

---

# Control de exposiciones ocupacionales contra peligros químicos, físicos y biológicos mediante el uso de controles de ingeniería y otras medidas

---

Leo Michael Blade, CIH  
U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC)  
National Institute for Occupational Safety and Health  
(NIOSH)  
Cincinnati, Ohio, U.S.A.



---

# La jerarquía de control para exposiciones ocupacionales contra agentes químicos, físicos y biológicos...

...en orden de preferencia

- Soluciones aplicando controles de ingeniería
- Soluciones aplicando controles administrativos
- Mejora en las prácticas de trabajo
- Equipos de protección personal (PPE)



# Equipos de Protección Personal (PPE)...

- ***Método menos preferido*** para controlar exposiciones
- ***Genera una barrera física*** entre el trabajador y el peligro



# Equipos de Protección Personal (PPE)...

- ***Guantes y vestimenta*** – necesarios donde sea aplicable, contra peligros químicos
- ***Protección auditiva, protección ocular*** – contra agentes físicos como ruido, rayos ultravioleta o lasers
- ***Protección respiratoria*** para control contra inhalación de contaminantes en el aire. Es considerado como último recurso en casos donde ventilación, controles de ingeniería, u otros mecanismos de control no pueden proveer protección adecuada



# Controles Administrativos...

...diseñados para minimizar tiempos de exposición.

- Ajustando horarios de trabajo
- Rotando tareas de trabajo (no recomendado en áreas donde se sospecha la presencia de agentes cancerígenos)
- Medidas similares



# Prácticas de Trabajo...

*...para controlar peligros ocupacionales*

- Técnicas adecuadas para **manejo de materiales**
- Buena **higiene personal y prácticas de aseo**
- **Buen aseo** en el área de trabajo



# Controles de Ingeniería...

## ...solución preferida

- **Substitución** por un proceso, materiales o equipos menos peligrosos
- **Aislamiento** de los trabajadores con respecto al área de peligro utilizando una barrera física, distancia o tiempo
- **Reducción en niveles de exposición – usando sistemas de ventilación o supresión con agua para control de contaminantes en el aire** – para reducir o suprimir emisiones en el aire relacionadas con el proceso en el ambiente de trabajo o re-direccionar el aire contaminado lejos de los trabajadores o diluir/reducir la concentración de contaminantes presentes en el ambiente de trabajo



# Controles de Ingeniería...

## ... Substitución

- **Substitución de Procesos** – un ejemplo común es la substitución de procesos intermitentes por procesos automatizados, continuos y aislados
- **Substitución de Equipos** – típico en métodos de substitución, generalmente mas económico que reemplazar el proceso – un ejemplo es un sistema cerrado y automático para pintura
- **Substitución de Materiales** – segundo en la lista de substitución, consiste en reemplazar por materiales menos tóxicos





---

# Controles de Ingeniería...

## ... Aislamiento

### ■ ***Métodos de Aislamiento:***

- Barreras físicas
- Distancia
- Tiempo



# Controles de Ingeniería...

## ... Aislamiento

### ■ ***Ejemplos:***

- ❑ Aislamiento de materiales almacenados que presenten peligro de fuga hacia diferentes areas, cuartos o gabinetes
- ❑ Aislamiento de equipos en el proceso que posean riesgo de emitir contaminantes o sustancias dentro del ambiente laboral
- ❑ Aislamiento del proceso que puede ser obtenido mediante sistemas automatizados o de operación remota
- ❑ Aislamiento del trabajador mediante equipos de protección personal (PPE), usualmente no es considerado un control de ingeniería en el campo de higiene industrial



# Controles de Ingeniería...

## ... Reducción en niveles de exposición

- ***Ventilación – para contaminantes en el aire –***  
para reducir emisiones de un proceso en el ambiente laboral o cerca del área respiratoria de los trabajadores o  
para diluir la concentración de contaminantes una vez que entran en el ambiente de trabajo
- ***Sistemas de supresión con agua – para contaminantes en el aire –***  
para suprimir emisión de contaminantes directamente en la fuente o para reducir la concentración existente de contaminantes o dirigir el flujo de aire



# Controles de Ingeniería...

## ... Ventilación

- ***Ventilación puede ser definido*** como el uso estratégico de una corriente de aire para controlar contaminantes en el espacio – ***específicamente***, para proveer control de temperatura, remover contaminantes directamente en la fuente de emisión, o diluir la concentración de contaminantes a niveles aceptables
- Cuando se desee controlar los contaminantes en el aire, un ***sistema específico de ventilación*** puede ser ***diseñado*** para proveer control ***“local”*** o ***“general”***, usando ***extracción*** o ***suministro*** de aire



# Controles de Ingeniería...

## ... Principios de Ventilación

- **Sistemas de Ventilación Local (LEV)** son diseñados para capturar los contaminantes en lugares específicos en el ambiente de trabajo mediante el uso de campanas, extracciones o sistemas similares
- **Sistemas de Ventilación General, también llamados sistemas de dilución**, son diseñados para diluir la concentración de contaminantes en el área laboral



# Controles de Ingeniería...

## ... Principios de Ventilación

- **Sistemas de Ventilación Local (LEV)** apropiado para el control de fuentes de emisión de contaminantes estacionarias (en donde los sistemas de ventilación general usualmente fallan para estos propósitos)
- El rol apropiado para los **sistemas de ventilación general** es para controlar una gran variedad de problemas, tales como fuentes generales o móviles de emisión de contaminantes



# Controles de Ingeniería...

## ... Principios de Ventilación

- Es importante reconocer que estas definiciones no son, y no pueden ser, exclusivas – el aire removido por los sistemas de ventilación local debe ser, y sera reemplazado de alguna manera
- El reemplazo o “suministro” de aire sera usualmente suministrado por un sistema general que no debe estar asociado con ninguna fuente de remoción de contaminantes (independiente)



# Controles de Ingeniería...

## ... Principios de Ventilación

- Aun cuando el aire removido es “compensado” por infiltración o suministro mecánico, el sistema de ventilación general proveera ventilación a los espacios aun cuando toda la remoción de aire sea “local.”
- Definir un sistema como local o general, es gobernado por el uso específico y diseño de estos sistemas





# Controles de Ingeniería...

## ... Principios de Ventilación

- **“Sistemas de suministro y remoción de aire (push-pull)”** son un ejemplo donde ambos, suministro y remoción, son diseñados para proveer control local de fuentes estacionarias de emisión de contaminantes
- Estos diseños utilizan ambos, suministro directo de aire y sistemas de remoción local (LEV), para capturar y remover las fuentes de emisión local



# Controles de Ingeniería...

## ... Ventilación

- ***Diseño de un sistema de ventilación*** – Una discusión detallada sobre el diseño de un sistema de ventilación sobrepasa el alcance de esta presentación
- ***Evaluación de un sistema de ventilación*** – Para realizar una evaluación adecuada del funcionamiento de los sistemas de ventilación, es necesario entender el objetivo y parámetros de diseño de cada sistema individual



# Controles de Ingeniería...

## Parámetros Generales en el Diseño de un Sistema de Ventilación

- **Intención de Diseño** – Es el sistema diseñado con la intención de proveer ventilación general para un espacio de trabajo en particular? en ese caso, que contaminante(s) deben ser controlados y bajo que concentraciones? O, el sistema es diseñado para proveer remoción directamente en la fuente de emisión? en ese caso, cual es la naturaleza de los contaminantes y que velocidades de captura son requeridas?
- **Especificaciones de Diseño** – Que configuración y parámetros de diseño/funcionamiento (tasas de flujo, velocidades, presión estática, etc.) son necesarias para alcanzar el control apropiado?



# Parámetros Generales en el Diseño de un Sistema de Ventilación...

## Ventilación General... factores de diseño

- **Volumen del espacio de trabajo**
- **Tasa(s) de emisión de contaminantes** – estimado
- **Concentración de Contaminantes**
- **Cálculo del flujo volumétrico de aire (volumen de aire por unidad de tiempo)** – asumiendo “mezcla perfecta”
- **La mezcla sera pocas veces perfecta** – es recomendado multiplicar por un factor de mezcla (2 si la mezcla es buena, 4 es tipico, 10 es pobre)
- **Tasa de cambio de aire (cambios de aire por hora)**



# Parámetros Generales en el Diseño de un Sistema de Ventilación...

## Ventilación General... factores de diseño

- **Suministro mecánico de aire vs. remoción de aire**
- **Suministro mayor que remoción** – producira una presión estática positiva en el ambiente de trabajo
- **remoción mayor que suministro** – producira una presión estática negativa (**usualmente preferida**)
- En cualquier caso, infiltración pasiva a través de cualquier apertura en el espacio de trabajo proveera la diferencia en las tasas de suministro y remoción
- Grandes diferencias en las tasas de suministro no son deseadas. “Regla general”: Total (local y general) tasa de remoción de aire debe exceder a la tasa de suministro en un 5%



# Parámetros Generales en el diseño de un Sistema de Ventilación...

## Ventilación General... especificaciones

- **Aperturas en el suministro** – estratégicamente ubicadas para lograr buena mezcla
- **Aperturas de remoción** – ubicadas para lograr flujo cruzado, minimizando el “corto-circuito”
- **Configuración de los ductos** – ductos, codos, juntas, expansiones, contracciones
- **Tasas de flujo volumétrico**
- **Velocidades mínimas de remoción y transporte en los ductos** (partículas – usualmente importante en sistemas de ventilación local)
- **Tamaño del ducto** – flujo volumétrico y velocidad de transporte
- **Cambios de temperatura y humedad** – afectan la densidad del aire



# Parámetros Generales en el Diseño de un Sistema de Ventilación...

## Ventilación General... especificaciones

- **Requerimientos térmicos en el suministro de aire** – enfriar o calentar
- **Ubicación de la apertura de suministro de aire fresco** – para evitar re-introducir contaminantes ya removidos
- **Filtros o colectores de polvo** – típicamente importantes en sistemas de ventilación local
- **Descarga** – ubicación y configuración
- **Requerimientos energéticos (“perdidas de presión”)** – para mover el aire a través de los ductos cumpliendo con los parámetros de diseño (tasa de flujo, velocidad, temperatura y humedad)
- **Ventiladores** – tasa de flujo volumétrico, densidad del aire, velocidad (rpm), potencia del motor, tablas de selección
- **Industrial Ventilation... A Manual of Recommended Practice**



# Parámetros Generales en el Diseño de un Sistema de Ventilación...

## Ventilación local... factores de diseño

- **Naturaleza de los contaminantes a ser capturados** – gases, vapores, o partículas – propiedades físicas y químicas
- **Concentración de contaminantes y límites en el aire**
- **Diseño de las campanas** – gran número de estilos y tamaños disponibles, generales y especializados – deben ser apropiados para las operaciones de trabajo y encerrar las fuentes de emisión lo mejor posible
- **Distancia y velocidades de captura** – evitar interrumpir corrientes cruzadas
- **Velocidad en la cara de la campana, y tasa de flujo volumétrico** en cada una de las entradas al sistema





# Parámetros Generales en el Diseño de un Sistema de Ventilación...

## Ventilación local... especificaciones

- **Aperturas de remoción** – “perdidas de entrada” = requerimientos de energía para inducir el movimiento de aire hacia el sistema
- **Configuración de los ductos** – ductos, codos, juntas, expansiones, contracciones
- **Tasa de flujo volumétrico**
- **Velocidades mínimas de remoción y transporte**
- **Tamaño del ducto** – flujo volumétrico y velocidad de transporte
- **Cambios de temperatura y humedad** – afectan la densidad del aire



# Parámetros Generales en el Diseño de un Sistema de Ventilación...

## Ventilación local... especificaciones

- **Filtros y colectores de polvo** – típicamente importantes en sistemas de ventilación local
- **Descarga** – ubicación y configuración (lejos de entradas de aire fresco)
- **Requerimientos energéticos (“perdidas de presión”)** – para mover el aire a través de los ductos cumpliendo con los parámetros de diseño (tasa de flujo, velocidad, temperatura y humedad)
- **Ventiladores** – tasa de flujo volumétrico, densidad del aire, velocidad (rpm), tablas de selección
- **Industrial Ventilation... A Manual of Recommended Practice**



# Controles de Ingeniería...

## ... Evaluación de los sistemas de ventilación

- ***Inspección visual de las condiciones y operación del sistema***
- ***Visualización del movimiento del aire (cualitativo)***
- ***Medición del movimiento del aire (cuantitativo)***
- ***Medición de la concentración de los contaminantes***



# Evaluación de los sistemas de ventilación...

## Inspección visual de las condiciones y operación del sistema

- Flujo de aire
- Operación del ventilador
- Apariencia general, integridad física del sistema
- Válvulas y compuertas cerradas/abiertas
- Condición de los filtros y diferencial de presión (si el sistema esta equipado)
- Condición del sistema de drenaje (en sistemas de aire acondicionado)



# Evaluación de los sistemas de ventilación...

## Visualización del movimiento del aire (cualitativo)

- Tubos de humo
- Observar si el humo es capturado en su totalidad
- Corrientes cruzadas
- Movimiento de aire entre zonas adyacentes en el área laboral
- Movimiento de aire entre el área de trabajo y el exterior (ambiente externo)



# Evaluación de los sistemas de ventilación...

## Medición del movimiento del aire (cuantitativo)

- **Medición de los parámetros operacionales, comparar con parámetros de diseño**
- **Velocidades** – de captura, en la cara, en los ductos
- **Tasas de flujo volumétrico**
- **Diferenciales de presión** – presión estática en los ductos, presiones de velocidad, etc.
- **Ejemplo de instrumento de medición** – TSI VelociCalc



# Evaluación de los sistemas de ventilación...

## Medición de la concentración de los contaminantes

- **Muestras en el área de emisión** – relaciona con la efectividad del sistema de ventilación
- **Muestras en el área general de trabajo** – adicionalmente se deben coleccionar muestras ambientales para comparar con las muestras del área de trabajo
- **Muestras de exposición personal** – muestras en el área respiratoria – evalúa el parametro de eficiencia/reducción deseado



---

# *Pregunta?*

- Leo Michael Blade, C.I.H.
- U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- Cincinnati, Ohio, U.S.A.
- 513/841-4549
- [Imb1@cdc.gov](mailto:Imb1@cdc.gov)

