

1100 D  
1997  
112

**NORMA  
VENEZOLANA**

---

**COVENIN  
1649:1996**

**CHIMENEAS Y DUCTOS.  
DETERMINACIÓN DE LA  
UBICACIÓN Y NÚMERO  
MÍNIMO DE PUNTOS DE  
MUESTREO**

**(3<sup>er</sup>a Revisión)**



## PRÓLOGO

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (**COVENIN**), creada en 1958, es el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y Calidad en el país. Para llevar a cabo el trabajo de elaboración de normas, la **COVENIN** constituye Comités y Comisiones Técnicas de Normalización, donde participan organizaciones gubernamentales y no-gubernamentales relacionadas con un área específica.

La presente norma sustituye totalmente a la Norma Venezolana **COVENIN 1649-90**, fue elaborada bajo los lineamientos del Comité Técnico de Normalización **CT25 AMBIENTE** por el Subcomité Técnico **SC2 AIRE**, y aprobada por la **COVENIN** en su reunión No 143 de fecha 04-12-96.

En la elaboración de esta Norma participaron las siguientes entidades: ASOCIACIÓN VENEZOLANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO, MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES, C.V.G. SIDERURGICA DEL ORINOCO, INTEVEP, OTEPI.

**NORMA VENEZOLANA  
CHIMENEAS Y DUCTOS.  
DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN  
Y NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS  
DE MUESTREO**

**COVENIN  
1649:1996  
(3<sup>er</sup> Revisión)**

**1 OBJETO**

1.1 Esta Norma Venezolana establece el método a seguir en la determinación de la ubicación y del número mínimo de puntos de muestreo para evaluar los parámetros de flujo en los ductos y chimeneas de una fuente fija.

1.2 Esta norma es aplicable a cualquier ducto o chimenea que emita una corriente gaseosa, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

1.2.1 La chimenea o ducto debe tener un diámetro igual o mayor a 0,30 m, o una sección transversal igual o mayor a 0,071 m<sup>2</sup>.

1.2.2 Las distancias mínimas desde cualquier perturbación del flujo al sitio de muestreo a escoger, medidas desde dicha perturbación, debe ser igual o mayor a la mitad del diámetro en sentido contrario al flujo (A), igual o mayor al doble del diámetro en el sentido del flujo (B) siendo los valores recomendados para ambas distancias de dos (2) o más y ocho (8) o más diámetros respectivamente (véase figura 1).

**NOTA** ✕ - Una perturbación puede ser presencia de llama, cualquier cambio de dirección o de configuración del ducto, tales como codos, aberturas, ensanchamientos o estrechamientos.

**2 REFERENCIAS NORMATIVAS**

Esta norma es completa.

**3 ACCESORIOS**

En la determinación de la ubicación y número ✕ mínimo ✕ de puntos de muestreo se utilizan los siguientes accesorios:

- 3.1 Guantes para altas temperaturas (opcional).
- 3.2 Cinta métrica.
- 3.3 Planos de la chimenea.

**4 PROCEDIMIENTO**

**4.1 Chimeneas y ductos de sección transversal circular**

**4.1.1 Ubicación del sitio de muestreo**

Se ubica el sitio tentativo de muestreo según las condiciones mínimas indicadas en el punto 1.2.

**NOTA** ✕ - Si no se conoce el diámetro interno de la chimenea, puede obtenerse calculando el diámetro a partir del perímetro externo y luego restándole el doble del espesor de la pared de la chimenea.

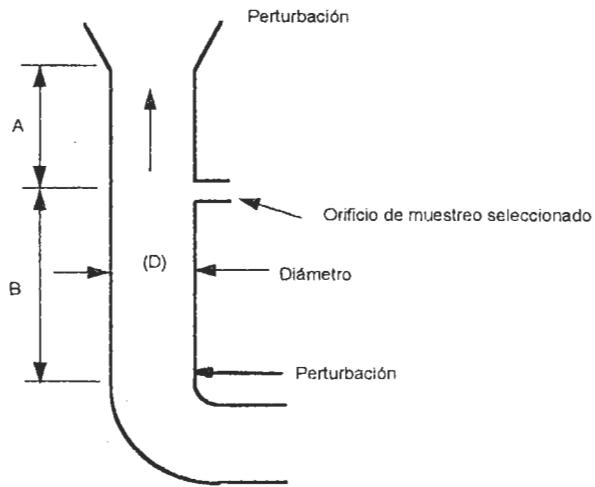
**4.1.2 Disposición y dimensión de los orificios de muestreo**

4.1.2.1 Una vez determinada la ubicación del sitio de muestreo, se procede con la apertura de los orificios. Dichos orificios deben tener aproximadamente 10 cm (4 plg) de diámetro y estar colocados en los extremos de diámetros perpendiculares de un mismo plano horizontal del ducto. El número de orificios depende de la longitud del equipo de muestreo disponible, según se indica a continuación:

a) Si la longitud de la sonda de muestreo es igual o mayor que el diámetro del ducto sólo se requieren dos orificios ubicados perpendicularmente.

b) En caso de ser menor que el diámetro del ducto, se hacen dos orificios opuestos por cada diámetro perpendicular; en total son cuatro orificios.

4.1.2.2 En cada orificio se debe instalar un tubo roscado (niple) de aproximadamente 10 cm (4 plg) de diámetro interno y de aproximadamente 10 cm de longitud, provisto de una tapa desmontable. El tubo debe estar colocado al ras de la superficie interna del ducto, para que no perturbe el flujo (véase figura 2).



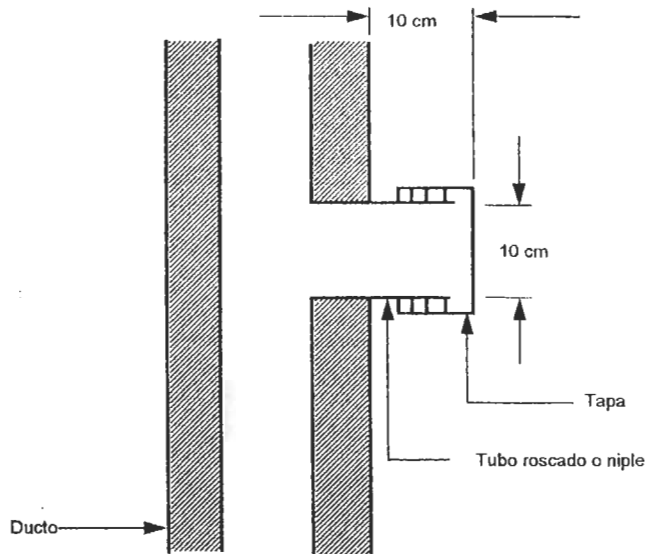
Condiciones recomendables

$$\begin{cases} A \geq 2D \\ B \geq 8D \end{cases}$$

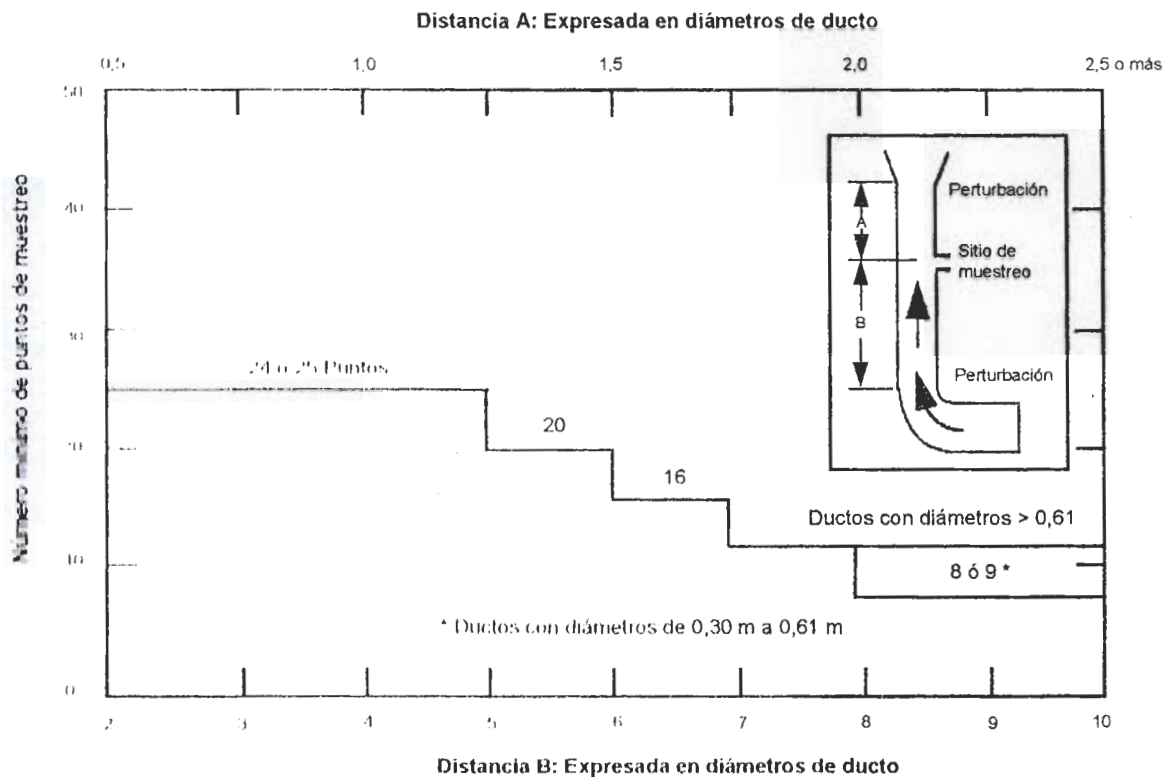
Condiciones MInimas

$$\begin{cases} A \geq 0,5D \\ B \geq 2D \end{cases}$$

**FIGURA 1 - Ubicación del sitio de muestreo**



**FIGURA 2 - Disposición del tubo saliente (niple)**



**FIGURA 3 - Número mínimo de puntos de muestreo de partículas**

#### 4.1.3 Número mínimo de puntos transversales de muestreo.

4.1.3.1 Para muestreo de partículas, o gases y partículas simultáneamente.

4.1.3.1.1 Si el sitio de muestreo cumple con las condiciones óptimas de ubicación indicadas en el punto 1.2.2, el número mínimo de puntos transversales según el diámetro del ducto es el siguiente:

a) Doce (12) para chimeneas cuyo diámetro es superior a 0,61 m, con A mayor o igual a dos (2) veces el diámetro, y B mayor o igual a ocho (8) veces el diámetro.

b) Ocho (8) para chimeneas cuyo diámetro esté comprendido entre 0,30 m y 0,61 m inclusive, con A mayor o igual a dos (2) veces el diámetro y B mayor o igual a ocho (8) veces el diámetro.

4.1.3.1.2 Si el sitio de muestreo no cumple con las distancias recomendadas (8 veces B y 2 veces A) el número mínimo de puntos de muestreo se determina

utilizando la figura 3; para lo cual se miden las distancias desde las perturbaciones más próximas hasta el sitio de muestreo, en ambos sentidos del flujo. Se divide cada una de estas distancias entre el diámetro interno del ducto, de manera de obtener los valores de A y B, expresados en diámetros de ducto indicados en la figura 3. Se determina gráficamente el número de puntos de muestreo correspondientes a A y B, independientemente, seleccionándose el valor mayor, el cual debe ser múltiplo de cuatro, para que ningún punto quede en el centro de la sección transversal del ducto.

4.1.3.2 Para muestreos de gases solamente o para determinar los parámetros de flujo: velocidad, temperatura y peso molecular entre otros, se sigue el procedimiento indicado para partículas (véase punto 4.1.3.1 y figura 4).

#### 4.1.4 Localización de los puntos transversales de muestreo

4.1.4.1 El número de puntos por diámetro es igual a la mitad del número mínimo de puntos obtenido en 4.1.3, la localización de los mismos sobre los dos diámetros



**TABLA 1 - Localización de los puntos transversales en una chimenea de sección transversal**

PUNTO TRANSVERSAL	NUMERO DE PUNTOS SOBRE CADA DIÁMETRO PERPENDICULAR												
	Nº	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1		14,6	6,7	4,4	3,2	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1
2		85,4	25,0	14,6	10,5	8,2	6,7	5,7	4,9	4,4	3,9	3,5	3,2
3			75,0	29,6	19,4	14,6	11,8	9,9	8,5	7,5	6,7	6,0	5,5
4			93,3	70,4	32,3	22,6	17,7	14,6	12,5	10,9	9,7	8,7	7,9
5				85,4	67,7	34,2	25,0	20,1	16,9	14,6	12,9	11,6	10,5
6				95,6	80,6	65,8	35,6	26,9	22,0	18,8	16,5	14,6	13,2
7					89,5	77,4	64,4	36,6	28,3	23,6	20,4	18,0	16,1
8					96,8	85,4	75,0	63,4	37,5	29,6	25,0	21,8	19,4
9						91,8	82,3	73,1	62,5	38,2	30,6	26,2	23,0
10						97,4	88,2	79,9	71,7	61,8	38,8	31,5	27,2
11							93,3	85,4	78,0	70,4	61,2	39,3	32,3
12							97,9	90,1	83,1	76,4	69,4	60,7	39,8
13								94,3	87,5	81,2	75,0	68,5	60,2
14								98,2	91,5	85,4	79,6	73,8	67,7
15									95,1	89,1	83,5	78,2	72,8
16									98,4	92,5	87,1	82,0	77,0
17										95,6	90,3	85,4	80,6
18										98,6	93,3	88,4	83,9
19											96,1	91,3	86,8
20											98,7	94,0	89,5
21												96,5	92,1
22												98,9	94,5
23													96,8

perpendiculares de la chimenea se determina empleando las ecuaciones siguientes:

a) Para puntos situados en la primera mitad del diámetro:

$$P_n = 0,5xDx \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2n-1}{N}} \right)$$

b) Para los puntos situados en la segunda mitad del diámetro:

$$P_n = 0,5xDx \left( 1 + \sqrt{\frac{2n-1}{N}} - 1 \right)$$

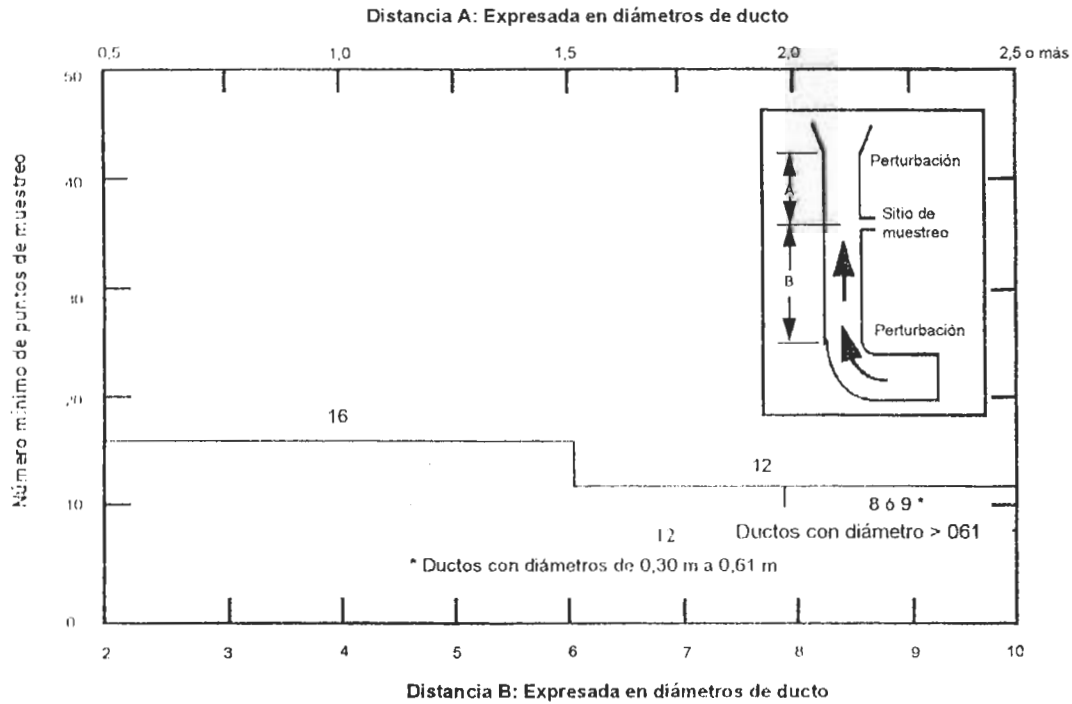
Donde:

$P_n$  es la posición del punto de muestreo respecto a la pared interna en donde está ubicado el orificio de muestreo, expresado en cm.

$n$  el ordinal del punto a ubicar, comenzando desde el orificio de muestreo, adimensional.

$N$  es el número total de puntos a ubicar en cada diámetro, adimensional.

$D$  es el diámetro interno del ducto, expresado en cm.



**FIGURA 4 - Número mínimo de puntos de muestreo de gases**

4.1.4.2 La focalización de los puntos también puede determinarse empleando la tabla 1. Los números de la primera fila de la tabla indican el total de cada diámetro y la primera columna de la izquierda, indica el número del punto en cuestión. En las otras columnas se indican las localizaciones de esos puntos, expresadas en porcentaje respecto al diámetro. Así por ejemplo, si se trata de ubicar sólo dos puntos, el primero debe estar a una distancia equivalente al 14,6 % del diámetro y el segundo a una distancia de 85,4 % del diámetro, medidas a partir de la pared interna en donde está la abertura del orificio de muestreo. La figura 5 presenta un ejemplo de una sección transversal de un ducto circular, indicando los seis puntos de muestreo, ubicados mediante la tabla 1.

4.1.4.3 En las chimeneas con diámetros mayores a 0,61 m, ningún punto de muestreo debe ubicarse a una distancia menor de 2,5 cm de la pared interna.

4.1.4.4 En las chimeneas con diámetros iguales o menores de 0,61 m, ningún punto de muestreo debe ubicarse a menos de 1,3 cm de la pared interna. Si al realizar la reubicación coinciden dos puntos de muestreo, se toma y se reportan dos medidas para el mismo punto, manteniéndose la ubicación de los otros puntos.

## 4.2 Ductos de sección transversal rectangular

4.2.1 Si el ducto es rectangular, las condiciones establecidas en los puntos 1.2.1 y 1.2.2 se determinan en base al diámetro equivalente calculado mediante la siguiente fórmula:

$$D_r = \frac{2 \times L \times A}{L + A}$$

Donde:

$D_r$  es el diámetro equivalente, expresado en m.

$L$  es el lado menor de la sección transversal interna del ducto, expresado en m.

$A$  es el lado mayor de la sección transversal interna del ducto, expresado en m.

Los lados  $L$  y  $A$  se pueden medir por el exterior del ducto, restándole a cada uno el doble del espesor de la pared correspondiente.

PUNTO	DISTANCIA % DIAMETRO
1	4.4
2	14.7
3	29.5
4	70.5
5	85.3
6	95.6

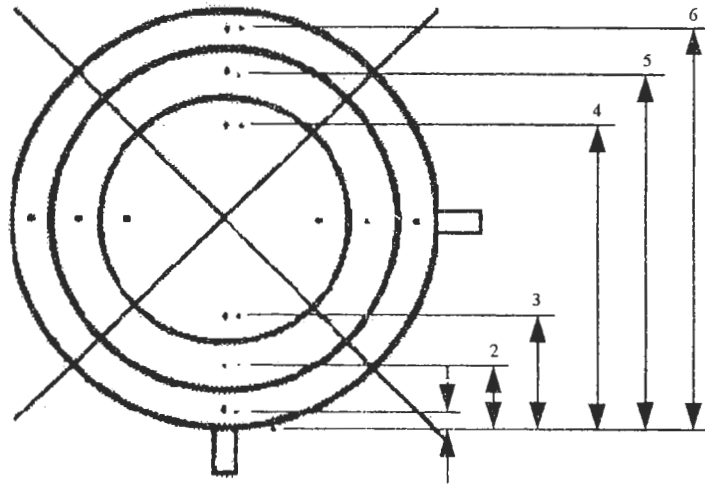


FIGURA 5 - Ejemplo de localización de puntos de muestreo en ducto de sección transversal circular

MATRIZ 3 x 4

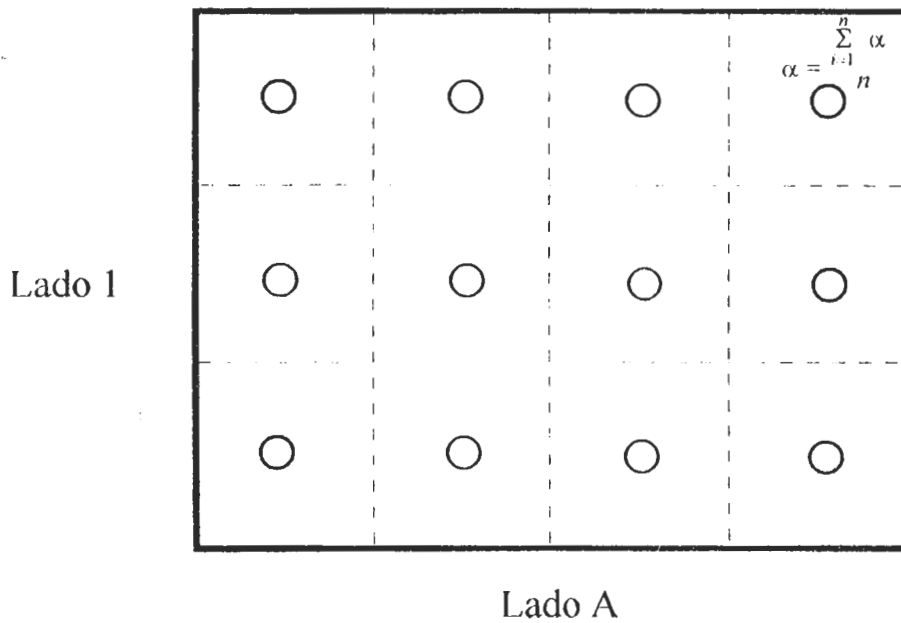


FIGURA 6 - Localización de puntos de muestreo en ducto de sección transversal rectangular



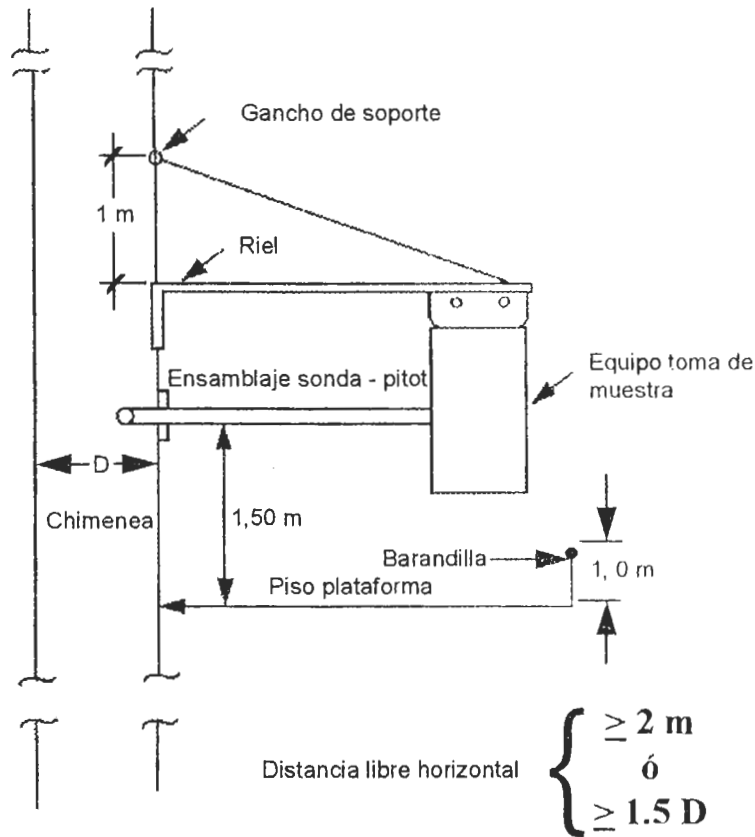


FIGURA 7- Plataforma

#### 4.2.2 Orificios de muestreo

Las dimensiones de los orificios de muestreo y de sus respectivos tubos roscados (niples) deben ser las mismas que las indicadas para los ductos de sección circular, sin embargo, el número de orificios depende de la matriz de distribución del número mínimo de puntos de muestreo y de la longitud del equipo a utilizar.

#### 4.2.3 Número mínimo de puntos transversales de muestreo

4.2.3.1 Para determinar el número mínimo de puntos transversales de muestreo bien sea para partículas, para gases u otros parámetros, se sigue el mismo método que en ductos de sección circular, utilizando el valor del diámetro equivalente. Una vez establecido el número mínimo de

puntos, se obtiene la matriz de distribución correspondiente mediante la tabla 2. Por ejemplo, si el número mínimo de puntos es 9, la matriz correspondiente es de 3 x 3 quiere decir, que necesitan por lo menos tres orificios si la sonda es tan larga como uno de los lados del ducto, si no, se deben abrir los correspondientes orificios del lado opuesto.

#### 4.2.4 Distribución y localización de los puntos de muestreo

4.2.4.1 La ubicación de los puntos en la sección transversal se obtiene dividiendo cada lado entre los valores indicados en la matriz, de manera de obtener el número de áreas rectangulares iguales correspondientes al total de puntos de muestreo; los puntos deben estar localizados en el centro de cada una de estas áreas (véase figura 6)

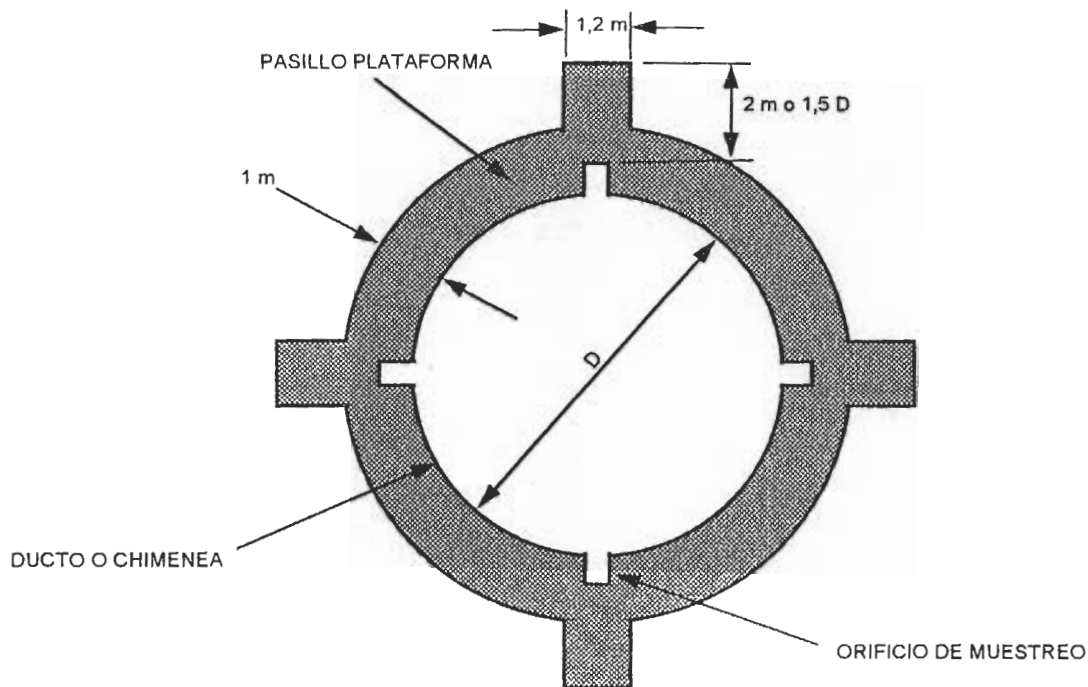


Figura 8 - Plataforma de Muestreo (Vista de Planta)

TABLA 2 - Distribución de puntos de muestreo en chimeneas o ductos rectangulares

Número de puntos en la sección transversal	Matriz de Distribución
9	3 x 3
12	4 x 3
16	4 x 4
20	5 x 4
25	5 x 5
30	6 x 5
36	6 x 6
42	7 x 6
49	7 x 7

Si se desea aumentar el número de puntos de muestreo basta ampliar la matriz, añadiendo los puntos transversales a lo largo de uno o de ambos lados del ducto y recalculando las áreas de manera de ubicar los nuevos puntos de muestreo. Por ejemplo, si el número mínimo de puntos es 9 con una matriz de 3 x 3 se puede ampliar a 3 x 4 ó 4 x 4, pero si ya se tienen los orificios para una

matriz de 3 x 3 conviene ampliar la misma a 3 x 4 ó 3 x 5 de manera que se puedan utilizar los orificios originales.

Al igual que en ductos circulares, se debe mantener una distancia mínima entre el punto de muestreo y la pared del ducto (véanse puntos 4.1.4.3 y 4.1.4.4).

En el anexo A se presenta un ejemplo práctico para determinar el número mínimo de puntos de muestreo de ductos de sección transversal circular y rectangular.

## 5 PLATAFORMA Y ACCESOS

5.1 La plataforma u otra construcción fija similar, debe cumplir con los siguientes requisitos.

5.1.1 Distancia mínima del orificio al piso de 1,5 m (véase figura 7)

5.1.2 Barandillas de seguridad de 1 m de altura como mínimo.

5.1.3 Tener un metro de ancho con salientes alineados a los orificios de muestreo, tal como se muestra en la figura 8.

## 6 INFORME

La información relativa al sitio, número y localización de los puntos de muestreo, así como las dimensiones de la chimenea o ducto deben incluirse en el informe.

### BIBLIOGRAFÍA

EPA-1977 "Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems". Environmental Protection Agency, Volume II, U.S.A.

EPA-1977 "Standards of Performance for New Stationary Sources". Environmental Protection Agency.

Cooper H.B, Rassano A.T "Source Testing for Air Pollution Control. Mc. Graw Hill, 1974, U.S.A."

Stern Arthur "Air Pollution" - Academic Press, Volume II, 1977, U.S.A.

Crawford Martin "Air Pollution Control theory", Mc. Graw Hill Inc, 1976, U.S.A.

**Anexo A**  
**(Informativo)**

**EJEMPLO PRÁCTICO PARA LA UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO**

**A Ducto de sección transversal circular:**

**A.1.1 Ubicación de los puntos de muestreo.**

Tramo vertical de 20 m comprendidos entre la salida y un codo.

Datos:

$$P = \text{Perímetro} = 3,5 \text{ m}$$

$$c = \text{espesor de la pared} = 5 \text{ cm}$$

Cálculo del diámetro externo.

$$D_e = \frac{\text{PERÍMETRO}}{\pi} = \frac{3,50 \text{ m}}{\pi} = 1,10 \text{ m}$$

Cálculo del diámetro interno.

$$D_i = D_e - 2e = 1,10 \text{ m} - 2 \times (0,05\text{m}) = 1,00 \text{ m} > 0,3 \text{ m}$$

El punto medio entre la salida del gas y el codo está a 10 metros, si se selecciona este sitio como punto tentativo de muestreo el mismo estará a 10 diámetros de distancia de cada perturbación, por lo tanto se cumple la condición ideal  $0,5 \leq 10 \geq 2$  y  $2 \leq 10 \geq 8$ .

**A.1.2 Determinación de los puntos de muestreo.**

Según la figura 3, sólo se necesitan 12 puntos de muestreo, 6 por cada diámetro.

Los puntos se ubican de la siguiente forma siguiendo la tabla 2 cuarta columna que corresponde a 6 puntos de diámetro.

$$1^{\text{er}} \text{ punto } 4,6 \% \text{ de } 100 \text{ cm} = 4,6 \text{ cm}$$

Este ejemplo es igual al ilustrado en la figura 5, en el cual se necesitan por lo menos dos orificios de muestreo.

**A.2 Ducto de sección rectangular.**

**A.2.1 Ubicación de los puntos de muestreo.**

Tramo vertical del mismo largo. Lados externos de 0,5 m y 0,3 m respectivamente, espesor de pared 5 cm.

$$\text{Lados internos} = 0,4 \text{ m y } 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro equivalente} = \frac{2 \times 0,4 \times 0,2}{0,4 + 0,2} = 2,666 \text{ m}$$

Ubicación del orificio a 4 metros de la salida y a 16 m del codo

$$\frac{0,4 \text{ m}}{4} = 0,10 \text{ m y } \frac{0,2 \text{ m}}{4} = 0,05 \text{ m, cada área sería de } 10 \text{ cm y } 5 \text{ cm.}$$

De acuerdo a la figura 3 se necesitan 16 puntos y según la tabla 2 corresponde a una matriz de 4 x 4.

Dado el tamaño de los lados, se pueden hacer dos orificios en cada cara del lado mayor.

Cada punto por columnas debe estar ubicado a:

- 1 2,5 cm de la pared.
- 2 7,5 cm.
- 3 12,5 cm.
- 4 17,5 cm.

**COVENIN**  
**1649:1996**

**CATEGORÍA**  
**C**

---

**COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES**  
**MINISTERIO DE FOMENTO**  
**Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12**  
**Telf. 575.41.11 Fax: 574.13.12**  
**CARACAS**

**publicación de:**



**ICS: 13.040**

**RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS**  
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

**ISBN: 980-06-1792-2**

---

**Descriptores:** Chimenea, contaminación atmosférica, control de contaminación atmosférica