

# Caracterización del Humidificador Cilíndrico para Gases Utilizados en las RPC's del CMS en el laboratorio VAL4-309 del Eco-campus (BUAP)

Martínez Tapia Felipe de Jesús

1 de febrero de 2024

## Resumen

Este informe presenta la caracterización detallada del humidificador cilíndrico empleado en el laboratorio para la investigación de Cámaras de Placas Resistivas (RPC's) en el CERN. El dispositivo en cuestión exhibe dimensiones específicas, incluyendo una altura de  $(29,80 \pm 0,05)$  cm, un diámetro de  $(15,80 \pm 0,05)$  cm, y alturas diferenciadas para los tubos de entrada y salida de gases secos y humidificados, respectivamente. Además, se establece una referencia crítica para el nivel óptimo de agua mediante un tubo de vidrio, cuya línea roja se encuentra a una altura de  $(0,90 \pm 0,05)$  cm. Se destaca la relevancia de la altura desde la base del humidificador hasta el suelo del laboratorio, fijada en  $(42,70 \pm 0,05)$  cm con el propósito de abordar consideraciones con respecto a la presión atmosférica.

## 1. Especificaciones del Humidificador

El humidificador presenta las siguientes dimensiones clave:

- Altura total:  $(29,80 \pm 0,05)$  cm.
- Diámetro:  $(15,80 \pm 0,05)$  cm.
- Altura del tubo de entrada de gas seco:  $(2,00 \pm 0,05)$  cm.
- Altura del tubo de salida de gas humidificado:  $(2,30 \pm 0,05)$  cm.
- Largo del tubo de entrada de gas humidificado dentro del humidificador:  $(29,30 \pm 0,05)$  cm.
- Largo del tubo de salida de gas humidificado dentro del humidificador:  $(2,40 \pm 0,05)$  cm.

## 2. Referencia de Nivel Óptimo de Agua

Para mantener un nivel de agua óptimo, se incorpora un tubo de vidrio con una línea roja situada a una altura de  $(3,70 \pm 0,05)$  cm con respecto a la base de éste tubo. Esta referencia proporciona un indicador visual del nivel de agua desmineralizada que contendrá el humidificador.

## 3. Altura desde la Base al Suelo del Laboratorio

La posición del humidificador con respecto al suelo del laboratorio es un factor crucial para abordar las variaciones con respecto a la presión atmosférica y la presión que se tendrán en el interior del humidificador. La altura actual desde la base del dispositivo hasta el suelo es de  $(42,70 \pm 0,05)$  cm.

### 3.1. Transferencia de Calor y Evaporación

La humidificación se logra mediante el intercambio de calor entre el gas seco y el agua. El gas seco, al ingresar a través del tubo de entrada, se somete a un proceso de evaporación al entrar en contacto con la superficie del agua presente en el interior del dispositivo. Este fenómeno de transferencia de calor da como resultado la incorporación de vapor de agua al gas, aumentando así su contenido de humedad.

### 3.2. Humedad Relativa y Control de Parámetros

La humedad relativa del gas resultante es un indicador crítico del proceso de humidificación. La capacidad de controlar los parámetros físicos, como la temperatura (estoy pensando todavía en cómo profundizar en esta parte) y la velocidad del gas, desempeña un papel esencial en la obtención de niveles específicos de humedad relativa, optimizando así las condiciones para la investigación experimental.



Figura 1: Altura del humidificador y medida de la cantidad que sobresalen los tubos de entrada (rosa) y salida (verde) de gas con respecto a la tapa del humidificador.



Figura 2: Diámetro del humidificador

#### 4. Evaluación de la Capacidad de Introducción de Gas

Se ha propuesto la aplicación de 3 litros de gas por hora al humidificador cilíndrico en consideración. Para determinar la idoneidad de este flujo en relación con las dimensiones del dispositivo, se ha calculado el volumen del cilindro mediante la fórmula  $V = \pi r^2 h$ , donde  $r$  es el radio del cilindro y  $h$  es la altura.

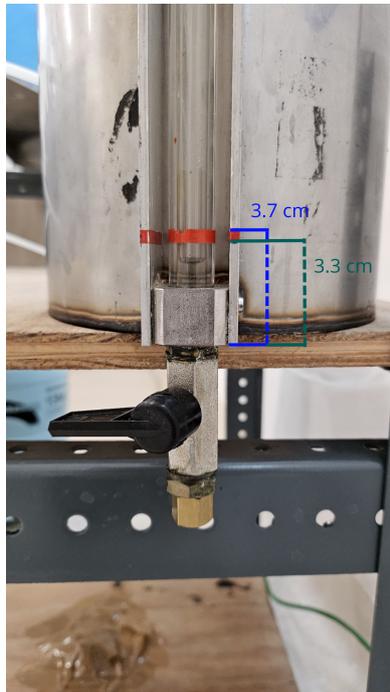


Figura 3: Altura recomendada a la que debe administrarse agua desmineralizada.



Figura 4: Altura desde la base del humidificador al suelo del laboratorio.

$$V = \pi \left( \frac{15,8 \text{ cm}}{2} \right)^2 \times 29,8 \text{ cm} \approx 3694,24 \text{ cm}^3$$

La conversión de 3 litros por hora a centímetros cúbicos por hora es  $3000 \text{ cm}^3/\text{hora}$ . Al comparar este valor con el volumen del cilindro libre ( se tendrá de agua aproximadamente  $725.4 \text{ cm}^3$  de agua por lo que el volumen libre será de  $2968.79 \text{ cm}^3$ ), se obtiene una verificación de la idoneidad del flujo de gas.

Verificación: ,791

El resultado de la verificación indica que el flujo propuesto excede el volumen del cilindro, lo cual sugiere que la

aplicación de 3 litros de gas por hora no es idónea en relación con las dimensiones del humidificador cilíndrico. Se recomienda revisar y ajustar el flujo de gas para garantizar la compatibilidad con el dispositivo.

## 5. Presión necesaria del gas para que pueda salir del humidificador.

El agua dentro del humidificador estará ejerciendo una presión sobre las paredes que la contienen llamada presión hidrostática que deberá ser superada por el gas que se introduce para que éste pueda salir. La presión hidrostática es calculada con:

$P = \rho gh + p_0$  Donde:

$$P = \textit{presión hidrostática}$$

$\rho = \textit{densidad del líquido}$   $g = \textit{gravedad}$   $h = \textit{altura del líquido de la que se desea medir la presión}$   $p_0 = \textit{presión atmosférica}$

Suponiendo que el contenedor tiene un litro de agua ( $1000\text{cm}^3$ ), éste tendrá una altura de  $5,1\text{cm}$  contenida dentro del humidificador. Además se conoce que la densidad del agua es de  $997\text{kg/m}^3$ , así, conociendo la presión atmosférica se tiene que la presión que el gas necesita superar para poder salir del agua es de:  $P = (997\text{kg/m}^3)(9,8\text{m/s}^2)(0,051\text{m}) + p_0 = 498,3\text{Pa} = 0,004983\text{bar} = 4,983\text{milibar}$

Se obtuvo que la presión que necesita el gas al entrar es de aproximadamente 5 milibares para que éste pueda salir del agua