdot n \cdot i}{m \cdot i - 1 \cdot n \cdot i - 1}} \quad m]$$

Página 84:

Apéndice, incluir la tabla No. 3 al final del No. 2 (Cálculo de la sombra aerodinámica de un edificio fabril).

Texto: Valores de la razón U_r/U_s recomendados dependientes de U_r

U_r km/h	U_r/U_s	U_r km/h	U_r/U_s	U_r km/h	U_r/U_s
0	0,780	11	1,000	22	0,772
1	0,800	12	1,000	23	0,733
2	0,830	13	0,999	24	0,700
3	0,853	14	0,992	25	0,675
4	0,875	15	0,981	26	0,658
5	0,900	16	0,966	27	0,641
6	0,924	17	0,943	28	0,628
7	0,943	18	0,912	29	0,619
8	0,966	19	0,881	30	0,615
9	0,989	20	0,843	>30	0,600
10	0,999	21	0,811		

 REPUBLICA DE CUBA	Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente ATMOSFERA Requisitos higiénico sanitarios : Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria	 93-02-202 1987
---	--	--

Standards System for
 Environment Protection.
 Atmosphere. Sanitary Hygienic
 Requirements; Maximum Admittable
 Conditions, Expulsion Minimum
 Heights and Sanitary Protection
 Zones

Система стандартов защиты окружающей среды.
 Атмосфера. Санитарно-гигиенические требования.
 Максимально допустимые концентрации, минимальные
 высоты выброса и санитарная зона защиты.

Esta norma establece los requisitos higiénicos sanitarios en cuanto a las concentraciones máximas admisibles de sustancias químicas contaminantes (en lo adelante sustancias contaminantes) del aire y los radios mínimos admisibles de las zonas de protección en torno a las empresas industriales y otras fuentes de contaminantes del aire.

También se establecen las metodologías de cálculo de la dispersión de las sustancias contaminantes del aire expulsadas por chimeneas, de las alturas mínimas admisibles de chimeneas y de las zonas de protección sanitarias en torno a las empresas industriales y otras fuentes de contaminantes del aire. Asimismo se establecen los cálculos de la sombra aerodinámica de edificaciones y de la dispersión de sustancias contaminantes dentro de la misma. Además, se establece el volumen de información requerido para la ejecución de los cálculos de dispersión y del control de la contaminación atmosférica por las empresas industriales.

La norma se aplica a las empresas industriales y demás instalaciones productivas y de servicio, generadoras de sustancias contaminantes del aire, con el objetivo de proteger la atmósfera de los asentamientos humanos.

En cuanto a los radios mínimos admisibles de las zonas de protección sanitaria la norma se aplica a las inversiones que se presenten a partir de la aprobación de esta norma.

Las industrias y demás instalaciones generadoras de sustancias contaminantes que se encontraban funcionando antes de esta fecha crearán programas a mediano y largo plazo para la aplicación paulatina de dichos radios.

1. Generalidades

1.1 Esta norma sustituye a la NC 53-03:78 "Industrias, almacenes y zonas industriales. Zonas de protección" en la sección referida a las zonas de protección. Otros aspectos de esa norma no son sustituidos por ésta.

1.2 Los valores de las concentraciones máximas admisibles establecidos en la tabla 1 fueron tomados de la lista oficial de la URSS No. 3086-84, aprobada y puesta en vigor

Aprobada: Junio 1987	ESTA NORMA ES OBLIGATORIA	Vigente a partir de: Mayo 1988
-------------------------	---------------------------	-----------------------------------

el 27 de agosto de 1984 por resolución del médico principal estatal de la URSS.

- 1.3 La presente norma es aplicable al cálculo de dispersión de sustancias contaminantes del aire expulsadas por chimeneas de boca circular de instalaciones localizadas en regiones llanas o poco accidentadas con diferencias topográficas no superiores a 50 m/km, en un radio de hasta 50 veces la altura de la chimenea y fuera de las sombras aerodinámicas constituidas por edificaciones y otros obstáculos.
- 1.4 Los valores de las concentraciones de sustancias contaminantes calculados se suponen a sotavento de las fuentes de emisión en la capa de aire cercana a la superficie terrestre y formados bajo condiciones meteorológicas desfavorables.
- 1.5 En esta norma todas las fórmulas y gráficos están referidos a un intervalo promedio fijo de tiempo de 20 min (concentración instantánea).
- 1.6 El valor de la concentración máxima (C_m) de una sustancia contaminante del aire, provocado por las expulsiones de una fuente de emisión dada, estará restringido por el valor de su concentración máxima admisible (C_{ma}) (véase sección 3).

Esta condición queda definida por:

$$C_m \leq C_{ma} \quad (1)$$

Cuando la fuente de emisión se pretenda localizar en una zona donde ya existan concentraciones de fondo (C_f) significativas de la sustancia contaminante, entonces será necesario cumplir la condición higiénica siguiente:

$$C_m + C_f \leq C_{na} \quad (2)$$

De ello resulta que, cuando existan concentraciones de fondo apreciables, en las fórmulas de cálculo el valor de la concentración máxima admisible se sustituirá por la diferencia $C_{ma} - C_f$ (véase sección 13).

- 1.7 Cuando se expulsan a la atmósfera simultáneamente varias sustancias de acción similar (sección 3, tabla 2) la condición higiénica se define por el valor de la concentración máxima relativa (Q_m) de los contaminantes que debe resultar menor o igual que uno ($Q_m \leq 1$).

El cálculo de Q_m se realizará de acuerdo con la altura física de la chimenea (H_f)

- Cuando $H_f < 200$ m

$$Q_m = \frac{C_m(a)}{C_{ma}(a)} + \frac{C_m(b)}{C_{ma}(b)} + \dots + \frac{C_m(n)}{C_{ma}(n)} \leq 1 \quad (3)$$

- Cuando $H_f \geq 200$ m

$$Q_m = \sqrt{\left(\frac{C_m(a)}{C_{ma}(a)}\right)^2 + \left(\frac{C_m(b)}{C_{ma}(b)}\right)^2 + \dots + \left(\frac{C_m(n)}{C_{ma}(n)}\right)^2} \leq 1$$

donde:

$C_m(a), C_m(b), \dots, C_m(n)$ concentraciones máximas en el aire de las sustancias contaminantes a, b, ..., n, respectivamente

$C_{ma}(a), C_{ma}(b), \dots, C_{ma}(n)$ concentraciones máximas admisibles correspondientes.

1.8 En el caso de los contaminantes capaces de sufrir transformaciones químicas en el aire que den lugar a compuestos secundarios de mayor peligrosidad que los iniciales, los cálculos se realizarán teniendo en cuenta esas nuevas sustancias.

1.9 En las fórmulas empleadas para la determinación de las concentraciones máximas de sustancias contaminantes aparece la constante A que define las condiciones naturales de difusión más adversas.

En la presente norma, sobre la base de diversos criterios, se ha tomado un valor de $A = 200$.

1.10 La metodología de cálculos de dispersión que aparecen en esta norma constituye un instrumento directo para la evaluación de diferentes alternativas de solución de las expulsiones de sustancias contaminantes del aire a través de chimeneas, con ajuste a las exigencias higiénico sanitarias.

La mayor influencia reductora sobre la concentración máxima C_m de las sustancias contaminantes es provocada por la altura H de la chimenea. Para expulsiones calientes se tiene que $C_m \sim H^{-2}$. El factor subsecuente en importancia es el flujo M de sustancias contaminantes y su grado de depuración, dado que $C_m \sim M$, lo cual implica la aplicación de todos los medios técnicos modernos que se posean para la disminución de las expulsiones de sustancias contaminantes.

Otro factor de significación en la reducción de C_m es el número N de chimeneas que para expulsiones calientes presenta una relación de $C_m \sim \sqrt[3]{N}$. De ello se infiere

la idoneidad de reducir todo lo más posible el número de chimeneas y de optimizar su localización recíproca.

Los cálculos preliminares, para la evaluación de diferentes alternativas de solución de los parámetros de expulsión, pueden agilizarse con empleo de los gráficos que aparecen en la norma. Pero las variantes definitivas deberán calcularse con uso de las fórmulas analíticas correspondientes.

Para los cálculos de dispersión de un gran número de chimeneas disgregadas en áreas de grandes dimensiones es recomendable recurrir a la computación electrónica.

2. Términos y definiciones

- 2.1 Altura mínima admisible de expulsión de un contaminante. Altura mínima de una chimenea, medida desde el nivel del suelo, con la cual, dados los demás parámetros de expulsión, se garantiza en todo momento la condición higiénica del aire.
- 2.2 Concentración de fondo. Concentración máxima de una sustancia contaminante del aire, definida para un tiempo promedio determinado con una probabilidad de ocurrencia dada, en el territorio donde se prevé localizar o ampliar una fuente emisora de contaminantes.
- 2.3 Condición higiénica del aire. Estado de la calidad del aire caracterizado por la observancia de las concentraciones máximas admisibles de las sustancias contaminantes.
- 2.4 Condiciones meteorológicas desfavorables o adversas. Situación caracterizada, principalmente, por una intensa inversión de temperatura en la capa atmosférica superficial, así como una velocidad del viento crítica para la fuente o conjunto de fuentes del territorio, a causa de lo cual tiene lugar una pésima dispersión de los contaminantes.
- 2.5 Expulsión límite admisible. Flujo máximo de una o varias sustancias contaminantes autorizado a ser lanzado a la atmósfera por una fuente emisora dada, que no provoca niveles de contaminación superiores a las concentraciones máximas admisibles.
- 2.6 Expulsión conducida (o alta). Flujo de una sustancia contaminante lanzada a la atmósfera a través de una chimenea.
- 2.7 Expulsión no conducida (o baja). Flujo de una sustancia contaminante que pasa a la atmósfera como resultado de deshermetizaciones de instalaciones, deficiencia o ausencia de equipos extractores en lugares de carga o almacenamiento, transporte inadecuado y casos similares.
- 2.8 Expulsión provisional autorizada. Flujo máximo de una o varias sustancias contaminantes lanzado a la atmósfera por una fuente emisora existente, cuyo valor excede el

límite admisible, y que previa conciliación con las autoridades competentes, teniendo en cuenta la peligrosidad y concentración de fondo de los contaminantes, es autorizado sobre la base de su reducción programada dentro de un término de tiempo fijado.

Nota. La expulsión provisional autorizada será aplicada en todas aquellas industrias e instalaciones existentes a partir de la vigencia de esta norma, y que así lo requieran.

- 2.9 Puente emisora (antropogénica) de contaminantes del aire. Todo tipo de instalaciones o planta industrial, productiva o de servicio, agrícola o pecuaria, así como cualquier equipo estacionario o móvil que genera sustancias contaminantes del aire.

- 2.10 Radio de protección sanitaria. Distancia de seguridad entre las fuentes emisoras de contaminantes del aire y los límites de las áreas residenciales, las áreas de descanso de la población y otros objetos de protección del ambiente. (Determinado por la fórmula 5).

- 2.11 Radio mínimo admisible de protección sanitaria. Distancia de seguridad mínima establecida entre las fuentes emisoras de contaminantes del aire y los límites de las áreas residenciales, las áreas de descanso de la población y otros objetos de protección del medio ambiente.

El radio mínimo admisible de protección sanitaria garantiza además la consideración de las expulsiones no conducidas de sustancias contaminantes, lo cual normalmente escapa al cálculo de dispersión.

- 2.12 Parámetros de expulsión. Conjunto de magnitudes que definen tecnológicamente los valores probables de concentración de las sustancias contaminantes del aire (véase modelos 1 y 2 en los Anexos B y C).

- 2.13 Peligrosidad de las sustancias contaminantes del aire. Probabilidad o velocidad de aparición de efectos nocivos sobre la salud de la población a causa de los niveles reales de contaminación existentes.

La peligrosidad de las sustancias contaminantes del aire, se clasifican, en dependencia de sus efectos de resorción crónica, en cuatro clases:

- 1) sumamente peligrosas
- 2) muy peligrosas
- 3) moderadamente peligrosas
- 4) ligeramente peligrosas.

- 2.14 Sombra aerodinámica. Espacio enrarecido que se forma a sotavento de edificios, instalaciones y cualquier otro obstáculo aerodinámico.

Dentro de las sombras aerodinámicas ocurre una deficiente dispersión de los contaminantes.

- 2.15 Sustancias de acción similar. Sustancias que al hallarse simultáneamente en el aire generan un efecto nocivo total equivalente a la suma simple de sus efectos nocivos particulares.
- 2.16 Velocidad crítica del viento. Valor de la velocidad del viento específico para cada chimenea o conjunto de chimeneas dado, bajo el cual, obviándose los demás factores actuantes, el viento realiza la mínima función dispersante de los contaminantes. (Efectos activos)
- 2.17 Zonas de protección sanitaria. Territorio definido por los radios de protección sanitaria en torno a las fuentes emisoras de contaminantes del aire con respecto a las zonas habitables.
- 2.18 Zona habitable. A los efectos de esta norma, comprende todo el territorio dentro de un asentamiento humano que con carácter actual o futuro esté destinado al desarrollo de áreas residenciales, áreas de recreación y descanso de la población, así como de las áreas de localización de establecimientos de servicio a la población e instalaciones menores productivas y de servicio (de clases IV y V).
3. Concentraciones máximas admisibles de sustancias contaminantes del aire para zonas habitables. Sustancias de acción similar

Tabla 1 Concentraciones máximas admisibles de sustancias contaminantes del aire para zonas habitables

No. de Orden	Contaminantes	Concentraciones máximas admisibles (mg . m ⁻³)		Clase de peligrosidad
		Instantánea (20 min)	Prom diario (24 h)	
1	2	3	4	5
1	Acetaldehído	0,01	0,01	3
2	Acetofenona	0,003	0,003	3
3	Acetona	0,35	0,35	4
4	Acido acético	0,20	0,06	3
5	Acido Butírico	0,015	-	3
6	Acido caproico	0,01	0,005	3
7	Acido clorhídrico			2
	- como molécula HCL	0,20	0,20	
	- como ion hidrógeno	0,006	0,006	

Tabla 1 (continuación)

1	2	3	4	5
8	Acido nítrico: - como molécula HNO ₃ - como ion hidrógeno	0,40 0,006	0,40 0,006	2
9	Acido sulfúrico: - como molécula H ₂ SO ₄ - como ion hidrógeno	0,30 0,006	0,10 0,002	2
10	Acido valeriánico	0,03	-	3
11	Acroleína	0,03	0,03	2
12	Alcohol	0,10	-	3
13	Alcohol etílico	5,00	5,00	4
14	Alcohol isopropílico	0,60	0,60	3
15	Alcohol metílico	1,00	0,50	3
16	Alcohol propílico	0,30	-	3
17	Alfa-metil-estireno	0,04	0,04	3
18	Alfanftoquinena	0,005	0,005	1
19	Amil-acetato	0,10	0,10	4
20	Amileno	1,50	1,50	4
21	Amoníaco	0,20	0,20	4
22	Anhídrido acético	0,10	0,03	3
23	Anhídrido fosfórico	0,15	0,05	2
24	Anhídrido ftálico (vapores, aerosoles)	0,10	0,10	2
25	Anhídrido maléico (vapores, aerosoles)	0,20	0,05	2
26	Anilina	0,03	0,03	2
27	Arsénico (compuestos inorgánicos, excepto hidrógeno arsenical, calculado A _s)	-	0,003	2
28	Benceno	1,50	0,80	2
29	Bencina (de petróleo, con bajo			

Tabla 1 (continuación)

1	2	3	4	5
	contenido de azufre expresada en C)	5,00	1,50	4
30	3,4 benzo-a-pireno	-	1×10^{-6}	1
31	Butano	200,00	-	4
32	Butil-acetato	0,10	0,10	4
33	Butileno	3,00	3,00	4
34	Caprolactana (vapores, aerosoles)	0,06	0,06	3
35	Carbafós (malatión)	0,015	-	2
36	Ciclohexano	1,40	1,40	4
37	Ciclohexanol	0,06	0,06	3
38	Ciclohexanona	0,04	0,04	3
39	Ciclohexanona oxina	0,10	-	3
40	Cinc, óxido de	-	0,05	3
41	Cloro	0,10	0,03	2
42	Clorobenceno	0,10	0,10	3
43	Cobalto metálico	-	0,001	1
44	Cobre, óxido de Compuestos fluorados (calculados como F)	-	0,002	2
45	Compuestos gaseosos (HF, SiF ₄)	0,02	0,005	2
46	Fluoruros inorgánicos muy solubles (NaF, Na ₂ SiF ₆)	0,03	0,01	2
47	Fluoruros inorgánicos poco solubles, (AlF ₃ , Na ₃ AlF ₆ , CaF ₂)	0,20	0,03	2
48	Cromo hexavalente (calculado como Cr ₂ O ₃)	0,0015	0,0015	1
49	Dicetona	0,007	-	2
50	Dioloro-etano	3,00	1,00	2
51	2,3 dicloro-1,4 naftoquinona	0,05	0,05	2
52	Dietilamina	0,05	0,05	4

Tabla 1 (continuación)

1	2	3	4	5
53	Dimetilamina	0,005	0,005	2
54	Dimetilanilina	0,0055	0,0055	2
55	Dimetil-disulfuro	0,70	-	4
56	Dimetil-formamida	0,03	0,03	2
57	0,0-dimetilfosfato (clorofós, difte- rex)	0,04	0,02	2
58	Dimetil-sulfuro	0,08	-	4
59	Dióxido de azufre	0,50	0,05	3
60	Dióxido de nitróge- no	0,085	0,04	2
61	D-isocianato de tolilo	0,05	0,02	1
62	Disulfuro de car- bono	0,03	0,005	2
63	Divinilo	3,00	1,00	4
64	Etil-acetato	0,10	0,10	4
65	Etil-benceno	0,02	0,02	3
66	Etilenimina	0,001	0,001	1
67	Etileno	3,00	3,00	3
68	Etileno, óxido de	0,30	0,03	3
69	Fenol	0,01	0,01	2
70	Formaldehído	0,035	0,035	2
71	Furfural	0,05	0,05	3
72	Hidroperóxido de isopropilbenceno	0,007	0,007	2
73	Hollín	0,15	0,05	3
74	Isopropilbenceno	0,014	0,014	4
75	Manganeso y sus compuestos (calculados M_nO_2)	-	0,01	2
76	Mercurio metálico	-	0,0003	1
77	Metafós (metil- paratión)	0,008	-	1
78	Metil-acetato	0,07	0,07	3
79	Metil-acrilato	0,01	0,01	4
80	Metil-mercaptano	9×10^{-6}	-	2
81	Metil-metacrilato	0,10	0,10	3
82	Moncetilamina	0,01	0,01	3

Tabla 1 (continuación)

1	2	3	4	5
83	Monometilanilina	0,04	0,04	3
84	Monóxido de carbono	5,00	3,00	4
85	Monóxido de nitrógeno	0,6	0,06	3
86	Naftaleno	0,003	0,003	4
87	Níquel metálico	-	0,001	2
88	Níquel, óxido de	-	0,001	2
89	Níquel, sales solubles de	-	0,0002	1
90	Nitrobenceno	0,008	0,008	2
91	Ozono	0,16	0,03	1
92	Pentano	100,00	25,00	4
93	Pentóxido de fósforo	0,15	0,05	2
94	Pentóxido de vanadio	-	0,002	1
95	Piridina	0,08	0,08	2
96	Plomo y sus compuestos (excepto tetraetilo de plomo, expresado en Pb)	-	0,0003	1
	Polvos con contenido de SiO_2 (%)			
97	hasta 8	0,50	0,15	3
98	hasta 50	0,30	0,10	3
99	hasta 90	0,15	0,05	3
100	Propanol	0,30	0,30	3
101	Propileno	3,00	3,00	3
102	Sulfuro de carbono	0,03	0,005	2
103	Sulfuro de dimetilo	0,08	-	4
104	Sulfuro de hidrógeno	0,008	0,008	2
105	Sulfuro de plomo	-	0,0017	1
106	Tetracloruro de carbono	4,00	2,00	2
107	Tetrahidrofurano	0,20	0,20	4
108	Tiofeno	0,60	-	4
109	Tricloretileno	4,00	1,00	3
110	Trietilamina	0,14	0,14	3
111	Tritiofosfato de tributilo (butifós)	0,01	0,01	2

Tabla 1 (conclusión)

1	2	3	4	5
112	Tolueno	0,60	0,60	3
113	Vinil-acetato	0,15	0,15	3
114	Xileno	0,20	0,20	3
115	Xilol	0,20	0,20	3

Nota. Las Cma de sustancias contaminantes del aire no incluidas en esta norma se solicitarán a la Dirección Nacional de Higiene del MINSAP, cuando se requieran.

Tabla 2 Sustancias contaminantes del aire que poseen propiedades similares

1-	Acetaldehído y vinilacetato
2-	Acetona y benceno
3-	Acetofenona y fenol
4-	Acetofenona y acetona
5-	Acetona, acroleína y anhídrido ftálico
6-	Acetona, fenol, formaldehído y furfurse
7-	Aerosoles de pentóxido de vanadio y dióxido de azufre
8-	Aerosoles de pentóxido de vanadio y óxidos de manganeso
9-	Aerosoles de pentóxido de vanadio y trióxido de cromo
10-	Ácido acético y anhídrido acético
11-	Ácidos butírico, caproico y valerianico
12-	Ácidos minerales fuertes (clorhídrico, nítrico y sulfúrico)
13-	Amileno, butileno, etileno y propileno
14-	Amoníaco, óxido de azufre y óxidos de nitrógeno
15-	Benceno y ciclohexano
16-	Dióxido de azufre y ácido sulfúrico (molecular)
17-	Dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno
18-	Dióxido de azufre y fenol
19-	Dióxido de azufre y fluoruro de hidrógeno
20-	Dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y fenol
21-	Dióxido de azufre, monóxido de carbono, fenol y polvos de la producción siderúrgica
22-	Dióxido de azufre y níquel metálico
23-	Dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno
24-	Dióxido de nitrógeno, ozono y formaldehído
25-	Etanol, metanol y furfurel
26-	Isopropilbenceno e hidropéroxido de isopropilbenceno
27-	Monóxido de carbono y aerosoles de ácido sulfúrico
28-	Monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno
29-	Monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y formaldehído
30-	Monóxido de carbono y fenol
31-	Monóxido de carbono y fluoruro de hidrógeno
32-	Monóxido de carbono y polvo de cemento.

Notas:

1. Con las combinaciones 20 y 21 la condición higiénica siempre se definirá por la fórmula 3.

2. La combinación de sustancias contaminantes del aire no incluidas en esta tabla se solicitarán a la Dirección Nacional de Higiene del MINSAP, cuando se requieran.

Tabla 3 Sustancias contaminantes con propiedades de potenciación

1-	Butilacrilato y metilmetacrilato
2-	Fluoruro de hidrógeno y sales de fluar

Nota. Con estas combinaciones la condición higiénica siempre se definirá con la fórmula 3 con el valor $Q_m \leq 0,8$.

4. Cálculo de la zona de protección sanitaria de una fuente de contaminantes del aire
- 4.1 Alcance de la zona de protección sanitaria. Dentro de los límites de la zona de protección sanitaria de una industria se prohíbe la construcción de viviendas, centros y áreas de recreación y descanso de la población, centros de estudios, centros hospitalarios, instalaciones de carácter social y otros de similares características.
- No se localizarán industrias de Clases I, II y III en las zonas habitables.
- 4.2 Caso general. La zona de protección sanitaria de una industria u otra fuente de contaminantes del aire se determinará en su microlocalización por la fórmula siguiente:

$$l = 0,5 l_o \left(\frac{p}{p_o} + \frac{U_r}{\bar{U}_s} \right) \quad [m] \quad (5)$$

donde:

- U_r velocidad media anual del viento en el rumbo dado [km/h]
- $\bar{U}_s$ velocidad media anual del viento en la región [km/h]
- l radio de protección sanitaria, por rumbo (m)
- l_o radio mínimo admisible de protección sanitaria dependiente de la clase de industria (m) (véase apartado 4.4)
- p frecuencia promedio anual del viento en el rumbo dado (%)
- p_o frecuencia promedio de referencia del viento, característica de una rosa de los vientos imaginaria circular. Tal que:

$$P_o = \frac{100}{n_o} \quad (6)$$

n_o total de rumbos de la rosa de los vientos

El valor del factor eólico $0,5 \left(\frac{P}{P_o} + \frac{U_r}{U_s} \right)$ sólo se admitirá igual o mayor que 1. En aquellos rumbos donde $0,5 \left(\frac{P}{P_o} + \frac{U_r}{U_s} \right) < 1$, se asumirá el valor $0,5 \left(\frac{P}{P_o} + \frac{U_r}{U_s} \right) = 1$.

Cada radio de protección sanitaria calculado se trazará desde el centro de la fuente emisora en el sentido del viento. El contorno obtenido definirá la zona de protección sanitaria de la fuente emisora (véase Fig. 15).

Como requisito obligatorio, la zona de protección sanitaria calculada quedará recogida en el expediente de microlocalización de la inversión. Consecuentemente, en las siguientes etapas de elaboración de la documentación del proyecto técnico ejecutivo serán realizados los cálculos de dispersión de contaminantes y definidas las alturas mínimas admisibles de chimeneas, de conformidad con lo estipulado en la presente norma, de manera que quede demostrado por la parte inversionista que se cumplen las condiciones higiénicas del aire (sección 1, apartado 1.4 y 1.5). En caso contrario, la entidad inversionista, a través de la empresa a cargo del proyecto, procederá a las modificaciones pertinentes de los parámetros de expulsión de las sustancias contaminantes a fin de garantizar las condiciones higiénicas del aire antes señaladas.

Nota. En esta etapa las zonas de protección sanitaria de centrales termoeléctricas y grandes calderas deben ser determinadas directamente a base de los cálculos de dispersión de contaminantes, de acuerdo con la fórmula 7. Además, se tendrá en cuenta que cuando $C_m \leq C_{ma}$ se asumirá $L_o = X_m$ (véase 5.3).

- 4.3 Caso particular.** Cuando el cálculo de la concentración máxima (C_m) de una sustancia contaminante arroje un valor que exceda el límite admisible, y quede demostrada la imposibilidad tecnológica de su correspondiente reducción, dicho valor de concentración, en dependencia de su magnitud y de la valoración higiénica que de ello derive, puede ser expresamente aprobado por la autoridad sanitaria competente. Pero en este caso, será obligatoria la ejecución de los cálculos de los radios de protección sanitaria por la fórmula siguiente:

$$1 = 0,5 L_o \left(\frac{P}{P_o} + \frac{U_r}{U_s} \right) [m] \quad (7)$$

donde:

L_o distancia desde la fuente emisora hasta el punto donde la concentración del contaminante se reduce hasta el valor de la concentración máxima admisible (m) ($C_{xi} = C_{ma}$) (véase Fig. 14).

El valor de L_o se determina por el cálculo señalado en la sección 5, apartado 5.4.

- 4.4 Radio mínimo admisible. Los radios mínimos admisibles de protección sanitaria (lo) de industrias y otras fuentes de contaminantes del aire respecto a los límites de las zonas habitables se tomarán, con carácter obligatorio, de la lista que aparece en el apartado 4.5 de la presente sección.

Las industrias y otras fuentes emisoras que no aparezcan en el apartado 4.5 serán fijadas conjuntamente por las autoridades sanitarias y de planificación física competentes cuando esto se requiera.

- 4.5 Radio mínimo admisible en torno a las empresas industriales y otras fuentes emisoras de contaminantes del aire

Industria química

Clase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Producción de compuestos nitrogenados (amoníaco, ácido nítrico y abonos).
- 2 Producción de compuestos intermedios de la industria de colorantes de anilina en las series del benceno y del éter (derivados de anilina, nitrobenceno, alquilaminas, fenol y otros) cuya producción total sea superior a 1 000 Mg anuales
- 3 Producción de pasta papelera y hemicelulosa por los procedimientos de sulfito, bisulfito y monosulfito con la combustión de azufre o sustancias que contengan azufre; también la producción de pasta papelera por el procedimiento del sulfato.
- 4 Producción de sosa cáustica y cloro por electrólisis
- 5 Producción de fibra artificial de viscosa y celofán
- 6 Producción de abonos minerales concentrados
- 7 Producción de disolventes orgánicos y aceites (benceno, tolueno, xileno, naftaleno, fenol,

Clase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- creosol, antraceno, fenantreno, acridina, carbazol)
- 8 Producción de arsénico y de compuestos inorgánicos de arsénico
 - 9 Producción de gas de petróleo en cantidades superiores $5\,000\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
 - 10 Refinería de petróleo
 - 11 Instalaciones de elaboración de carbón
 - 12 Producción de mercurio
 - 13 Producción de negro carbón
 - 14 Producción de ácido sulfúrico, de ácido sulfúrico fumante y de dióxido de azufre.
 - 15 Producción de disulfuro de carbono
 - 16 Producción de ácido clorhídrico
 - 17 Producción de superfosfatos
 - 18 Producción de fósforo (amarillo o rojo) y compuestos órgano-fosforados (paratión, malatión y otros)
 - 19 Producción de hidrocarburos clorados o hidroclo-
rados
 - 20 Producción de carburo de calcio, acetileno a partir del carburo de calcio y derivados del acetileno
 - 21 Producción de fibra de nitrato de celulosa
 - 22 Síntesis de etanol por el proceso del ácido sulfúrico o por hidratación directa, en fábricas con departamentos para la concentración del ácido sulfúrico o para la desulfuración
 - 23 Producción de caucho artificial
 - 24 Producción de aceites soplantes para la industria del caucho
 - 25 Producción de aminas (metilamina, dimetilamina, trietilamina y otros)
 - 26 Producción de cianuros (de calcio, de sodio, de cobre, y otros), dicianamida, cianamida de calcio
 - 27 Producción de nitrito sódico, sulfato de hidracina, hidrato de hidracina, sulfato amónico, cloruro de tionilo y carbonato amónico

Clase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 28 Producción de acetileno a partir de gases de hidrocarburos
- 29 Producción de líquidos etílicos
- 30 Producción de catalizadores
- 31 Obtención de productos intermedios utilizados en la síntesis de polímeros
- 32 Producción de colorantes organosulfurados (negro de azufre y otros)
- 33 Obtención de productos farmacéuticos sintéticos
- 34 Síntesis de ácidos grasos y producción de alcoholes grasos superiores mediante oxidación directa
- 35 Producción de mercaptán e instalaciones centrales para la odorización del gas mercaptanos, con medios para el almacenamiento de agentes odorizantes
- 36 Plantas formuladoras de plaguicidas
- 37 Depósitos y almacenes de productos de alta toxicidad
- 38 Instalaciones de carga descarga de productos químicos de alta toxicidad

Nota. En las instalaciones 37 y 38 se excluyen los plaguicidas. Estos se regulan en Empresas y locales agrícolas. (Véase pág. 40)

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Producción de urea y tiourea
- 2 Instalación de elaboración de gas natural
- 3 Producción y tratamiento de alquitranes naturales y sus residuos (brea, y otros)
- 4 Producción de ceniza de sosa por el procedimiento de Solvay en cantidades superiores a 400 000 Mg anuales
- 5 Síntesis de etanol por el procedimiento del ácido sulfúrico o por el procedimiento de hidratación directa en instalaciones que carezcan de un departamento para la concentración del ácido sulfúrico o, si se trata del segundo procedimiento, de una instalación de desulfuración

Clase 11 Radio mínimo admisible de 500 m

- 6 Producción de nitratos de amonio, potasio, sodio y calcio
- 7 Producción de reactivos químicos orgánicos
- 8 Producción de plásticos a partir de ésteres de la celulosa
- 9 Producción de corindón
- 10 Hidrogenación industrial de grasas (procedimientos no eléctricos con el empleo de hidrógeno)
- 11 Producción de fibras sintéticas (por ejemplo: acetato, policaprolactama, poliestores, cloruro de polivinilo y poliamidas)
- 12 Producción de trióxido de cromo y cromatos
- 13 Producción de cuero artificial con el empleo de disolventes orgánicos volátiles
- 14 Producción de ésteres
- 15 Obtención de productos de síntesis orgánica (etanol, éter etílico y otros) y de gases del petróleo en cantidad superior a $5\,000\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- 16 Obtención de productos intermedios de la industria de los colorantes de anilina en las series del benceno y del éter (derivados de la anilina, nitrobenzeno, alquilaminas, fenol y otros) cuya producción total sea inferior a 1 000 Mg anuales
- 17 Instalaciones experimentales de la industria de los colorantes de anilina con una capacidad total de 2 000 Mg anuales, y una producción de menos de 1 000 Mg anuales
- 18 Instalaciones para la producción de artículos de amianto
- 19 Producción de ácido acético
- 20 Producción de polietileno y polipropileno a partir del gas obtenido como subproducto del petróleo
- 21 Producción de levaduras para alimentos y forrajes y furfural, mediante hidrólisis de la pasta de madera y de desechos agrícolas
- 22 Producción de copolímeros de etileno y propileno y de polímeros superiores de poliolefina a partir de gases obtenidos como subproductos del petróleo

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m	
23	Producción de alquitrán, destilados líquidos y volátiles de la pasta de madera, metanol, ácido acético, trementina, acetona y creosota
24	Producción de nicotina
25	Producción de resinas sintéticas fenólicas, poliéstericas, epoxídicas y otras resinas sintéticas en cantidades superiores a 300 Mg anuales
26	Producción de alcanfor sintético por el proceso de isomerización
27	Producción de policarbonatos
28	Fabricación de vidrio
Clase III Radio mínimo admisible de 300 m	
1	Obtención de betún y otros productos a partir de los residuos de destilación del alquitrán de hulla, petróleo crudo, alquitrán de pino (asfalto, poliasfalto y otros)
2	Producción de ceniza de sosa por el procedimiento de Solvay en cantidades inferiores a 400 000 Mg anuales
3	Producción de sosa cáustica
4	Producción de sales minerales, salvo las sales de arsénico, fosforo, cromo, plomo y mercurio
5	Producción de gas de petróleo en cantidades de 1 000 a 5 000 m ³ · h ⁻¹ y de gas en cantidades de 5 000 a 25 000 m ³ · h ⁻¹
6	Producción de plástico
7	Producción de colorantes minerales artificiales
8	Instalaciones de recuperación de caucho
9	Producción de neumáticos, artículos industriales de caucho, ebonita y calzado aglomerado y el material de caucho utilizado en su fabricación
10	Producción de mezclas fertilizantes
11	Vulcanización de artículos de caucho con el empleo de disulfuro de carbono

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 12 Producción y almacenamiento en grandes cantidades de agua amoniacal
- 13 Producción de barnices, líquidos y resinas de organosilicio
- 14 Instalación de distribución de gas a la red de conducción, con instalaciones para la odorización del gas con mercaptanos
- 15 Producción de acetato de vinilo, acetato de polivinilo y alcohol polivinílico
- 16 Producción de resinas de polifluoretileno
- 17 Producción de plastificantes
- 18 Producción de levaduras para la alimentación humana y de los animales mediante la hidrólisis de pasta de madera y desechos agrícolas (cáscaras, pajas y otros)
- 19 Producción de laca, barnices de alcohol, barniz de imprenta, barnices para la industria del caucho, barnices aislantes, y otros
- 20 Producción de aceites secantes
- 21 Producción de resinas fenólicas, poliestéricas, poliamídicas, epoxídicas y otras resinas sintéticas en cantidades de hasta 300 Mg anuales
- 22 Producción de antibióticos por métodos biológicos
- 23 Depósitos y almacenes de productos químicos de baja toxicidad
- 24 Producción de jabones y polvos detergentes
- 25 Instalaciones de carga descarga de productos químicos de baja toxicidad
- 26 Tratamiento químico de minerales de metales raros para extraer sales de molibdeno, tungsteno y cobalto
- 27 Producción de fertilizantes líquidos
- 28 Producción de plastificantes polivinílicos, vinílicos y plásticos
- 29 Producción de gas de petróleo en cantidades de hasta $1\,000\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Producción de papel a partir de celulosa preparada y trapos
- 2 Producción de plásticos caseínicos y otros plásticos proteínicos (plásticos amínicos, y otros)
- 3 Producción de glicerol
- 4 Producción de esmaltes a partir de resinas de condensación
- 5 Hidrogenación industrial de grasas (con el empleo de hidrógeno obtenido electrólicamente)
- 6 Fabricación de sal (evaporación y trituración)
- 7 Producción de sales de potasio para aplicaciones farmacéuticas
- 8 Producción de calzado con partes sintéticas sin el empleo de disolventes orgánicos
- 9 Producción de alcaloides y galénicos
- 10 Producción de perfumes
- 11 Producción de extractos curtientes
- 12 Producción de artículos a partir de resinas sintéticas y plásticos por diversos métodos
- 13 Producción de tintas de imprentas
- 14 Elaboración de preparados farmacéuticos
- 15 Producción de fertilizantes con el empleo de dióxido de carbono
- 16 Depósitos para la limpieza, el lavado y la vaporación de tanques utilizados para la transportación de petróleo crudo y productos del petróleo
- 17 Producción de diversos tipos de papel y cartón a partir de materiales semielaborados importados; producción de pulpa de madera y hemicelulosa con el empleo de sosa o monosulfito en instalaciones en que se utiliza monosulfito preparado, no se queman lejías ni otros compuestos ya utilizados y no se emplea dióxido de azufre líquido

Clase V Radio mínimo admisible de 50 m

- 1 Vulcanización de caucho sin el empleo de disulfuro de carbono

Clase V Radio mínimo admisible de 50 m

- 2 Producción de dióxido de carbono y nieve carbónica
- 3 Producción de artículos a partir de plásticos y resinas sintéticas (procedimientos mecánicos únicamente)
- 4 Obtención de productos condensados y licuados a partir de la disociación del aire

Industrias metalúrgicas y de construcción de maquinariasClase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Instalaciones para la elaboración secundaria de metales no ferrosos (cobre, plomo, cinc) en cantidades superiores a 3 000 Mg anuales
- 2 Fundición de hierro cuando el volumen total de los altos hornos es superior a 1 500 m³
- 3 Instalaciones en que se llevan a cabo todos los procesos de la producción de hierro y acero, con una capacidad superior a un millón de Mg anuales de hierro y acero
- 4 Fundición de acero por las técnicas de solera y de convertidor en fábricas equipadas para elaborar desechos (molturación de escoria Thomas y otros) cuando la producción del material básico es superior a un millón de Mg anuales
- 5 Fundición de metales no ferrosos (incluso plomo, estaño, cobre y níquel) directamente a partir de minerales y concentrados
- 6 Producción de aluminio mediante electrólisis de sales de aluminio fundidas (alúmina)
- 7 Fundición de tipos especiales de arrabio; producción de ferroaleaciones
- 8 Instalaciones para la sintetización de minerales de metales ferrosos y no ferrosos y de escoria de piritas
- 9 Producción de alúmina
- 10 Producción de secciones de fundición en cantidades superiores a 100 000 Mg anuales

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Producción de metales no ferrosos en cantidades superiores a 2 000 Mg anuales

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 2 Instalaciones para el tratamiento secundario de metales no ferrosos (cobre, plomo, cinc, y otros) en cantidades de 2 000 a 3 000 Mg anuales
- 3 Fundición de hierro, cuando el volumen total de los altos hornos está comprendido entre 500 y 1 500 m³
- 4 Instalaciones en las que se llevan a cabo todos los procesos de la producción de hierro y acero, con un rendimiento de hasta un millón de Mg anuales de hierro y acero
- 5 Fundición de acero por las técnicas de la sopladora, del convertidor y de la electrofusión en fábricas equipadas para el tratamiento de desechos (molturación de escoria Thomas y otros) cuando la producción del producto básico es inferior a un millón de Mg anuales
- 6 Producción de acumuladores de plomo
- 7 Molturación de acumuladores de plomo
- 8 Producción de secciones de fundición en cantidades comprendidas entre 20 000 y 100 000 Mg anuales
- 9 Producción de cinc, cobre, níquel y cobalto por electrólisis de sus soluciones acuosas

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Producción de secciones de fundición en cantidades comprendidas entre 10 000 y 20 000 Mg anuales
- 2 Instalación para el tratamiento secundario de metales no ferrosos (cobre, plomo, cinc y otros) en cantidades de hasta 1 000 Mg anuales
- 3 Producción de metales no ferrosos en cantidades comprendidas entre 100 y 2 000 Mg anuales
- 4 Producción de mercurio y aparatos que contengan mercurio (rectificadores de mercurio, termómetros, válvulas y otros)
- 5 Fundición de hierro cuando el volumen total de los altos hornos sea inferior a 500 m³
- 6 Fundición de secciones de metales no ferrosos bajo presión con una producción de 10 000 Mg anuales de fundición, 9 500 Mg de

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

fundiciones de aluminio a presión y 500 Mg de fundición de cinc

- 7 Producción de electrodos metálicos con el empleo de manganeso

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Fabricación de máquinas y aparatos electrónicos (dinamos, condensadores, transformadores, proyectores, y otros) cuando las instalaciones de fundición y análogas son pequeñas

- 2 Producción de cable desnudo

- 3 Fabricación de calderas

- 4 Producción de electrodos metálicos

- 5 Instalaciones de labrado de metales para arrabio, acero (en cantidades de hasta 10 000 Mg anuales) y fundiciones no ferrosas en cantidades de hasta 50 Mg anuales

- 6 Talleres de fundición de tipos de imprenta

Clase V Radio mínimo admisible de 50 m

- 1 Industrias de labrado de metales en las que se utiliza tratamiento térmico, pero sin talleres de fundición

- 2 Producción de acumuladores alcalinos

- 3 Producción de instrumentos para la industria electrónica (lámparas, faros y otros) en fábricas sin talleres de fundición y en las que no se utilice mercurio

- 4 Producción de aleaciones duras y metales refractarios en instalaciones sin departamentos de tratamientos químicos de minerales

- 5 Imprentas

Extracción de minerales metálicos y no metálicosClase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Instalaciones para la extracción de petróleo crudo en las que hay una emisión diaria de 0,5 a 1 Mg de ácido sulfhídrico y el petróleo tiene una elevada proporción de hidrocarburos volátiles

Clase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 2 Extracción de minerales de plomo, mercurio, arsénico y manganeso
- 3 Instalaciones para la extracción de gas natural.

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Instalaciones para la extracción de fosforita, apatita, o piritas sin tratamiento químico
- 2 Instalaciones para la extracción de esquistos combustibles
- 3 Extracción a cielo abierto de minerales de hierro y minerales metálicos complejos (con excepción de minerales de plomo, mercurio, arsénico y manganeso) y explotación de canteras de rocas eruptivas.

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Instalaciones para la extracción de petróleo crudo cuando la cantidad de ácido sulfúrico emitido es inferior a 0,5 Mg diarios y el contenido de hidrocarburos volátiles del petróleo es bajo
- 2 Canteras de rocas sedimentarias y metamórficas

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Extracción de sal gema
- 2 Corte de turba
- 3 Extracción de minerales metálicos y metaloides en pozos, con excepción de minerales de plomo, mercurio, arsénico y manganeso

Industria de la construcciónClase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Producción de cemento en cantidades superiores a 150 000 Mg anuales
- 2 Tratamiento en hornos de cuba o giratorios de magnesita, dolomita y arcilla refractaria

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Producción de yeso (alabastro)
- 2 Producción de amianto

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 3 Producción de cal en fábricas con hornos de cuba o giratorios
- 4 Producción de cemento en cantidades superiores a 150 000 Mg anuales
- 5 Producción de hormigón de asfalto en instalaciones móviles
- 6 Depósitos de cemento a granel
- 7 Trituración de piedra y producción de materiales de construcción
- 8 Depósitos y almacenes de materiales de construcción
- 9 Extracción y depuración de arena sílice

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Producción de rellenos artificiales (arcilla y otros rellenos)
- 2 Producción de lana de vidrio y lana de escoria
- 3 Producción de papel alquitranado para techos
- 4 Producción de hormigón de asfalto en instalaciones permanentes

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Producción de artículos a partir de cemento amiantado
- 2 Producción de materiales de construcción polimerizados
- 3 Producción de artículos de porcelana y de barro
- 4 Producción de ladrillo rojo y ladrillo de sílice
- 5 Producción de artículos de cerámica y productos refractarios
- 6 Explotación de canteras sin empleo de barrenos

Clase V Radio mínimo admisible de 50 m

- 1 Producción de artículos de yeso
- 2 Producción de alfarería

Industria de la MaderaClase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Tratamiento químico de la madera

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Producción de carbón vegetal
- 2 Instalaciones de impregnación de madera para su conservación

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Producción de artículos con lana de madera empleando resinas artificiales como aglomerantes (tabla de virutas, cartón de fibras)
- 2 Grandes almacenes de madera y derivados de bagazo

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Producción de lana de madera
- 2 Aserraderos y talleres que produzcan madera contrachapada y piezas de madera para edificios de diseño normalizado
- 3 Astilleros para la construcción de embarcaciones de madera

Clase V Radio mínimo admisible de 50 m

- 1 Fabricación de muebles, entarimado y cagos
- 2 Instalaciones para el tratamiento protector de la madera mediante impregnación con soluciones acuosas (salvo las sales de arsénico)
- 3 Producción de artículos de lana de madera (tabla de virutas, cartón de fibras, tablas de cemento fibrolita, y otros)
- 4 Producción de barriles con el empleo de duelas preparadas
- 5 Talleres de construcción de lanchas y embarcaciones pequeñas
- 6 Almacenes de muebles

Industria textil e industria ligera

Clase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Instalaciones para la elaboración primaria de algodón que tengan departamentos para tratar las semillas con compuestos organomercuriales

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Instalaciones para el tratamiento químico y elaboración de tejidos con disulfuro de carbono
- 2 Producción de cuero artificial, lencería para sábanas, hule de sustancias plásticas para suelas de calzado cuando se utilizan disolventes orgánicos volátiles en cantidades de hasta 2 Mg diarios

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Instalaciones para la impregnación continua de tejidos y papel con barniz, alquitrán de petróleo, baquelitas y otros barnices, cuando la producción de material impregnable exceda de 300 Mg anuales
- 2 Instalaciones para la elaboración primaria de fibras vegetales (lino, cáñamo, algodón y otros)
- 3 Instalaciones para el tratamiento y elaboración de tejidos sin el empleo de disulfuro de carbono (cuero artificial, sucedáneo del cuero y otros)
- 4 Instalaciones de blanqueo, tinción y acabado
- 5 Producción de lencería de cloruro de vinilo reforzado por un lado, lencería polimérica combinada, caucho para suelas de calzado y caucho recuperado cuando se utilizan disolventes en cantidades de 1 Mg diario

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Instalaciones para la impregnación continua de tejidos y papel con barniz graso, alquitrán de petróleo, baquelitas y otros barnices
- 2 Producción de algodina
- 3 Fabricación de tejido de mezcla
- 4 Fabricación de cordelería de cáñamo, cuerda y bramante
- 5 Fabricación de hilos y tejidos de lana, algodón y lino en fábricas con departamentos de tinción y blanqueo

- 6 Producción de cartón para tacones de fantasía recubierto de polímero, cuando se utilizan disolventes orgánicos con cantidades de hasta 0,5 Mg diarios, caucho para suelas de calzado sin el empleo de disolventes orgánicos volátiles

- 7 Fabricación de lápices

Clase V Radio mínimo admisible de 50 m

- 1 Fabricación de hilos y tejidos de algodón, lino y lana en fábricas sin departamentos de tinción y blanqueo
- 2 Fabricación de géneros de punto y encajes
- 3 Fábricas de ropas
- 4 Producción de material para plantillas de cuero y cuero fibra celulósica sin el empleo de disolventes
- 5 Fabricación de calzado
- 6 Almacenes de tejidos y confecciones textiles.

Elaboración de productos animales

Clase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Fábricas que obtienen cola de restos de pieles, desechos de huesos y otros desechos y residuos animales
- 2 Obtención de gelatina industrial a partir de desechos de huesos, raspaduras, restos de pieles y otros desechos y residuos animales en instalaciones en las que esas materias se almacenan bajo techado
- 3 Instalaciones de recuperación para el tratamiento de desechos y residuos de pescado y otros animales a fin de obtener grasas, forrajes, abonos y otros
- 4 Instalaciones para calcinar y moler huesos
- 5 Instalaciones para tratar pieles de ganado vacuno sin curtir y curtir pieles, con medios para el tratamiento de desechos.

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Instalaciones de obtención de grasas industriales en cantidades superiores a 30 Mg anuales

- 2 Producción de gelatina de calidad superior a partir de huesos frescos mantenidos durante el menor tiempo posible en refrigeración en almacenes especiales
- 3 Instalaciones de producción de piensos concentrados que utilizan desechos de animales y de alimentos.

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Producción de grasas industriales en cantidades de hasta 30 Mg anuales
- 2 Almacenes de pieles saladas (capacidad de almacenamiento de más de 200 piclos).

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Producción de esqueletos y medios didácticos auxiliares a partir de reses muertas
- 2 Depósitos para el almacenamiento temporal de cueros salados (hasta 200) en los que éstos no son sometidos a ningún tratamiento
- 3 Instalaciones para el tratamiento de pelos, cerdas, plumón, plumas, cuernos y pezuñas.

Clase V Radio mínimo admisible de 50 m

- 1 Fabricación de charol
- 2 Fabricación de artículos de cuero
- 3 Fabricación de brochas y cepillos de cerda y pelo
- 4 Talleres de artesanía y similares.

+ Elaboración de alimentos y producción de aromatizantes

Clase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Corrales para guardar más de 1 000 cabezas de ganado vivo después de su transportación
- 2 Instalaciones para derretir grasa de animales marinos.

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Mataderos para ganado bovino y ovino, frigoríficos y almacenes con corrales para tener los animales antes de la matanza y cuya capacidad máxima representa el abastecimiento de carne de tres días
- 2 Estaciones de desinfección y limpieza para lavado del transporte de ganado

- 3 Corrales para guardar hasta 1 000 cabezas de ganado después de su transportación.

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Centrales azucareros (no asociados a la producción de papel)
- 2 Fábricas de antibióticos para piensos
- 3 Instalaciones para la producción de enzimas por la técnica del cultivo de superficie
- 4 Mataderos de animales pequeños y aves de corral
- 5 Fábricas de conservas de pescado e instalaciones de preparación de filetes de pescado con departamentos para la elaboración de desechos; frigoríficos de pescado
- 6 Laboratorios de diagnóstico veterinario
- 7 Almacenes de pienso para aves y ganado
- 8 Fábrica de torula.

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Fábricas de harina, descascaradoras y fábricas de piensos concentrados
- 2 Silos de granos
- 3 Tostadora de café
- 4 Fábricas de queso
- 5 Producción de oleomargarina y margarina
- 6 Instalaciones de curación de carnes
- 7 Producción de alcohol para la industria alimentaria
- 8 Instalaciones para la producción de enzimas por fermentación en inmersión
- 9 Fábrica de harina de maíz y jarabe de maíz
- 10 Producción de albúmina
- 11 Instalaciones de tratamiento de hortalizas (deshidratación, saladura o adobo)
- 12 Producción de dextrina, glucosa y melaza
- 13 Producción de almidón

- 14 Destilería
- 15 Almacenes de productos farmacéuticos
- 16 Instalaciones de refrigeración con capacidad superior a 600 Mq
- 17 Fábricas de cerveza.

Clase V Radio mínimo admisible de 50 m

- 1 Fábricas de dulces
- 2 Producción de vinagre de mesa
- 3 Instalaciones para curar el tabaco y fábricas de cigarrillos
- 4 Fábricas de conservas
- 5 Almacenes de hortalizas y vegetales
- 6 Supermercados y mercados agrícolas
- 7 Fábrica de pastas
- 8 Instalaciones lecheras y fábricas de productos lácteos
- 9 Fábricas de embutidos
- 10 Panaderías de tipo industrial (fábricas de pan)
- 11 Fábricas de preparación de alimentos
- 12 Instalaciones para las etapas iniciales de la elaboración de vino
- 13 Establecimientos de elaboración de vinos y licores
- 14 Producción de zumos de frutas y hortalizas y bebidas no alcohólicas
- 15 Instalaciones para la producción de levadura y malta comercial.

+ Instalaciones sanitarias y empresas municipales

Clase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Vertederos con relleno sanitario para desechos sólidos
- 2 Instalaciones de recuperación para el aprovechamiento de reses muertas y carne desechada.

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Cementerios de reses y animales
- 2 Centros principales para la recuperación e incineración de desechos
- 3 Zonas centralizadas para la transformación en abonos orgánicos de desperdicios y desechos sólidos de asentamientos humanos

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Instalaciones municipales para recuperación e incineración de desechos
- 2 Instalaciones principales de recogida de desechos utilizables
- 3 Instalaciones de desagüe (punto de vertimiento)
- 4 Transformación en abonos orgánicos de desechos que no contengan estiércol ni sustancias fecales
- 5 Aparcamiento de vehículos de transporte de sustancias tóxicas o putrescibles.

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Centros municipales para la recogida de desechos utilizables
- 2 Aparcamiento de vehículos utilizados en la recogida de basuras de las ciudades
- 3 Estaciones de servicios de vehículos pesados, y de autobuses pertenecientes al sistema de transporte urbano

Clase V Radio mínimo admisible de 50 m

- 1 Estaciones de servicio de vehículo de motor (automóviles, autobuses) no pertenecientes al sistema de transporte urbano
- 2 Paradas de ómnibus y vehículos de alquiler

Empresas y locales agrícolasClase Especial Radio mínimo admisible superior a 1 000 m

	Tipo de asentamiento humano	Radio mínimo admisible (m)
1 Planes agrícolas sometidos a la aplicación de plaguicidas por medios aéreos de fumigación (incluidas las pistas de aterrizaje)	0, I, II, III	8 000
	IV, V, VI	4 000
	VII, VIII, IX	2 000

Nota. Véase NC 50-01:83 "Estructura Social y la Vivienda. Tipos de asentamientos humanos".

Clase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Almacenes de plaguicidas de más de 100 Mg
- 2 Granjas de ganado bovino y ovino.

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Almacenes de plaguicidas de 20 a 100 Mg

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Almacenes de plaguicidas de menos de 20 Mg
- 2 Almacenes de herbicidas
- 3 Almacenes de fertilizantes
- 4 Granjas de cría caballar y cunícula
- 5 Centros de acopio cañero.

+ Instalaciones de tratamiento de aguas residualesClase I Radio mínimo admisible de 1 000 m

- 1 Lechos de filtración (biofiltros) de más de $50\,000\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 1 Lechos de filtración (biofiltros) de $5\,000$ a $50\,000\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$
- 2 Instalaciones para el tratamiento mecánico y biológico de aguas residuales con lechos de cieno, de más de $5\,000\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

Clase II Radio mínimo admisible de 500 m

- 3 Instalaciones para el tratamiento mecánico y termomecánico de cieno en locales cerrados, de más de $50\,000\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

Clase III Radio mínimo admisible de 300 m

- 1 Lechos de filtración (biofiltros) de hasta $5\,000\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$
- 2 Instalaciones para el tratamiento mecánico y biológico de aguas residuales con lechos de cieno, de hasta $50\,000\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$
- 3 Estanques de estabilización
- 4 Instalaciones para el tratamiento mecánico y termodinámico de cieno en locales cerrados, de 200 hasta $50\,000\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

Clase IV Radio mínimo admisible de 100 m

- 1 Instalaciones para el tratamiento mecánico y termomecánico de cieno en locales cerrados, de menos de $200\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$.

5. Cálculo de la dispersión de contaminantes calientes expulsados a la atmósfera bajo condiciones meteorológicas desfavorables

5.1 Concentración máxima de un contaminante expulsado caliente a la atmósfera bajo condiciones desfavorables.

5.1.1 Concentración máxima (Cm). El valor máximo probable de la concentración (Cm) de un contaminante expulsado caliente a la atmósfera a través de una chimenea, bajo condiciones meteorológicas desfavorables, se determinará por la fórmula siguiente:

$$C_m = \frac{A M F m n}{H^2 \sqrt[3]{V \Delta T}} \quad [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (8)$$

donde:

A constante de estratificación térmica atmosférica que define las condiciones de difusión de los contaminantes del aire

$$A = 200 \quad \left[\sqrt[3]{\text{s}^2} \cdot \text{mq} \cdot \sqrt[3]{^\circ\text{C}} \cdot \text{g}^{-1} \right]$$

- M flujo máximo de la sustancia contaminante
expulsada al aire [g.s^{-1}]
- F coeficiente de precipitación de la sustancia
contaminante en el aire
- m y n coeficientes de condiciones de emisión a la at-
mósfera, de la mezcla de gases y aire
- H altura de la chimenea sobre el nivel del suelo (m)
- ΔT diferencia de temperatura entre la mezcla de
gases y aire T_g y el aire del ambiente T_a

$$\Delta T = T_g - T_a \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (9)$$

- V caudal total de la mezcla de gases y aire

$$V = \frac{\pi D^2}{4} W \quad [\text{m}^3.\text{s}^{-1}] \quad (10)$$

donde:

$$\pi = 3,1416$$

- D diámetro de la boca de la chimenea (m)

- W velocidad de salida de la mezcla de gases y
aire [m.s^{-1}]

En el caso de las chimeneas de bocas rectangulares los cálculos de dispersión se realizan con uso de las mismas fórmulas expuestas arriba para chimeneas de boca circular pero sustituyendo el valor del diámetro (D) por el diámetro equivalente (D_e) el cual se determina por la fórmula siguiente:

$$D_e = \frac{2 L b}{L + b} \quad [\text{m}] \quad (11)$$

donde:

- L y b largo y ancho respectivos de la boca rectangular
de la chimenea (m)

Asimismo la velocidad media de la mezcla de gases y
aire (W) se determina por la fórmula siguiente:

$$W = \frac{V}{L b} \quad [\text{m} . \text{s}^{-1}] \quad (12)$$

Nota. Véase Apéndice

- 5.1.2 Valores de M y V. Los valores de M y V se determinan por cálculos o se obtienen como resultado de investigaciones en instalaciones o plantas similares en operación; así como por otros materiales disponibles.

En los cálculos se considerarán las combinaciones más adversas de M y V.

Cuando las sustancias contaminantes sean expulsadas al aire a través de instalaciones de depuración, los valores de M y V se determinarán con ajuste a la eficiencia media de depuración definida para condiciones reales de operación.

Nota. Véase Anexo A.

- 5.1.3 Valor de ΔT . Para la determinación de ΔT se asume como temperatura del aire T_a la temperatura media máxima del aire del mes más cálido de la región de localización de la industria.

La temperatura de la mezcla de gases y aire T_g se determina de acuerdo con las normas de proceso vigentes a la salida de la chimenea.

- 5.1.4 Coefficiente de precipitación (F). Los valores de F se asumen:

- En el caso de sustancias gaseosas y partículas muy finas prácticamente no precipitables.

$$F = 1$$

- En el caso de polvos y hollín precipitables según la eficiencia media de las instalaciones de depuración.

Eficiencia media de depuración %

Coefficiente F

mayor que 90

2,0

de 75 a 90

2,5

menor que 75

3,0

- 5.1.5 Coefficiente de condiciones de emisión (m). El coeficiente m se determina en función del parámetro (f) por la fórmula siguiente:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}} \quad (13)$$

donde:

$$f = 10^3 \frac{W^2 D}{H^2 \Delta T} \quad [m.s^{-2} . ^\circ C^{-1}] \quad (14)$$

El coeficiente m puede determinarse por el gráfico de la Fig. 1.

5.1.6 Coeficiente de condiciones de emisión (n). El coeficiente n se determina en función de la velocidad específica del contaminante V_m por las fórmulas siguientes:

$$\begin{aligned} - \text{ Cuando } V_m > 2 \quad [m.s^{-1}] \\ n &= 1 \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} - \text{ Cuando } 0,3 < V_m \leq 2 \quad [m.s^{-1}] \\ n &= 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) (4,36 - V_m)} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} - \text{ Cuando } V_m \leq 0,3 \quad [m.s^{-1}] \\ n &= 3 \end{aligned} \quad (17)$$

donde:

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V \Delta T}{H}} \quad [m.s^{-1}] \quad (18)$$

El coeficiente n puede determinarse por el gráfico de la Fig. 2.

La velocidad específica V_m puede determinarse por el gráfico de la Fig. 3, al cual se entra con el producto $V \Delta T$ desplazándose por el valor de H .

5.1.7 Determinación abreviada de la concentración máxima C_m de un contaminante. Para cálculos preliminares el valor de la concentración máxima C_m de un contaminante puede determinarse por la fórmula siguiente:

$$C_m = A M F m n G \quad (19)$$

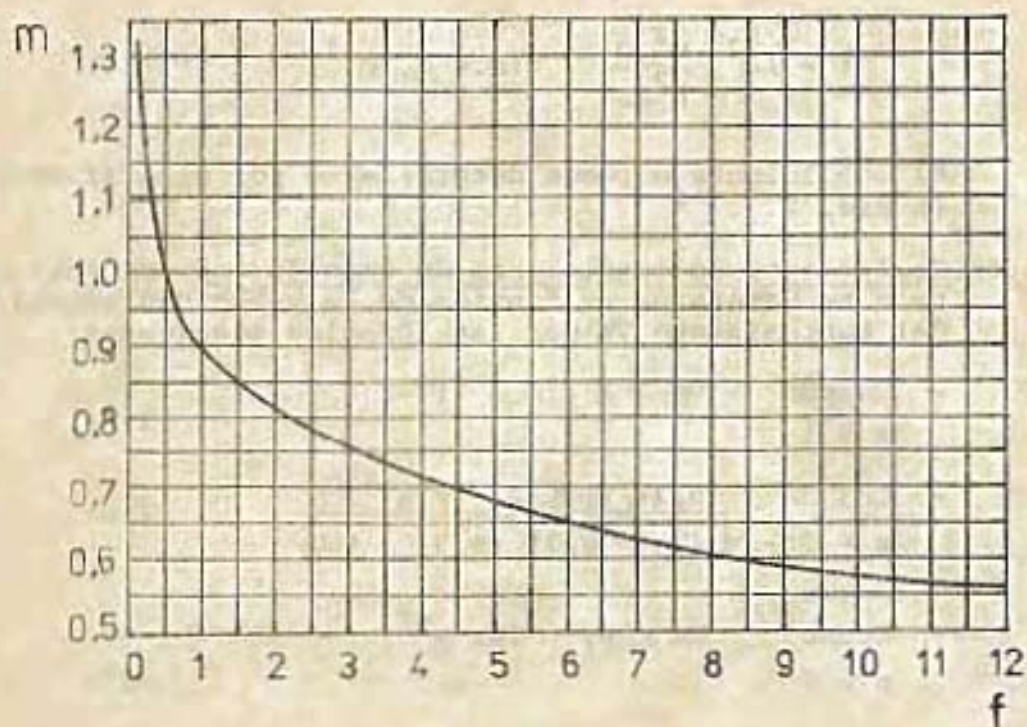


Fig. 1 Gráfico para la determinación del coeficiente m .

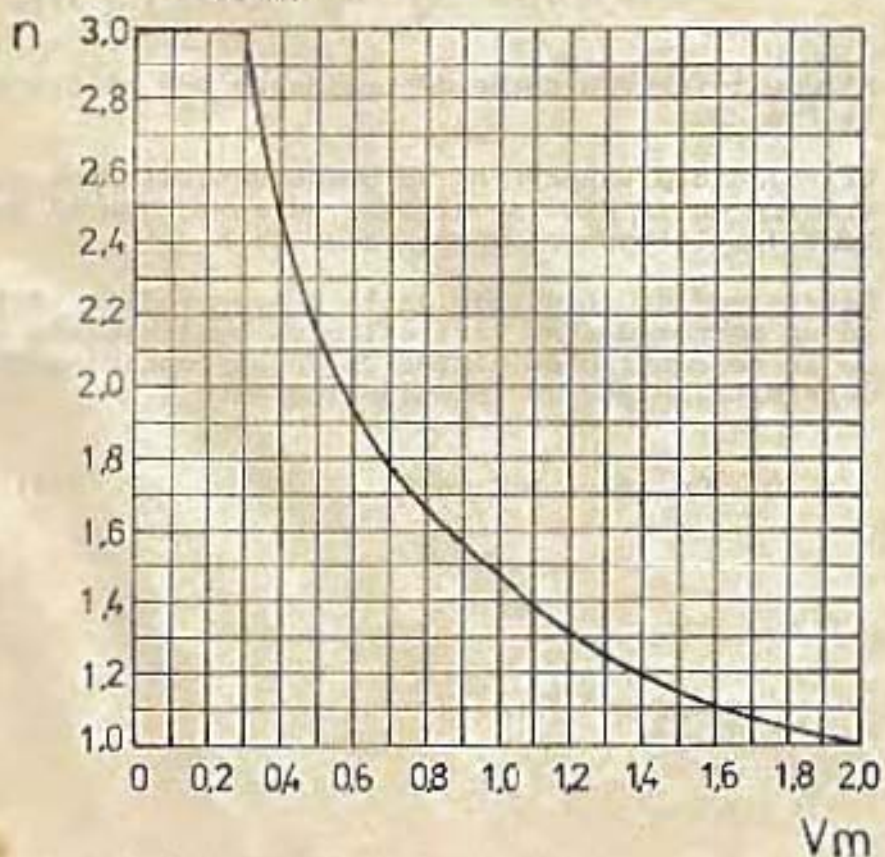


Fig. 2 Gráfico para la determinación del coeficiente n .

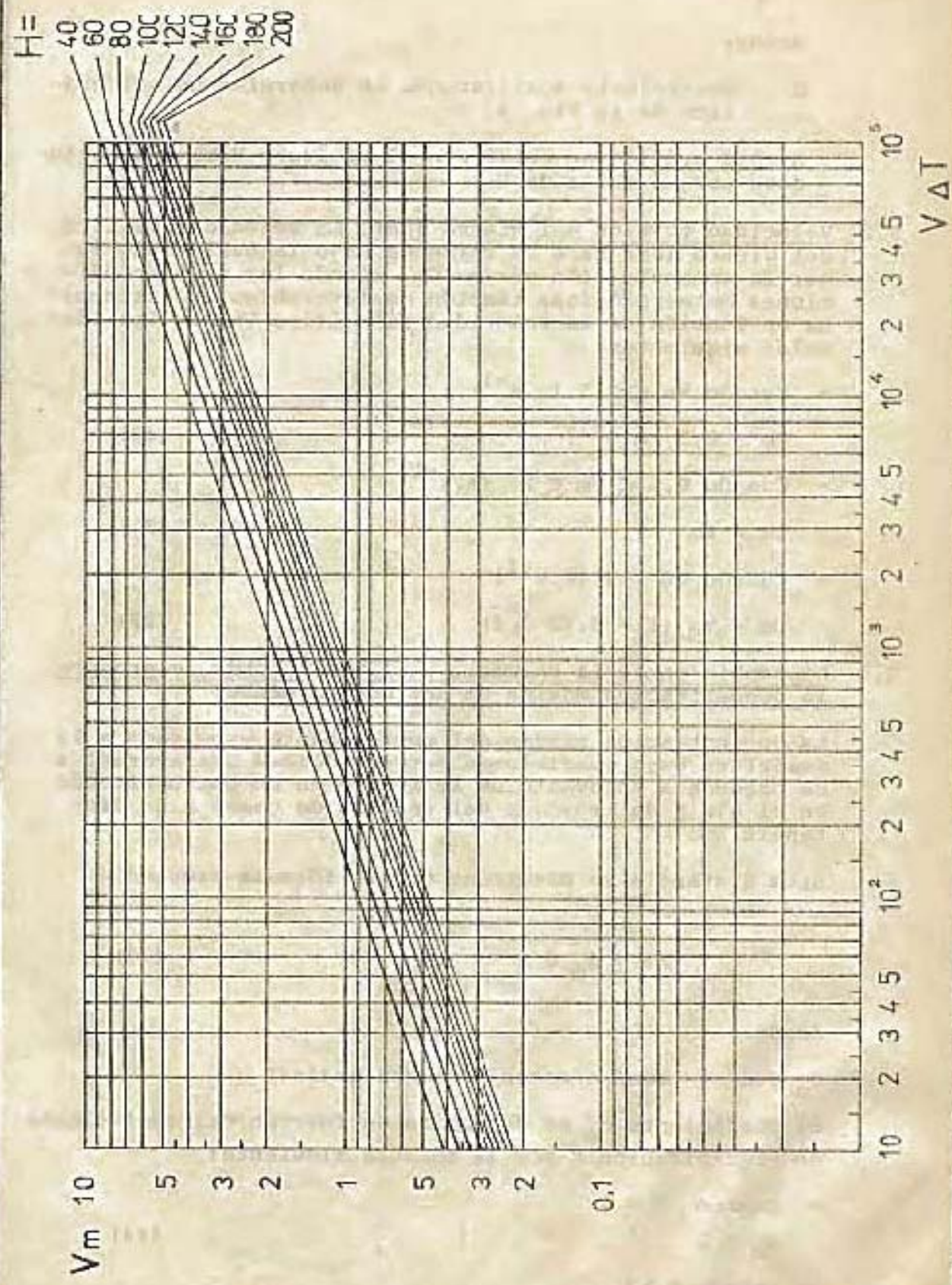


Fig. 3 Gráfico para la determinación de la velocidad específica V_m .

donde:

G coeficiente auxiliar que se determina por el gráfico de la Fig. 4.

A este gráfico se entra con el producto $V\Delta T$ desplazándose por el valor de H

5.2 Velocidad crítica del viento (U_m). La velocidad crítica del viento (U_m) para la chimenea bajo la cual tiene lugar la concentración máxima C_r , siendo las demás condiciones meteorológicas también desfavorables, se determina en función de la velocidad específica V_m por las fórmulas siguientes:

- Cuando $V_m \leq 0,5 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$

$$U_m = 0,5 \text{ [m.s}^{-1}\text{]} \quad (20)$$

- Cuando $0,5 < V_m \leq 2 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$

$$U_m = V_m \quad (21)$$

- Cuando $V_m > 2 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$

$$U_m = V_m (1 + 0,12 \sqrt{f}) \quad (22)$$

5.3 Distancia entre la chimenea y el punto donde se produce la concentración máxima C_m del contaminante.

La concentración máxima del contaminante expulsado a la atmósfera bajo condiciones meteorológicas desfavorables se produce a sotavento de la fuente en un punto situado en el eje X de traslado del penacho de gases a la distancia X_m .

Esta distancia se determina por la fórmula siguiente:

$$X_m = d_o d H \quad [\text{m}] \quad (23)$$

donde:

d_o y d coeficientes (adimensionales)

El coeficiente d_o se determina en función del coeficiente de precipitación F por la fórmula siguiente:

- Cuando $F = 1$

$$d_o = 1 \quad (24)$$

- Cuando $F \geq 2$

$$d_o = \frac{5 - F}{4} \quad (25)$$

El coeficiente d se determina en función de los parámetros V_m y f por las fórmulas siguientes:

- Cuando $V_m \leq 2$ [m.s⁻¹]

$$d = 4,95 V_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \quad (26)$$

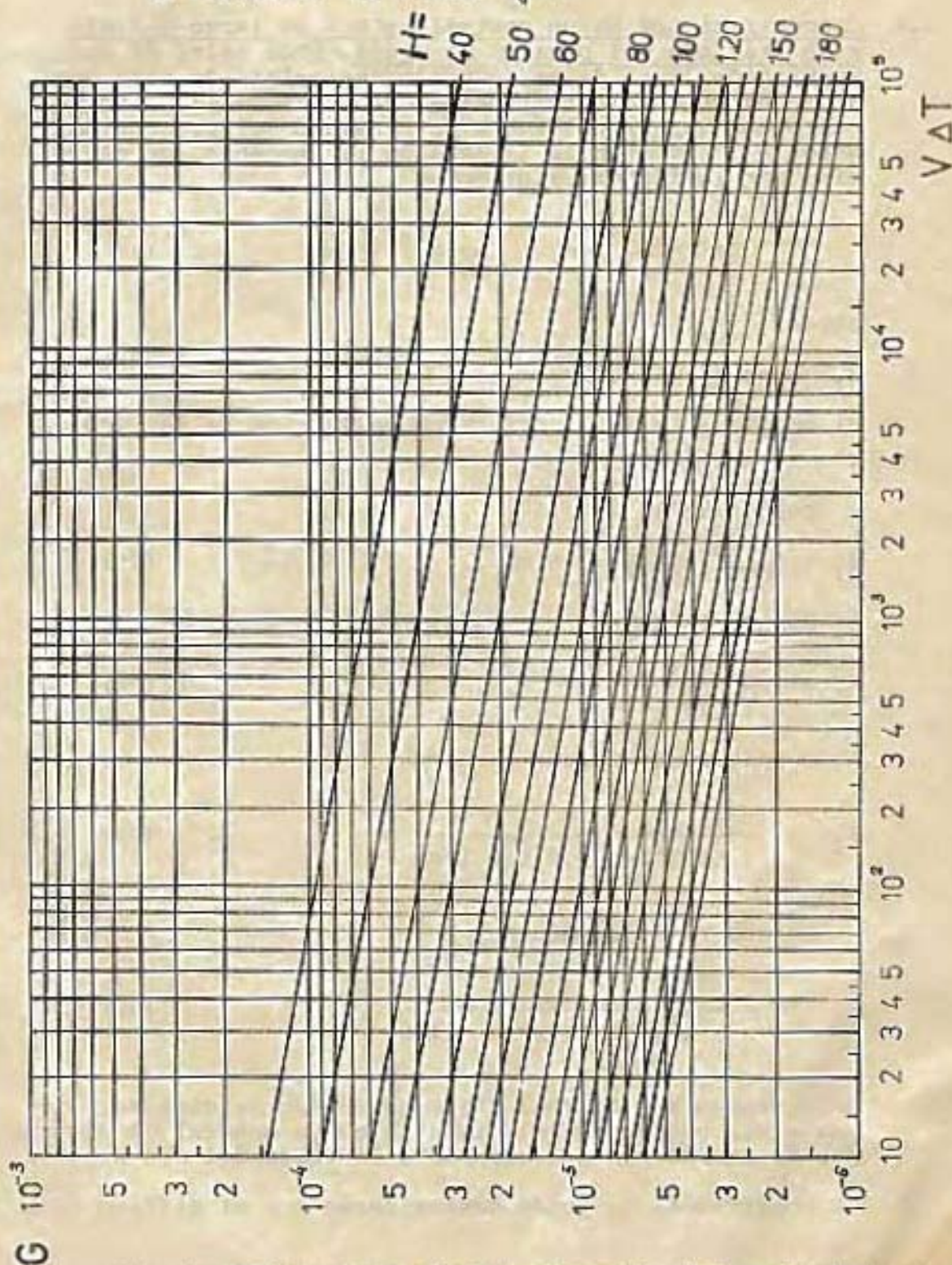


Fig. 4 Gráfico para la determinación del coeficiente G .

- Cuando $V_m > 2 \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$

$$d = 7,0 \sqrt{V_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \quad (27)$$

El coeficiente d puede determinarse por el gráfico de la Fig. 6.

- 5.4 Concentraciones de un contaminante a lo largo del eje x de traslado del penacho de gases. Todo valor de concentración (C_{xi}) de un contaminante originado bajo condiciones meteorológicas desfavorables localizado en un punto cualquiera del eje x de traslado del penacho de gases a una distancia X_i dada de la chimenea, se determina por la fórmula siguiente:

$$C_{xi} = S_1 C_m \quad [\text{mg.m}^{-3}] \quad (28)$$

donde:

S_1 coeficiente

El coeficiente S_1 se determina en función de la razón

$$X = X_i / X_m$$

- Cuando $X \leq 1$

$$S_1 = 3 x^4 - 8 x^3 + 6 x^2 \quad (29)$$

- Cuando $1 < X \leq 8$

$$S_1 = \frac{1,11}{0,13 x^2 + 1} \quad (30)$$

- Cuando $X > 8$ siendo $F = 1$

$$S_1 = \frac{X}{3,58 x^2 - 35,2 x + 120} \quad (31)$$

- Cuando $X > 8$ siendo $F \geq 2$

$$S_1 = \frac{1}{0,1 x^2 + 2,47 x - 17,8} \quad (32)$$

Determinado X_m (fórmula 23) y asignando valores sucesivos a X_i , puede ser calculada la curva general de distribución de las concentraciones a lo largo del eje X .

El coeficiente S_1 puede determinarse por el gráfico de la Fig. 7.

En la práctica este cálculo se hace necesario cuando $C_m > C_{m_a}$ y se requiere, en consecuencia, determinar el valor de $C_{x_i} = C_{m_a}$ donde $X_i = L_0$.

Esto aparece descrito en la sección 4. apartado 4.3 (véase Fig. 5 y 14).

Nota. En estudios territoriales, cuando se emplee el trazado de isolíneas de concentración en planos, será forzoso considerar la frecuencia del viento por rumbo. Esto se realiza por medio del factor eólico

$0,5 \left(\frac{P}{P_0} + \frac{U_r}{\bar{U}_s} \right)$. En tal caso, los valores C_{x_i} calculados

en función de la razón X_i/X_m (véase fórmulas de la 29 a la 32) se ubicarán en el plano a las distancias

$X_i = 0,5 \left(\frac{P}{P_0} + \frac{U_r}{\bar{U}_s} \right)$ correspondientes. En principio, este cálculo es análogo al ejecutado con la fórmula 7.

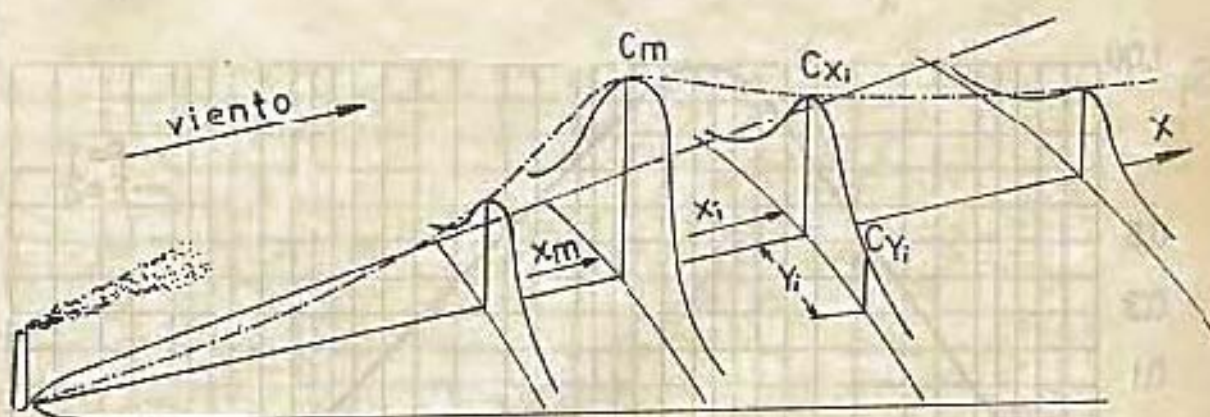


Fig. 5 Esquema típico de la distribución de las concentraciones de un contaminante expulsado por una chimenea.

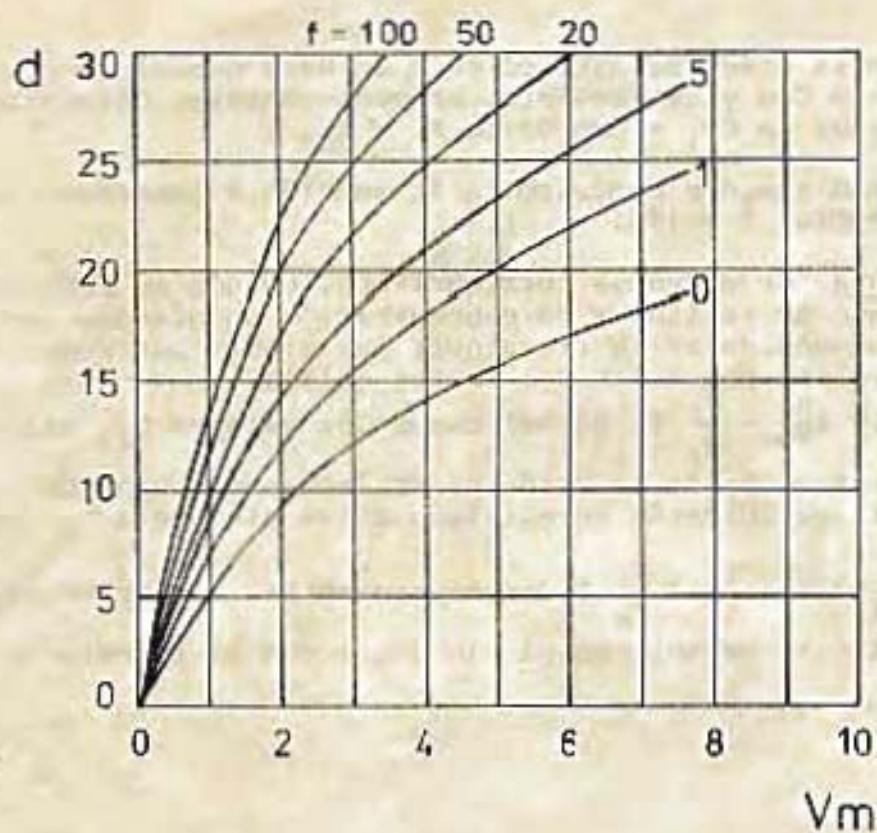


Fig. 6 Gráfico para la determinación del coeficiente d

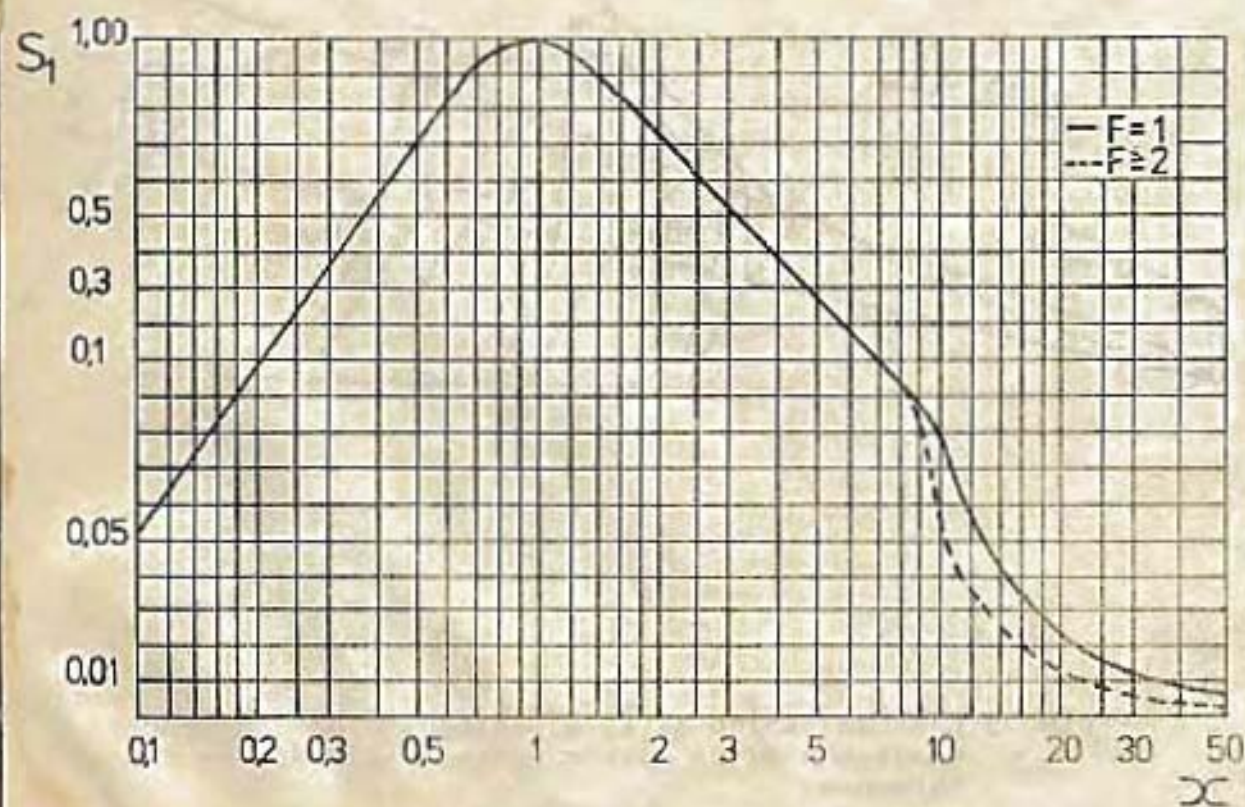


Fig. 7 Gráfico para la determinación del coeficiente s_1

- 5.5 Concentraciones de un contaminante fuera del eje x de traslado del penacho de gases. Todo valor de concentración (C_y) de un contaminante originado bajo condiciones meteorológicas desfavorables localizado en un punto cualquiera fuera del eje X de traslado del penacho de gases a la distancia Y_1 del punto donde tiene lugar la concentración C_{x1} (tomada Y_1 perpendicular al eje del penacho) se determina por la fórmula siguiente:

$$C_{y1} = S_2 C_{x1} \quad [\text{mg.m}^{-3}] \quad (33)$$

donde:

S_2 coeficiente

El coeficiente S_2 se determina en función de la velocidad crítica del viento U_m y de la razón Y_1/X_1 por la fórmula siguiente:

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 8,4 Y) (1 + 28,2 Y^2)} \quad (34)$$

donde:

$$Y = U_m \left(\frac{Y_1}{X_1} \right)^2 \quad (35)$$

El coeficiente S_2 puede determinarse por el gráfico de la Fig. 8.

- 5.6 Concentración máxima de un contaminante expulsado caliente a la atmósfera bajo condiciones meteorológicas desfavorables pero siendo la velocidad del viento diferente de la crítica. El valor máximo probable de la concentración (C_{mu}) de un contaminante expulsado caliente a la atmósfera a través de una chimenea, bajo condiciones meteorológicas desfavorables pero siendo la velocidad del viento diferente de la crítica ($U \neq U_m$) se determina por la fórmula siguiente:

$$C_{mu} = r C_m [\text{mg.m}^{-3}] \quad (36)$$

donde:

r coeficiente

El coeficiente r se determina en función de la razón $R = U/U_m$ por las fórmulas siguientes:

- Cuando $R \leq 1$

$$r = 0,67 R + 1,67 R^2 - 1,34 R^3 \quad (37)$$

- Cuando $R > 1$

$$r = \frac{3R}{2 R^2 - R + 2} \quad (38)$$

El coeficiente r puede determinarse por el gráfico de la Fig. 9.

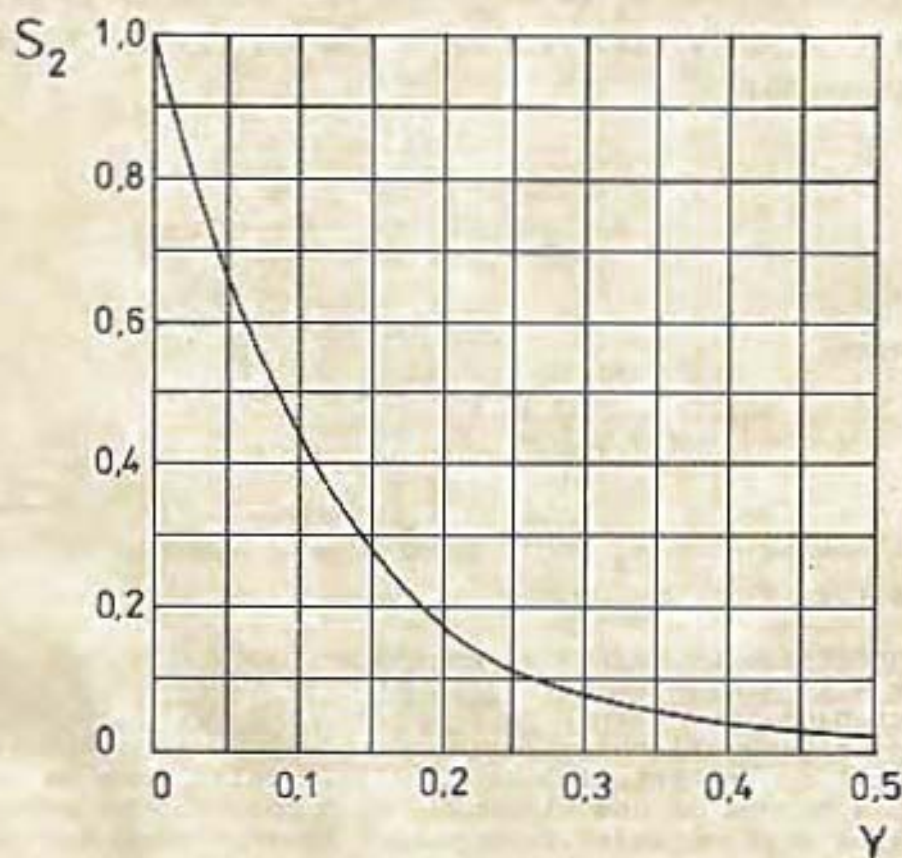


Fig. 8 Gráfico para la determinación del coeficiente S_2 .

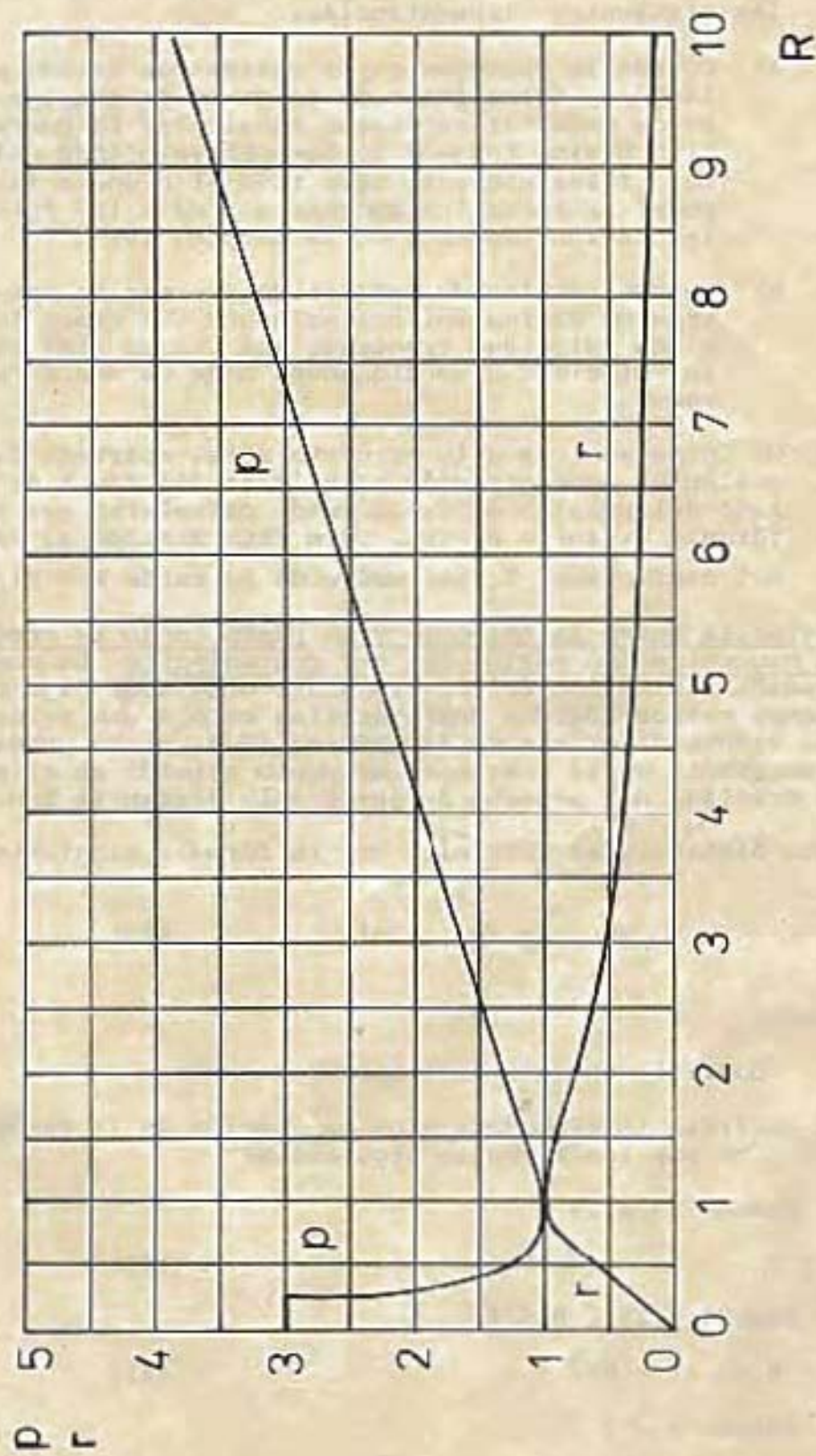


Fig. 9 Gráficos para la determinación de los coeficientes p y r

Notas:

- 1) El cálculo de C_{mu} generalmente se hace necesario en las siguientes circunstancias:
 - a) Cuando la chimenea cuyos parámetros están calculándose, forma parte de un grupo de chimeneas, puede resultar necesario recalcular la concentración máxima tomando de base la velocidad del viento crítica promedio para todo el grupo a fin de poder integrar los aportes de todas las fuentes (situación expuesta en la sección 10)
 - b) Cuando resulte de interés determinar la concentración máxima del contaminante que tiene lugar a una velocidad frecuente del viento (tal como la velocidad promedio anual o de un mes determinado).
- 2) De forma análoga a lo expuesto en el apartado 5.4 cualquier concentración a lo largo del eje X de traslado del penacho de gases puede calcularse por la fórmula $C_{xi}(u) = S_1 C_{mu}$, pero determinando el valor del coeficiente S_1 por medio de la razón $X = X_i/X_{mu}$.

- 5.7 Distancia entre la chimenea y el punto donde se produce la concentración máxima C_{mu} del contaminante. La concentración máxima C_{mu} del contaminante originada bajo condiciones meteorológicas desfavorables pero a una velocidad del viento diferente de la crítica ($U \neq U_m$) se produce a sotavento de la fuente en un punto situado en el eje X de traslado del penacho de gases a la distancia X_{mu} .

Esta distancia se determina por la fórmula siguiente:

$$X_{mu} = p X_m \quad [n] \quad (39)$$

donde:

p coeficiente (adimensional)

El coeficiente p se determina en función de la razón $R = U/U_m$ por las fórmulas siguientes:

- Cuando $R \leq 0,25$

$$p = 3 \quad (40)$$

- Cuando $0,25 < R \leq 1$

$$p = 8,43 (1 - R)^5 + 1 \quad (41)$$

- Cuando $R > 1$

$$p = 0,32 R + 0,68 \quad (42)$$

$Xmu_1, Xmu_2, \dots, Xmu_n$ distancia a las cuales tienen lugar las concentraciones $Cmu_1, Cmu_2, \dots, Cmu_n$, respectivamente (m).

11. Cálculos de la dispersión de contaminantes de acción similar expulsados a la atmósfera a través de varias chimeneas agrupadas

- 11.1 Concentración máxima admisible relativa de las sustancias similares expulsadas simultáneamente por un grupo de chimeneas. El cálculo de la dispersión de a, b, ..., n sustancias de acción similar provenientes de 1, 2, ..., n chimeneas se realiza partiendo de la determinación, por separado para cada chimenea de las concentraciones máximas ($qm_1, qm_2, \dots, qm_n$) originadas por las expulsiones de las chimeneas (según lo señalado en la sección 7). Las concentraciones máximas relativas determinadas se suman para obtener la concentración máxima total relativa de las sustancias. Si esta concentración máxima admisible relativa resultara menor o igual a uno ($qm_1 + qm_2 + \dots + qm_n \leq 1$) ello representa que se cumple la condición higiénica del aire y en lo adelante no será imprescindible continuar los cálculos.

Si por el contrario, la concentración máxima total relativa resultara mayor que uno ($qm_1 + qm_2 + \dots + qm_n > 1$) se procederá a recalcular las concentraciones máximas admisibles relativas de las sustancias originadas a la velocidad crítica promedio del viento U_{mc} (apartado 11.2).

Si la suma de las concentraciones máximas relativas de las sustancias originadas a la velocidad crítica promedio del viento resultara menor o igual a uno ($qmu_1 + qmu_2 + \dots + qmu_n \leq 1$) en lo adelante no será imprescindible continuar los cálculos considerándose cumplida la condición higiénica del aire.

Si, por el contrario, la suma de las concentraciones máximas relativas de las sustancias originadas a la velocidad crítica promedio del viento resultara mayor que uno ($qmu_1 + qmu_2 + \dots + qmu_n > 1$) este valor representará la concentración máxima total relativa de las sustancias de acción similar. En consecuencia, como aquí no se cumple la condición higiénica del aire, se procederá a reajustar convenientemente los parámetros de expulsión.

- 11.2 Velocidad crítica promedio del viento ($\bar{U}_{mc}$) para un grupo de chimeneas que expulsan simultáneamente varias sustancias similares. Para un grupo de 1, 2, ..., n chimeneas, que expulsan a, b, ..., n sustancias similares la velocidad crítica promedio del viento $\bar{U}_{mc}$ se determina por la fórmula siguiente:

ciones meteorológicas desfavorables se produce a sotavento de la fuente en un punto situado en el eje X de traslado del penacho de gases a la distancia X_m .

Esta distancia se determina por la fórmula siguiente:

$$X_m = d_0 d' H \quad [m] \quad (48)$$

El coeficiente d_0 se determina por la fórmula 24 ó 25 en función del coeficiente de precipitación F .

El coeficiente d' se determina en función de la velocidad específica V_m por las fórmulas siguientes:

- Cuando $V_m \leq 2 \text{ m.s}^{-1}$

$$d' = 11,4 V_m \quad (49)$$

- Cuando $V_m > 2 \text{ m.s}^{-1}$

$$d' = 16,1 \sqrt{V_m} \quad (50)$$

7. Cálculo de la dispersión de varios contaminantes de acción similar expulsados a la atmósfera a través de una chimenea

En los casos caracterizados por la presencia de a, b, ..., n sustancias nocivas de acción similar (véase apartado 3.2) expulsadas a la atmósfera a través de una chimenea el nivel de dispersión de los contaminantes se definirá por medio de la concentración máxima admisible relativa Q_m (fórmula 3).

El valor de Q_m puede también determinarse directamente por medio de la fórmula siguiente:

$$Q_m = \frac{A \cdot K_r \cdot P \cdot m_n}{H^2 \sqrt[3]{v \Delta T}} \quad (51)$$

siendo:

$$M_r = \frac{M(a)}{C_{ma}(a)} + \frac{M(b)}{C_{ma}(b)} + \dots + \frac{M(n)}{C_{ma}(n)} \quad [g.m^3 \cdot mg^{-1} \cdot s^{-1}]$$

- Cuando $H_f < 200 \text{ m}$

$$M_r = \frac{M(a)}{C_{ma}(a)} + \frac{M(b)}{C_{ma}(b)} + \dots + \frac{M(n)}{C_{ma}(n)} \quad [g.m^3 \cdot mg^{-1} \cdot s^{-1}] \quad (52)$$

- Cuando $H_f \geq 200 \text{ m}$

$$Mr = \sqrt{\left(\frac{M(a)}{C_{ma}(a)}\right)^2 + \left(\frac{M(b)}{C_{ma}(b)}\right)^2 + \dots + \left(\frac{M(n)}{C_{ma}(n)}\right)^2} \quad [g \cdot m^3 \cdot mg^{-1} \cdot s^{-1}] \quad (53)$$

donde:

Mr: flujo total referido de las sustancias contaminantes expulsados a la atmósfera

M(a), M(b), ..., M(n): flujos máximos de las sustancias a, b, ..., n, de efectos contaminantes, respectivamente.

La condición higiénica del aire se cumple cuando $Q_m \leq 1$.

Por lo demás, el esquema de cálculo se mantiene invariable. En particular, la consideración del efecto concomitante de los contaminantes expulsados a la atmósfera no modifica los valores de la velocidad crítica del viento U_m , ni de la distancia X_m donde se origina q_m .

8. Cálculos de la altura mínima admisible de expulsión y de los parámetros de control de los contaminantes

8.1 Altura de chimenea

8.1.1 Altura mínima admisible (H) de expulsión de un contaminante. La altura mínima admisible (H) de expulsión de un contaminante se determina por el procedimiento de cálculo que se describe a continuación:

En primer lugar se calcula la altura preliminar de la chimenea (H_0) por la fórmula siguiente:

$$H_0 = \sqrt[4]{\left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D}{B \cdot V \cdot C_{ma}}\right)^3} [m] \quad (53)$$

Con este valor de H_0 se determina la velocidad específica V_m (fórmula 18 ó 47).

Si resulta un valor $V_m \geq 2$, la altura preliminar H_0 debe asumirse como altura mínima admisible H de la chimenea.

Por el contrario, cuando resulte un valor de $V_m < 2$, será necesario determinar el coeficiente de condiciones de emisión n (apartado 5.1.6) para con él precisar, por aproximaciones sucesivas, la altura H_0 por la fórmula siguiente:

$$H_{i+1} = H_i \sqrt[4]{\left(\frac{n_i}{n_{i-1}}\right)^3} \quad [\text{m}] \quad (54)$$

donde:

n_i y n_{i-1} valores del coeficiente n correspondiente a los valores sucesivos de H_i y H_{i-1} , respectivamente.

Cuando dos valores sucesivos de H_{i+1} y H_i prácticamente no lleguen a diferenciarse entre sí, ese valor se asumirá como H' que debe aún verificarse por el parámetro siguiente:

$$h' = 3,15 W \sqrt{\frac{D}{\Delta T}} \quad [\text{m}] \quad (55)$$

Si el valor H' calculado resultara $H' \leq h'$ esto significará que dicho valor H' debe ser asumido como la altura mínima admisible H de la chimenea.

En caso contrario, o sea si $H' > h'$, será necesario recalcular la altura de la chimenea incluyendo el coeficiente de condiciones de emisión m (apartado 5.1.5). Para ello se procederá como sigue:

Se calculará la altura preliminar H_0 a partir de la fórmula 8 con el supuesto de que $C_{ma} = C_{ma}$ y $m, n = 1$. De esta manera se obtiene la siguiente expresión:

$$H_0 = \sqrt{\frac{A M F}{C_{ma} \sqrt[3]{V \Delta T}}} \quad [\text{m}] \quad (56)$$

Con este valor de H_0 se determinan los coeficientes de condiciones de emisión m y n cuyo producto permitirá obtener una nueva aproximación de la altura, por la fórmula siguiente:

$$H_{i+1} = H_i \sqrt{\frac{m_i}{m_{i-1}} \cdot \frac{n_i}{n_{i-1}}} \quad [\text{m}] \quad (57)$$

donde:

m_i , n_i , y m_{i-1} , n_{i-1} valores de los coeficientes m y n correspondientes a los valores sucesivos de H_i y H_{i-1} respectivamente.

En lo adelante este proceso de aproximaciones se deberá llevar hasta tanto dos valores sucesivos de H_i y H_{i+1} prácticamente no se diferenciaron entre sí. En tal caso el valor de H_i se asumirá de forma definitiva como la altura mínima admisible H de la chimenea.

En el caso de una chimenea que expulse distintas sustancias nocivas no similares al cálculo de la altura de chimenea se realiza a base de la sustancia que presente el más alto valor de la expresión FM/Cma .

En el caso de una chimenea que expulse distintas sustancias nocivas que involucre grupos similares y no similares el cálculo de la altura de chimenea se realiza para la sustancia no similar cuya expresión FM/Cma resulte la mayor y para cada grupo de sustancias similares. Al final se adopta el valor más alto obtenido.

Independientemente de los resultados de los cálculos de chimenea arriba presentados, las alturas mínimas de los mismos nunca se tomarán menores que 2,5 de la altura media de los edificios situados dentro de un radio de 4,5 H .

8.1.2 Altura física de la chimenea (H_f) cuando $H < 200$ m

Si la altura mínima de expulsión (H) calculada según lo indicado en la sección 1.8.1 resulta menor que 180 como altura física de la chimenea se asumirá dicho valor H calculado. Tal que

$$H_f = H$$

8.1.3 Altura física de chimenea (H_f) cuando $H \geq 200$ m

Si la altura mínima de expulsión (H) calculada según lo indicado en la sección 1.8.1 resulta igual a mayor que 200 m, la altura física de la chimenea se determinará por la fórmula siguiente:

$$H_f = H - \Delta H \quad (59)$$

Siendo

$$\Delta H = \frac{0,7}{U_H} (1,5.W.D + 65 \sqrt{D^3} \sqrt[4]{\frac{T_g - T_a}{273 + T_g}}) \quad (60)$$

$$U_H = \bar{U}_s \left(\frac{H_f}{Z_s} \right)^{0,333} \quad (61)$$

donde:

ΔH altura de sobrelevación del penacho [m]

- U_H velocidad del viento a la altura H_f [m/s]
 $\bar{U}_s$ velocidad media del viento en la región [m/s]
 z_s altura de medición de la velocidad media del viento

$\bar{U}_s$ [m]

A efectos de cálculo se asume

$$z_s = 10 \text{ m}$$

En el cálculo de U_H la magnitud H_f se introduce por tanteo.

Como condición para la aplicación de la fórmula 60, la altura física de la chimenea siempre se asumirá igual o mayor que 200 m o sea, en tal caso $H_f \geq 200$.

8.2 Parámetros de control de contaminantes exulsados por chimeneas

8.2.1 Expulsión límite admisible de un contaminante. La expulsión límite admisible (Ela) de un contaminante lanzado a la atmósfera a través de una chimenea con cuyo valor se garantiza la condición higiénica del aire, se determina por la fórmula siguiente:

- Para expulsiones calientes

$$Ela = \frac{Cma H^2 \sqrt[3]{V \Delta T}}{A F m n} [g.s^{-1}] \quad (58)$$

- Para expulsiones frías

$$Ela' = \frac{8 Cma H \sqrt[3]{H V}}{A F n D} [g.s^{-1}] \quad (59)$$

8.2.2 Concentración límite admisible de un contaminante a la salida de la chimenea. La concentración límite admisible (Cla) de un contaminante a la salida de la chimenea, con cuyo valor se garantiza la condición higiénica del aire, se determina por la fórmula siguiente:

- Para expulsiones calientes

$$Cla = \frac{Ema}{V} = \frac{Cma H^2}{A F m n} \sqrt[3]{\frac{\Delta T}{V^2}} [mg.m^{-3}] \quad (60)$$

- Para expulsiones frías

$$Cla' = \frac{Ema}{V} = \frac{8 Cma H \sqrt[3]{H}}{A F n D} [mg.m^{-3}] \quad (61)$$

- 8.2.3 Gasto límite admisible de combustible. El gasto límite admisible (G_{la}) de combustible, con cuyo valor queda garantizada la condición higiénica del aire, para la sustancia contaminante generada en su quema expulsada a la atmósfera a través de la chimenea H se determina por la fórmula siguiente:

$$G_{la} = 3,6 H^3 \sqrt{\left(\frac{C_{ma}}{A F m g}\right)^3 V \Delta T [Mg \cdot h^{-1}]} \quad (62)$$

donde:

- g masa específica de la sustancia contaminante generada por unidad de masa del combustible ($g \cdot kg^{-1}$)
- V volumen específico total de la mezcla de gases generada por unidad de masa del combustible ($m^3 \cdot kg^{-1}$)

9. Criterios de cálculo sobre la agrupación de chimeneas

- 9.1 Agrupación de chimeneas alrededor de un punto común. En los cálculos de dispersión de sustancias contaminantes expulsadas por varias chimeneas cercanas entre sí puede utilizarse como coordenada común el punto central del grupo (o en su lugar, la coordenada de la fuente de mayor envergadura) siempre que resulte un valor del parámetro $S_3 \geq 0.9$.

Definidos los valores de la velocidad crítica promedio del viento $\bar{U}_m$, la distancia promedio $\bar{X}_m$ y el lado mayor o el diámetro L de la plazoleta de localización de las chimeneas, según sea rectangular o circular, respectivamente, el parámetro S_3 se determina por la fórmula siguiente:

- Cuando $\rho \leq 0,5$

$$S_3 = \sqrt{\rho} \quad (63)$$

- Cuando $\rho \geq 0,5$

$$S_3 = \frac{1}{1 + \frac{0,7}{\rho}} \quad (64)$$

donde:

$$\rho = \left(\frac{\bar{X}_m}{L}\right)^2 \frac{1}{\bar{U}_m} \quad (65)$$

Para cada fuente emisora se construye una curva de distribución de las concentraciones de la sustancia, deter-

minada para la velocidad del viento $\bar{U}_m$ en función de la distancia X . Los orígenes de las curvas de distribución de las concentraciones se ubican en la coordenada común. De la suma gráfica de las concentraciones se obtiene la curva de distribución total. El máximo valor se asume como C_m . Este cálculo puede también realizarse de forma tabular.

- 9.2 Agrupación de chimeneas a lo largo de un eje común. En los cálculos de dispersión de sustancias contaminantes expulsadas por varias chimeneas localizadas cerca de un eje podrá asumirse que las mismas estén situadas en fila siempre que resulte para cada chimenea en particular un valor del parámetro $S_4 \leq 0,02$.

Definidos el valor de la velocidad crítica promedio del viento $\bar{U}_m$, así como los valores particulares para cada chimenea de las distancias X_{mi} e Y_j (distancia perpendicular de la chimenea dada hasta el eje imaginario) el parámetro S_4 se determina por la fórmula siguiente:

$$S_4 = \bar{U}_m \left(\frac{Y_j}{X_{mu}} \right)^2 \quad (66)$$

Para cada fuente se construye una curva de distribución de las concentraciones de la sustancia, determinada, para la velocidad del viento $\bar{U}_m$ en función de la distancia.

El origen de cada curva de distribución se sitúa en el punto correspondiente a la chimenea respectiva.

Cada eje representa dos direcciones del viento: una, de la primera chimenea hacia las demás; la otra, en sentido contrario.

De la suma gráfica de las concentraciones se obtienen dos curvas de distribución de las concentraciones totales. El máximo valor se asume como C_m .

- 9.3 Procedimientos para casos de fuentes no agrupadas. Los cálculos de la dispersión de sustancias contaminantes expulsadas por varias chimeneas cuyas coordenadas en conjunto no puedan ser trasladadas a un punto o eje común pueden simplificarse por el método siguiente:

Se traza un eje a lo largo del cual se agrupa la mayor parte posible de las chimeneas principales aplicando las indicaciones del apartado 9.2.

A su vez, las concentraciones de sustancias contaminantes provocadas sobre el eje en cuestión por las expulsiones de las chimeneas no agrupadas se determinan aplicando las indicaciones del apartado 5.5.

Se tendrá en cuenta que si entre las chimeneas no agrupadas quedaran algunas de envergadura será necesario realizar de manera complementaria los cálculos de dispersión de las sustancias contaminantes expulsadas por chimeneas, de conformidad con las indicaciones de la sección 5.

Los cálculos de la dispersión de sustancias contaminantes expulsadas por un número reducido de chimeneas (de 3 a 5) disgregadas en un área, se ejecutarán teniendo en cuenta todas las direcciones en que coincidan por pareja las proyecciones de los penachos.

En el caso general, para un número n de chimeneas se evaluarán $n(n-1)$ direcciones del viento.

El valor más alto de concentración obtenido se asume como C_m .

10. Cálculo de la dispersión de contaminantes expulsados a la atmósfera a través de varias chimeneas agrupadas

10.1 Concentración máxima total de la sustancia contaminante expulsada simultáneamente por un grupo de chimeneas

El cálculo de la dispersión de la sustancia proveniente de 1, 2, ..., n chimeneas se realiza partiendo de la determinación por separado para cada chimenea, de las concentraciones máximas (C_{m1} , C_{m2} , ..., C_{mn}) respectivamente. Las concentraciones máximas así determinadas se suman para obtener la concentración máxima total de la sustancia. Si esta concentración máxima total resulta menor o igual a la concentración máxima admisible ($C_{m1} + C_{m2} + \dots + C_{mn} \leq C_{ma}$) en lo adelante no será imprescindible continuar los cálculos (sin perder de vista que puede darse el caso en que sea necesario considerar la acción similar de varias sustancias, así como la contaminación de fondo)

Si por el contrario, la concentración máxima total resultara mayor que la concentración máxima admisible ($C_{m1} + C_{m2} + \dots + C_{mn} > C_{ma}$) se procederá a recalcular las concentraciones máximas de la sustancia a la velocidad crítica promedio del viento $\bar{U}_m$ (apartado 10.2).

Si la suma de las concentraciones máximas originadas a la velocidad crítica promedio del viento resultara menor o igual a la concentración máxima admisible ($C_{mu1} + C_{mu2} + \dots + C_{mun} \leq C_{ma}$) en lo adelante no será imprescindible continuar los cálculos considerándose cumplida la condición higiénica del aire.

Si por el contrario, la suma de las concentraciones máximas originadas a la velocidad crítica promedio del viento resultara mayor que la concentración máxima admisible ($C_{mu1} + C_{mu2} + \dots + C_{mun} > C_{ma}$) este valor representará la concentración máxima C_m de esa sustancia. Obviamente, como aquí no se cumple la condición higiénica del

aire, se procederá en consecuencia a reajustar los parámetros de expulsión.

- 10.2 Velocidad crítica promedio del viento ($\bar{U}_m$) para un grupo de chimeneas. Para un grupo de 1, 2, ..., n chimeneas, la velocidad crítica promedio del viento $\bar{U}_m$ se determina por la fórmula siguiente:

$$\bar{U}_m = \frac{U_{m1} C_{m1} + U_{m2} C_{m2} + \dots + U_{mn} C_{mn}}{C_{m1} + C_{m2} + \dots + C_{mn}} \text{ [m.s}^{-1}\text{]} \quad (67)$$

donde:

$C_{m1}, C_{m2}, \dots, C_{mn}$ concentraciones máximas de las sustancias contaminantes provocadas por las expulsiones de las chimeneas 1, 2, ..., n respectivamente (mg.m^{-3}).

$U_{m1}, U_{m2}, \dots, U_{mn}$ Velocidades críticas del viento bajo las cuales tienen lugar las concentraciones $C_{m1}, C_{m2}, \dots, C_{mn}$, respectivamente (véase apartado 5.2) (m.s^{-1})

- 10.3 Distancia promedio ($\bar{X}_m$) del punto de la concentración máxima C_m de la sustancia contaminante hasta el centro del grupo de chimeneas. Para un grupo de 1, 2, ..., n chimeneas la distancia promedio $\bar{X}_m$ se determina por la fórmula siguiente:

$$\bar{X}_m = \frac{X_{mu1} C_{mu1} + X_{mu2} C_{mu2} + \dots + X_{mun} C_{mun}}{C_{mu1} + C_{mu2} + \dots + C_{mun}} \text{ [m]} \quad (68)$$

donde:

$C_{mu1}, C_{mu2}, \dots, C_{mun}$ concentraciones máximas de la sustancia contaminante provocadas por las expulsiones de las chimeneas 1, 2, ..., n, respectivamente, bajo condiciones meteorológicas desfavorables pero a una velocidad del viento $U = U_m$ (mg.m^{-3})

$Xmu_1, Xmu_2, \dots, Xmu_n$ distancia a las cuales tienen lugar las concentraciones $Cmu_1, Cmu_2, \dots, Cmu_n$, respectivamente (m).

11. Cálculos de la dispersión de contaminantes de acción similar expulsados a la atmósfera a través de varias chimeneas agrupadas

- 11.1 Concentración máxima admisible relativa de las sustancias similares expulsadas simultáneamente por un grupo de chimeneas. El cálculo de la dispersión de a, b, ..., n sustancias de acción similar provenientes de 1, 2, ..., n chimeneas se realiza partiendo de la determinación, por separado para cada chimenea de las concentraciones máximas ($qm_1, qm_2, \dots, qm_n$) originadas por las expulsiones de las chimeneas (según lo señalado en la sección 7). Las concentraciones máximas relativas determinadas se suman para obtener la concentración máxima total relativa de las sustancias. Si esta concentración máxima admisible relativa resultara menor o igual a uno ($qm_1 + qm_2 + \dots + qm_n \leq 1$) ello representa que se cumple la condición higiénica del aire y en lo adelante no será imprescindible continuar los cálculos.

Si por el contrario, la concentración máxima total relativa resultara mayor que uno ($qm_1 + qm_2 + \dots + qm_n > 1$) se procederá a recalcular las concentraciones máximas admisibles relativas de las sustancias originadas a la velocidad crítica promedio del viento U_{mc} (apartado 11.2).

Si la suma de las concentraciones máximas relativas de las sustancias originadas a la velocidad crítica promedio del viento resultara menor o igual a uno ($qmu_1 + qmu_2 + \dots + qmu_n \leq 1$) en lo adelante no será imprescindible continuar los cálculos considerándose cumplida la condición higiénica del aire.

Si, por el contrario, la suma de las concentraciones máximas relativas de las sustancias originadas a la velocidad crítica promedio del viento resultara mayor que uno ($qmu_1 + qmu_2 + \dots + qmu_n > 1$) este valor representará la concentración máxima total relativa de las sustancias de acción similar. En consecuencia, como aquí no se cumple la condición higiénica del aire, se procederá a reajustar convenientemente los parámetros de expulsión.

- 11.2 Velocidad crítica promedio del viento ($\bar{U}_{mc}$) para un grupo de chimeneas que expulsan simultáneamente varias sustancias similares. Para un grupo de 1, 2, ..., n chimeneas, que expulsan a, b, ..., n sustancias similares la velocidad crítica promedio del viento $\bar{U}_{mc}$ se determina por la fórmula siguiente:

$$U_{mc} = \frac{U_{m1} q_{m1} + U_{m2} q_{m2} + \dots + U_{mn} q_{mn}}{q_{m1} + q_{m2} + \dots + q_{mn}} \quad [m.s^{-1}] \quad (69)$$

donde:

$q_{m1}, q_{m2}, \dots, q_{mn}$ concentraciones máximas relativas de las sustancias similares provocadas por las expulsiones de las chimeneas 1, 2, ..., n, respectivamente

$U_{m1}, U_{m2}, \dots, U_{mn}$ velocidades críticas del viento bajo las cuales llenen lugar las concentraciones máximas relativas $q_{m1}, q_{m2}, \dots, q_{mn}$, respectivamente ($m.s^{-1}$).

12. Cálculos de la sombra aerodinámica de edificios y dispersión de contaminantes dentro de la misma

12.1 Perfil de la sombra aerodinámica de un edificio. Los cálculos de la sombra aerodinámica se aplicarán en especial en los casos de pequeñas chimeneas.

Como condición obligatoria, la altura H de cada pequeña chimenea siempre sobrepasará la altura h_g del perfil de la sombra aerodinámica provocada por la edificación donde se ha instalado.

El perfil de la sombra aerodinámica de un edificio se define por la ordenada h_1 (m) (altura) y por la abscisa x_1 (m) (profundidad).

donde:

$$1 = 0, 1, 2, \dots, X_t$$

El origen de las abscisas se ubica en la fachada del edificio (véase Fig. 10).

El origen de las ordenadas se ubica en el suelo. No obstante, en el caso particular en que la sombra aerodinámica de otro edificio se proyecta sobre la fachada del edificio en cuestión, como origen de las ordenadas se toma la altura h_a del punto de incidencia de la sombra exterior.

En la Fig. 10 se presenta un ejemplo típico. Sobre la fachada del edificio fabril No. 2 se proyecta la sombra aerodinámica del edificio No. 1. Con fines de cálculo los contornos de los edificios se simplifican.

En la práctica se evaluarán las direcciones predominantes del viento.

La altura inicial h_0 de la sombra aerodinámica al nivel de la fachada ($X_1 = 0$) se determina por la fórmula siguiente:

$$h_0 = z - h_a \text{ [m]} \quad (70)$$

donde:

z altura del edificio (m)

Asignando valores a X_1 , las alturas h_1 correspondientes de la sombra aerodinámica dependerán de la razón L_s/h_0 .

donde:

L_s largo del edificio correspondiente al lado perpendicular a la dirección del viento (m)

- Cuando $L_s/h_0 \geq 10$

hi se determina por la tabla 3 o por el gráfico de la Fig. 11

- Cuando $L_s/h_0 < 10$

hi se determina por la tabla 4 o por el gráfico de la Fig. 12.

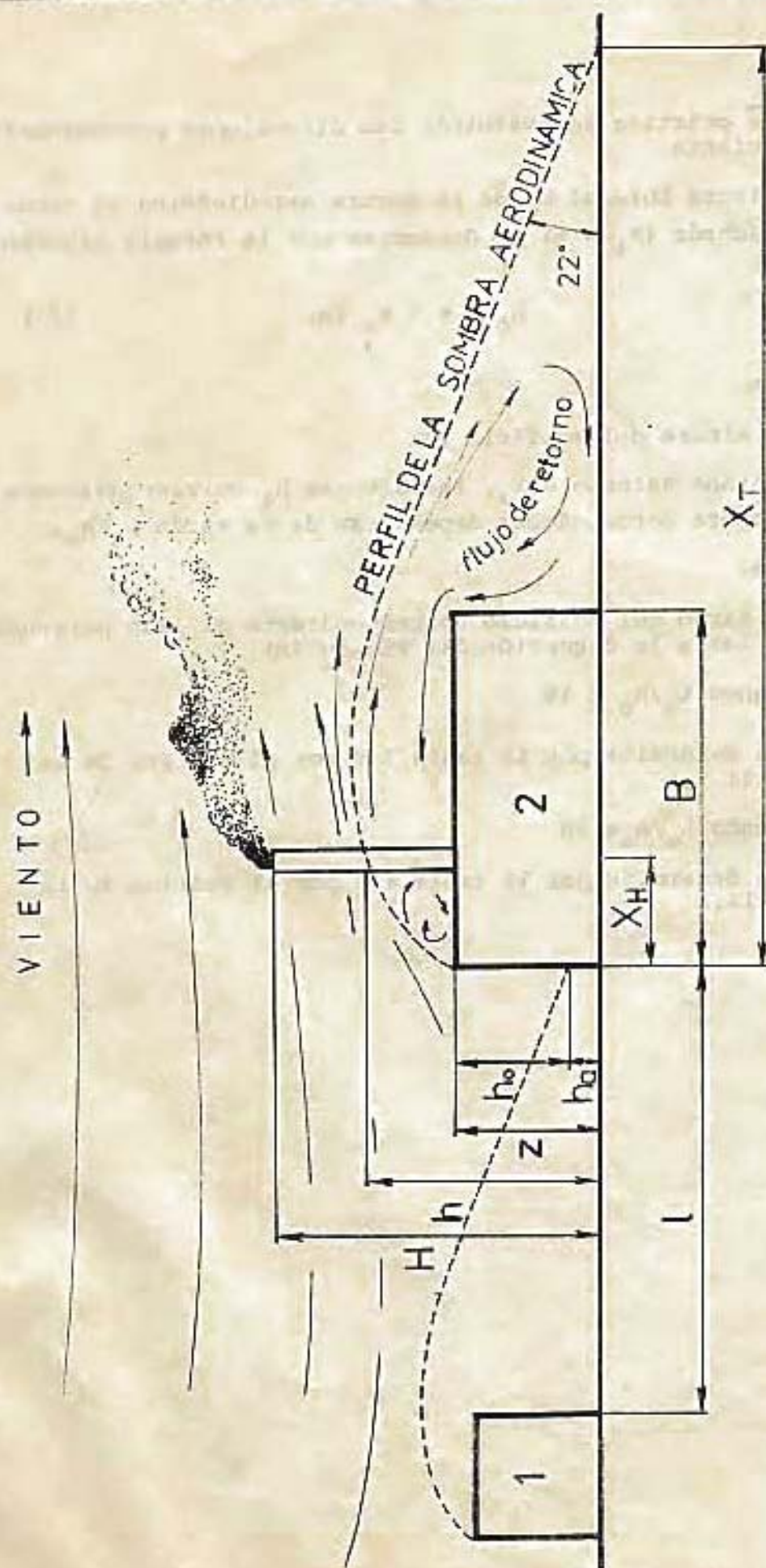


Fig. 10 Esquema típico de la formación de la sombra aerodinámica sobre edificios.

Tabla 3. Valores de h_i para $L_g/h_o \geq 10$

x_i/h_o	0	1	2	2,5	3	4	5	6	7	8	8,5
h_i/h_o	1	1,75	2,2	2,2	2,1	1,7	1,3	0,75	0,35	0,05	0,04

Tabla 4. Valores de h_i para $L_g/h_o < 10$

L_g/h_o x_i/h_o	0,5	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,10	1,10	1,20	1,24	1,34	1,41	1,48	1,54	1,59	1,63	1,68	1,72
2,0	1,27	1,32	1,38	1,54	1,66	1,77	1,85	1,94	2,01	2,00	2,19

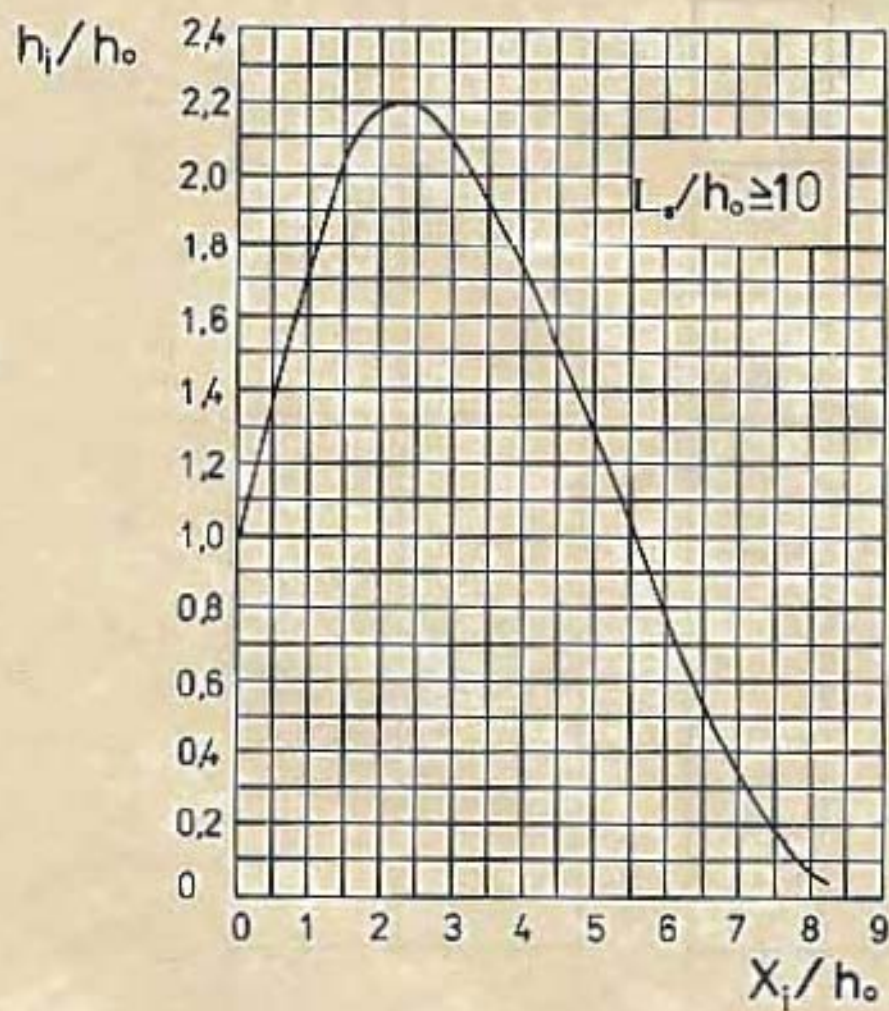


Fig. 11 Gráfico para la determinación de h_i/h_o siendo $L_s/h_o \geq 10$.

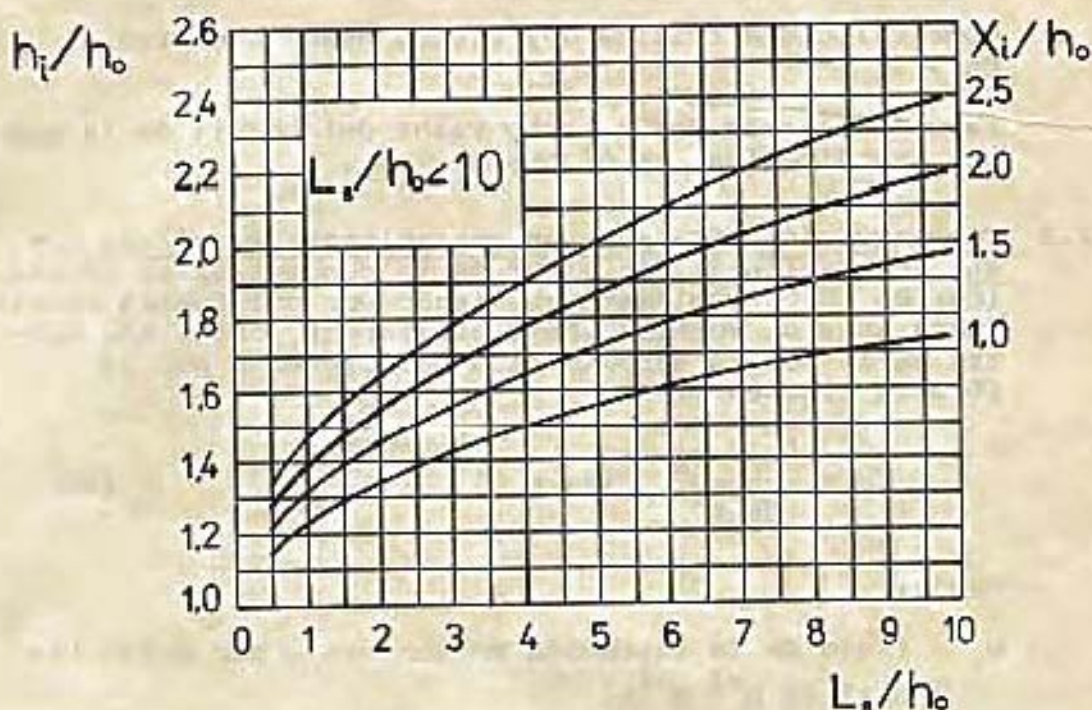


Fig. 12 Gráfico para la determinación de h_i/h_o siendo $L_s/h_o < 10$.

El perfil de la sombra aerodinámica se calcula hasta la distancia $X_i = 2,5$ z después de lo cual el mismo se completa trazando una recta bajo un ángulo de 22° .

Nota. Véase Apéndice.

12.2 Cálculo de las concentraciones de contaminantes dentro de la sombra aerodinámica

12.2.1 Concentración máxima C_m de un contaminante. El valor de la concentración máxima (C_m) de un contaminante expulsado por una chimenea, originado dentro de la sombra aerodinámica se determina por la fórmula siguiente:

$$C_m = \frac{K_h M_s}{U_m H^2} \quad [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (73)$$

donde:

K_h coeficiente

M_s flujo de la sustancia contaminante ($\text{g} \cdot \text{h}^{-1}$)

U_m velocidad crítica del viento ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

K_h depende de la razón $(H/h_i + h_a)$. Se determina por la tabla 5 o por el gráfico de la Fig. 13.

Como velocidad crítica del viento puede asumirse $U_m = 1$.

Para el cálculo de C_m , como valor del perfil de la sombra aerodinámica, se adopta $h_i = h_H$.

- 12.2.2 Concentración máxima de un contaminante expulsado por una fuente lineal. El valor de la concentración máxima (C_m) de un contaminante expulsado por una fuente lineal (persianas de ventilación y similares), originado dentro de la sombra aerodinámica se determina por la fórmula siguiente:

$$C_m = \frac{0,16 m_s}{U_m z^2} \quad [mg \cdot m^{-3}] \quad (74)$$

donde:

m_s flujo de la sustancia contaminante por metro lineal ($g \cdot h^{-1} \cdot m^{-1}$).

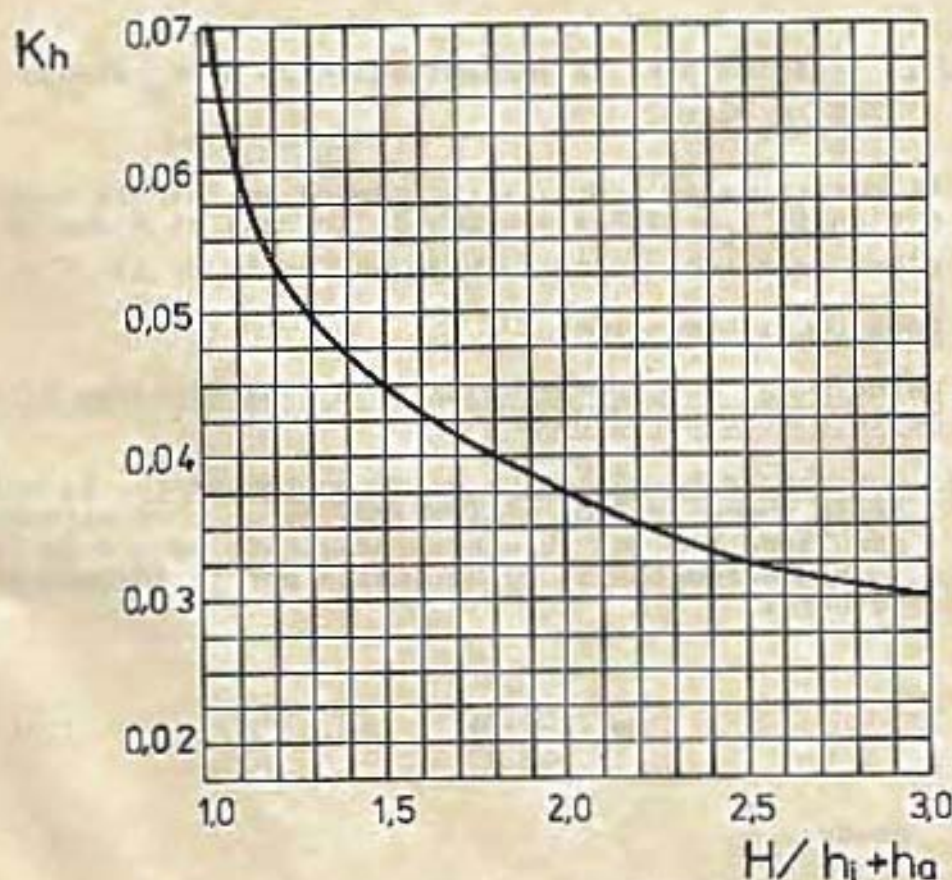


Fig. 13 Gráfico para la determinación del coeficiente K_h (con valores $H/h_i + h_a \leq 1$ asumir $K_h = 0,57$).

Tabla 5 Valores de Kh

H/hi+ha	≤ 1	1,03	1,05	1,10	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00
Kh	0,57	0,07	0,065	0,061	0,051	0,045	0,040	0,037	0,033	0,03

- 12.2.3 Concentraciones (Cx) de un contaminante localizadas a lo largo del eje de traslación del penacho de gases. Todo valor de concentración Cx de un contaminante localizado en un punto cualquiera Xi del eje de traslación del penacho de gases dentro de la sombra aerodinámica se determina por la fórmula siguiente:

$$C_x = \frac{C_m}{e^{n_e}} \quad [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (75)$$

donde:

n_e potencia a la cual se eleva e, base de los logaritmos naturales

$$n_e = 0,1 \left(\frac{X_i}{Z} - 2,5 \right)$$

Nota. Obsérvese que la concentración Cm tiene lugar aproximadamente a la distancia $X_i = 2,5 Z$.

- 12.2.4 Concentraciones (Cy) de un contaminante localizadas fuera del eje de traslación del penacho de gases. Todo valor de concentración Cy de un contaminante localizado en un punto cualquiera fuera del eje de traslación del penacho de gases a la distancia Y del punto donde tiene lugar la concentración Cx, se determina por la fórmula:

$$C_y = S_y C_x \quad [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (77)$$

donde:

S_y coeficiente

S_y depende de la razón Y/Z. Se determina por la tabla 6.

Nota. La distancia Y se toma perpendicularmente al eje del penacho de gases.

Tabla 6 Valores Sy

Y/Z	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Sy	0,95	0,78	0,56	0,36	0,20	0,10	0,045	0,020	0,005	0,0025

13. Determinación de las concentraciones de fondo de los contaminantes del aire.

- 13.1 Determinación de la concentración de fondo (C_f). Las concentraciones de fondo de contaminantes se determinará preferiblemente por muestreo instantáneo (20 min) a una frecuencia fija diaria establecida según el caso.

Cuando sólo se disponga de información sobre las concentraciones de fondo de los contaminantes obtenidos por muestras tomadas en intervalos de tiempo mayores de 20 min, los valores aproximados de las concentraciones instantáneas pueden calcularse con uso de la fórmula siguiente:

$$C_f = k_t C_f(t) \quad [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (78)$$

donde:

C_f concentración máxima de fondo instantáneo (20 min) aproximada ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)

K_t coeficiente de equivalencia dependiente del tiempo de toma de muestras

$C_f(t)$ concentración de fondo de la sustancia determinada por muestreo con tiempo de toma de muestra $t > 20$ min ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)

El coeficiente K_t se determina por la tabla 7.

Tabla 7 Valores de K_t

Tiempo de muestreo	20 min	30 min	24 h	30 d	1 año
K_t	1	1,04	1,5	4	10

Cuando no se disponga de datos de muestreo, las concentraciones de fondo pueden ser calculadas con empleo de la metodología establecida en las secciones de la 5 a la 11 de la presente norma. En este caso deberá tenerse en cuenta que en la proyección de nuevas industrias o su reconstrucción se consideran como concentraciones de fondo las originadas por las expulsiones de contaminantes de todo el conglomerado de fuentes emisoras vecinas, así como de las instalaciones de la propia industria no sometidas a reconstrucción.

COMPLEMENTO

Norma estatal de referencia:

NC 50-01:83 Infraestructura Social y la Vivienda. Tipos de Asentamientos humanos

Norma extranjera consultada:

URSS: SN-369-74 Indicaciones para el cálculo de la dispersión en la atmósfera, de las sustancias nocivas contenidas en las expulsiones de las empresas. GOSSTROY.

Bibliografía consultada:

- BERLIANO, M.E. Problemas actuales de la difusión atmosférica y de su contaminación. URSS. Leningrado. 1975
- GORDON, G.M. PEISAJOV, I.L. Captación de polvos y purificación de gases en la metalurgia de metales no ferrosos. URSS. Moscú. Editorial MIR. 1981.
- Concentraciones máximas admisibles de sustancias contaminantes en el aire atmosférico de las zonas habitables. MINSAP. URSS. Moscú 1984
- Indicaciones metodológicas provisionales para el cálculo de los parámetros del medio laboral en la proyección de empresas industriales. Tomo 3. Bulgaria. Sofía. 1972
- IZMEROV, N.F. La lucha contra la contaminación del aire en la URSS OMS. Cuadernos de Salud Pública No. 54. 1974
- KOZLOV, V. F. Manual para la seguridad radiológica. URSS. Moscú. Editorial Atomoizdat. 1977
- LUNE, H. F. Manual para el control de la contaminación industrial USA. New York. Edición española del Instituto de Estudios de Administración Local. 1974
- Manual de normas sanitarias e indicaciones para el control sanitario preventivo. Bulgaria. Sofía. 1978
- Manual para el control de la contaminación atmosférica. URSS, Leningrado. Editorial Gidrometeoizdat. 1979.
- Resumen climático por estaciones. Cuba. Habana. Academia de Ciencias. Instituto de Meteorología. 1976
- SAX, I. Dangerous properties of industrial materials. Cuba. Habana. E.R. Instituto Cubano del Libro. 1968

SIDORENKO, E.I. Feldmann, Yu. G. Estado actual del problema de la protección del aire en las ciudades con referencia a la contaminación proveniente de las emisiones del transporte. URSS. Moscú. Editorial Medicina y Salud. 1978

STERN, A.C. Air Pollution. Volumes I, II, III. USA. New York Academic Press. 1968

VILLALON, A. MONCLUS, A. Contaminación ambiental - causas y valoración. España. Barcelona. Editorial JIMS. 1974.

LOPEZ CABRERA CARLOS M.. Factores meteorológicos de la contaminación regional del aire en Cuba. ACC. Instituto de meteorología. Cuba. La Habana 1985. (Tesis para la obtención del grado científico de C. DP. en ciencias fisicomatemáticas).

ANEXO A

Información requerida para la ejecución de los cálculos de dispersión y del control de las fuentes emisoras (Inventario de emisiones)

1. Datos Generales

- Denominación de la inversión de obra
- Localización (dirección)
- Empresa
- Rama.

2. Memoria descriptiva y tablas

- Reseña del proceso tecnológico con hincapié en la descripción de los sistemas generadores de contaminantes del aire
- Tipos, composición y gasto (Mg.h^{-1}) de materiales del proceso
- Registros de datos para los cálculos de dispersión de los contaminantes expulsados a la atmósfera (modelo No. 1) (Anexo B)
- Registro de datos para los cálculos del gasto límite admisible de combustible por caldera o instalación (modelo No. 2) (Anexo C)
- Información sobre la concentración de fondo de contaminantes imputables a expulsiones significativas de fuentes vecinas
- Datos referentes a las condiciones meteorológicas locales:
 - a) rosa de los vientos anual, b) temperatura media máxima del mes más cálido, deben añadirse a esta información las rosas de los vientos mensuales, las temperaturas medias y media máxima anuales del aire, y las frecuencias de inversiones de temperatura cuando se dispongan.
- Cálculos de las concentraciones máximas probables de contaminantes, las alturas de chimeneas, los perfiles de las sombras aerodinámicas de los edificios que lo requieran, la zona de protección sanitaria y los parámetros del control de las expulsiones de contaminantes (véase ejemplos en el anexo).

- Instrucciones para el control, operación, mantenimiento preventivo planificado y reparación de los sistemas de depuración y conducción de contaminantes del aire
- Instrucciones para la ejecución de medidas de emergencia y especiales en caso de alteraciones del proceso tecnológico y averías.

3. Esquemas y planos

- Esquema tecnológico simplificado con indicación de todas las fuentes generadoras de contaminantes del aire, sistemas de depuración, líneas de conducción de gases, chimeneas, conductos de ventilación y otros
- Plano de planta general de la industria con indicación de las chimeneas y conductos de salida de contaminantes del aire
- Plano topográfico actualizado de la región de localización de la industria con demarcación de la zona de protección sanitaria (véase Fig. 15).

ANEXO B

MODEL NO. 1

REGISTRO DE DATOS PARA LOS CALCULOS DE DISPERSION DE LOS CONTAMINANTES
EXPULSADOS A LA ATMOSFERA

[illegible]

ANEXO C

MODELO No. 2

REGISTRO DE DATOS PARA LOS CALCULOS DEL GASTO MAXIMO ADMISIBLE DE COMBUSTIBLE POR CALDERA O INSTALACIONES

[illegible]

APENDICE

1. Cálculo de las concentraciones de dióxido de azufre provocadas en la atmósfera por las instalaciones de una refinería de petróleo y de la zona de protección sanitaria.

No. de Orden	Instalación	Descripción, fórmula, cálculos	U. de medida	Valor obtenido
1	2	3	4	5
		Cálculo de las concentraciones de dióxido de azufre		
1	-	Concentración de fondo C_f	mg.m^{-3}	0
2	-	Constante de estratificación térmica atmosférica A		200
3	-	Coefficiente de precipitación F		1
4	-	Temperatura del aire T_a	$^{\circ}\text{C}$	30
5	-	Denominación de las instalaciones		
	1	Instalación de reforma-ción catalítica	-	-
	2	Instalación de craqueo catalítico	-	-
	3	Instalación de hidrofi-nación	-	-
	4	Antorcha	-	-
6	1 al 4	Número de chimeneas por instalación	-	1
7	1 al 4	Alturas de las chime-neas H	m	100
8	1 al 4	Diámetros de las chi-meneas D	m	2
9		Diámetro de la plazole-ta (área) de localiza-ción de las chimeneas L	m	300
10		Temperaturas de la mez-cla de gases y aire T_g :	$^{\circ}\text{C}$	-

1	2	3	4	5
	1	---		400
	2	---		450
	3	---		250
	4	---		500
11		Caudales de la mezcla de gases y aire V:	$m^3.s^{-1}$	
	1	---		50
	2	---		100
	3	---		30
	4	---		00
12		Flujos máximos de dióxido de azufre M:	$g.s^{-1}$	
	1	---		180
	2	---		180
	3	---		140
	4	---		160
13		Velocidades de salida de la mezcla de gases y aire $W = 4 V / \pi D^2$:	$m.s^{-1}$	
	1	$W=4,50/2^2$		16
	2	$W=4,100/2^2$		32
	3	$W=4,30/2^2$		10
14		Diferencias de temperatura ΔT entre la mezcla de gases y aire T_g y el aire ambiente T_a :	$^{\circ}C$	
	1	$\Delta T=400 - 30$		370
	2	$\Delta T=450 - 30$		420
	3	$\Delta T=250 - 30$		220
	4	$\Delta T=500 - 30$		470
15		Parámetros $f = 10^3 W^2 D/H^2 \Delta T$:	$m.s^2.^{\circ}C$	
	1	$f=10^3 . 16^2 . 2/100^2 . 370$		0,14
	2	$f=10^3 . 32^2 . 2/100^2 . 420$		0,49
	3	$f=10^3 . 10^2 . 2/100^2 . 220$		0,10
	4	$f=10^3 . 25^2 . 2/100^2 . 470$		0,27
16		Coefficientes de condiciones de emisión $m=(0,67+0,1\sqrt{f+0,34})$ $\sqrt[3]{f}^{-1}$:		

1	2	3	4	5
17	1	$m = (0,67 + 0,1 \sqrt{0,14} + 0,34 \sqrt[3]{0,14})^{-1}$		1,13
	2	$m = (0,67 + 0,1 \sqrt{0,49} + 0,34 \sqrt[3]{0,49})^{-1}$		0,99
	3	$m = (0,67 + 0,1 \sqrt{0,11} + 0,34 \sqrt[3]{0,10})^{-1}$		1,20
	4	$m = (0,67 + 0,1 \sqrt{0,27} + 0,34 \sqrt[3]{0,27})^{-1}$		1,09
		Parámetros		
		$V_m = 0,65 \sqrt[3]{V \Delta T/H}$	$m.s^{-1}$	
	1	$V_m = 0,65 \sqrt[3]{50 \cdot 370/100}$		3,86
	2	$V_m = 0,65 \sqrt[3]{100 \cdot 420/100}$		4,88
	3	$V_m = 0,65 \sqrt[3]{30 \cdot 220/100}$		2,63
	4	$V_m = 0,65 \sqrt[3]{80 \cdot 470/100}$		4,70
	18	Coefficientes de condiciones de emisión m (como función de $V_m > 2$):		
	1	---		1
	2	---		1
	3	---		1
	4	---		1
19		Concentraciones máximas de dióxido de azufre.		
		$C_m = A M F m n/H^2 \sqrt[3]{V \Delta T}$	$mg.m^{-3}$	
	1	$C_{m1} = 200.180.1,13/100^2 \sqrt[3]{50.370}$		0,15
	2	$C_{m2} = 200.180.0,99/100^2 \sqrt[3]{100.420}$		0,10
	3	$C_{m3} = 200.140.1,20/100^2 \sqrt[3]{30.220}$		0,18

1	2	3	4	5
	4	$Cm_4 = 200.160,1,09/100^2$ $\sqrt[3]{80.470}$ $Cm = Cm_1 + Cm_2 + Cm_3 + Cm_4 =$ $0,15 + 0,10 + 0,18 + 0,11 =$ $0,54 > Cma$ Se procede a recalcular Cm a la velocidad crftica o promedio del viento Velocidad crftica del viento Um (siendo $Vm > 2$) $Um = Vm (1 + 0,12 \sqrt{f}) :$		0,10
20			$m.s^{-1}$	0,54
	1	$Um = 3,70 (1 + 0,12 \sqrt{0,14})$		3,94
	2	$Um = 4,88 (1 + 0,12 \sqrt{0,49})$		5,29
	3	$Um = 2,63 (1 + 0,12 \sqrt{0,10})$		2,73
	4	$Um = 4,70 (1 + 0,12 \sqrt{0,27})$		4,99
		Velocidad crftica prome- dio del viento $\bar{Um} = \sum Um Cm / \sum Cm$ $\bar{Um} = \frac{1,94 + 0,15 + 5,29 + 0,010 + 2,73 + 0,10 + 14,99 + 0,11}{0,54}$	$m.s^{-1}$ $m.s^{-1}$	4,0
21		Concentración máxima de dióxido de azufre $Cmu = r.Cm$ a la velocidad del vien- to Um Valores de $R = \bar{Um}/Um$		
	1	$R = 4,0/3,94$		1,02
	2	$R = 4,0/5,29$		0,76
	3	$R = 4,0/2,73$		1,47
	4	$R = 4,0/4,99$		0,80
		Valores de r siendo a) $R > 1$ y b) $R < 1$		

1	2	3	4	5
	1	a) $r=3.R/2 R^2-R+2=$ $=3.1,02/2.1,02^2-1,02+2$		1,00
	2	b) $r=0,67.R+1,67 R^2-1,34 R^3$ $=0,67.0,76+1,67.0,76^2$ $-1,34.0,76^3$		0,89
	3	a) $r=3.1,47/2.1,47^2-1,47+2$		0,91
	4	b) $r=0,67.0,80+1,67.0,80^2$ $-1,34.0,80^3$		0,92
	1	$Cmu_1=1,00.0,15$		0,15
	2	$Cmu_2=0,89.0,10$		0,09
	3	$Cmu_3=0,91.0,18$		0,16
	4	$Cmu_4=0,92.0,11$		0,10
		$Cm=0,15+0,09+0,16+0,10$ $=0,5 = Cma$		0,5
		CONCLUSIONES		
		Se garantizan las condiciones higiénicas del aire (Véase Fig. 14)		
22		Zona de protección sanitaria		
		Dado que $Cm=Cma$, se aplica la fórmula 5		
		Radio mínimo admisible l_0 para industrias de Clase I	m	1,000
		Divisor de corrección P_0		6 25
		Velocidad media anual del viento en la región	km/h	17,0
		Factores eólicos 0,5		
		$\left\{ \frac{P}{P_0} + \frac{U_r}{U_s} \right\}$ calculados por rumbo		

1	2	3				4	5
		Rumbo	Factor eólico	Rumbo	Factor eólico		
		N	0,96	S	1,10		
		NNE	1,43	SSW	0,99		
		NE	1,43	SW	0,63		
		ENE	1,66	WSW	0,44		
		E	1,25	W	0,47		
		ESE	1,36	WNW	0,57		
		SE	0,91	NW	0,70		
		SSE	0,81	NNW	1,01		
		Radios de protección sanitaria 1				m	
		Rumbo	1	Rumbo	1		
		N	1 000	S	1 100		
		NNE	1 430	SSW	1 000		
		NE	1 430	SW	1 000		
		ENE	1 660	WSW	1 000		
		E	1 250	W	1 000		
		ESE	1 360	WNW	1 000		
		SE	1 000	NW	1 000		
		SSE	1 000	NNW	1 010		

Nota. Con estos radios de protección sanitaria se traza el perímetro de la zona de protección sanitaria tal como se presenta en la Fig. 15.

2. Cálculo de la sombra aerodinámica de un edificio fabril
(véase Fig. 10)

No. de orden	Instalación	Descripción, fórmula, cálculos	Unidad de medida	Valor obtenido
1	2	3	4	5
1		Datos iniciales		
		Dimensiones del edificio No. 1	m	
		Longitud L_1		100
		Altura Z_1		9
		Anchura A_1		24
2		Dimensiones del edificio fabril No. 2	m	
		Longitud L_2		52
		Altura Z_2		9
		Anchura A_2		24
3		Distancia l entre ambos edificios	m	40
4		Altura H de la chimenea previamente calculada según lo indicado en la sección 8 de esta norma	m	14
5		Distancia X_H de la fachada del edificio fabril No. 2 hasta el eje de la chimenea	m	10
		SOLUCION		
6		Determinación de la altura h_a de incidencia de la sombra aerodinámica del edificio No. 1 (uso de la tabla 3)		
		$L_s/h_o = L_1/Z_1 = 100/9$		10
		$X_1/h_o = (A_1+1)/Z_1 = (24+40)/9$		7
		$h_1/h_o = h_a/h_o$		0,35
		$h_2 = 0,35 \cdot 9$	m	3,2
		$h_{o2} = Z_2 - h_a = 9 - 3,2$	m	5,8
7		Determinación de la altura h_H de la sombra aerodinámica del edificio No. 2 al nivel de la chimenea (uso de la tabla 4)		

1	2	3	4	5
		$L_s/h_o = L_2/h_{o2} = 52/5,8$		10
		$X_i/h_o = X_H/h_{o2} = 10/5,8$		1,7
		$L_s/h_o = L_2/h_{o2} = 52/5,8$		9
		$h_i/h_o = h_H/h_{o2}$		2,02
		$h_H = 2,02 \cdot 5,8$		11,5
		CONCLUSION		
		Dado que $H > h_H$, la altura de chimenea previamente calculada garantiza que los humos y gases expulsados no sean arrastrados hacia dentro de la sombra aerodinámica del edificio fabriq.		