

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EMPRESA**

**TITULACIÓN: MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS  
LABORALES**

**TRABAJO FIN DE MASTER**



**TÍTULO: CONTROL DE CALIDAD EN LA TOMA DE  
MUESTRA**



Alumno: M<sup>a</sup> Ángeles Pérez Muñoz

Director: M<sup>a</sup> Martina Heredia Fernández

Septiembre 2012



## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>TIPOS DE BOMBAS DE MUESTREO PERSONAL</b> .....	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>SELECCIÓN DEL TIPO DE BOMBA A UTILIZAR</b> .....	<b>6</b>
4.1.	ADQUISICIÓN Y PARÁMETROS DE UNA BOMBA DE MUESTREO .....	6
4.2.	ELECCIÓN DE UNA BOMBA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE MUESTRA .....	8
4.3.	CONDICIONES QUE AFECTAN A LA VIDA ÚTIL DE UNA BOMBA .....	10
<b>5.</b>	<b>CALIBRACIÓN, TOMA DE MUESTRA Y CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>6.</b>	<b>EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS</b> .....	<b>11</b>
<b>7.</b>	<b>ENSAYO DE LA ESTABILIDAD DEL CAUDAL CON EL TIEMPO</b> .....	<b>11</b>
7.2.	REALIZACIÓN DEL ENSAYO. ....	13
7.3.	REGISTROS QUE GENERA. ....	15
<b>8.</b>	<b>ENSAYO DE LA ESTABILIDAD DEL CAUDAL CON LA PÉRDIDA DE CARGA</b> .....	<b>16</b>

## 1. INTRODUCCIÓN;Error! Marcador no definido.

Tal y como describe el Real Decreto 374/2001: La evaluación de riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso incluye la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda.

A la hora de evaluar la exposición a los diversos agentes químicos presentes en la atmósfera del puesto de trabajo, nos encontramos con una amplia variedad de métodos, nosotros utilizaremos el método consistente en utilizar una bomba de aspiración conectada por un tubo flexible a un elemento de muestreo. Dicho método cuenta con las siguientes etapas:

- Toma de muestras mediante bomba de muestreo personal, aspirando el aire y reteniendo los agentes químicos en su interior.
- Transporte de la muestra a laboratorio, almacenado en las condiciones adecuadas de conservación.
- El propio análisis de las muestras recogidas.

Uno de los datos cuantitativos a tener en cuenta en el cálculo de la concentración de un agente químico en el entorno de trabajo, es el volumen de aire aspirado por la bomba. Es aquí donde coge especial importancia el correcto funcionamiento de ésta, ya que es necesario que el volumen de aire muestreado sea un dato preciso y fiable. De lo contrario la concentración obtenida no sería válida y de ello depende la evaluación del puesto de trabajo.

## 2. OBJETIVO

El objetivo de este TFM es comprobar la estabilidad de una bomba durante la toma de muestra; para asegurarnos de que el caudal que pasa a través de ella no sufre variaciones significativas que posteriormente nos puedan inducir a error a la hora de calcular la exposición de un trabajador a un agente químico.

Para ello someteremos a la bomba a dos ensayos: uno de estabilidad del caudal con el tiempo y otro de estabilidad del caudal con la pérdida de carga. Ambos ensayos los realizaremos de acuerdo a las condiciones de laboratorio definidas en la Norma UNE-EN ISO 1232:1997. Esta norma es de aplicación a bombas con un caudal volumétrico entre 5ml/ min y 5l/min y con elementos de muestreo concebidos para muestrear gases, vapores, polvos, humos, nieblas y fibras.

## 3. TIPOS DE BOMBAS DE MUESTREO PERSONAL

Generalmente, las bombas utilizadas para obtener muestreos son las llamadas de diafragma o de pistón, accionadas por un motor y alimentadas por baterías.

Se pueden clasificar según la relación de los caudales a los que son capaces de operar, como son:

- Bombas que operan a caudales  $\leq 5$  l/min, son las utilizadas habitualmente para tomas de muestra personales en la propia zona del trabajador. Generalmente en este tipo de muestras se utiliza un caudal que no supera los 0.5 l/min. Según estos caudales, se pueden clasificar las bombas como:
  - o Bombas de bajo caudal: hasta 0.3 l/min. Usadas para muestreo de gases y vapores.
  - o Bombas de alto caudal: hasta 5 l/min. Usadas para muestreo de materia particulada.
  - o Bombas polivalentes: pueden actuar como alto y bajo caudal.

Para este tipo de bombas de entre 5 ml/min y 5 l/min, la norma UNE-EN 1232 las clasifica en:

- Tipo P: muestreo personal de materia particulada a caudales entre 1 l/min y 5 l/min y pérdidas de carga entre 0,1 kPa y 6,25 kPa.
- Tipo G: Para el muestreo personal de gases y vapores a caudales entre 5 ml/min y 300 ml/min y pérdidas de carga entre 0,01 kPa y 10 kPa.

Las bombas de más de 5 l/min son utilizadas para toma de muestras en lugares fijos y para muestras de aerosoles (UNE-EN 12919).

## **4. SELECCIÓN DEL TIPO DE BOMBA A UTILIZAR**

Entre los factores más importantes a tener en cuenta en la selección de la bomba adecuada para la toma de muestras y el análisis de los agentes químicos, se encuentran las especificaciones en los métodos de medición, la experiencia y conocimientos del usuario y la buena calibración del aparato.

### **4.1. Adquisición y parámetros de una bomba de muestreo**

A la hora de adquirir una bomba de muestreo personal, se debe tener en cuenta que éstas deben cumplir con lo dispuesto en la norma UNE-EN 1232. Estos tipos de bombas se definen según el intervalo de caudales en el que operan, haciendo referencia a si su uso está destinado a la toma de muestra de gases y vapores o de aerosoles.

A continuación se presentan las tablas que recogen información suministrada por el fabricante para las bombas tipo G y tipo P (distintos intervalos de caudales):

PARÁMETRO	REQUISITO
Masa	≤1,2 kg
Resistencia mecánica	Desviación del caudal ≤ 5 %
Seguridad del diseño	Ni ángulos vivos ni partes salientes molestas
Estabilidad del caudal con el aumento de pérdida de carga	Desviación del caudal ≤ 5 % del caudal inicial para en todo el intervalo de caudales (*)
Autonomía de funcionamiento	2 h mínimo y preferiblemente 8 h (*)
Estabilidad del caudal con el tiempo	Desviación del caudal ≤ 5 % del caudal inicial a dos temperaturas, ambiente y 5 °C (*)
Interrupción del flujo de aire	Parada ó activación del indicador de funcionamiento defectuoso (*)
Dependencia de la temperatura	Desviación del caudal ≤ 5 % del valor a 20 °C en el intervalo de 5 °C a 40 °C (*)
Orientación	Desviación del caudal ≤ 5 % del valor en posición horizontal
Exactitud del cronómetro	Desviación < 5 minutos en 8 horas (solo para bombas con reloj incorporado) (*)
Compatibilidad electromagnética	Conforme a UNE EN 50081-1 y UNE EN 50082-1.
Riesgo de explosión	Conforme a UNE EN 50014
Instrucciones de uso	Deben existir

Tabla 1. Resumen de los requisitos más importantes para las bombas de muestreo personal

	Bomba Tipo G	Bomba Tipo P
Intervalo de caudal	5 a 200 ml/min	0,75 a 3 l/min
Exactitud entre la lectura y el ajuste	—	± 3 %
Masa	350 g	624 g
Estabilidad del caudal con el aumento de pérdida de carga (en pulgadas de H <sub>2</sub> O)	± 5% a 25" H <sub>2</sub> O	750 ml/min a 40" H <sub>2</sub> O 2 l/min a 30" H <sub>2</sub> O 2,5 l/min a 20" H <sub>2</sub> O 3 l/min a 15" H <sub>2</sub> O
Autonomía de funcionamiento	8 h a 25" H <sub>2</sub> O	10 h (30" H <sub>2</sub> O - 3 l/min)
Interrupción del flujo de aire	Indicador de fallo y parada	Se para y mantiene los datos. Intenta auto-empezar cada 5 min hasta 10 veces
Intervalo de T <sup>a</sup>	- 20 °C a 45 °C	0 °C a 45 °C
Exactitud del cronómetro	—	1 min/mes
Riesgo de explosión	Certificado : intrínsecamente segura	Certificado : intrínsecamente segura

Tabla 2. Ejemplo de información suministrada por el fabricante para bombas Tipo G y Tipo P

Además de lo descrito en las tablas 1 y 2 la bomba deberá contar con:

- Un sistema de sujeción para fijar la bomba al trabajador.
- Un limitador de corriente en caso de cortocircuito.
- Un dispositivo para el ajuste de caudal que no pueda manipularse sin darnos cuenta durante el muestreo.
- Las bombas tipo P deberán tener un control automático que mantenga el caudal constante en caso de pérdida de carga.
- Para las bombas de tipo G lo mismo, pero el control también puede ser otro medio para determinar el caudal muestreado como por ejemplo un contador del número de emboladas.

#### **4.2. Elección de una bomba en función del tipo de muestra**

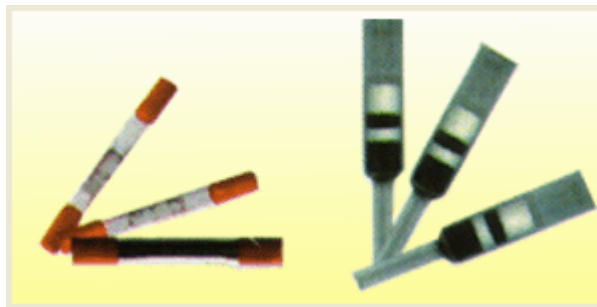
La bomba se elige en función de las especificaciones técnicas del método de muestreo que se vaya a utilizar, la experiencia y conocimientos del usuario.

Se tendrá en cuenta:

- El tipo de muestreo que se va a realizar, ya sea personal o fijo. Por lo general la bomba debería ir sujeta a la persona pero habrá puestos de trabajo en los que será conveniente que el muestreo se tome en un lugar fijo.
- El número de agentes químicos que se encuentren en la atmósfera de trabajo.
- Las propiedades físico-químicas del agente químico a determinar, si están en estado gaseoso, vapor o aerosol.
- El valor límite y su periodo de referencia, que se obtendrá del documento “Límites de exposición Profesional Para Agentes Químicos en España” vigente en el momento de la toma de muestra.



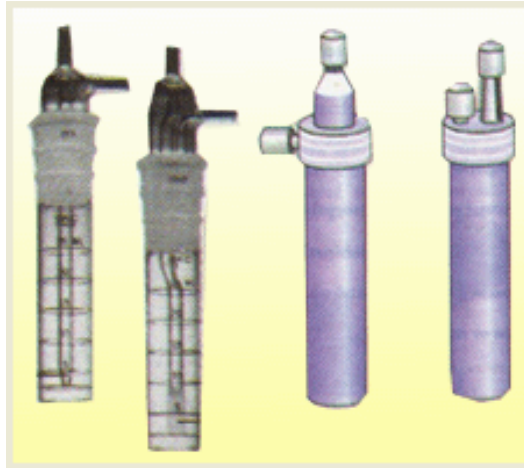
- Los caudales y tiempos de muestreo recomendados normalmente en el método de medición.
- El elemento de retención más adecuado para retener a ese agente químico. Puede ser tubo adsorbente, filtro, impinger ...



**Figura 1** .Tubos adsorbentes de distinto material de relleno para el muestreo de todo tipo de gases y vapores orgánicos.



**Figura 2.** Muestreadores pasivos para vapores orgánicos, formaldehído, mercurio, etc



**Figura 3.** Muestreo con burbujeadores en un medio líquido. Especialmente utilizados para la toma de muestras biológicas y determinaciones medioambientales.

### **4.3. Condiciones que afectan a la vida útil de una bomba**

Las especificaciones de fábrica que señala el fabricante para su bomba no duran toda la vida de ésta. Las bombas irán perdiendo sus prestaciones con el paso del tiempo y su utilización. Además, las pérdidas de carga provocadas por el flujo de los elementos de muestreo hacen que su funcionamiento se vea afectado y que su caudal se vea limitado.

Un buen plan de mantenimiento de las bombas puede ayudar a mantener el máximo tiempo los aparatos en óptimas condiciones.

#### Factores que influyen en la estabilidad del caudal

En cuanto a la estabilidad del caudal, la temperatura juega un papel fundamental en ella ya que, si existen diferencias de temperatura entre la calibración y la toma de muestras, el caudal puede verse afectado. De la misma manera, llevar los límites de los intervalos a sus extremos o trabajar a intervalos de temperaturas extremas también pueden afectar seriamente a la fiabilidad de la bomba.

Otro de los factores que influye en la estabilidad de caudal de la bomba es la caída de presión debida al que elemento de retención se va saturando, entre otras cosas.

El tiempo que dura la medición y si la bomba cuenta con un dispositivo electrónico de control de caudal o no son elementos que también influirán en que el caudal permanezca constante.

Los ensayos indicados en la NTP 778 nos permitirán conocer y minimizar la influencia de la pérdida de carga, el tiempo y la temperatura, para así garantizar y minimizar el buen funcionamiento de la bomba.

## **5. Calibración, toma de muestra y cálculo de la concentración**

## **6. Equipos y materiales utilizados en los ensayos**

## **7. Ensayo de la estabilidad del caudal con el tiempo**

### **7.1. Material y montaje necesarios para el ensayo**

Para la realización de los ensayos de verificación se utiliza el siguiente material:

- Bomba de muestreo sobre la que se va a realizar el ensayo.
- Medidor de presión diferencial.
- Medidor de caudal primario de pistón seco que mide electrónicamente el tiempo que tarda un pistón de baja resistencia al flujo en atravesar un volumen determinado.
- Válvula que permite regular la pérdida de carga.
- Tubo flexible de silicona de 10 mm de Ø exterior y 6 mm de Ø interior. Los tubos deben sumar una longitud total, igual o inferior a 80 cm.

- Conexiones en T de polietileno
- Herramientas (llaves, destornilladores) para el ajuste de la bomba y de la válvula.

Los equipos se conectan según lo indicado en la figura.



Los tubos deben sumar una longitud total, igual o inferior a 80 cm. Es necesario sellar con cinta de teflón todas las uniones entre elementos para asegurar que la pérdida de carga no varía por entradas o fugas de aire.

## 7.2. Realización del ensayo.

### 7.2.1. Bombas tipo G

1.- Se ajusta la caída de presión a 5 mbar y el caudal de la bomba a 50 mL/min  $\pm 5\%$  (47,5-52,5 mL/min).

Una vez que tengamos este ajuste, la válvula funciona como un reductor de flujo RC.

2.- Sin tocar la válvula, con objeto de que siga funcionando como RC, ajustamos el caudal de la bomba al valor al cual queramos realizar el ensayo. Al menos el ensayo se realizará a 20 mL/min  $\pm 5\%$  y a 200 mL/min  $\pm 5\%$ .

3.- Las medidas de la pérdida de carga necesarias para realizar el ajuste se realizarán con un medidor primario, preferentemente de burbuja de jabón si los caudales son bajos para evitar que el ajuste se dilate en el tiempo y minimizar el consumo de batería.

4.- Sin mover el ajuste de la bomba abrimos la válvula completamente. Tomar 10 medidas del caudal con el medidor primario de pistón seco.

5.- Con la ayuda de un destornillador cerrar la válvula de modo que la pérdida de carga aumente en 10 mbar para caudales de 200 ml/min y en 15 mbar cuando el caudal sea de 20 mL/min. Tomar al menos 6 medidas del caudal para cada valor de pérdida de carga y el caudal promedio que proporciona el medidor. Los valores se registran mediante la impresora conectada al medidor de caudal.

6.- Aumentar la pérdida de carga mediante el cierre de la válvula en los valores indicados hasta observar una variación del caudal del 1%. A partir de ese momento

incrementar la pérdida de carga en 10 mbar para caudales de 200 mL/min y en 5 mbar cuando el caudal sea de 20 mL/min.

7.- Continuar el ensayo hasta parada de la bomba o variación del caudal en un 5% respecto al caudal inicial de acuerdo al cálculo realizado al principio del ensayo.

8.- Para cada grupo de diez valores de caudal se calcula el caudal promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Se admiten coeficientes de variación inferiores al 5%.

### 7.2.2. Bombas tipo P

1.- Se ajusta la caída de presión a  $5 \text{ mbar} \pm 10\%$  (4,5-5,5 mbar) y el caudal de la bomba a 2 L/min. Una vez que tengamos este ajuste, la válvula funciona como un reductor de flujo RA.

2.- Sin tocar la válvula, con objeto de que siga funcionando como RA, ajustamos el caudal de la bomba al valor al cual queremos realizar el ensayo. Al menos el ensayo se realizará a  $2 \text{ L/min} \pm 5\%$  y a  $5 \text{ L/min} \pm 5\%$ .

3.- Las medidas de la pérdida de carga necesarias para realizar el ajuste se realizarán con un medidor primario, preferentemente de burbuja de jabón sobre todo si los caudales son bajos para evitar que el ajuste se dilate en el tiempo y minimizar el consumo de batería de la bomba.

4.- Sin mover el ajuste de la bomba abrimos la válvula completamente. Tomar 10 medidas del caudal con el medidor primario de pistón seco.

5.- Con la ayuda de un destornillador cerrar la válvula de modo que la pérdida de carga aumente en 10 mbar para caudales de 200 ml/min y en 15 mbar cuando el caudal sea de 20 mL/min. Tomar al menos 6 medidas del caudal para cada valor de pérdida de carga y el caudal promedio que proporciona el medidor. Los valores se registran mediante la impresora conectada al medidor de caudal.

6.- Aumentar la pérdida de carga mediante el cierre de la válvula en los valores indicados hasta observar una variación del caudal del 1%. A partir de ese momento incrementar la pérdida de carga en 10 mbar para caudales de 200 mL/min y en 5 mbar cuando el caudal sea de 20 mL/min.

7.- Continuar el ensayo hasta parada de la bomba o variación del caudal en un 5% respecto al caudal inicial de acuerdo al cálculo realizado al principio del ensayo.

8.- Para cada grupo de diez valores de caudal se calcula el caudal promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

### 7.3.Registros que genera.

- Caudales y caudal promedio para cada valor de pérdida de carga en papel.
- Representación de caudal promedio frente a la pérdida de carga en documento Excel con ruta de acceso S:// Tecnicos /mhf24v/verificacionbombas/resultados ensayos/ISSL

X, donde X representa el número de la bomba. Los valores y la representación gráfica se imprimen y se conservan además en soporte papel.

## 8. Ensayo de la estabilidad del caudal con la pérdida de carga

### 8.1. Material y montaje necesarios para el ensayo

Para la realización de los ensayos de verificación se utiliza el siguiente material:

- Bomba de muestreo sobre la que se va a realizar el ensayo.
- Medidor de presión diferencial.
- Medidor de caudal primario de pistón seco que mide electrónicamente el tiempo que tarda un pistón de baja resistencia al flujo en atravesar un volumen determinado.
- Válvula que permite regular la pérdida de carga.
- Tubo flexible de silicona de 10 mm de Ø exterior y 6 mm de Ø interior.
- Conexiones en T de polietileno
- Herramientas para el ajuste de la bomba y de la válvula.
- Cronómetro.

### 8.2. Realización del ensayo.

#### 8.2.1. Ensayo en bombas de tipo G

Los ensayos se realizan al menos a dos valores del caudal: 200 mL/min (Máximo caudal nominal de la bomba) y 20 mL/min. También se realizarán a otros valores de caudal que se empleen habitualmente en los muestreos.

a) Para el ensayo a 20 mL/min.

- Ajustar la apertura de la válvula y el caudal de la bomba de modo que el manómetro de presión diferencial marque  $10 \text{ mbar} \pm 10\%$ , es decir entre 9 y 11 mbar y el caudalímetro  $50 \text{ mL/min} \pm 5\%$  ( 47,5-52,5 intentando que esté lo mas cerca posible de 50). De este modo la válvula actúa como un reductor de tipo RD.



- Sin cambiar el ajuste de la válvula, ajustar el caudal de la bomba a 20 mL/min.
- Registrar los valores del caudal y calcular el caudal promedio inicial. Calcular el caudal  $\pm 5\%$ . Alcanzar o rebasar uno de estos dos valores indica la finalización del ensayo.
- Registrar los valores de los caudales cada 10 min durante las dos primeras horas. A partir de ese momento registrar cada 30 minutos.
- Continuar el ensayo hasta parada de la bomba o variación del caudal en un 5% respecto al caudal inicial.

b) Para el ensayo a 200 mL/min.

- Ajustar la apertura de la válvula y el caudal de la bomba de modo que el manómetro de presión diferencial marque  $100 \text{ mbar} \pm 10\%$ , es decir entre 90 y 110 mbar y el caudalímetro  $200 \text{ mL/min} \pm 5\%$  ( 190-210 mbar intentando que esté lo mas cerca posible de 200). De este modo la válvula actúa como un reductor de tipo RD.
- Registrar los valores del caudal y calcular el caudal promedio inicial. Calcular el caudal  $\pm 5\%$ . Alcanzar o rebasar uno de estos dos valores indica la finalización del ensayo.
- Registrar los valores de los caudales cada 10 min durante las dos primeras horas. A partir de ese momento registrar cada 30 minutos.
- Continuar el ensayo hasta parada de la bomba o variación del caudal en un 5% respecto al caudal inicial.

### 8.2.2. Registros que genera.

- Caudales y caudal promedio para cada valor de pérdida de carga en papel.
- Representación de caudal promedio frente a la pérdida de carga en documento Excel con ruta de acceso S:// Tecnicos /mhf24v/verificacionbombas/resultados ensayos/ISSL X. Los valores y la representación gráfica se imprimen y se conservan además en soporte papel.