

	Apell.								
	Fecha								
00	Apell.	C.R.A.C R.G.D		R.U.P.F.		J.I.I.Q. V.Q.P.		Emisión Original	BPE
	Fecha	15/05/21		25/05/21		31/05/21			
N°		ELABORÓ	FIRMA	REVISÓ	FIRMA	VALIDÓ Y APROBÓ	FIRMA	MODIFICACIONES	ESTAT.
LISTA DE DISTRIBUCION			Secretaría del Trabajo y Previsión Social					1 copia	
		GOBIERNO DEL ESTADO DE COAHUILA <u>Secretaría del Trabajo y Previsión Social</u>							
		COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD <i>Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura</i> <i>Subdirección de Ingeniería y Administración de la Construcción</i> <i>Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil</i>							
CRITERIO DE DISEÑO									
PROYECTO: PASTA DE CONCHOS CONJUNTO: OBRAS DE RESCATE: RAMPAS, GALERIAS, CRUCEROS Y CONEXIONES TÍTULO: SISTEMA DE VENTILACIÓN									
IDENTIFICACIÓN			GI-PAS-K1330-CD-DMR-EO-002				Núm. Pág. 6 (Se incluye esta página)		
FECHA: 31/05/21			No. ARCHIVO DE C.F.E.:						



PROYECTO PASTA DE CONCHOS

CLAVE PAS-CD-EO-002	CRITERIO TÉCNICO PARA EL DISEÑO EJECUTIVO TÍTULO: SISTEMA DE VENTILACIÓN			Página 2 de 7
SUBGERENCIA DE GEOTÉCNIA Y MATERIALES				
ELABORÓ/REVISÓ CRAC/RGD-RUPF	VERIFICÓ JIIQ	VALIDÓ VCP	FECHA 31/05/2021	REVISIÓN 0

1. OBJETIVO

El presente criterio de diseño de ventilación tiene como objetivo establecer los criterios mínimos para el dimensionamiento de la ventilación durante construcción y operación del túnel de acceso, túnel de ventilación, galerías y conexiones, así como de las lumbreras de ventilación (tiros verticales) correspondientes mediante la aplicación de las teorías y procedimientos que el diseñador de la Ingeniería de Detalle de las estructuras mencionadas deberá cumplir. Este criterio de diseño es exclusivamente aplicable a:

- Construcción de túnel de acceso, túnel de ventilación, cruceros, galerías y conexiones.
- Construcción de caseta y galería de ventilación.
- Operación de las lumbreras de ventilación.

2. SISTEMA DE UNIDADES

Se utilizará el Sistema General de Unidades de Medida, mismo que está homologado con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este sistema se usa atendiendo lo estipulado en la Ley Federal de Metrología y Normalización, en su artículo 5°. Para efectos prácticos serán indicados entre paréntesis equivalencias a otros sistemas de unidades, esto según sea requerido.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

La referencia básica para el dimensionamiento son los planos de arreglos generales del proyecto.

- a) CFE-MANUAL DE OBRAS CIVILES- DISEÑO DE TUNELES Y LUMBRERAS EN SUELOS
- b) SCT- MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TUNELES DE CARRETERA- CAPÍTULO 16-VENTILACIÓN.
- c) NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-032-STPS-2008, SEGURIDAD PARA MINAS SUBTERRANEAS DE CARBÓN.
- d) SIA 196- VENTILACIÓN EN CONSTRUCCIONES SUBTERRÁNEAS.



PROYECTO PASTA DE CONCHOS

CLAVE PAS-CD-EO-002	CRITERIO TÉCNICO PARA EL DISEÑO EJECUTIVO TÍTULO: SISTEMA DE VENTILACIÓN			Página 3 de 7
SUBGERENCIA DE GEOTÉCNIA Y MATERIALES				
ELABORÓ/REVISÓ CRAC/RGD-RUPF	VERIFICÓ JIIQ	VALIDÓ VCP	FECHA 31/05/2021	REVISIÓN 0

4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La ventilación de obras subterráneas es de vital importancia, mejorar y controlar la calidad del aire, beneficiará en seguridad y salud de los trabajadores, el óptimo funcionamiento de los equipos y la conservación de los materiales e insumos necesarios para la excavación subterránea. Sin un sistema de ventilación efectivo, ningún trabajo subterráneo que requiera que el personal y equipo ingresen, puede operar de manera segura.

El objetivo de la ventilación es dotar de la cantidad suficiente de aire y con el oxígeno necesario para que todos los equipos puedan funcionar correctamente, y lo principal, garantizar la seguridad del personal y del equipo dentro de las obras subterráneas.

5. ANÁLISIS DE VENTILACIÓN

5.1. REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

El análisis y diseño deberá determinar:

1. Volúmenes de Aire,
2. Secciones de las galerías,
3. Secciones de los túneles,
4. Número de galerías en los cañones,
5. Distancia máxima entre cruceros y galerías,
6. Tipo de Ventilación,
7. Capacidad de ventiladores a instalar Lumbreras de Ventilación,
8. Selección y cantidad de equipos de ventilación,
9. Proyecto de desgasamiento durante excavación en caso de requerirse

5.2. EVALUACIÓN DE LA DEMANDA

Referente a la ventilación del túnel de acceso, se deberá evaluar la ventilación durante la construcción y operación.

La demanda de ventilación será regida por la siguiente ecuación (1):

$$Q_v = Q_c + Q_{wc} \quad (1)$$

Donde:

- Q_v Gasto total de ventilación,
 Q_c Gasto de ventilación requerido por equipos de construcción, generación de gases, polvo por maniobras de barrenación y humos de voladura.
 Q_{wc} Gasto de ventilación requerido por trabajadores durante la construcción.

PROYECTO PASTA DE CONCHOS

CLAVE PAS-CD-EO-002	CRITERIO TÉCNICO PARA EL DISEÑO EJECUTIVO TITULO: SISTEMA DE VENTILACIÓN			Página 4 de 7
SUBGERENCIA DE GEOTÉCNIA Y MATERIALES				
ELABORÓ/REVISÓ CRAC/RGD-RUPF	VERIFICÓ JIIQ	VALIDÓ VCP	FECHA 31/05/2021	REVISIÓN 0

TABLA 1 REQUERIMIENTO DE AIRE FRESCO, NOM 032 STPS 2008

Descripción	Qtrabajo (m ³ /min)	Qtrabajo (m ³ /s)
Personal en el turno	3 m ³ /min*trabajador	0.05 m ³ /s*trabajador
Motores diésel	6 m ³ /HP*min	0.1341 m ³ /s*kW

9.1. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD

La capacidad de suministro de ventilación será regida por la siguiente ecuación (2):

$$P_v = P_{st} + P_d + \sum_1^i P_{loki} \tag{2}$$

Donde:

- P_v Sobrepresión de aire,
- P_{st} Sobrepresión de aire estática del ducto, (Pa),
- P_d Sobrepresión de aire dinámica, (Pa),
- $\sum_1^i P_{loki}$ La suma de presiones por perdidas locales a lo largo del ducto, (Pa).

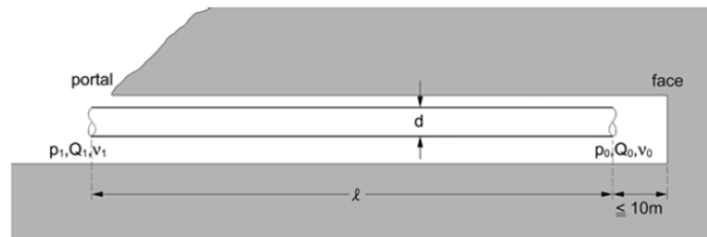


FIGURA 1 CONCEPTUALIZACIÓN DE VENTILACIÓN PARA DISEÑO

9.2. SELECCIÓN DE EQUIPO DE VENTILACIÓN

La aerodinámica del ducto determina la relación entre la demanda de aire Qv y la sobrepresión relacionada Pv, esta relación es parabólica y es llamada curva característica del ducto. La aerodinámica del ventilador también determina la relación Qv-Pv, llamada curva característica del ventilador, la intersección de estas dos curvas determina el valor de operación Qv y Pv.

PROYECTO PASTA DE CONCHOS

CLAVE PAS-CD-EO-002	CRITERIO TÉCNICO PARA EL DISEÑO EJECUTIVO TÍTULO: SISTEMA DE VENTILACIÓN			Página 5 de 7
SUBGERENCIA DE GEOTÉCNIA Y MATERIALES				
ELABORÓ/REVISÓ CRAC/RGD-RUPF	VERIFICÓ JIIQ	VALIDÓ VCP	FECHA 31/05/2021	REVISIÓN 0

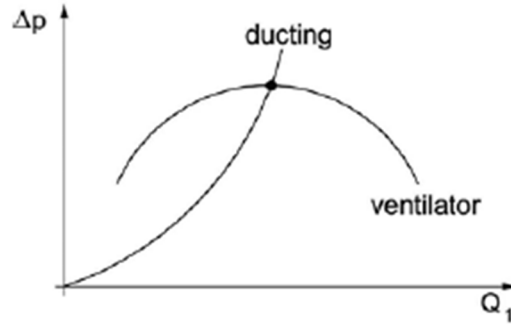


FIGURA 2 INTERACCIÓN DE LAS DOS CURVAS CARACTERÍSTICAS

El Contratista de acuerdo con su procedimiento constructivo, deberá dimensionar el ducto y equipo de ventilación mediante la metodología mexicana, además deberá presentar una revisión por una metodología diferente.

10. INSTRUMENTACIÓN

Los aspectos que deberán ser monitoreados en particular al suministro de aire las siguientes variables:

1. Velocidad a la entrada del ducto.
2. Velocidad en el frente de excavación, el cual deberá estar en los rangos de 0.5 a 8 m/s.
3. El contenido del Oxígeno O2 del aire, el cual no deberá caer por debajo del 20% en volumen.
4. Temperatura en condiciones de trabajo limitada a 28°C.
5. En el caso de cruce con estratos de carbón y cuando se encuentre la excavación próxima al estrato de carbón, se deberá medir la concentración de metano, el disparador de alerta será 1% de concentración de gas metano.
6. La contaminación de aire en el ambiente de trabajo deberá cumplir con los requerimientos máximos permisibles (MAC)1:

1. TABLA 2 REQUERIMIENTOS SIA 196

Contaminante	MAC
CO ₂	5000 cm ³ /m ³
CO	30 cm ³ /m ³
NOx	5 cm ³ /m ³
SO ₂	5 cm ³ /m ³

PROYECTO PASTA DE CONCHOS

CLAVE PAS-CD-EO-002	CRITERIO TÉCNICO PARA EL DISEÑO EJECUTIVO TITULO: SISTEMA DE VENTILACIÓN			Página 6 de 7
SUBGERENCIA DE GEOTÉCNIA Y MATERIALES				
ELABORÓ/REVISÓ CRAC/RGD-RUPF	VERIFICÓ JIIQ	VALIDÓ VCP	FECHA 31/05/2021	REVISIÓN 0

Contaminante	MAC
H ₂ S	10 cm ³ /m ³
Polvo Fino	4 mg/m ³
Cuarzo Fino	0.125 mg/m ³
Fibras de asbestos	10,000 fibras/m ³

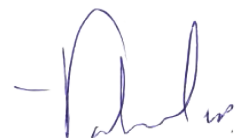
6. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

En base al procedimiento constructivo, el Contratista deberá realizar una simulación del sistema de ventilación, la cual deberá contener:

- Geometría
- Condiciones de Frontera
- Simulación de contaminantes en estado estacionario
- Simulaciones dinámicas
- Simulaciones de gases
- Simulación termodinámica
- Simulación de emisiones Diesel
- Simulación de etapa de construcción-resultados
- Simulación de etapa de operación-resultados
- Programa de demanda de aire
- Análisis de ruta más corta
- Análisis de sensibilidad de calor y resistencia
- Concentraciones de CH₄
- Dilución de CH₄
- Instrumentación, Control y monitoreo de CH₄
- Evaluación de la demanda
- Evaluación de la capacidad
- Curvas de operación
- Ventilador a utilizar

7. PLAN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

- Tipo de ventilador a instalarse,
- Las características de los ventiladores principal y secundarios,
- Las dimensiones de las galerías a desarrollar,
- Descripción gráfica detallada de los circuitos de ventilación,
- Los detalles de la ubicación de la taponería de línea y de cierre,
- La programación de la instalación de la taponería de línea y de cierre;
- El detalle de la ubicación de los puentes de ventilación y la programación para realizarse,
- La certificación y firma del responsable del diseño de ventilación,
- Los volúmenes de aire en los lugares,
- La sección de las galerías,
- La sección y número de entradas a las galerías colapsadas,
- El número de galerías en los cañones,



PROYECTO PASTA DE CONCHOS

CLAVE PAS-CD-EO-002	CRITERIO TÉCNICO PARA EL DISEÑO EJECUTIVO TÍTULO: SISTEMA DE VENTILACIÓN			Página 7 de 7
SUBGERENCIA DE GEOTÉCNIA Y MATERIALES				
ELABORÓ/REVISÓ CRAC/RGD-RUPF	VERIFICÓ JIIQ	VALIDÓ VCP	FECHA 31/05/2021	REVISIÓN 0

- Las distancias máximas entre cruceros entre galerías,
- El tipo de ventilación en todos los frentes,
- La ubicación y número de tiros de ventilación,
- Las especificaciones de los ventiladores principales,
- Las especificaciones de los ventiladores secundarios,
- La especificación de los ductos a emplear en los ventiladores secundarios,
- Las capacidades máximas puntuales en los equipos de corte,
- Las necesidades de desgasamiento.

8. RESULTADOS DEL DISEÑO

Como resultado del diseño se deberá presentar por lo menos:

- Un Plan General de Ventilación de acuerdo a norma
- Planos del Sistema de Ventilación de acuerdo a norma
- Las condiciones de seguridad para los ventiladores y acciones a seguir en caso de emergencia
- Los procedimientos, instrucciones y otras acciones de seguridad para trabajos de mantenimiento y operación de ventiladores.
- Las condiciones de seguridad para los motores de combustión diésel, ventiladores auxiliares, volúmenes de aire, sistemas de medición y control.

Bibliografía

- Comisión Federal de Electricidad. (2018). Manual de Obras Civiles. Túneles y Lumbreras en Suelos. CDMX: CFE.
- SCT. (2016). Manual de diseño y construcción de túneles de carretera. ventilación. CDMX: SCT.
- Secretaría del Trabajo y Prevención Social. (2008). NOM 032 STPS 2008 Seguridad para minas subterráneas de carbón. STPS.
- SIA 196. (1998). Ventilación en construcciones subterráneas. Suiza: Swiss Engineering and Architects Association.
- Cvjetić, A. S., Lilić, N. M., Čokorilo, V. B., & Milisavljević, V. M. J. T. (2017). Case study on ventilation method development for Bar-Boljare highway tunnels construction in Montenegro. 72(5), 667-674.
- Flores Aroni, M. F. (2017). Diseño y simulación del sistema de ventilación de las labores de exploración en el proyecto San Gabriel CIA. de minas Buenaventura SAA.
- Kerguelen Bendeck, J. L., González Martínez, V. A., Jiménez Builes, J. A. J. B. C. d. I. T., 33, n., & -, -. (2013). Cálculo de parámetros determinantes en la preparación de un circuito de ventilación en minería subterránea de carbón usando programación estructurada.
- Kolymbas, D. (2005). *Tunnelling and tunnel mechanics: A rational approach to tunnelling*: Springer Science & Business Media.
- Ramírez González, N. A., & Fuentes Ortega, C. F. (2019). *Modelamiento del sistema de ventilación y control de Metano con el simulador "ventsin" tm en la mina subterránea de carbón fezmine, Polonia*. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería. Departamento de ...
- Salazar Gaez, J. P., & Román Cantillo, J. H. (1992). *Diseño de un sistema de ventilación para minas de carbón de mediana minería*. Universidad Autónoma de Occidente,

