

CÁMARA DE INTERACCIÓN Y SIMULACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención se relaciona con la química e ingeniería ambiental y con el estudio de la dispersión de contaminantes en la troposfera que afectan la calidad del aire.

RESUMEN DE LA INVENCION

- 10 La presente invención se relaciona con una cámara para estudiar y modelar la dispersión de contaminantes en la troposfera. Particularmente, la invención está dirigida a una cámara ambiental para simular las condiciones troposféricas de una ubicación dada para determinar la variación de la concentración de un contaminante en diferentes puntos distantes del origen a través del tiempo.

15

ESTADO DE LA TÉCNICA

- Las cámaras ambientales son utilizadas para simular diferentes condiciones ambientales, tales como humedad y temperatura con el fin de probar el desempeño de materiales, productos o equipos electrónicos bajo dichas condiciones. Así mismo, las cámaras ambientales sirven para simular diferentes condiciones de crecimiento para controlar el comportamiento de plantas bajo dichas condiciones.

- La patente US 2014/0150574, la cual se incorpora aquí en su totalidad a manera de referencia, enseña una cámara ambiental para hacer pruebas a materiales y dispositivos electrónicos, entre otros, bajo diferentes condiciones de humedad y temperatura con el fin de establecer su desempeño y los puntos donde se pueden presentar fallas leves y críticas. Esta cámara es un equipo autocontenido que comprende un sistema para enfriar o calentar el aire que se hace circular por la cámara, un sistema para hacer circular el aire por la cámara, variando su velocidad o presión, y un sistema para controlar la humedad del aire.

- Por otro lado, la patente US 3.870.873, la cual se incorpora aquí en su totalidad a manera de referencia, enseña una cámara ambiental para medir y controlar el crecimiento de plántulas bajo diferentes condiciones ambientales de luz, temperatura y humedad. Esta

cámara incluye una luz de Xenón así como también filtros de luz para simular las condiciones lumínicas que se pueden dar a diferentes horas del día, bajo diferentes condiciones climáticas y en distintos lugares del mundo.

- 5 Por último, el documento titulado “CRITERIOS SOBRE EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AMBIENTAL PARA PRUEBAS Y MEDICIONES ELECTRICAS”, enseña los elementos esenciales para construir una cámara ambiental para realizar pruebas y mediciones sobre equipos eléctricos y electrónicos. Este documento divulga una cámara que comprende un sistema para la adecuación y circulación del aire,
10 temperatura y humedad, y un sistema de medición y control de las condiciones dentro de la cámara.

- Las cámaras ambientales también pueden emplearse para simular el comportamiento de sistemas particulados bajo diferentes condiciones atmosféricas, con el fin de medir y determinar el efecto que pueden tener dichos sistemas particulados sobre las condiciones
15 ambientales en zonas urbanas o industriales, para reunir datos suficientes que permitan simular más adelante sistemas más complejos.

- El documento “DISEÑO, CONSTRUCCION Y PRUEBA DE UNA CÁMARA DE LABORATORIO PARA GENERACION Y TOMA DE MUESTRAS DE POLVO” enseña los
20 elementos básicos esenciales para construir una cámara ambiental que permite hacer pruebas sobre el comportamiento de diferentes tipos de partículas sólidas finas y ultrafinas bajo distintas condiciones atmosféricas de humedad y temperatura. Este documento enseña cómo implementar un sistema para dispersar dichas partículas sólidas finas o ultrafinas en una corriente de aire y medir su comportamiento bajo una atmósfera
25 controlada.

- A pesar de los avances obtenidos anteriormente en cuanto a las cámaras ambientales, es claro que existía, en el estado de la técnica, la necesidad de cámaras ambientales que permitan simular otros tipos de sistemas bajo diferentes condiciones atmosféricas.
30 Adicionalmente, la cámara de la presente invención es de carácter portátil lo cual permite su fácil transporte.

- De esta manera, la cámara ambiental de la presente invención tiene la capacidad de simular dispersión de contaminantes atmosféricos, el lavado atmosférico y una formación
35 de precipitación ácida o básica. Adicionalmente, la cámara de la invención permite simular

- a escala una chimenea industrial que emite gases y/o material particulado, permitiéndole a un científico no solo observar el comportamiento de los mismos bajo diferentes condiciones atmosféricas, sino además recopilar datos que le permitan después desarrollar modelos matemáticos para poder validar mediciones y predicciones de dichos sistemas mediante programas de computador y también mediante la medición directa de condiciones en la cámara, tales como velocidad de viento, precipitación, humedad relativa y radiación UV, entre otras.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

- 10 Figura 1 Vista en perspectiva de la cámara de acuerdo con la presente invención.
 Figura 2 Vista frontal anterior de la cámara.
 Figura 3 Vista frontal derecha de la cámara.
 Figura 4 Vista magnificada de los aspersores colocados en la parte superior de la cámara.
- 15 Figura 5 Vista magnificada de la bisagra de la puerta de limpieza de la cámara.
 Figura 6 Vista magnificada de la base de los soportes de la cámara.
 Figura 7 Vista magnificada del ventilador de la cámara.
 Figura 8 corresponde a una gráfica de altura de la pluma o penacho vs distancia al punto de emisión.
- 20 Figura 9 corresponde a una gráfica de la amplitud de la pluma o penacho vs la distancia al punto de emisión.
 Figura 10 corresponde a una gráfica de correlación entre la concentración del contaminante y la distancia al punto de emisión bajo condiciones estables.
 Figura 11 corresponde a una gráfica de correlación entre la concentración del contaminante y la altura en atmósfera baja en condiciones estables.
- 25 Figura 12 corresponde a una gráfica que correlaciona la amplitud de la pluma o penacho vs la distancia al punto de emisión en condiciones inestables.
 Figura 13 corresponde a una gráfica que correlaciona la altura de la pluma o penacho vs la distancia del punto de emisión.
- 30 Figura 14 corresponde a una gráfica que correlaciona la concentración del contaminante vs la distancia del punto de emisión bajo condiciones inestables.
 Figura 15 corresponde a una gráfica que correlaciona la concentración del contaminante vs la distancia del punto de emisión bajo condiciones inestables.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La cámara (1) de acuerdo con la presente invención comprende una estructura que consiste de 4 barras tipo "L" que constituyen los soportes verticales (2), las cuales tienen un extremo inferior y un extremo superior. Estos soportes (2) sostienen una geometría tipo caja rectangular que está formada por dos conjuntos de dos juegos paralelos de barras tipo "L" horizontales y dos juegos de barras tipo "L" verticales (2) donde el primer conjunto de barras horizontales y verticales son al menos dos veces más largas que las barras que comprenden el segundo juego de barras horizontales y verticales, respectivamente. Los soportes verticales (2) opcionalmente comprenden ruedas (21) ubicadas en el extremo inferior de los mismos, que facilitan el transporte de la cámara (1).

10

Estos dos conjuntos de barras horizontales junto con los soportes verticales (2) conforman una estructura tridimensional, generalmente cubica, que tiene dos caras rectangulares laterales, izquierda (4) y derecha (5), una cara superior rectangular (6) y una cara inferior rectangular (7). De igual forma, la estructura tiene una cara frontal cuadrada (8) y una cara posterior cuadrada (9).

15

Cada una de las caras rectangulares está, a su vez, dividida en tres secciones del mismo ancho y el mismo largo. En la cara lateral derecha (5) la sección central configura una puerta de acceso (51) y se une a la barra larga correspondiente del segundo conjunto mediante un juego de bisagras (52). Tanto dicha puerta de acceso (51) como las secciones a derecha e izquierda de la misma están fabricadas de un material transparente y resistente a cualquier ataque químico, que permite observar el interior de la cámara.

20

Cada una de las secciones de la cara superior (6) tiene una perforación u orificio (61) ubicado en el centro de las mismas y en cada perforación u orificio (61) hay colocado un aspersor (62) que genera gotas de lluvia a escala. Así mismo, la sección de la cara superior (6) adyacente al extremo posterior de la estructura comprende una segunda perforación u orificio (63) ubicada cerca del extremo posterior de dicha sección, en donde en dicha perforación u orificio (63) se encuentra una chimenea (64) para evacuar el gas utilizado en la prueba de simulación a través de un tubo.

25

30

El suministro de agua para la simulación de la lluvia, se realiza a través de un sistema de tuberías flexibles que se bifurca en tres tramos o tubos (65) que conectan con la parte superior de los aspersores (62).

35

- Por otro lado, la cara inferior (7) de la estructura también comprende tres secciones en donde la sección más cercana al extremo frontal (8) de la estructura comprende una perforación u orificio (71) ubicada en el extremo de dicha sección más cercano al extremo frontal de la estructura. En dicha perforación (71) se encuentra un punto de inyección de gas (72). Así mismo, la sección de dicha cara (7) que está más cercana al extremo posterior (9) de la estructura tiene una perforación u orificio (75) ubicado en el extremo de dicha sección más cercano al extremo posterior de la estructura. En esta perforación (75) se encuentra un desagüe (76) por el cual se evacúa el agua que se acumula al interior de la cámara luego de la simulación de la lluvia para lavado atmosférico y precipitación ácida.
- En el extremo frontal (8) de la cámara (1) se encuentra ubicado el ventilador (82), el cual comprende una tobera de expansión (83); con un largo aproximadamente entre la mitad y la totalidad del largo de cualquiera de las secciones en las que se dividen las caras de la cámara (1). Entre la tobera (83) y el inicio de la cámara (1) se encuentra una rejilla de regulación de flujo de aire (no mostrada).
- La cámara (1) de acuerdo con una modalidad preferida de la presente invención, permite simular volúmenes de estudio a una escala de 1:1000, es decir, por cada centímetro en la cámara se simulan 10 metros en condiciones reales; de tal forma que puede representar escenarios de emisión de un contaminante y su comportamiento en atmósfera baja en distancias de 0.5 a 5 km de distancia longitudinal, 0.5 a 1.5 km de distancia transversal y 0.1 a 1.5 km de altura.
- Los materiales para los soportes horizontales y verticales pueden ser materiales resistentes a esfuerzos cortantes y soporte de peso muerto; y en forma de ángulos para permitir la colocación de las caras (4), (5), (6), (7), (8) y (9). Los materiales para dichos soportes pueden ser pero no se limitan a hierro, aluminio, acero inoxidable, bronce, cobre y fibra de vidrio plástica (FGP), entre otros.
- El material para las caras (4), (5), (6), (7), (8) y (9) puede ser un material resistente y transparente, por ejemplo, pero sin limitarse a láminas de acrílico, vidrio templado y cualquier material transparente que pueda ser adaptado para crear el espacio interno de la cámara (1).

En una modalidad de la invención, las caras rectangulares (4), (5), (6), (7), y (9) pueden tener perforaciones u orificios adicionales para poder empotrar sensores análogos o digitales para la determinación de sustancias químicas a nivel de trazas.

- 5 En otra modalidad de la invención, la cara posterior cuadrada (9) puede tener un ventilador-extractor adicional empotrado en su superficie o como en el caso de la cara frontal (8), tener una cámara de estrangulamiento que permite que los gases y la atmósfera creada en la cámara salgan de manera más uniforme y aumente el volumen de simulación.

10

En una modalidad de la invención, la cámara (1) tiene un sistema de lámparas ultravioleta ubicadas estratégicamente en la cara rectangular (6) o en las caras laterales, (4) y (5) para emular las condiciones de radiación ultravioleta proveniente del sol y sus posibles reacciones/reactividad con las sustancias presentes en la atmósfera creada.

15

MEJOR MANERA DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

- La cámara (1) opera de la siguiente manera: se inyecta un gas patrón (contaminante en mezcla o puro elegido para el estudio) a través de un sistema de regulación de presión y caudal que constituye una red flexible de alimentación (10), hacia una dispersor tipo chimenea (72) construido a escala 1:1000 (que simula una fuente fija puntual tipo chimenea industrial) ubicado, por ejemplo en el orificio (71). Una vez el gas es liberado por la chimenea hacia la cámara de simulación, se moviliza dentro del volumen de control para generar el fenómeno de dispersión (distribución caótica de una especie química gaseosa en una mezcla de gases).
- 20
- 25

- La dispersión del gas se puede lograr por varias acciones, a saber: a) por un gradiente de concentración en una atmósfera baja estable y sin vientos y, b) por la acción de un gradiente de presión dado por la acción del viento (inestable). Este viento es generado por un efecto túnel de viento en la tobera de expansión (83) y rejilla de regulación e igualación de caudal, gracias a la acción de un ventilador (82) que trabaja a velocidad variable (simulando vientos de 2 a 8 m/s).
- 30

- Dentro del volumen de control de la cámara (1), el gas patrón (contaminante) se dispersa en las tres dimensiones (x, y, z), siendo detectado por sensores análogos o electrónicos
- 35

(41) en una de la paredes laterales, por ejemplo, en la cara rectangular izquierda (4) (de acuerdo con los requerimientos de precisión y sensibilidad), con una distribución flexible en función del gas a analizar; esto con el fin de identificar la concentración existente en distancia (x, z) y en altura (y).

5

La Cámara (1) también permite identificar el efecto del lavado atmosférico (la limpieza de la contaminación que se logra por acción de la lluvia), lo cual se logra mediante un montaje en la parte superior (6) de la cámara (1), en la cual está constituido por una red de suministro de agua que finaliza en tres generadores de lluvia (aspersores 62), logrando

10 gotas micrométricas a escala. Este sistema de apoyo permite generar diversos tipos de precipitación (desde lloviznas hasta aguaceros) en tres secciones de la cámara (1), a saber: en el punto de emisión del contaminante, en distancia media a la emisión o en el punto de máxima dispersión; pudiéndose operar en paralelo o secuencialmente, según se requiera en el estudio.

15

De igual manera, la Cámara (1) permite verificar la reactividad de un contaminante al agua o humedad atmosférica, para lo cual se cuenta, en la parte de desagüe inferior (76), con un sistema de recolección del agua lluvia (77) y medición de la concentración de hidrogeniones; es decir, del pH de la solución. De esta forma se logra analizar y verificar

20 también el fenómeno de formación de precipitación ácida húmeda.

Una vez finalizada la simulación, se cierra el paso del gas y se dejan activos los aspersores (62) y el ventilador (82) con el fin de sacar y abatir los residuos de contaminante que quedan en la cámara, posteriormente se cierran los aspersores y se

25 apaga el ventilador (82).

EJEMPLOS

Para desarrollar la ecuación de Gauss y encontrar el comportamiento de la pluma o penacho de gas emitido que se quiere simular y replicar en la cámara (1) se asumen

30 ciertos parámetros y otros requieren ser calculados bajo condiciones estables es decir una categoría de estabilidad D¹.

Estos valores se muestran a continuación en la tabla 1.

¹ Parámetro establecido en función de las Categorías de Estabilidad (pasquill) para el modelado de contaminantes atmosféricos

Tabla 1 Valores asumidos y calculados para realizar la simulación de emisión bajo condiciones estables

Significado	Nombre de la variable	Valor	Unidades
Concentracion	X	1,11435622	g/m3
Flujo del Contaminante	Q	6356,83	g/s
Desviacion en y	σ_y	30,94	m
Desviacion en z	σ_z	12,92	m
Velocidad del viento	u	2	m/s
Coordenada en y	y	0	m
Coordenada en z	z	100	m
Altura efectiva de la chimenea	H	93,48	m
delta H	ΔH	33,48	m
altura de la chimenea	h	60	m
Flujo de flotabilidad	F	0,0905	
Diametro de chimenea	ϕ	3	m
Coordenada en x	x	900	m

Fuente: elaboración propia

5

Para estimar la altura y grosor de la pluma o penacho desde la fuente, se utiliza la fórmula a distintas distancias del eje X (distancia desde el origen bajo la coordenada X) y la altura Z (altura desde la parte más alta de la chimenea ubicada en el orificio (71) hasta donde se quiera encontrar los niveles de concentración bajo la coordenada Z) haciendo énfasis en hallar los σ_y y σ_z :

10

Como se observa en la figura 8, la altura máxima que puede alcanzar el pluma o penacho es de 26 a 30 m de altura, esto debido a que en la simulación se considera una condición atmosférica estable; replicando así las condiciones de la cámara (1) y con ello tener un comportamiento más realista y fácil de replicar.

15

Como se observa en la figura 9, el ancho total de la emisión es de 160 m, en una distancia de 2700 a 3000 metros; esto debido a que se simula una corriente de viento de 2 m/s y una temperatura de la emisión similar a la temperatura ambiente, igualando las condiciones de salida de la emisión contaminante en la cámara.

20

Para verificar el proceso de dispersión en la cámara se efectuaron dos métodos: el primero fue utilizar el método matemático de dispersión atmosférica (ecuación de Gauss) y ya con ello utilizar el segundo método que es realizar mediciones con equipos especializados en medición de concentración de gases contaminantes y material particulado.

25

Al entrar a evaluar la concentración en función de la distancia de la fuente de emisión (Figura 10 y 11), se encuentra que bajo condiciones estables de simulación (entiéndase

condiciones estables como la no presencia de radiación solar y poca circulación de viento), entre más cerca a la fuente de emisión, la concentración de la pluma o penacho será más alta y por consiguiente más nociva para los seres vivos circundantes. Así mismo, se encuentra que al mantener constantes las condiciones meteorológicas, la
5 concentración tardara más tiempo en dispersarse.

Posteriormente, se simula el comportamiento del mismo contaminante a condiciones inestables de la atmósfera (situación que se denomina categoría A, según las categorías de Estabilidad de Pasquill); observándose (Figura 12) que la altura máxima que alcanza la
10 pluma o penacho es de 3000 a 4000 msnm, con un ancho total 1000 metros, en una distancia longitudinal de 2700 a 3000 metros. Si se contrasta esta realidad con los resultados que arroja la simulación bajo condiciones estables, se evidencia que la estabilidad atmosférica juega un papel fundamental en la dispersión de los contaminantes.

15 Por otro lado, al comparar las condiciones estables con las inestables (Figuras 13, 14 y 15), se aprecia que la radiación solar en las condiciones inestables ayuda a que la pluma o penacho abarque una mayor distancia y altura pero con concentraciones bajas en comparación con la pluma o penacho registrada por las gráficas de las condiciones estables.

20 Con relación a la verificación del fenómeno de precipitación ácida húmeda (lluvia ácida), se busca identificar la variación en el valor del pH en el agua comparando las condiciones antes y después de la simulación. Para este fin se utilizan dos metodologías: medición con potenciómetro de pH y con el uso de tubos colorimétricos.

25 Otros parámetros que pueden ser determinados en el agua de lavado atmosférico son nitratos, nitritos, sulfatos, sulfitos, cloruros, fosfatos, dependiendo del gas que se ha inyectado en la cámara.

30 Si bien la cámara anteriormente descrita se construyó para simular condiciones de altura de mezcla con referencia a la Ciudad de Bogotá, en donde la altura máxima para dispersión de contaminantes es de 1200 metros, el experto con habilidad en la materia reconocerá que la misma permite también simular condiciones troposféricas en diferentes lugares sin alejarse del espíritu de la invención.

35

El técnico con habilidad en la materia sabe que la construcción de este tipo de cámaras se fundamenta en el desarrollo de conceptos teóricos relacionados con el modelo Gaussiano de dispersión de contaminantes (determinando la variación de la concentración de un contaminante en diferentes puntos distantes del origen a través del tiempo) y el modelo de caja (con el cual se logra dimensionar un área de dimensiones finitas en un área a escala banco en el constructo). Por lo tanto, dicho técnico también reconocerá que es posible realizar modificaciones a la distribución de los elementos dentro y fuera de la cámara sin alejarse del espíritu de la invención.

10