

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

EAP. DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

**Sistema de extracción de monóxido de carbono para
estacionamientos en los sótanos del edificio corporativo
Panorama**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Mauro César Alonso Remón Zavaleta

Lima - Perú

2016

DEDICATORIA

A mi madre por su gran sacrificio y amor para apoyarme día a día en todas las metas de mi vida.

RESUMEN

La presente monografía técnica desarrolla el diseño de extracción mecánica para los estacionamientos subterráneos, que comprende 9 sótanos del edificio de oficinas corporativas Panorama Plaza. Dado que todos los niveles en mención son idénticos se realiza el diseño de ventilación para un sótano y se implementara a los 9 niveles de estacionamientos de forma idéntica.

Se asegura que la concentración de monóxido de carbono en dichos sótanos, este por debajo de los 35 ppm, cumpliendo con las normas internacionales de acuerdo a lo especificado por la Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) y que a su vez cumpla con 5 renovaciones por hora de acuerdo a lo que especifica la norma nacional vigente de Edificaciones (RNE). Es así que el caudal requerido y obtenido para ventilar cada sótano es de $53\ 040 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$,

Con la finalidad de obtener una óptima distribución de aire por el interior de los estacionamientos, permitiendo llegar a todos los rincones del mismo, así como para evitar que los gases se estanquen en el siguiente nivel y para permitir el ingreso de bomberos en caso de incendio se implementa un sistema de ventilación mixta; con rejillas de extracción de monóxido de carbono en la zona de depresión, mediante el diseño de dos sistemas de extracción independientes, y de rejillas de inyección de aire fresco en la zona de sobrepresión mediante el diseño de dos sistemas de inyección independientes.

El diseño de los ductos de extracción de monóxido de carbono, se calcularon manteniendo la caída de presión constante 0.14 pulgadas de columna de H_2O por cada 100 pies de longitud equivalente, mientras que para los sistemas de inyección, el diseño de ductos de distribución de aire se calculó manteniendo la caída de presión constante 0.08 pulgadas de columna de H_2O por cada 100 pies de longitud equivalente, manteniendo la velocidad de aire de acuerdo a lo recomendado por autores especializados, para evitar elevadas pérdidas dinámicas y vibración que ocasionen un ruido excesivo en el ambiente.

Para cada sistema de extracción e inyección, de acuerdo al caudal $26\ 520 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$ y la pérdida de presión 2 pulgadas de Columna de H_2O , hallada de acuerdo a la distribución de ductos, se seleccionó ventiladores centrífugos con rotor de alabes inclinados hacia atrás, con un motor eléctrico de acuerdo a una potencia de 15 HP, y con una transmisión de poleas por fajas.

INTRODUCCION

Debido al tipo de construcciones verticales que se tiene como desarrollo urbanístico de nuestra ciudad, la gran mayoría de los estacionamientos se localizan en los sótanos subterráneos de estos edificios, la falta de una calidad de aire buena para la respiración de las personas que transiten estos ambientes sería de consecuencias dañina para la salud de las personas. Para ello se tiene que asegurar una correcta ventilación mecánica. El principal gas toxico en estos niveles, es el monóxido de Carbono CO, debido a que los vehículos motorizados emanan principalmente este gas.

El presente trabajo monográfico tiene pues como objetivo principal el diseño de un sistema de ventilación mecánica que asegure la calidad del aire dentro de los estacionamientos subterráneos, que comprende de nueve niveles del edificio corporativo Panorama Plaza.

Para alcanzar el objetivo principal, será necesario alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Elegir el sistema de ventilación adecuado.
- Desarrollar el cálculo de caudal de aire para renovación del aire.
- Implementar un sistema de conductos de acuerdo a las condiciones del área a ventilar.
- Seleccionar un equipo de ventilación para cada sistema de conductos ya sea de extracción u de inyección.

Se aplicaran las consideraciones tanto del ASHRAE que analiza la extracción mecánica desde una concentración molar del CO, como la de la Reglamentación vigente que indica determinadas renovaciones por hora y unidad de área. También se diseñara el sistema de ductos de acuerdo a las condiciones en campo, para ello se tendrá que calcular la perdida de presión tanto por el recorrido como por los accesorios utilizados, esto es muy importante ya que hay una relación directa entre el consumo eléctrico del ventilador y la presión requerida, un sobredimensionamiento por presión requerida ocasionaría un consumo de potencia excesivo que haría ineficiente el sistema de extracción por los costos. Se seleccionara el ventilador adecuado de acuerdo al caudal de diseño y la presión requerida por el sistema de ductos de extracción.

El trabajo solo se limitara al diseño del sistema de ventilación para los nueve niveles subterráneos de estacionamientos. No contempla la ejecución e implementación de tal sistema.

INDICE GENERAL

RESUMEN	3
INTRODUCCION	4
CAPITULO I OBJETIVOS	7
1.1. Objetivo General.....	7
1.2. Objetivos Específicos.....	7
CAPITULO II METODOLOGIA DE TRABAJO	8
CAPITULO III MARCO CONCEPTUAL	9
3.1. Necesidades del Ambiente.....	9
3.1.1. Contaminación del aire.....	9
3.1.2.Emisiones vehiculares.....	9
3.1.3. Salud ocupacional.....	10
3.1.4. Concentración máxima admisible.....	10
3.2. Sistemas de Ventilación.....	11
3.2.1. Ventilación natural.....	12
3.2.2. Ventilación mecánica.....	12
3.2.2.1. Ventilación por sobrepresión.....	12
3.2.2.2. Ventilación por depresión.....	13
3.2.2.3. Ventilación Mixta.....	13
3.3. Control por nivel de Monóxido de carbono.....	14
3.4. Ventiladores.....	15
3.4.1. Ventiladores Centrífugos.....	16
3.4.2. Leyes de los ventiladores.....	18
3.4.3. Curva Característica de un Ventilador.....	18
3.4.4. Consumo de Potencia (HP).....	21
CAPITULO IV DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION	22

4.1. Descripción del Proyecto de extracción de monóxido de carbono del Edificio Panorama Plaza Negocios.....	22
4.2. Tipo Sistema de Ventilación.....	24
4.3. Calculo de Caudal de Diseño.....	25
4.3.1. Calculo según ASHRAE.....	25
4.3.2. Calculo según Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) por unidad de área.....	29
4.3.3. Cálculo según Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) por renovaciones por hora.....	29
4.4. Cálculo de caída de presión.....	30
4.4.1. Ecuación de Bernoulli.....	30
4.4.2. Perdidas de presión en conductos de aire.....	30
4.4.3. Perdidas de fricción.....	31
4.4.4. Método de cálculo Pérdida de Presión para el Sistema de Extracción....	32
4.4.5. Método de cálculo Pérdida de Presión para el Sistema de Inyección.....	48
4.5. Consumo de Potencia.....	65
4.6. Análisis de Resultados.....	66
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	70
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	

CAPITULO I: OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de ventilación mecánica para la extracción de monóxido de carbono de Estacionamientos en Sótanos del Edificio Corporativo Panorama Plaza Negocios, con la finalidad de mantener la concentración de este gas en el límite permisible y así evitar el daño en la salud de las personas que transiten este ambiente.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Seleccionar el sistema de ventilación de acuerdo a las características de los niveles, en este caso el adecuado es de una ventilación mixta.
- Desarrollar el cálculo de caudal de aire para renovación en sótanos, de acuerdo a las consideraciones especificadas en las normas vigentes.
- Implementar un sistema de conductos de acuerdo a las condiciones del área a ventilar, considerando todas las pérdidas de presión ocasionadas por la distribución de los conductos.
- Seleccionar un equipo de ventilación que cumpla con lo requerido, que permita asegurar la calidad de aire sin entrar en el sobredimensionamiento ni consumo excesivo.

CAPITULO II: METODOLOGIA DE TRABAJO

Se determina u recolecta la información del área que abarcan los estacionamientos en sótanos, de acuerdo a esto se hace el cálculo del caudal de aire de renovación requerido para mantener la concentración de monóxido de carbono por debajo del límite permisible.

Determinado el caudal se tiene que diseñar el sistema de conductos y rejillas para realizar la extracción uniforme en todo el sótano. Se elige un sistema de ventilación, por la cantidad de niveles subterráneos que se tienen, será del tipo extracción mecánica de monóxido de carbono e inyección de aire fresco.

Una vez diseñado el sistema de ductos de acuerdo a las distancias y caudal a transportar se selecciona el equipo de ventilación en función de dos parámetros la presión requerida por el sistema para vencer la resistencia del flujo y el caudal. Se hace el cálculo de la potencia necesaria para el equipo.

Determinado nuestro sistema de ductos y el equipo ventilador, se elabora los planos del sistema de ventilación del sótano en mención.

CAPITULO III: MARCO CONCEPTUAL

3.1. Necesidades del ambiente

3.1.1. Contaminación del aire.

Se entiende por contaminación del aire, la presencia de sustancias indeseables en el mismo, en concentraciones tales que pueden causar efectos nocivos en la salud humana. La ausencia de una zona libre hacia el exterior que permita una circulación de aire constante dentro de los estacionamientos evita la evacuación de los gases de combustión de los vehículos. Es por tal motivo que dentro de dicho ambiente se presentan problemas en la calidad del aire del ambiente, logrando condiciones por debajo de lo permitido por los estándares.

3.1.2. Emisiones vehiculares.

La contaminación proveniente de los motores de combustión interna es una de las que más contribuye perjudicialmente en la calidad del aire. El proceso de combustión de un motor vehicular da como resultado gases residuales que en su mayoría están compuestos por hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

La contaminación del aire causada por un motor de combustión es problemática debido a los siguientes factores (Obert 1973:367):

1. La fuente emisora es pequeña y de mantenimiento apropiado poco usual.
2. Es operado acelerando y desacelerando bajo diferentes cargas y velocidades.
3. Existe una infinidad de diferentes modelos en las calles.

En la tabla 3.1, se pueden observar los constituyentes de los gases de combustión durante las diferentes condiciones de movimiento del vehículo.

Tabla 3.1 Constituyentes típicos de los gases de combustión.

Constituyentes	Parado (ppm)	Acelerando (ppm)	En marcha (ppm)	Desacelerando (ppm)
Hidrocarburos				
MECH	10000	6000	5000	30000
MEC	1500	1000	800	1500
Óxidos de Nitrógeno				
MECH	30	1200	650	30
MEC	60	850	240	30
Gases de combustión, scfm				
MECH	6.8	105	25	18
MEC	25	105	77	70
CO, porcentaje				
MECH	5	5	0.6	5
MEC	0.4	0.2	0.03	-
CO ₂ , porcentaje				
MECH	9.5	10	12.5	9.5
MEC	1	11	7	-

Fuente: (Obert 1973:368) Extraído DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA ESTACIONAMIENTO SUBTERRÁNEO DE TRES NIVELES Autor: MARIO ANDRÉ TORRES MELGAREJO

3.1.3. Salud ocupacional

El monóxido de carbono es un gas imperceptible, sin olor ni sabor, cuyo efecto sobre las personas, aspirado en cantidades importantes, es la reducción progresiva de la capacidad de transporte de oxígeno por la sangre, llegando a producir la muerte en exposiciones prolongadas. La intoxicación por monóxido de carbono es una de las causas más comunes de muerte por envenenamiento. Su exposición, intencional o accidental, puede ser letal. En los Estados Unidos, se reportan aproximadamente 600 muertes accidentales anuales por envenenamiento por monóxido de carbono (Armin 1998). Sin embargo, su exposición breve es tolerable y no presenta daños irreversibles en la persona.

Los síntomas clínicos del envenenamiento por monóxido de carbono no son específicos y pueden presentar un amplio rango de posibilidades. Los síntomas de la exposición no letal al monóxido de carbono pueden ser similares a una enfermedad viral. El envenenamiento suele presentarse junto a otras emergencias médicas, como la inhalación del humo.

Tabla 3.2 Síntomas agudos reportados después de exposición al monóxido de carbono

	% de pacientes
Cefalea	91
Mareos	77
Astenia	53
Nauseas	47
Confusión	43
Falta de aire	40
Trastornos visuales	25
Dolor de pecho	9
Pérdida de conciencia	6
Dolor abdominal	5
Calambres	5

Fuente: (Armin 1998) Extraído DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA ESTACIONAMIENTO SUBTERRÁNEO DE TRES NIVELES Autor: MARIO ANDRÉ TORRES MELGAREJO

3.1.4. Concentración máxima admisible

Por esta razón, las diversas normas internacionales para el diseño de estacionamientos establecen concentraciones máximas de monóxido de carbono admisibles en el aire. La tabla 3.3 presenta las concentraciones máximas permisibles de monóxido de carbono a nivel internacional, incluyendo normas de organismos internacionales como ASHRAE y NIOSH, durante un tiempo de exposición determinado.

Tabla 3.3. Niveles de concentración máxima permisible de monóxido de carbono a diferentes tiempos de exposición.

Norma	Tiempo (horas)	CO _{máx} (ppm)
ACGIH	8	25
ASHRAE	8	9
	1	35
Canadá	8	11 a 13
	1	25 a 30
España	8	50
	1	125
Finlandia	8	30
	15 min	75
Francia	20 min	100
ICBO	8	50
	1	200
NIOSH / OSHA	8	35
Países Bajos	30 min	200
Reino Unido	8	50
	15 min	300

Fuentes: (Krarti 2001:53), (AENOR 1992:2)

En el Perú, la norma EM.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones establece que la concentración de monóxido de carbono no debe superar las 50 partes por millón (En Publicación El Peruano 9 de Mayo 2014: 522758 - 7.1.6.1 Estacionamientos en sótanos.)

3.2. Sistemas de ventilación

La ventilación se puede definir como aquella técnica que permite sustituir el aire en el interior de un ambiente, debido a su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro aire exterior de mejores características. Es útil para controlar el calor, toxicidad y potencial explosividad de un ambiente. Su objetivo principal es mantener la calidad y el movimiento del aire en condiciones convenientes para la protección de la salud de los ocupantes.

El sistema de ventilación de un estacionamiento tiene como objetivo, en primer lugar, garantizar que no se acumule monóxido de carbono en concentraciones peligrosas en ningún punto del local. Asimismo, la ventilación es necesaria debido a la presencia de vapores que desprende la gasolina, pues estos representan potenciales riesgos de incendio.

3.2.1. Ventilación natural.

La ventilación natural en los ambientes se realiza mediante aberturas como puertas, ventanas, chimeneas, entre otras. La circulación del aire se produce por diferencias térmicas y de presión. Sin embargo, la ventilación natural resulta ser incontrolable, pues se rige por condiciones imprevisibles.

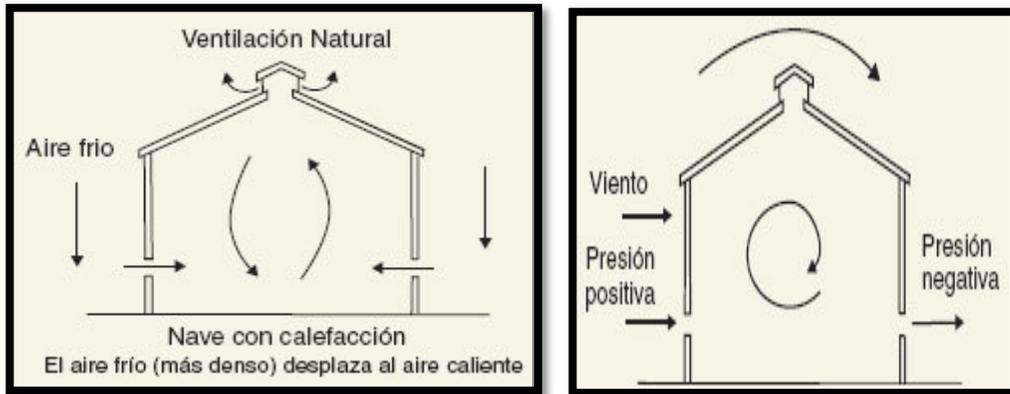


Figura 3.1. Fuente: NTP 741: Ventilación general por dilución.

3.2.2. Ventilación mecánica.

En la ventilación mecánica, o ventilación forzada, el aire es extraído de los locales, o inyectado en ellos, debido a la generación de depresiones o sobrepresiones por medio de ventiladores accionados mecánicamente.

Según los equipos de distribución el sistema de ventilación mecánica de un estacionamiento puede funcionar mediante cualquiera de los siguientes criterios:

- Sólo impulsión, con aberturas para la salida de aire.
- Sólo extracción, con aberturas para la entrada de aire.
- Sistema mixto (impulsión y extracción).

3.2.2.1. Ventilación por sobrepresión.

El ingreso de aire al ambiente se realiza mediante inyección mecánica. La principal ventaja de este sistema es que el aire de aportación viene directamente del exterior. Consiste en causar una sobrepresión en local obligando al aire contaminado a salir a través de las rampas de acceso. Sin embargo, para largos recorridos, puede provocar altas concentraciones de monóxido de carbono, los cuales precisamente evacuarán por la entrada al estacionamiento y al nivel de la

misma calle. La principal dificultad se presenta al conducir el aire contaminado hacia lugares no frecuentados por los ocupantes.

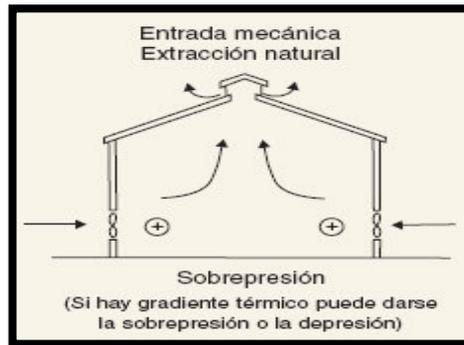


Figura 3.2. Fuente: NTP 741: Ventilación general por dilución.

3.2.2.2. Ventilación por depresión.

En este tipo de sistema, la salida de los gases se realiza mediante extracción mecánica y la entrada de aire se realiza debido a la diferencia de presión que se genera. Este sistema es el más utilizado debido a que tiene la ventaja de poder controlar la descarga, a través de una red de conductos, hasta un lugar apropiado. La entrada de aire hacia los estacionamientos debe ser, preferentemente, por puntos independientes de la rampa de acceso debido a que se producen los gases de los vehículos que ingresan y salen.

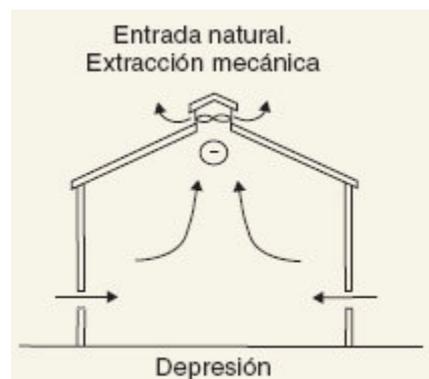


Figura 3.3. Fuente: NTP 741: Ventilación general por dilución.

3.2.2.3. Ventilación Mixta.

Este sistema permite una óptima distribución de aire por el interior del estacionamiento permitiéndole llegar a todos los rincones. Al encontrarse la inyección y extracción trabajando simultáneamente, ambos deberán impulsar o inyectar la misma cantidad de aire, causando el cambio completo del mismo en el

interior del estacionamiento. El sistema de impulsión transportara aire fresco del exterior y por tanto se utilizara un ventilador normal; mientras que el de extracción es susceptible de evacuar humo en caso de incendio, y por tanto soportara temperaturas de 400 °C durante 90 minutos. (Fuente: Manual de Ventilación. Autor Salvador Escoda S.A.).

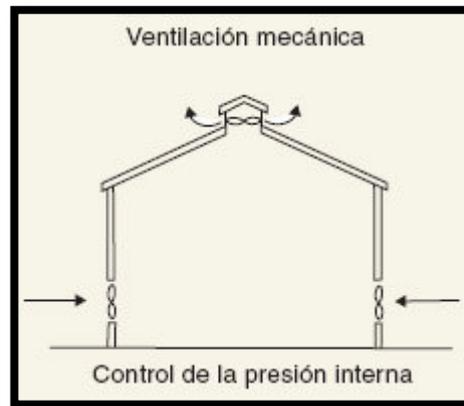


Figura 3.4. Fuente: NTP 741: Ventilación general por dilución.

3.3. Control por nivel de monóxido de carbono.

Sea mecánico, natural, o ambos, un sistema de ventilación para estacionamiento debe respetar los códigos de aplicación y mantener un nivel de contaminantes aceptables en el aire. De ser permitido por los códigos locales, el flujo de aire de ventilación debería ser variado dependiendo del nivel de monóxido de carbono para ahorrar energía. En estacionamientos de múltiples niveles son preferibles los sistemas de ventilación con controles individuales.

En la figura 3.5 se observa los niveles máximos de monóxido de carbono en un estacionamiento (ensayo realizado por Krarti y Ayari en 1998) para tres perfiles de movimiento (figura 3.6) y los siguientes controles de ventilación:

- Volumen constante (CV). El sistema trabaja durante todo el periodo de ocupación.
- Control On/Off. Los ventiladores se prenden y apagan dependiendo de la señal emitida por los sensores de nivel de monóxido de carbono.
- Control de volumen de aire variable (VAV). Se utilizan ventiladores de velocidades o ventiladores axiales con álabes de inclinación variable basados en la señal de los detectores de monóxido de carbono.

Asimismo, la figura 3.5 muestra los ahorros de energía en los ventiladores obtenidos por sistemas de control On/Off y control de volumen de aire variable. Se puede lograr un ahorro significativo de energía utilizando un sistema de ventilación

controlado por los niveles de monóxido de carbono para su operación, manteniendo la concentración de monóxido de carbono por debajo de los niveles permisibles.

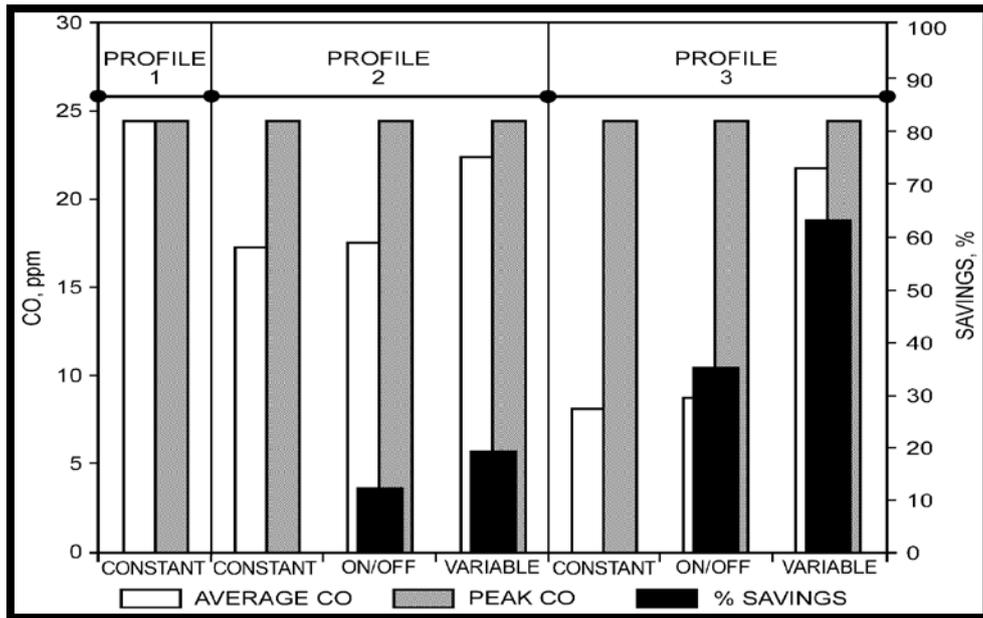


Figura 3.5 Ahorro de energía y nivel máximo de CO, obtenido por sistemas de ventilación controlado por el nivel de CO.

Fuente: (2007-ASHRAE-Handbook-Parking-Garages)

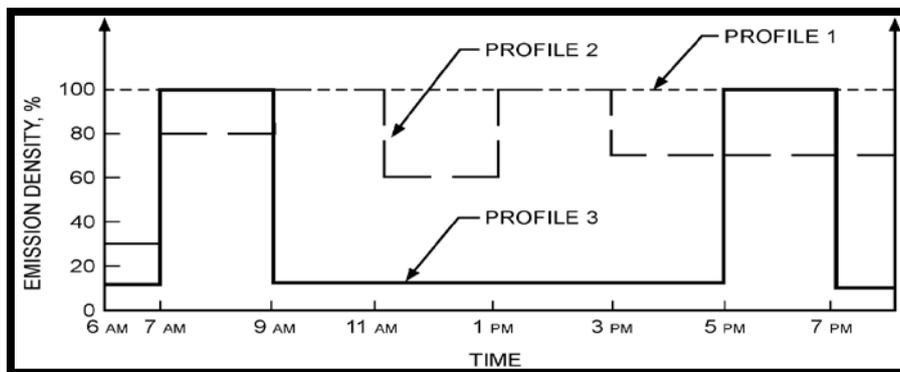


Figura 3.6 Perfiles de movimiento de tres vehículos analizados

Fuente: (2007-ASHRAE-Handbook-Parking-Garages)

3.4. VENTILADORES.

Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento. Se puede definir también como una turbo máquina que transmite energía para generar la presión necesaria para mantener un flujo continuo de aire.

Dentro de una clasificación general de máquinas, los ventiladores son turbo máquinas hidráulicas, tipo generador, para gases.

Un ventilador consta en esencia de un motor de accionamiento, generalmente eléctrico, con los dispositivos de control propios de los mismos: arranque, regulación de

velocidad, conmutación de polaridad, etc. y un propulsor giratorio en contacto con el aire, al que le transmite energía. Este propulsor adopta la forma de rodete con álabes, en el caso del tipo centrífugo, o de una hélice con palas de silueta y en número diverso, en el caso de los axiales.

El conjunto, o por lo menos el rodete o la hélice, van envueltos por una caja con paredes de cierre en forma de espiral para los centrífugos y por un marco plano o una envoltura tubular en los axiales. La envolvente tubular puede llevar una reja radial de álabes fijos a la entrada o salida de la hélice, llamada directriz, que guía el aire, para aumentar la presión y el rendimiento del aparato.

3.4.1. VENTILADORES CENTRÍFUGOS.

En los ventiladores centrífugos la trayectoria del fluido sigue la dirección del eje del rodete a la entrada y perpendicular al mismo a la salida. Si el aire a la salida se recoge perimetralmente en una voluta, entonces se dice que el ventilador es de voluta.

Estos ventiladores tienen tres tipos básicos de rodetes:

1. Álabes curvados hacia adelante,
2. Álabes rectos,
3. Álabes inclinados hacia atrás / curvados hacia atrás.

En la figura 3.3. Puede observarse la disposición de los álabes.

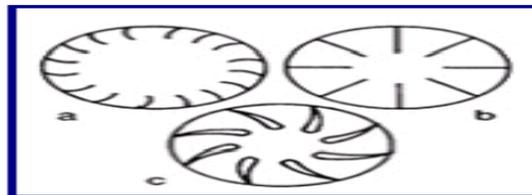


FIG. 3.7 VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE ÁLABES CURVADOS HACIA ADELANTE, RADIALES Y ATRÁS

Los ventiladores de álabes curvados hacia adelante (también se llaman de jaula de ardilla) tienen una hélice o rodete con álabes curvadas en el mismo sentido del giro. Estos ventiladores necesitan poco espacio, poseen baja velocidad periférica y son silenciosos. Se utilizan cuando la presión estática necesaria es de baja a media, tal como la que se encuentran en los sistemas de calefacción, aire acondicionado o renovación de aire, etc. No es recomendable utilizar este tipo de ventilador con aire polvoriento, ya que las partículas se adhieren a los pequeños álabes curvados y pueden provocar el desequilibrado del rodete.

Estos ventiladores tienen un rendimiento bajo fuera del punto de proyecto. Además, como su característica de potencia absorbida crece rápidamente con el caudal, ha de tenerse mucho cuidado con el cálculo de la presión necesaria en la instalación para no

sobrecargarlo. En general, son bastante inestables funcionando en paralelo, vista su característica caudal-presión. En la figura pueden observarse las partes mencionadas.

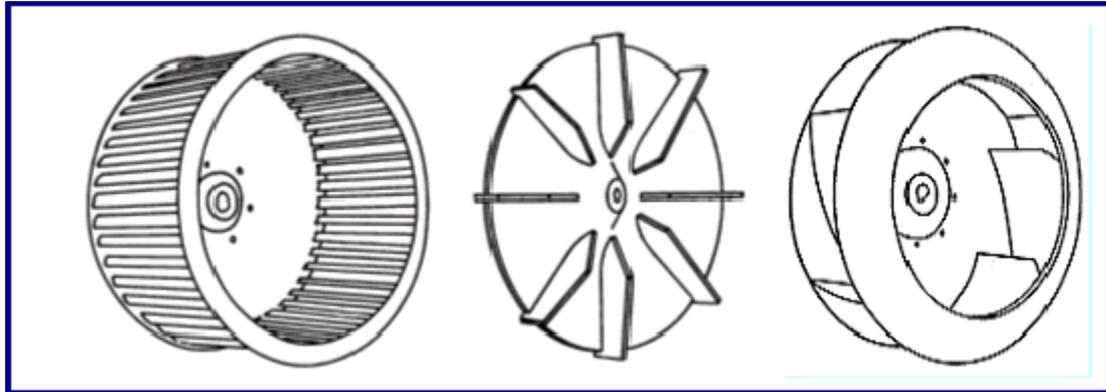


FIG 3.8. VENTILADORES CENTRÍFUGOS CON ÁLABES CURVADOS.

Los ventiladores centrífugos radiales tienen el rodete con los álabes dispuestos en forma radial. La carcasa está diseñada de forma que a la entrada y a la salida se alcancen velocidades de transporte de materiales. Existen una gran variedad de diseños de rodetes que van desde los de "alta eficacia con poco material" hasta los de "alta resistencia a impacto". La disposición radial de los álabes evita la acumulación de materiales sobre las mismas. Este tipo de ventilador es el comúnmente utilizado en las instalaciones de extracción localizada en las que el aire contaminado con partículas debe circular a través del ventilador. En este tipo de ventiladores la velocidad periférica es media y se utiliza en muchos sistemas de extracción localizada.

Los ventiladores centrífugos de álabes curvados hacia atrás tienen un rodete con los álabes inclinados en sentido contrario al de rotación. Este tipo de ventilador es el de mayor velocidad periférica y mayor rendimiento con un nivel sonoro relativamente bajo y una característica de consumo de energía del tipo "no sobre cargable". En un ventilador "no sobre cargable", el consumo máximo de energía se produce en un punto próximo al de rendimiento óptimo de forma que cualquier cambio a partir de este punto debido a cambios de la resistencia del sistema resultará en un consumo de energía menor. La forma de los álabes condiciona la acumulación de materiales sobre ellas, de forma que el uso de estos ventiladores debe limitarse como se indica a continuación:

1. **ÁLABES DE ESPESOR UNIFORME.** Los álabes macizos permiten el trabajo con aire ligeramente sucio o húmedo. No debe emplearse con aire conteniendo materiales sólidos ya que tienen tendencia a acumularse en la parte posterior de los alabes.
2. **LOS ÁLABES DE ALA PORTANTE.** Permiten mayores rendimientos y una operación más silenciosa. Los álabes huecos se erosionan rápidamente y se pueden llenar de líquido si la humedad es alta, por ello su uso queda limitado a aplicaciones en las que se manipule aire limpio.

3.4.2. LEYES DE LOS VENTILADORES.

Si un ventilador debe funcionar en condiciones diferentes de las ensayadas, no es práctico ni económico efectuar nuevos ensayos para determinar sus parámetros de funcionamiento.

Mediante el uso de un conjunto de ecuaciones conocidas como LEYES DE LOS VENTILADORES es posible determinar, con buena precisión, los nuevos parámetros de funcionamiento a partir de los ensayos efectuados en condiciones normalizadas. Al mismo tiempo, estas leyes permiten determinar los parámetros de una serie de ventiladores geoméricamente semejantes a partir de las características del ventilador ensayado. Las leyes de los ventiladores están indicadas, bajo forma de relación de magnitudes, en ecuaciones que se basan en la teoría de la mecánica de fluidos y su exactitud es suficiente para la mayoría de las aplicaciones, siempre que el diferencial de presión sea inferior a 3kPa, por encima del cual se debe tener en cuenta la compresibilidad del gas.

Con el ánimo de precisar un tanto más lo que expone la norma UNE, se puede decir que cuando un mismo ventilador se somete a regímenes distintos de marcha o bien se varían las condiciones del fluido, pueden calcularse por anticipado los resultados que se obtendrán a partir de los conocidos, por medio de unas leyes o relaciones sencillas que también son de aplicación cuando se trata de una serie de ventiladores homólogos, esto es, de dimensiones y características semejantes que se mantienen al variar el tamaño al pasar de unos de ellos a cualquier otro de su misma familia.

Estas leyes se basan en el hecho que dos ventiladores de una serie homóloga tienen homólogas sus curvas características y para puntos de trabajo semejantes tienen el mismo rendimiento, manteniéndose entonces interrelacionadas todas las razones de las demás variables.

Las variables que involucran las leyes de ventiladores son: la velocidad de rotación, el diámetro de la hélice o rodete, las presiones totales estática y dinámica, el caudal, la densidad del gas, la potencia absorbida, el rendimiento y el nivel sonoro.

3.4.3. Curva Característica de un Ventilador.

Según sea el ventilador, su curva característica adopta una u otra forma, Los ventiladores centrífugos, en general, son capaces de manejar presiones altas con caudales más bien bajos. En la figura 3 se observa una curva característica de un ventilador centrífugo en términos de la presión total, la presión estática y la presión dinámica.

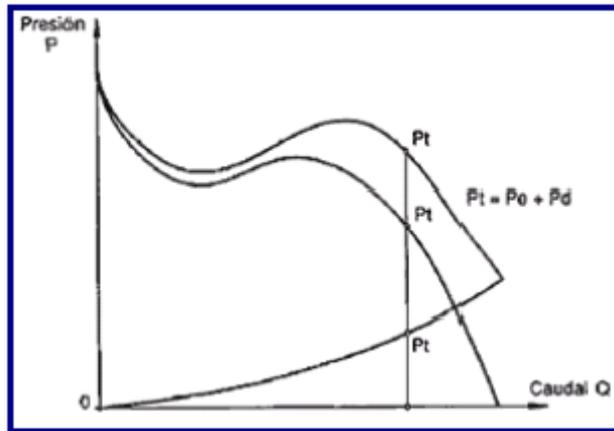


FIG 3.9. Curva característica de un ventilador.

Para trazar la Curva Característica de un ventilador, se debe llevar a cabo un procedimiento que procure los datos necesarios. Para poder disponer de los distintos caudales que puede manejar un ventilador según sea la pérdida de carga del sistema contra el cual esté trabajando, se ensaya el aparato variándole la carga desde el caudal máximo al caudal cero. Todos los pares de valores obtenidos caudal-presión se llevan a unos ejes coordenados, obteniéndose la Curva Característica.

La Fig.3.10. Representa una curva tipo en la que se han representado gráficamente las presiones estáticas, que representan las pérdidas de carga, las totales y dinámicas. También se representa una curva de rendimiento mecánico del aparato

La característica de un ventilador es la mejor referencia del mismo ya que indica su capacidad en función de la presión que se le exige.

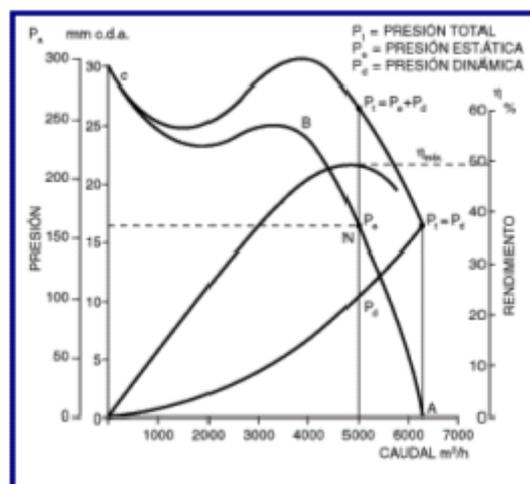


FIG.3.10. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS PRESIONES ESTÁTICAS

Tomando como referencia la figura anterior, la zona de trabajo idónea de un ventilador es el tramo A-B de su característica. Entre B y C su funcionamiento es inestable, el rendimiento descende rápidamente y aumenta notablemente el ruido; por ello en muchos catálogos se representa sólo el tramo eficaz de funcionamiento obviando el tramo hasta la presión máxima.

PUNTO DE TRABAJO DE UN VENTILADOR. Para conocer el punto en que trabajará un ventilador, una vez determinada la pérdida de carga que debe vencer el mismo, no hay más que, sobre el eje de ordenadas, señalar la pérdida de carga en mm.c.d.a. (Milímetros de columna de agua) de acuerdo al caudal a suministrar.

Si se dispone de la característica resistente del sistema, se puede encontrar de forma fácil el punto de trabajo de un ventilador acoplado al mismo, al superponer las curvas características del ventilador y resistente del conducto según se indica en la Fig. 3.7.

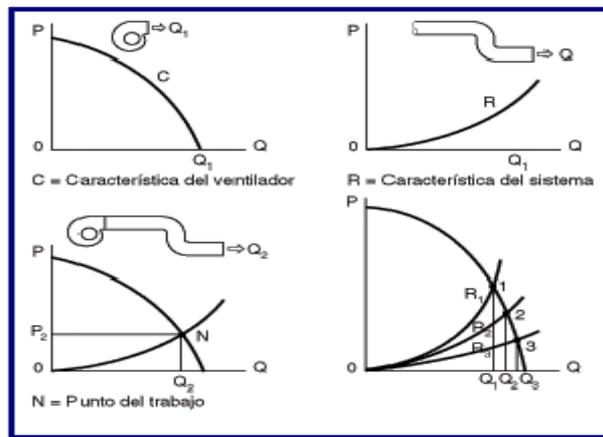


FIG.3.11. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN VENTILADOR

Si se desea construir la característica resistente del sistema se debe partir del hecho que en las instalaciones de ventilación la pérdida de carga que se origina varía proporcionalmente al cuadrado del caudal que fluye a través de la canalización.

Para conocer el punto de funcionamiento de un ventilador es indispensable disponer de las curvas características de los ventiladores susceptibles de ser instalados, para cualquier cálculo e instalación que se haga.

Las curvas deben estar avaladas por el fabricante, quien las garantizará haciendo referencia a la norma y disposición adoptada para su determinación.

Las curvas características de ventiladores se obtienen en laboratorios de ensayos debidamente equipados y por analistas especializados. Ello supone la sujeción a procedimientos según normalizaciones oficiales y aparatos, túneles y cámaras calibrados. La máxima garantía se obtiene cuando el laboratorio cuenta con una acreditación oficial.

Zona de funcionamiento. Según sea el ventilador, tipo y tamaño, existe una zona de su curva característica en la que es recomendable su uso. Fuera de ella pueden producirse fenómenos que hacen aumentar desproporcionadamente el consumo hundiendo el rendimiento, provocando un aumento intolerable del ruido e incluso produciendo flujos intermitentes de aire en sentido inverso.

En los catálogos de ventiladores vienen indicadas las zonas de funcionamiento y sus características.

3.4.4. CONSUMO DE POTENCIA (HP)

Las tablas y graficas de selección de ventiladores muestran el consumo de potencia en HP. Con la eficiencia del ventilador y los datos de diseño, flujo de aire y presión, se puede calcular el consumo de potencia del motor, mediante la siguiente formula.

$$P_{\text{eje ventilador}} = P_{\text{freno}} = \frac{(Q \times H)}{6356 \times n}$$

Dónde:

$P_{\text{eje ventilador}}$ = Consumo de potencia del ventilador en HP

Q = Flujo de aire en $\frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

H = Presión estática en pulg de columna de H_2O

n = Eficiencia del ventilador

CAPITULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION

En los estacionamientos subterráneos, debido a la ausencia de entradas y salidas naturales de aire, es necesario utilizar sistemas de ventilación mecánica para reducir la cantidad de contaminantes en el ambiente. Por tanto, es necesario establecer el procedimiento a seguir para el diseño del mismo.

El diseño del sistema se puede dividir en los siguientes pasos:

1. Definir el tipo de sistema de ventilación.
2. Determinar el caudal de ventilación necesario para mantener la concentración del contaminante por debajo del límite permisible.
3. Diseñar el sistema de ductos de aire.
4. Seleccionar los equipos para el funcionamiento del sistema.

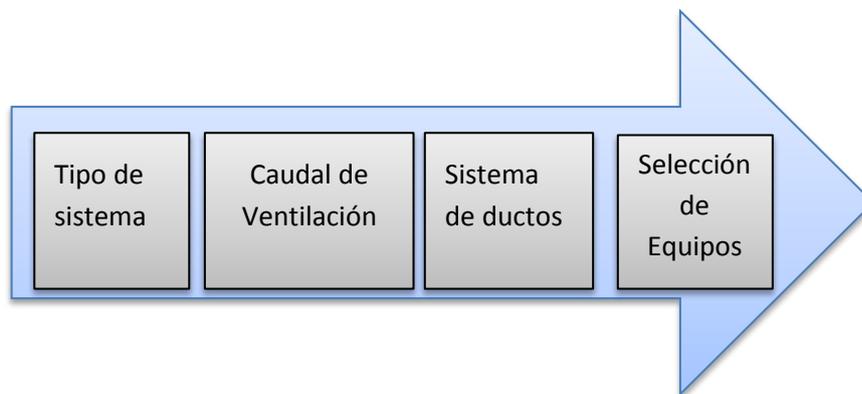


Figura 4.1 Procedimiento general de diseño

4.1. DESCRIPCION DEL PROYECTO EXTRACCION MONOXIDO DE CARBONO ESTACIONAMIENTOS DEL EDIFICIO PANORAMA PLAZA

El Edificio Panorama Plaza Negocios, estará ubicado en la Urb. Club Golf Los Incas en el distrito de Santiago de Surco y contará con nueve (09) sótanos de estacionamiento.

El presente proyecto es desarrollado con la finalidad de eliminar adecuadamente los gases de escape de los vehículos y evitar que se alcancen concentraciones de monóxido de carbono (CO) que puedan representar riesgos para la salud de las personas.

De acuerdo a este mismo criterio de manejo de humos, el caudal de humo producido por el incendio de un vehículo, es de $6.05 \text{ m}^3/\text{seg}$, por lo tanto, el caudal de aire a inyectar y extraer en su determinado nivel de estacionamiento, debe superar este valor.

En nuestro caso, las exigencias, del Reglamento Nacional de Edificaciones, superan la cifra indicada, razón por la cual, el cálculo de los caudales de aire a inyectar y extraer, se ha realizado considerando una renovación de aire cada 12 minutos, debiendo corresponder a un índice no menor de $12\text{m}^3/\text{h}$ por metro cuadrado.

El volumen considerado para cada nivel de estacionamiento, incluye áreas de circulación vehicular.

Para la inyección de aire fresco exterior, el proyecto contempla rejillas instaladas a nivel del piso del primer nivel, a través de las cuales ingresará el aire por un ducto de mampostería hasta cada uno de los sótanos.

En cada nivel de estacionamiento, habrán dos cuartos en los que se instalarán los ventiladores centrífugos, que tomarán aire exterior del ducto de mampostería y lo distribuirán mediante los ductos cuyas dimensiones y recorrido se muestra en los planos.

En forma convenientemente distribuida, se instalarán difusores de 3 vías, a través de los cuales se inyectará el aire exterior.

Los ventiladores para la inyección de aire exterior serán centrífugos, de doble entrada, con álabes curvados hacia atrás, accionados por motor eléctrico con transmisión por poleas y fajas.

La extracción de monóxido de carbono se realizará mediante dos extractores centrífugos por cada nivel de estacionamiento, ubicados dentro de cuartos previstos por la obra civil.

Estos extractores centrífugos serán de simple entrada, con álabes curvados hacia atrás, accionados por motor eléctrico con transmisión por poleas y faja.

La extracción de monóxido de carbono se realizará mediante ductos dotados de rejillas, conforme se muestra en los planos, los cuales se conectarán a la boca de succión del respectivo extractor.

Los ductos de extracción serán fabricados de fierro galvanizado, siguiendo lo establecido por el manual SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association Inc).

Los extractores a suministrarse, deberían ser adecuados para operar a 300°C durante dos (02) horas.

El aire expulsado por cada uno de los extractores será conducido hacia el exterior, por un ducto de mampostería, realizándose la descarga a una altura de 2.50 m por encima del nivel de la vereda, conforme lo establece el Reglamento Nacional de Edificaciones.

En cada uno de los sótanos, se instalarán sensores de monóxido de carbono, regulados para poner en operación, simultáneamente, a los extractores y a los inyectores de aire del sótano correspondiente, cuando se alcance una concentración de 50 ppm de CO.

Corresponderá al proveedor del sistema de control central (BMS), suministrar e instalar los sensores de monóxido de carbono, incluyendo el cableado respectivo. Sensores a suministrar serán compatibles con el BMS. Especificaciones técnicas del cableado de los sensores de CO hasta el sistema de control central y su recorrido, corresponden al proyecto del BMS.

El funcionamiento del sistema será el siguiente: Al detectarse una concentración igual a 50 ppm, en uno o varios sensores de CO, estos enviarán una señal al sistema de control central (BMS), el cual, a su vez enviará una señal de arranque a los dos inyectores de aire exterior y también a los dos extractores, pertenecientes al nivel de estacionamiento en el que se detectó la concentración antes indicada de monóxido de carbono.

El tablero eléctrico de fuerza y control de los extractores e inyectores de aire, deberán contar con borneras para recepcionar la señal de arranque del BMS,

Si por alguna razón, el nivel de concentración llegara a ser de 100 ppm de CO, los sensores activarán una alarma tanto sonora como visual.

En los ductos de descarga de cada uno de los extractores, se colocarán dampers corta fuego – cortahumo, con la finalidad de que el monóxido de carbono o humos, descargados por los extractores de un determinado nivel de estacionamiento, ingrese a los otros.

Estos dampers deberán abrirse cuando se pongan en operación los extractores a los que correspondan.

En caso de que el sistema de detección de incendios detectará un evento de esta naturaleza, deberá enviar una señal de arranque del sistema de inyección y extracción de aire, del sótano respectivo, en forma similar a la descrita cuando se detecte presencia de monóxido de carbono.

4.2. Tipo Sistema de Ventilación.

Teniendo en consideración el número de sótanos de estacionamiento (09), se ha considerado un sistema de ventilación con extractores de aire y también inyectores de aire fresco del exterior.

En caso se hubiera proyectado el sistema, con solamente extractores, el aire exterior ingresaría por las rampas vehiculares y llegaría a los sótanos inferiores, luego de recoger contaminantes de los niveles superiores.

El sistema propuesto inyecta aire fresco tomado del exterior, directamente a cada uno de los niveles de estacionamiento.

El sistema propuesto, con inyección y extracción de aire, concuerda con el criterio de manejo de humos (“smoke management”), que así lo requiere, con la finalidad de evacuar el humo que el incendio de algún vehículo podría producir y permitir el ingreso de los bomberos.

4.3. Cálculo de Caudal de Diseño

La determinación del caudal de ventilación dentro de un estacionamiento cerrado se puede realizar mediante 3 métodos: procedimiento recomendado por ASHRAE, caudal de aire recomendado por unidad de área y el por renovaciones de aire.

4.3.1. Cálculo según ASHRAE.

Basado en resultados de diversos análisis paramétricos, M. Krarti y A. Ayari presentan un método de diseño para determinar el flujo de aire de ventilación para mantener un nivel aceptable de monóxido de carbono en estacionamientos cerrados (Krarti 2001:54). Su diseño depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Concentración máxima admisible de monóxido de carbono.
- Número de vehículos en operación en hora de máxima incidencia.
- Tiempo promedio de operación de los vehículos en el estacionamiento.
- Tasa de emisión de un vehículo bajo diversas condiciones.

El procedimiento se divide en tres pasos:

Paso 1. Recolección de información:

1. Área total del piso del estacionamiento, A_p (m²)
2. Número de vehículos en operación en hora de máxima incidencia, N .
3. Emisión de monóxido de carbono promedio de un vehículo común por hora. E ($\frac{g}{h}$) Depende de diversos factores como las características del vehículo, tipos de combustible, condiciones de operación, y condiciones ambientales.
4. Tiempo de operación y viaje promedio de un vehículo común, t (s).
5. Nivel de concentración de monóxido de carbono admisible en un estacionamiento, CO máx (ppm).

Paso 2. Evaluar la tasa de generación de monóxido de carbono:

1. Determinar la generación máxima de monóxido de carbono por unidad de área, G ($\frac{g}{h \times m^2}$):

$$G = \frac{N \times E}{A_p}$$

2. Comparar la generación máxima de monóxido de carbono calculada con el valor de referencia $G_o = 26.7$ ($\frac{g}{h \times m^2}$):

Paso 3. Determinar el caudal de ventilación mínimo q' por unidad de área de piso utilizando la correlación C presentada en la ecuación 2.3, dependiendo de $CO_{máx}$.

$$SI: \varphi = 100 \times \frac{G}{G_0}$$

$$q' = C \times \varphi \times t$$

Dónde:

$$C = 1.204 * 10^{-6} (m^3/s)/(m^2/s) \text{ para } CO_{máx} = 15 \text{ ppm}$$

$$C = 0.692 * 10^{-6} (m^3/s)/(m^2/s) \text{ para } CO_{máx} = 25 \text{ ppm}$$

$$C = 0.481 * 10^{-6} (m^3/s)/(m^2/s) \text{ para } CO_{máx} = 35 \text{ ppm}$$

Entonces procedemos

Recolección de información

Área total del piso del estacionamiento, A_p (m^2)

Datos de Planos del Proyecto

. Área del Estacionamiento = $6\,107 \text{ m}^2 = 65\,735.2 \text{ pie}^2 / \text{sotano}$ (Del Plano de vista de Planta de Sótanos del Edificio Panorama Plaza Negocios)

. Altura de Estacionamiento = $2.95 \text{ m} = 9.68 \text{ pie}$

(De Plano de Corte de Sótanos del Edificio Panorama Plaza Negocios)

Número de vehículos en operación en hora de máxima incidencia

El número de vehículos en operación en un mismo instante de tiempo es una variable que depende principalmente de la actividad del recinto al que pertenece el estacionamiento. Se pueden definir porcentajes de la capacidad total del estacionamiento en base al tipo de uso que tiene el recinto.

Tabla 4.1 Porcentaje de vehículos en operación en un estacionamiento en hora punta

Tipo de uso	Porcentaje de la capacidad del estacionamiento (%)
Continuo (centros comerciales, edificios departamentales)	5 – 10
Otros (estadios deportivos, institucionales, aeropuertos, etc.)	15 - 20

Fuentes: (ASHRAE 2011:15.19), (AENOR 1992:2)

. Número de Estacionamientos = 196 autos (De Memoria Descriptiva y Sótano Edificio Panorama Plaza Negocios)

. Autos en operación o en tránsito = $20\% \cong 40 \text{ Autos}$

Tasa de emisión promedio de monóxido de carbono

Manejar un vehículo dentro de un estacionamiento difiere considerablemente de su uso normal. Cuando un vehículo está saliendo de un estacionamiento, normalmente el motor se encuentra frío y operando a baja velocidad, con una mezcla rica en combustible. Por lo tanto, es en dicho momento donde las emisiones son más críticas.

En la tabla 4.2, se pudieron observar como varían las emisiones y concentraciones de gases en diferentes condiciones de operación de los vehículos.

Tabla 4.2 Emisiones en estacionamientos

	Emisión en caliente		Emisión en frío	
	g/min		g/min	
Estación	1991	1996	1991	1996
Verano, 32°C	2.54	1.89	4.27	3.66
Invierno, 0°C	3.61	3.38	20.74	18.96

. Emisiones de CO Por Auto (Emisión en frío):

$$20.74 \frac{g}{min} \cong 21 \frac{g}{min} = 1260 \frac{g}{h}$$

Tiempo de operación promedio

El tiempo de operación de un vehículo en un estacionamiento depende fundamentalmente del tamaño y forma del estacionamiento, y del número de vehículos que intenten entrar o salir del recinto. Es por ello que el valor de T puede variar entre los 60 a 600 segundos.

Por la geometría del estacionamiento, el tiempo que demoraría un vehículo desde el lote más alejado de la rampa hasta ella sería aproximadamente de 300 segundos (a una velocidad de 5 km/h). Sin embargo, el tiempo que duraría en comenzar la marcha y realizar las maniobras para poder salir del lote serían aproximadamente 120 segundos más. Por lo tanto, el tiempo de operación promedio de un vehículo, T sería de 420 segundos.

Tabla 4.3 Emisiones en estacionamientos

Level	Average Entrance Time, s	Average Exit Time, s
1	35	45
3*	40	50
5	70	100

Source: Stankunas et al. (1980). *Average pass-through time = 30 s.

Fuente: 2007-ASHRAE-Handbook-Parking-Garages Capitulo 13.18

Concentración máxima admisible de monóxido de carbono

Concentración máx. Permitida de CO durante 1 Hora de Exposición. 35 ppm (2007-ASHRAE-Handbook-Parking-Garages – Cap. 13 Pag. 13.17 Fig. 14 Ventilation Requirement for Enclosed Parking)

. Tiempo de recorrido del Auto en el Estacionamiento (θ)

$$(\theta) = 420 \text{ seg.}$$

(2007-ASHRAE-Handbook-Parking-Garages – Cap. 13 Pag. 13.17 Length of Time of Operation).

. Generación total de Monóxido de Carbono (CO):

$$CO = N \times E = 1260 \frac{g}{h} \times 40 = 50\,400 \frac{g}{h}$$

. Rango de Generación de CO por Unidad de Área (G):

$$G = \frac{50\,400 \frac{g}{h}}{65\,735.2 \text{ pie}^2} = 0.77 \frac{g}{h \times \text{pie}^2}$$

. Valor Normalizado de la Generación de CO (f):

$$\text{Si: } G_0 = 26.7 \frac{g}{h \times m^2} = 2.48 \frac{g}{h \times \text{pie}^2}$$

Entonces:

$$\varphi = (f) = \frac{100 \times 0.77}{2.48} = 31.05 \frac{g}{h \times \text{pie}^2}$$

(2007-ASHRAE-Handbook-Parking-Garages – Cap. 13-Pag. 13.18 Ecuación 17).

. Caudal mínimo por unidad de área q^1 :

Si:

$$C = 0.481 \times 10^{-6} \frac{\frac{m^3}{s}}{\frac{m^2}{s}} = 0.468 \times 10^{-4} \text{ cfm} \dots (\text{Para } CO_{\text{máx}} \text{ 35 ppm})$$

$$q^1 = 0.468 \times 10^{-4} \text{ cfm} \times \frac{31.05}{\text{pie}^2 \times \text{seg}} \times 420 \text{ seg} = 0.61 \frac{\text{cfm}}{\text{pie}^2}$$

(2007-ASHRAE-Handbook-Parking-Garages – Cap. 13 Pag. 13.18 Ecuación 18).

. Caudal mínimo de aire para el estacionamiento Q :

$$Q = q' \times Ap = 0.61 \frac{cfm}{ft^2} \times 65\,735.2 \text{ pie}^2 = 40\,098.5 \text{ cfm}$$

. Factor de diseño = 1.2

. Caudal mínimo de aire calculado:

$$Q = 1.2 \times 40\,098.5 \text{ cfm} = 48\,118.2 \text{ cfm}$$

4.3.2. Cálculo según Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) por unidad de área:

. Caudal mínimo en Función al área Q :

$$q' = 12 \frac{m^3/h}{m^2}$$

q' : Obtenido de la norma vigente de RNE.

$$Q = q' \times Ap = 12 \frac{m^3/h}{m^2} \times 6\,107 \text{ m}^2 = 73\,284 \text{ m}^3/h = 43\,133 \text{ cfm}$$

4.3.3. Cálculo según Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) por renovaciones por hora:

. Caudal mínimo en Función al Volumen:

$$N = 5 \text{ renovaciones/hora}$$

$$V_{total} = Ap \times \text{Altura disponible} = 6\,107 \text{ m}^2 \times 2.95 \text{ m} = 18\,015.6 \text{ m}^3 \\ = 636\,215 \text{ pie}^3$$

$$Q_{total} = V_{total} \times N = 636\,215 \text{ pie}^3 \times 5 \frac{\text{renov}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 53\,018 \text{ cfm}$$

(Cálculo Obtenido) \cong 53 040 cfm (Proyectista)

4.4. CALCULO DE CAÍDA DE PRESIÓN

4.4.1. Ecuación de Bernoulli

Es la aplicación del teorema de la conservación de la energía. Establece que entre dos puntos (1 y 2) dentro de un conducto ideal sin fricción donde circula un fluido incompresible se cumple la siguiente expresión:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 + \rho g h_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2 + \rho g h_2$$

Donde:

p = presión hidrostática en Pa

g = Gravedad en $\frac{m}{s^2}$

h = Altura del punto respecto a un plano de referencia, en m.

Considerando las pérdidas por fricción en la ecuación de Bernoulli, se tendría lo siguiente:

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + p_1 + \rho g z_1 = \frac{\rho V_2^2}{2} + p_2 + \rho g z_2 + \Delta p_f$$

Donde:

Δp_f = pérdidas de fricción en Pa

En los sistemas de ventilación, la energía potencial de fluido representada por $\rho g z$ es pequeña en comparación a los demás términos, por lo que puede ser omitida.

Del teorema de Bernoulli se desprende que la presión total del fluido en un punto, es la suma algebraica de las presiones estática y dinámica.

$$p_t = p_e + p_d$$

Dónde:

p_t =: Presión total del fluido, en Pa.

p_e =: Presión estática del fluido, en Pa.

p_d =: Presión dinámica, o de velocidad del fluido, en Pa.

4.4.2. PERDIDAS DE PRESION EN CONDUCTOS DE AIRE

Un sistema de ductos impone una resistencia al flujo de aire la cual debe ser vencida mediante energía mecánica. Esta energía es suministrada por un ventilador.

Si se considera un conducto de aire, en cualquier sección transversal la presión total H es la suma de la presión estática P y la presión de velocidad H_v , o sea:

$$H = P + H_v \dots\dots\dots (1)$$

Si se considera aire con una densidad de $0.075 \text{ lbm}/\text{pie}^3$, se tiene que:

$$Hv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 \dots\dots\dots(2)$$

Siendo:

Hv: Presion de velocidad, en unidades de pulg. de H_2O

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(3)$$

v : Velocidad, $\frac{\text{pie}}{\text{min}}$

Q : Flujo de Aire, $\frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

A : Area de Seccion Transversal del ducto en pie^2

4.4.3. Perdidas de Friccion

Esta perdida de presion se puede evaluar mediante la ecuacion de Fanning's:

$$\Delta P_f = f \left(\frac{L}{R_h}\right) \rho \frac{v^2}{2g_c} \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

ΔP_f : Perdidas de presion por friccion, $\frac{\text{lb f}}{\text{pies}^2}$

f : Factor de friccion.
(Depende del numero de Reynolds y de la rugosidad del conducto)
(Factor de Moody)

L : Longitud del ducto, pie

R_h : Radio hidraulico, $\text{pie} = \frac{D}{4}$ para ductos circulares

D : Diametro, pie

ρ : Densidad del fluido, $\frac{\text{lbm}}{\text{pie}^3}$

v : Velocidad, pie/seg

g_c : Constante gravitacional = $32 \text{ lbm} \frac{\text{pie}}{\text{lb f seg}^2}$

En base a la anterior ecuación ha sido posible presentar los resultados experimentales en gráficos conocidos como cartas de fricción de aire para ductos circulares (Gráfico N° 2). Estas cartas están basadas en aire a 70 Fahrenheit y con densidad de $0.075 \frac{lbm}{ft^3}$ y en ductos de lámina de acero galvanizado. Estas cartas pueden ser usadas para conductos que transportan aire con temperaturas en el rango de 50 Fahrenheit – 90 Fahrenheit ya que variaciones en la temperatura del aire de $\pm 20^\circ$ de $70^\circ F$, afectan muy poco la fricción.

Para sistemas de ductos que transportan aire a otras temperaturas así como también cuando el material del conducto es diferente a lámina de acero galvanizado, se tiene que recurrir a factores de corrección.

La pérdida de presión debida a la fricción es mayor en ductos rectangulares que en ductos circulares para la misma área de sección transversal. Ahora bien, con el objeto de utilizar las ecuaciones de pérdidas de fricción y la carta de fricción correspondiente a ductos circulares, se define para los ductos rectangulares un diámetro circular equivalente en el cual se producirá la misma pérdida de fricción por unidad de longitud que el ducto rectangular, para la misma cantidad de aire.

4.4.4. Metodo de cálculo de Pérdida de Presión para el Sistema de Extraccion.

4.4.4.1. Método de igual Fricción.

La resolución de caída de presión del Sistema se hará por el método de igual fricción.

(Según ASHRAE HANDBOOK OF FUNDAMENTALS, Edición 2000 capítulo 17.10)

Procedimiento:

a) Teniendo el caudal de diseño para extracción. $Q_{diseño}$

$$Q_{diseño} \cong 53\,040 \frac{pie^3}{min} \text{ (Proyectista)}$$

Por las dimensiones de los sótanos, para poder realizar una distribución de ductos adecuada se implementara 02 extractores centrífugos de gabinete por lo que se hará el cálculo para uno de ellos, con un caudal:

$$Q_{extractor} = \frac{53\,040 \frac{pie^3}{min}}{2} = 26520 \frac{pie^3}{min}$$

Para el cálculo de los terminales u rejillas de extracción se utilizara la siguiente tabla:

Tabla 4.4 Velocidad de captación permisible.

Atendiendo al ruido en bocas de captación Ambiente:	Velocidad del aire (m/s)
Zonas públicas comerciales	
A niveles de ocupantes en	3 a 4
Cerca de personas sentadas	2 a 3
Bocas en parte baja de puertas	3 a 3.5
Persianas en las paredes	2.5 a 5
Captaciones a nivel del techo	4 a más
Naves industriales	5 a 10
Sistemas de alta velocidad	2 a 4

Fuente: (Salvador Escoda 1998:68)

De la tabla 4.4 asumimos una velocidad en las rejillas de captación igual a:

$$V = 2 \frac{m}{s} \cong 400 \frac{pie}{min}$$

También podemos asumir arbitrariamente la dimensión de la rejilla respetando la velocidad de captación seleccionada.

Si el Área de la Rejilla de extracción $Area_{RE}$:

$$Area_{RE} = 0.7m \times 0.7m = 0.49 m^2 = 5.27 pie^2$$

Hallemos el número de Rejillas de Extracción:

$$Q_{total} = v_{CAPTACION} \times A_{TOTAL DE CAPTACION}$$

$$= v_{CAPTACION} \times Numero_{rejillas} \times A_{cada\ rejilla}$$

Despejando:

$$Numero_{rejillas} = Q_{total} / (v_{CAPTACION} \times A_{TOTAL DE CAPTACION})$$

$$Numero_{rejillas} = \left(26\,520 \frac{pie^3}{min} \right) / \left(400 \frac{pie}{min} \times 5.27 pie^2 \right)$$

$$Numero_{rejillas} = 12.58 \cong 13 \text{ Rejillas}$$

Distribuyendo las rejillas entre los estacionamientos y en las zonas de flujo estanco. Se elabora el esquema del sistema de extracción, planteando el recorrido del ducto.

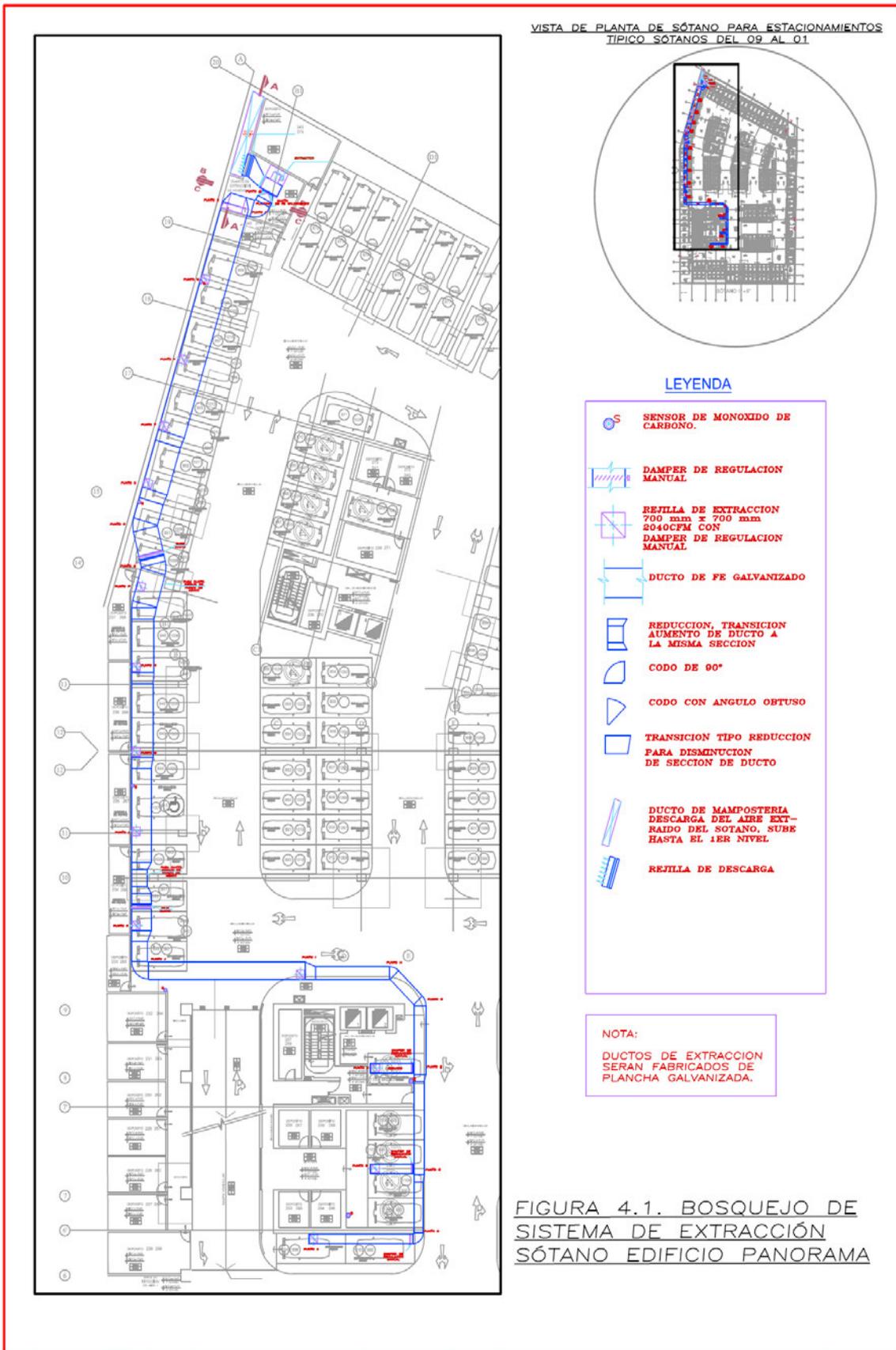


Fig. 4.1. Bosquejo de Sistema de Extracción 1 - Sótano Edificio Panorama

$$\text{Dónde: } Q_1 = Q_2 = \dots = Q_{13} = \frac{Q_{TOTAL}}{NREJILLAS} = \frac{26520 \text{ pie}^3/\text{min}}{13} = 2040 \text{ pie}^3/\text{min}$$

El esquema de recorrido de ducto se ha realizado de acuerdo a las condiciones en campo.

- a) En base a la Tabla 4.5. se selecciona la velocidad del primer tramo principal.

Tabla 4.5. Velocidades máximas recomendadas para conductos de aire.

Aplicación	Velocidad Ducto Principal
Residencias	800 - 1200
Escuelas, teatros, auditorios, edificios públicos	1100 - 1600
Edificios Industriales	1300 - 2200

Fuente: APUNTES DE AIRE ACONDICIONADO – UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERIA – TOMO DOS – DECIMA EDICION – AUTOR MIGUEL COHEN

Seleccionamos una velocidad de $V = 1600 \text{ ft}/\text{min}$

- b) Con esta velocidad y el flujo de aire total, o sea $Q = 26520 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Del Anexo 3, determinamos de carta grafica para selección de factor de fricción

$$f = 0.14 \frac{\text{pulg } H_2O}{100 \text{ ft long. equivalente}}$$

- c) Con este valor de f y el flujo de aire de cada tramo, de la misma carta del Anexo 3, se determina el diámetro circular equivalente y su conversión a ducto rectangular de la tabla del Anexo 4, para luego calcular su pérdida de presión correspondiente en base a su longitud equivalente:

En el Tramo AC

Factor de fricción $f = 0.14$

Caudal $Q = 2040 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 20.48 \text{ pulg} = 520 \text{ mm}$$

Tabla NI del Anexo 4: Ducto rectangular de 800 mm x 300 mm

$$\text{Pérdida de Presión AC} = \Delta P_{AC} = \frac{0.14}{100} \times \frac{13.5m}{0.3048} = 0.062 \text{ pulg. } H_2O$$

En el Tramo CD

Factor de fricción $f = 0.14$

Caudal $Q = 2040 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 20.48 pulg. = 520 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 800 mm x 300 mm

$$\text{Pérdida de Presión CD} = \Delta P_{CD} = \frac{0.14}{100} \times \frac{3.8m}{0.3048} = 0.017 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo CE

Factor de fricción $f = 0.14$

Caudal $Q = 4080 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 28.6 pulg. = 726 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 900 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión CE} = \Delta P_{CE} = \frac{0.14}{100} \times \frac{8.5m}{0.3048} = 0.039 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo FE

Factor de fricción $f = 0.14$

Caudal $Q = 2040 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 20.48 pulg. = 520 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 800 mm x 300 mm

$$\text{Pérdida de Presión FE} = \Delta P_{FE} = \frac{0.14}{100} \times \frac{3.8m}{0.3048} = 0.017 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo EI

Factor de fricción $f = 0.14$

Caudal $Q = 6120 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 30.66 pulg. = 779 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 1050 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión EI} = \Delta P_{EI} = \frac{0.14}{100} \times \frac{25.5m}{0.3048} = 0.1171 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo IK

$$\text{Factor de fricción } f = 0.14$$

$$\text{Caudal } Q = 8160 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 34.8 \text{ pulg.} = 886 \text{ mm}$$

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 1400 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión IK} = \Delta P_{IK} = \frac{0.14}{100} \times \frac{16.5m}{0.3048} = 0.076 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo KL

$$\text{Factor de fricción } f = 0.14$$

$$\text{Caudal } Q = 10200 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 38.4 \text{ pulg.} = 976 \text{ mm}$$

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 1750 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión KL} = \Delta P_{KL} = \frac{0.14}{100} \times \frac{5.2m}{0.3048} = 0.024 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo LM

$$\text{Factor de fricción } f = 0.14$$

$$\text{Caudal } Q = 12240 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 38.4 \text{ pulg.} = 976 \text{ mm}$$

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 1750 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión LM} = \Delta P_{LM} = \frac{0.14}{100} \times \frac{6.6m}{0.3048} = 0.030 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo MN

$$\text{Factor de fricción } f = 0.14$$

$$\text{Caudal } Q = 14280 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 39.8 \text{ pulg.} = 1012 \text{ mm}$$

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 1950 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión MN} = \Delta P_{MN} = \frac{0.14}{100} \times \frac{7m}{0.3048} = 0.032 \text{ pulg. } H_2O$$

En el Tramo NP

Factor de fricción $f = 0.14$

$$\text{Caudal } Q = 16320 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 40.7 \text{ pulg.} = 1034\text{mm}$$

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 2000 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión NP} = \Delta P_{NP} = \frac{0.14}{100} \times \frac{7m}{0.3048} = 0.023 \text{ pulg. } H_2O$$

En el Tramo PS

Factor de fricción $f = 0.14$

$$\text{Caudal } Q = 18360 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 42.4 \text{ pulg.} = 1076\text{mm}$$

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 2200 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión PS} = \Delta P_{PS} = \frac{0.14}{100} \times \frac{7.2}{0.3048} = 0.033 \text{ pulg. } H_2O$$

En el Tramo ST

Factor de fricción $f = 0.14$

$$\text{Caudal } Q = 20400 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 43.2 \text{ pulg.} = 1097\text{mm}$$

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 2300 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión ST} = \Delta P_{ST} = \frac{0.14}{100} \times \frac{5}{0.3048} = 0.023 \text{ pulg. } H_2O$$

En el Tramo TY

Factor de fricción $f = 0.14$

$$\text{Caudal } Q = 22440 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 44 \text{ pulg.} = 1116 \text{ mm}$$

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 2400 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión TY} = \Delta P_{TY} = \frac{0.14}{100} \times \frac{5.8}{0.3048} = 0.027 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo WY

Factor de fricción $f = 0.14$

Caudal $Q = 24\,480 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 44 pulg. = 1116 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 2400 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión WY} = \Delta P_{WY} = \frac{0.14}{100} \times \frac{7}{0.3048} = 0.032 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo YZ

Factor de fricción $f = 0.14$

Caudal $Q = 26\,520 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 44 pulg. = 1116 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 2400 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión WY} = \Delta P_{WY} = \frac{0.14}{100} \times \frac{8}{0.3048} = 0.037 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el cuadro de la siguiente página se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

TABLA 4.6.

Resumen de Resultados de Dimensionamiento de ductos y Pérdidas de Presión por longitud, para Extracción. Método de fricción constante.

TRAMO	FLUJO ($\frac{pie^3}{min}$)	Longitud de ducto (m)	Diámetro Equivalente (mm)	Dimensión (mm x mm)	Pérdida de Presión (pulg. H_2O)
AC	2040	13.5	520	800 X 300	0.062
CD	2040	3.8	520	800 X 300	0.017
CE	4080	8.5	726	900 X 500	0.039
FE	2040	3.8	520	800 X 300	0.017
EI	6120	25.5	779	1050 X 500	0.117
IK	8160	16.5	886	1400 X 500	0.076
KL	10200	5.2	976	1750 X 500	0.024
ML	12240	6.6	976	1750 X 500	0.03
MN	14280	7	1012	1950 X 500	0.032
NP	16320	7	1034	2000 X 500	0.023
PS	18360	7.2	1076	2200 X 500	0.033
ST	20 400	5	1097	2300 X 500	0.023
TY	22440	5.8	1116	2400 X 500	0.027
WY	24480	7	1116	2400 X 500	0.032
YZ	26520	8	1116	2400 X 500	0.037

4.4.4.2. CAÍDA DE PRESIÓN EN ACCESORIOS.

Para las caídas de presiones dinámicas, tales como reducciones, desvíos, codos, brazos.

Se aplica las siguiente fórmulas Utilizadas (ASHRAE HANDBOOK OF FUNDAMENTALS, Edición 2001 capítulo 34);

Presión de velocidad (pulgadas de columna de H_2O)

$$pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 \dots\dots\dots \text{Condición estándar}$$

Pérdidas dinámicas (pulgadas de columna de H_2O)

$$dp = Co \times pv \dots\dots \text{Donde } Co \text{ se obtiene de tablas*}$$

Pérdidas por fricción (pulgadas de columna de H_2O)

$$dpf = \text{long de ducto} \times \frac{\text{caída de presión}}{100 \text{ pies de ducto}}$$

$$dpf = \text{long de ducto} \times f$$

$$dpf = \text{long de ducto} \times \frac{0.14 \text{ pulg. } H_2O}{100 \text{ pies de ducto}}$$

Dónde:

$$V = \frac{Q}{A} \left(\frac{\text{pie}}{\text{min}} \right)$$

* Para la tabla, ver referencia del documento (ASHRAE Fundamentals, edición 2009, Cap. 21)

Nota:

El cálculo de pérdidas por accesorios se realiza utilizando las tablas de coeficientes de pérdidas del Libro Manual de Ventilación Páginas. 53-64. (Salvador Escoda Segunda Edición).

Y tomando los valores de la siguiente tabla.

TABLA 4.7.

Datos necesarios para el cálculo de la pérdida de fricción por accesorios.
Sistema de Extracción

TRAMO	FLUJO ($\frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$)	Longitud equivalente (m)	Diámetro Equivalent e (mm)	Dimensión (mm x mm)	Perdida de Presión (pulg. H_2O)	Velocidad ($\frac{\text{pie}}{\text{min}}$)	$pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2$ (pulg. H_2O)
AC	2040	13,5	520	800 X 300	0,062	892	0,050
CD	2040	3,8	520	800 X 300	0,017	892	0,050
CE	4080	8,5	726	900 X 500	0,039	916	0,052
FE	2040	3,8	520	800 X 300	0,017	892	0,050
EI	6120	25,5	779	1050 X 500	0,117	1193	0,089
IK	8160	16,5	886	1400 X 500	0,076	1230	0,094
KL	10200	5,2	976	1750 X 500	0,024	1267	0,100
ML	12240	6,6	976	1750 X 500	0,03	1520	0,144
MN	14280	7	1012	1950 X 500	0,032	1649	0,170
NP	16320	7	1034	2000 X 500	0,023	1806	0,203
PS	18360	7,2	1076	2200 X 500	0,033	1876	0,219
ST	20400	5	1097	2300 X 500	0,023	2005	0,251
TY	22440	5,8	1116	2400 X 500	0,027	2131	0,283
WY	24480	7	1116	2400 X 500	0,032	2325	0,337
WZ	26520	8	1116	2400 X 500	0,037	2519	0,396

Calculo de Perdidas por accesorios de acuerdo a lo diseñado:

1) Descarga con Dámper.

$$\text{Área de descarga} = 1.8 \text{ m} \times 1.8 \text{ m} = 3.24 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie libre del dámper} = 3.24 \times 0.9 = 2.92 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie del conducto} = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Para } \frac{\text{Superficie libre del Damper}}{\text{Superficie del conducto}} = 2.9 \quad C_o = 0.9$$

$$\text{Entonces } p_v = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{2500}{4005}\right)^2 = 0.39 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = C_o \times p_v = 0.9 \times 0.39 = 0.351 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

2) Reducción de acople al Ventilador.

$$\text{Para un } \alpha = 18^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.7$$

$$C_o = 0.42$$

$$\text{Entonces } p_v = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{2500}{4005}\right)^2 = 0.39 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = C_o \times p_v = 0.42 \times 0.39 = 0.16 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

3) Codo.

$$\text{Para un } R/D = 0.7 \text{ \& } A/B = 1$$

$$C_o = 0.2$$

$$\text{Entonces } p_v = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{2500}{4005}\right)^2 = 0.39 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = C_o \times p_v = 0.2 \times 0.39 = 0.078 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

4) Codo.

Para un $R/D = 0.7$ & $A/B = 1$

$$Co = 0.2$$

Entonces $pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \left(\frac{2500}{4005}\right)^2 = 0.39$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = Co \times pv = 0.2 \times 0.39 = 0.078 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

5) Reducción de ducto.

Para un $\alpha = 5^\circ$ y un $D/D_1 = 0.95$

$$Co = 0.1$$

Entonces $pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \left(\frac{2000}{4005}\right)^2 = 0.25$

$$dp = Co \times pv = 0.1 \times 0.25 = 0.025 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

6) Reducción de ducto.

Para un $\alpha = 5^\circ$ y un $D/D_1 = 0.95$

$$Co = 0.1$$

Entonces $pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1876}{4005}\right)^2 = 0.22$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = Co \times pv = 0.1 \times 0.22 = 0.022 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

7) Codos obtusos, por desvíos de ducto.

Para un $\alpha = 135^\circ$

$$Co = 0.55$$

Entonces $pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1876}{4005}\right)^2 = 0.22$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = Co \times pv = 0.55 \times 0.22 = 0.121 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = 2Codos \times 0.121 = 0.242 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

8) Reducción de ducto.

$$\text{Para un } \alpha = 10^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.9$$

$$Co = 0.1$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1806}{4005}\right)^2 = 0.2 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = Co \times pv = 0.1 \times 0.20 = 0.02 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

9) Reducción de ducto.

$$\text{Para un } \alpha = 5^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.95$$

$$Co = 0.1$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1649}{4005}\right)^2 = 0.170 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = Co \times pv = 0.1 \times 0.17 = 0.017 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

10) Reducción de ducto.

$$\text{Para un } \alpha = 7^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.92$$

$$Co = 0.05$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1520}{4005}\right)^2 = 0.144 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = Co \times pv = 0.05 \times 0.144 = 0.0072 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

11) Estrangulamiento de ducto.

Reducción y Aumento

$$\text{Para un } \alpha = 16^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.8$$

$$Co = 0.16$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1267}{4005}\right)^2 = 0.1 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = 2xCo x pv = 2x 0.16 x 0.1 = 0.032 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

12) Reducción.

$$\text{Para un } \alpha = 16^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.8$$

$$Co = 0.16$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1230}{4005}\right)^2 = 0.094$$

$$dp = Co x pv = 0.16 x 0.094 = 0.015 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

13) Codo.

$$\text{Para un } R/D = 0.7 \text{ \& } W/D = \frac{500}{1400} = 0.357$$

$$Co = 0.28$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1230}{4005}\right)^2 = 0.094$$

$$dp = Co x pv = 0.28 x 0.094 = 0.026 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

14) Codos obtusos, por desvíos de ducto.

$$\text{Para un } \alpha = 135^\circ$$

$$Co = 0.55$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1193}{4005}\right)^2 = 0.089$$

$$dp = Co x pv = 0.55 x 0.089 = 0.049 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = 2Codos x 0.049 = 0.098 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

15) Reducción.

Para un $\alpha = 7^\circ$ y un $D/D_1 = 0.75$

$$Co = 0.05$$

Entonces $pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \left(\frac{916}{4005}\right)^2 = 0.052$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = Co \times pv = 0.05 \times 0.052 = 0.003 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

16) Reducción.

Para un $\alpha = 5^\circ$ y un $D/D_1 = 0.9$

$$Co = 0.05$$

Entonces $pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \left(\frac{892}{4005}\right)^2 = 0.05$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = Co \times pv = 0.05 \times 0.05 = 0.0025 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

17) Separación de caudales.

$$\frac{Q_{FE}}{Q_{GE}} = \frac{2040}{6120} = 0.3$$

$$Co = 0.885$$

Entonces $pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \left(\frac{892}{4005}\right)^2 = 0.05$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = Co \times pv = 0.885 \times 0.05 = 0.044 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

18) Separación de caudales.

$$\frac{Q_{FE}}{Q_{GE}} = \frac{2040}{4080} = 0.5$$

$$Co = 0.925$$

Entonces $pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \left(\frac{892}{4005}\right)^2 = 0.05$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = Co \times pv = 0.925 \times 0.05 = 0.046 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

19) Codo.

$$\text{Para un } R/D = 0.5 \text{ y } W/D = 0.375$$

$$Co = 0.35$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{892}{4005}\right)^2 = 0.05 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = Co \times pv = 0.35 \times 0.05 = 0.0175 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

20) Dampers

$$\text{Para un } D^1/D = 0.8 \text{ y } \alpha = 7^\circ$$

$$Co = 0.2$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{892}{4005}\right)^2 = 0.05 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$\begin{aligned} dp (1 \text{ damper}) &= Co \times pv = 0.2 \times 0.05 \\ &= 0.01 \text{ pulg. Columna de } H_2O \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dp (3 \text{ damper}) &= Co \times pv = 3 \times 0.2 \times 0.05 \\ &= 0.03 \text{ pulg. Columna de } H_2O \end{aligned}$$

21) Rejillas

$$\frac{\text{Area Libre Rejilla}}{\text{Area Total del conducto}} = 0.8$$

$$Co = 0.15$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{400}{4005}\right)^2 = 0.01 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$\begin{aligned} dp (1 \text{ Rejilla}) &= Co \times pv = 0.15 \times 0.01 \\ &= 0.0015 \text{ pulg. Columna de } H_2O \end{aligned}$$

$$dp (13 \text{ Rejillas}) = Co \times pv = 13 \times 0.15 \times 0.01 \\ = 0.0195 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

Entonces determinaremos ahora la trayectoria más favorable para obtener así la pérdida de fricción total:

$$H = Pe + Pd \text{ (Pulgadas de Columna de } H_2O)$$

H

$$= (\Delta P_{REJILLA \text{ DE CAPTACION}} + \Delta P_{AC} + \Delta P_{CODO \text{ EN B}} \\ + \Delta P_{DAMPER \text{ EN B}} + \Delta P_{T \text{ EN C}} + \Delta P_{CE} + \Delta P_{T \text{ en E}} \\ + \Delta P_{EI} + \Delta P_{CODOS \text{ OBTUSOS en EI}} + \Delta P_{IK} + \Delta P_{codo \text{ en J}} \\ + \Delta P_{KL} + \Delta P_{TRANSICION \text{ KL}} + \Delta P_{LM} + \Delta P_{MN} + \Delta P_{NP} \\ + \Delta P_{CODOS \text{ OBTUSOS en O}} + \Delta P_{PR} \\ + \Delta P_{CODOS \text{ OBTUSOS en Q}} + \Delta P_{RS} + \Delta P_{ST} + \Delta P_{TY} \\ + \Delta P_{YW} + \Delta P_{WZ} + \Delta P_{codo \text{ en X}} + \Delta P_{codo \text{ en Y}} \\ + \Delta P_{REDUCCIONES} + \Delta P_{DESCARGA \text{ REJILLA A MONTANTE}}$$

Tomando los valores de los cálculos:

H

$$= 0.555 \text{ (perdidas por longitud equivalente de ducto)}$$

$$+ 1.2957 \text{ (perdidas dinamicas en accesorios)}$$

$$H = 1.8507 \text{ Pulgadas de Columna de } H_2O$$

Considerando como Caída de Presión de Diseño.

$$H = 2 \text{ Pulgadas de Columna de } H_2O \text{ (Perdida totales)}$$

4.4.5. Metodo de cálculo de Pérdida de Presión para el Sistema de Inyeccion.

4.4.5.1. Método de igual Fricción.

De la tabla 4.4 asumimos una velocidad en las rejillas de captación igual a:

$$V = 2 \frac{m}{s} \cong 400 \frac{pie}{min}$$

También podemos asumir arbitrariamente la dimensión de la rejilla respetando la velocidad de captación seleccionada.

Si el Área de la Rejilla de suministro $Area_{RS}$:

$$Area_{RE} = 0.8m \times 0.8m = 0.64 m^2 = 6.89 pie^2$$

Halleemos el número de Rejillas de Extracción:

$$Q_{total} = v_{CAPTACION} \times A_{TOTAL DE CAPTACION}$$

$$= v_{CAPTACION} \times \text{Numero}_{rejillas} \times A_{cada\ rejilla}$$

Despejando:

$$\text{Numero}_{rejillas} = Q_{total} / (v_{CAPTACION} \times A_{TOTAL DE CAPTACION})$$

$$\text{Numero}_{rejillas} = \left(26\,500 \text{ pie}^3 / \text{min} \right) / \left(400 \text{ pie} / \text{min} \times 6.89 \text{ pie}^2 \right)$$

$$\text{Numero}_{rejillas} = 9.62 \cong 10 \text{ Rejillas}$$

Distribuyendo las rejillas entre los estacionamientos y en las zonas de impulsión de aire. Se elabora el esquema del sistema de inyección de aire.

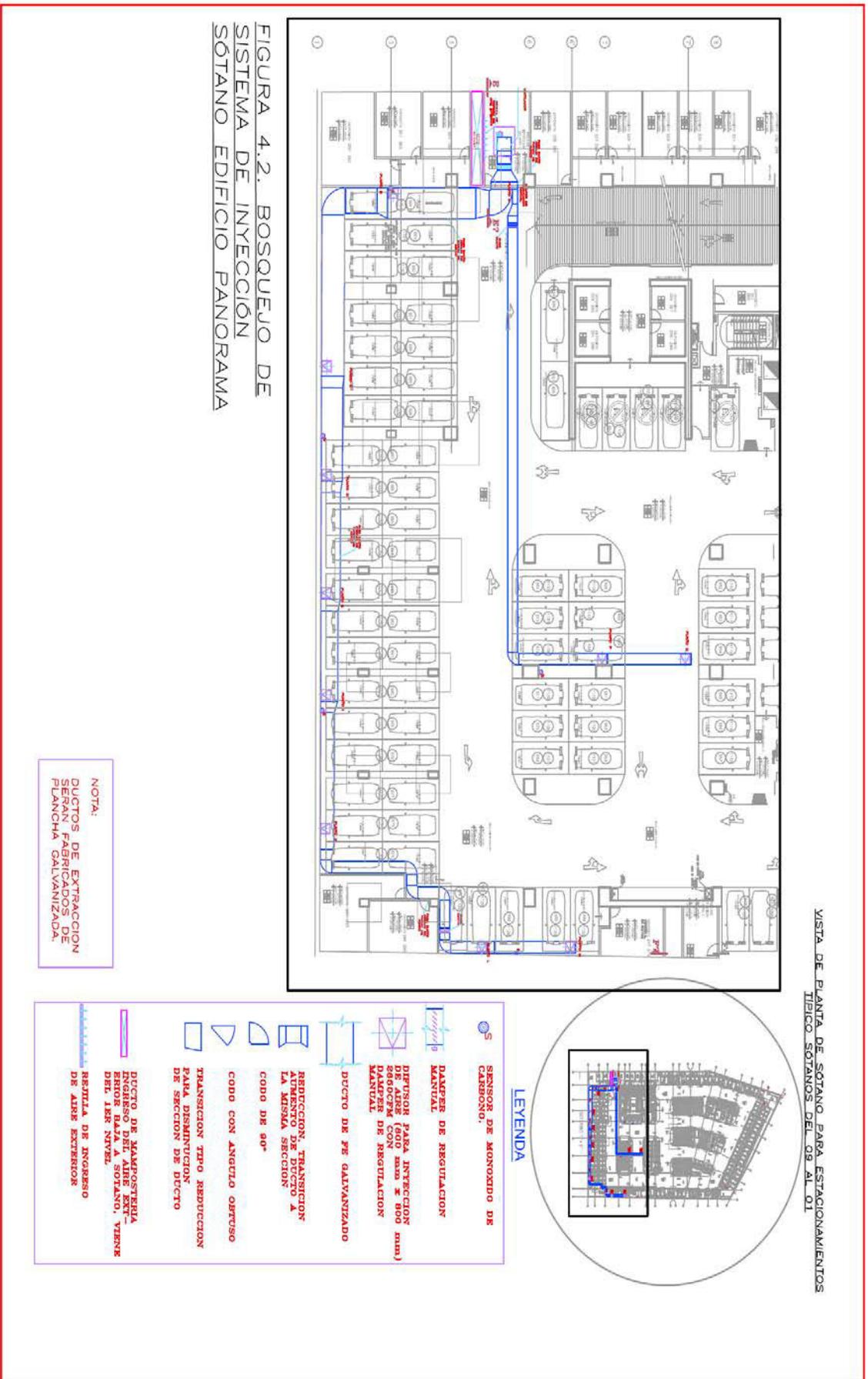


Fig. 4.2. Bosquejo de Sistema de Inyección 1 - Sótano Edificio Panorama

Del cálculo ya visto para el sistema de extracción y de la Tabla 4.5:
 Seleccionamos una velocidad de $V = 2000 \text{ ft/min}$

d) Con esta velocidad y el flujo de aire total, o sea $Q = 26500 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Del Anexo 3, determinamos de carta grafica para selección de factor de fricción

$$f = 0.08 \frac{\text{pulg } H_2O}{100 \text{ ft long. equivalente}}$$

e) Con este valor de f y el flujo de aire de cada tramo, de la misma carta del Anexo 3, se determina el diámetro circular equivalente y su conversión a ducto rectangular de la tabla del Anexo 4, para luego calcular su pérdida de presión correspondiente en base a su longitud equivalente:

En el Tramo AB

Factor de fricción $f = 0.08$

Caudal $Q = 21200 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 44 pulg = 1120 mm

Tabla NI del Anexo 4: Ducto rectangular de 2400 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión AB} = \Delta P_{AB} = \frac{0.08}{100} \times \frac{7.8m}{0.3048} = 0.020 \text{ pulg. } H_2O$$

En el Tramo BC

Factor de fricción $f = 0.08$

Caudal $Q = 18550 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 40.7 pulg. = 1034 mm

Tabla NI del Anexo 4: Ducto rectangular de 2000 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión BC} = \Delta P_{BC} = \frac{0.08}{100} \times \frac{15.3m}{0.3048} = 0.040 \text{ pulg. } H_2O$$

En el Tramo CD

Factor de fricción $f = 0.08$

Caudal $Q = 15900 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 39 \text{ pulg.} = 991 \text{ mm}$$

Tabla NI del Anexo 4: Ducto rectangular de 1850 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión CD} = \Delta P_{CD} = \frac{0.08}{100} \times \frac{7.5 \text{ m}}{0.3048} = 0.020 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo DE

Factor de fricción $f = 0.08$

$$\text{Caudal } Q = 13250 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 38 \text{ pulg.} = 965 \text{ mm}$$

Tabla NI del Anexo 4: Ducto rectangular de 1700 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión DE} = \Delta P_{DE} = \frac{0.08}{100} \times \frac{8.4 \text{ m}}{0.3048} = 0.022 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo EI

Factor de fricción $f = 0.08$

$$\text{Caudal } Q = 10600 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 36 \text{ pulg.} = 914 \text{ mm}$$

Tabla NI del Anexo 4: Ducto rectangular de 1500 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión EI} = \Delta P_{EI} = \frac{0.08}{100} \times \frac{7.1 \text{ m}}{0.3048} = 0.019 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo IK

Factor de fricción $f = 0.08$

$$\text{Caudal } Q = 7950 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

$$\text{Diámetro equivalente} = 32 \text{ pulg.} = 813 \text{ mm}$$

Tabla NI del Anexo 4: Ducto rectangular de 1200 mm x 500 mm

$$\text{Pérdida de Presión IK} = \Delta P_{IK} = \frac{0.08}{100} \times \frac{10.7 \text{ m}}{0.3048} = 0.028 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo KL

Factor de fricción $f = 0.08$

$$\text{Caudal } Q = 5300 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente
Diámetro equivalente = 27 pulg. = 690 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 900 mm x 450 mm

$$\text{Perdida de Presion KL} = \Delta P_{KL} = \frac{0.08}{100} \times \frac{15.6 \text{ m}}{0.3048} = 0.041 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo LM

Factor de fricción $f = 0.08$

$$\text{Caudal } Q = 2650 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 20.7 pulg. = 530 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 900 mm x 280 mm

$$\text{Perdida de Presión LM} = \Delta P_{LM} = \frac{0.08}{100} \times \frac{7.2 \text{ m}}{0.3048} = 0.019 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo AP

Factor de fricción $f = 0.08$

$$\text{Caudal } Q = 5300 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 27 pulg. = 690 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 900 mm x 450 mm

$$\text{Perdida de Presión MN} = \Delta P_{MN} = \frac{0.08}{100} \times \frac{41.9 \text{ m}}{0.3048} = 0.11 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el Tramo PQ

Factor de fricción $f = 0.08$

$$\text{Caudal } Q = 2650 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Gráfico del Anexo 3 Diámetro equivalente

Diámetro equivalente = 20.7 pulg. = 530 mm

Tabla N1 del Anexo 4: Ducto rectangular de 900 mm x 280 mm

$$\text{Perdida de Presión PQ} = \Delta P_{PQ} = \frac{0.08}{100} \times \frac{7.4 \text{ m}}{0.3048} = 0.019 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

TABLA 4.8.

Resumen de Resultados de Dimensionamiento de ductos y Pérdidas de Presión por longitud. Método de fricción constante. Para el Sistema de Inyección

TRAMO	FLUJO $\frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$	Longitud equivalente (m)	Diámetro Equivalente (mm)	Dimension (mm x mm)	Pérdida de Presion (pulg. Columna de H_2O)
A	26500	0.6	1120	2400 X 500	0.001
AB	21200	7.8	1120	2400 X 500	0.02
BC	18550	15.3	1034	2000 X 500	0.04
CD	15900	7.5	991	1850 X 500	0.039
DE	13250	8.4	965	1700 X 500	0.022
EI	10600	7.1	914	1500 X 500	0.019
IK	7950	10.7	813	1200 X 500	0.028
KL	5300	15.6	690	900 X 450	0.041
LM	2650	7.2	530	900 X 280	0.019
AP	5300	41.9	690	900 X 450	0.11
PQ	2650	7.4	530	900 X 280	0.019

Debido a que el sistema es de suministro de aire se produce una recuperación que viene dada por la siguiente expresión:

$$V_x = \text{velocidad del tramo A} : 2050 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

$$V_y = \text{velocidad del tramo LM} : 977 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

$$P_r^x = 0.3 \left[\left(\frac{2050}{4005} \right)^2 - \left(\frac{977}{4005} \right)^2 \right]$$

$$P_r^x = 0.3[0.262 - 0.060] = 0.06 \text{ pulg. } H_2O$$

TABLA 4.9.

Datos necesarios para el cálculo de la pérdida de fricción por accesorios.
Sistema de Inyección

TRAMO	FLUJO $\frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$	Longitud equivalente (m)	Diámetro Equivalente (mm)	Dimension (mm x mm)	Pérdida de Presion (pulg. Columna de H_2O)	Velocidad $\frac{\text{pie}}{\text{min}}$	$pv = \left(\frac{V}{4005}\right)^2$ (pulg. Columna de H_2O)
A	26500	0.6	1120	2400 X 500	0.001	2052	0.262
AB	21200	7.8	1120	2400 X 500	0.02	1641	0.168
BC	18550	15.3	1034	2000 X 500	0.04	1723	0.185
CD	15900	7.5	991	1850 X 500	0.039	1597	0.159
DE	13250	8.4	965	1700 X 500	0.022	1448	0.131
EI	10600	7.1	914	1500 X 500	0.019	1313	0.107
IK	7950	10.7	813	1200 X 500	0.028	1231	0.094
KL	5300	15.6	690	900 X 450	0.041	1216	0.092
LM	2650	7.2	530	900 X 280	0.019	977	0.060
AP	5300	41.9	690	900 X 450	0.11	1216	0.092
PQ	2650	7.4	530	900 X 280	0.019	977	0.060

Calculo de Perdidas por accesorios de acuerdo a lo diseñado:

Nota:

Recordar que el cálculo de pérdidas por accesorios se realiza utilizando las tablas de coeficientes de pérdidas del Libro Manual de Ventilación Paginas. 53-64. Salvador Escoda Segunda Edición).

- 1) Reducción de acople al Ventilador.

Para un $\alpha = 34^\circ$ y un $D/D_1 = 0.7$

$$Co = 0.65$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{2050}{4005}\right)^2 = 0.262 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = Co \times pv = 0.65 \times 0.262 = 0.17 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

2) Separación de caudales.

$$\frac{Q_{AB}}{Q_A} = \frac{21200}{26500} = 0.8$$

$$Co = 0.29$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1641}{4005}\right)^2 = 0.168 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = Co \times pv = 0.29 \times 0.168 = 0.049 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

3) Codo.

$$\text{Para un } R/D = 0.06 \text{ \& } \frac{A}{B} = 0.26$$

$$Co = 1.2$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1641}{4005}\right)^2 = 0.168 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = Co \times pv = 1.2 \times 0.168 = 0.202 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

4) Reducción de ducto.

$$\text{Para un } \alpha = 11.5^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.8$$

$$Co = 0.12$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1641}{4005}\right)^2 = 0.168 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = Co \times pv = 0.12 \times 0.168 = 0.020 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

5) Reducción de ducto.

$$\text{Para un } \alpha = 24^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.83$$

$$C_o = 0.22$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1723}{4005}\right)^2 = 0.185 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = C_o \times pv = 0.22 \times 0.185 = 0.041 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

6) Codo.

$$\text{Para un } R/D = 0.05 \text{ \& } \frac{A}{B} = 0.25$$

$$C_o = 1.2$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1723}{4005}\right)^2 = 0.185 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = C_o \times pv = 1.2 \times 0.185 = 0.222 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

7) Reducción de ducto.

$$\text{Para un } \alpha = 9.5^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.92$$

$$C_o = 0.08$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1597}{4005}\right)^2 = 0.159 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = C_o \times pv = 0.08 \times 0.159 = 0.013 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

8) Reducción de ducto.

$$\text{Para un } \alpha = 9.5^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.92$$

$$C_o = 0.08$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1448}{4005}\right)^2 = 0.131 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = C_o \times pv = 0.08 \times 0.131 = 0.0105 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

9) Reducción de ducto.

Para un $\alpha = 12.5^\circ$ y un $D/D_1 = 0.88$

$$C_o = 0.05$$

Entonces $pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1313}{4005}\right)^2 = 0.107$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = C_o \times pv = 0.05 \times 0.107 = 0.0054 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

10) Reducción de ducto.

Para un $\alpha = 18.4^\circ$ y un $D/D_1 = 0.8$

$$C_o = 0.18$$

Entonces $pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1231}{4005}\right)^2 = 0.094$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = C_o \times pv = 0.18 \times 0.094 = 0.017 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

11) Reducción de ducto.

Para un $\alpha = 18.4^\circ$ y un $D/D_1 = 0.75$

$$C_o = 0.2$$

Entonces $pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1216}{4005}\right)^2 = 0.092$ pulg. Columna de H_2O

$$dp = C_o \times pv = 0.2 \times 0.092 = 0.0184 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

12) Codo.

Para un $R/D = 0.1$ & $\frac{A}{B} = 0.5$

$$C_o = 0.8$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{1216}{4005}\right)^2 = 0.092 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = C_o \times pv = 0.5 \times 0.092 = 0.046 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp_{5 \text{ CODOS}} = 0.046 \times 5 = 0.23 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

13) Reducción de ducto.

$$\text{Para un } \alpha = 15.8^\circ \text{ y un } D/D_1 = 0.62$$

$$C_o = 0.32$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{977}{4005}\right)^2 = 0.060 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp = C_o \times pv = 0.32 \times 0.060 = 0.0192 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

14) Dampers

$$\text{Para un } D^1/D = 0.8 \text{ y } \alpha = 20^\circ$$

$$C_o = 0.87$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{2052}{4005}\right)^2 = 0.262 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$\begin{aligned} dp (1 \text{ damper}) &= C_o \times pv = 0.87 \times 0.262 \\ &= 0.23 \text{ pulg. Columna de } H_2O \end{aligned}$$

15) Rejillas

$$\frac{\text{Area Libre Rejilla}}{\text{Area Total del conducto}} = 0.8$$

$$C_o = 0.15$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 = \left(\frac{400}{4005}\right)^2 = 0.01 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp (1 \text{ Rejilla}) = C_o \times pv = 0.15 \times 0.01 = 0.0015 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

$$dp (11 \text{ Rejillas}) = Co \times pv = 11 \times 0.15 \times 0.01 \\ = 0.0165 \text{ pulg. Columna de } H_2O$$

Entonces determinaremos ahora la trayectoria más favorable para obtener así la pérdida de fricción total:

$$H = Pe + Pd \text{ (Pulgadas de Columna de } H_2O)$$

Tomando los valores de los cálculos:

$$H \\ = 0.228 \text{ (perdidas por longitud equivalente de ducto)} \\ + 1.264 \text{ (perdidas dinámicas en accesorios)} \\ - 0.06 \text{ (Recuperación)}$$

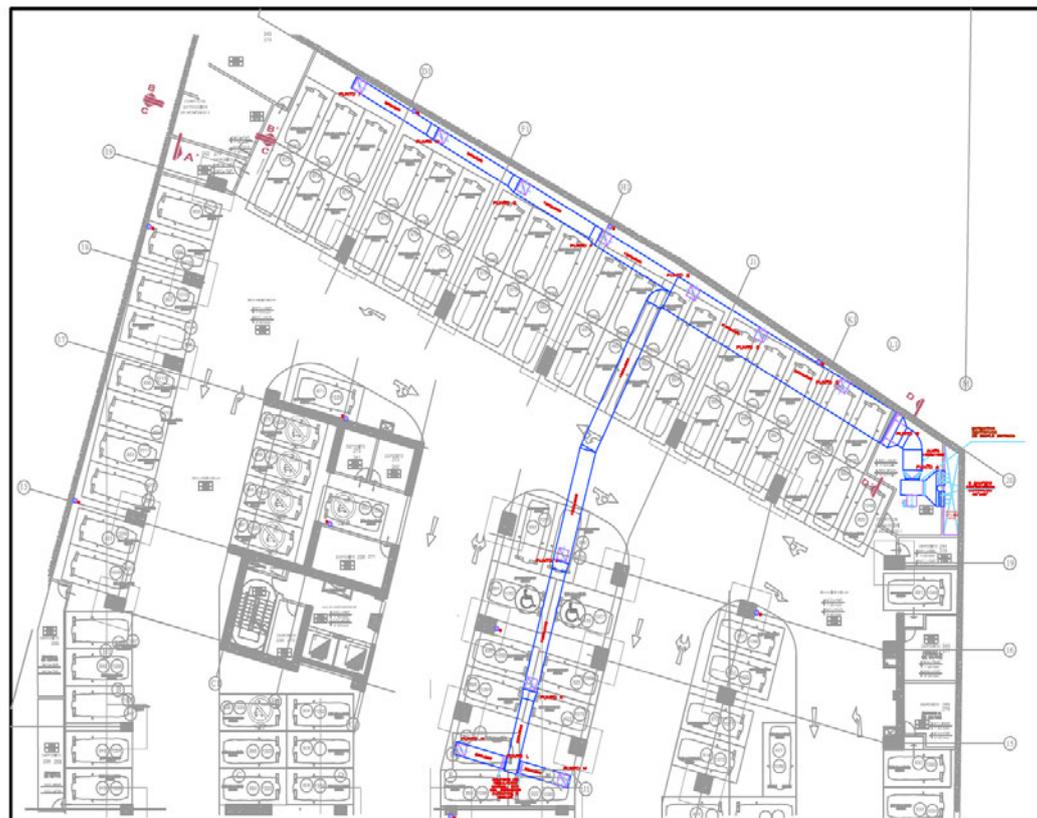
$$H = 1.43 \text{ Pulgadas de Columna de } H_2O$$

Considerando como Caída de Presión de Diseño.

$$H = 2 \text{ Pulgadas de Columna de } H_2O \text{ (Pérdida totales)}$$

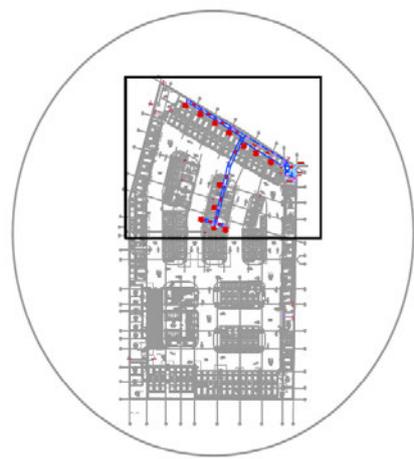
Con el mismo criterio se realiza los diseños del sistema de extracción e inyección que detalla siguientes figuras 4.3 y 4.4:

FIGURA 4.3. BOSQUEJO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN SÓTANO EDIFICIO PANORAMA



LEYENDA

-  **SENSOR DE MONOXIDO DE CARBONO.**
-  **DAMPER DE REGULACION MANUAL**
-  **REJILLA DE EXTRACCION 750 mm x 750 mm 2410CFM CON DAMPER DE REGULACION MANUAL**
-  **DUCTO DE FE GALVANIZADO**
-  **REDUCCION, TRANSICION AUMENTO DE DUCTO A LA MISMA SECCION**
-  **CODO DE 90°**
-  **CODO CON ANGULO OBTUSO**
-  **TRANSICION TIPO REDUCCION PARA DISMINUCION DE SECCION DE DUCTO**
-  **DUCTO DE MAMPOSTERIA DESCARGA DEL AIRE EXTERNAO DEL SOTANO, SUBE HASTA EL 1ER NIVEL**
-  **REJILLA DE DESCARGA**



VISTA DE PLANTA DE SÓTANO PARA ESTACIONAMIENTOS TÍPICO SÓTANOS DEL 09 AL 01

NOTA:

DUCTOS DE EXTRACCION SERAN FABRICADOS DE PLANCHA GALVANIZADA.

Fig. 4.3. Bosquejo de Sistema de Extracción 2 - Sótano Edificio Panorama

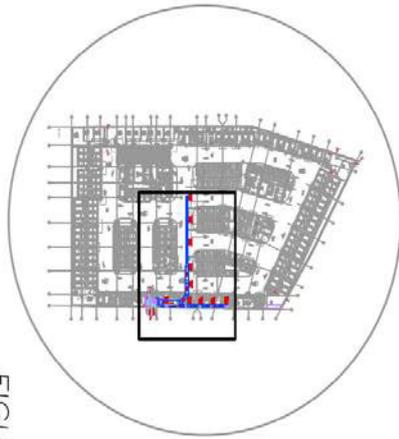
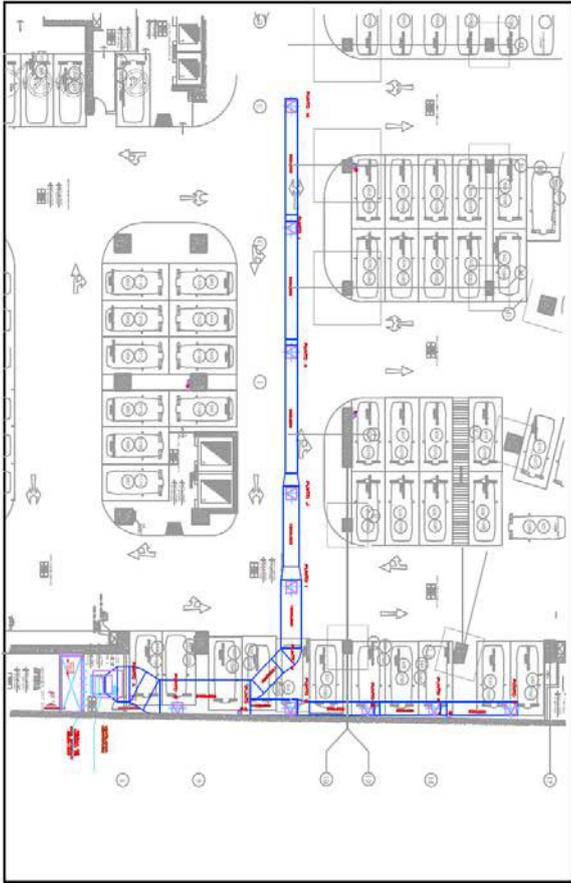


FIGURA 4.4. BOSQUEJO DE SISTEMA DE INYECCIÓN SÓTANO EDIFICIO PANORAMA



LEYENDA

-  SENSOR DE MONITOREO DE CARBONO.
-  DAMPER DE REGULACION MANUAL.
-  DIFUSOR PARA INYECCION DE AIRE (600 mm x 800 mm).
-  DUCTO DE FE GALVANIZADO.
-  REDUCCION, TRANSICION DE SECCION DE 90° A LA MISMA SECCION.
-  CODO DE 90°.
-  CODO CON ANGULO OBTUSO.
-  TRANSICION TIPO REDUCCION PARA DISMINUCION DE SECCION DE DUCTO.
-  DUCTO DE MAMPUESTERIA.
-  INGRESO DEL AIRE EXT- DEL 1ER NIVEL.
-  RETILLA DE INGRESO DE AIRE EXTERIOR.

Fig. 4.4. Bosquejo de Sistema de Inyección 2 - Sótano Edificio Panorama

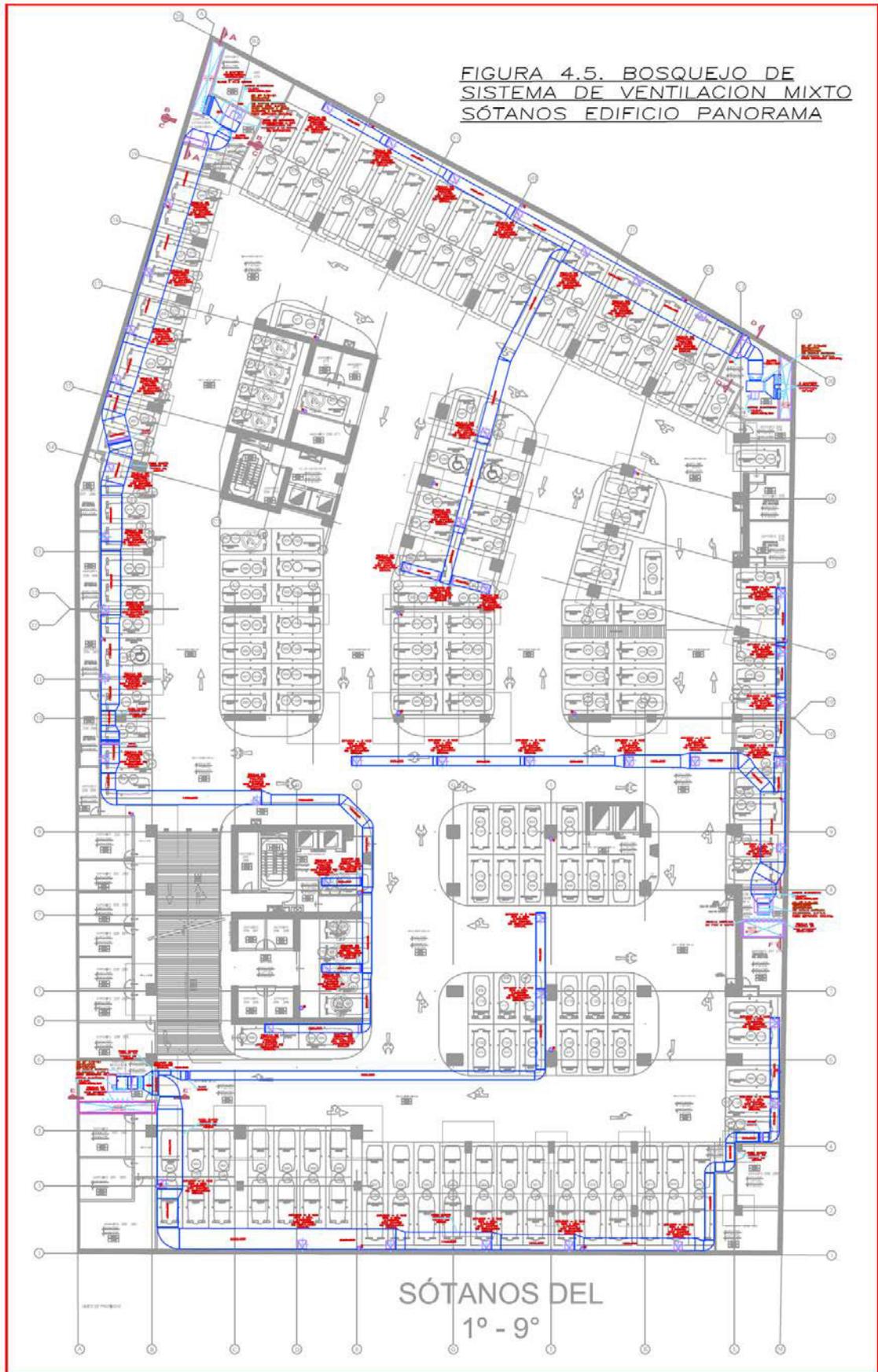


Fig. 4.5. Bosquejo de Sistema de Ventilación - Típico Sótanos Edificio Panorama

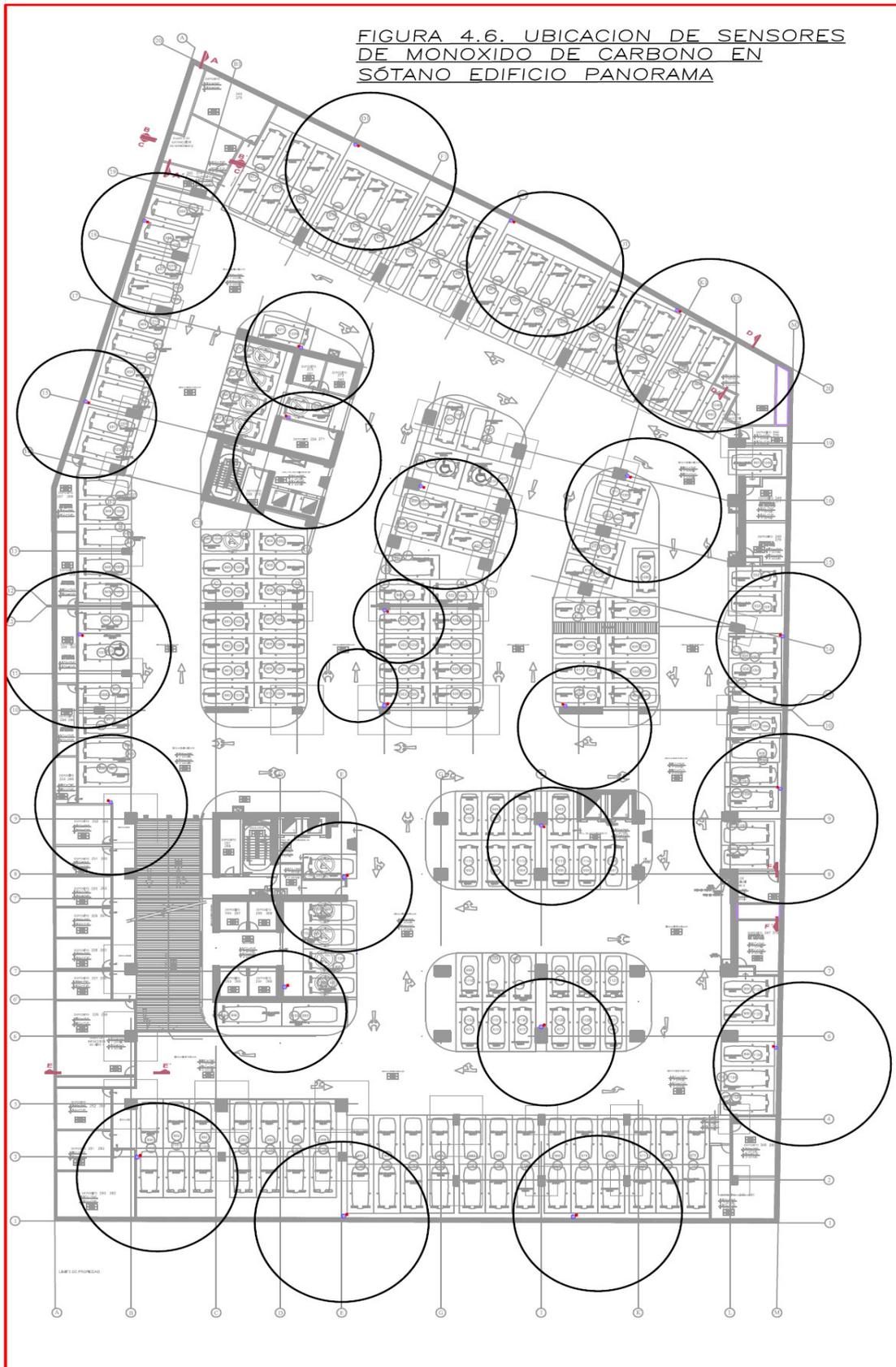


Fig. 4.6. Bosquejo Ubicación de Sensores de Monóxido de Carbono (CO) - Típico Sótanos Edificio Panorama

4.5. CONSUMO DE POTENCIA (HP)

De la ecuación ya vista 3.4.4.

$$P_{\text{eje ventilador}} = P_{\text{freno}} = \frac{(Q \times H)}{6356 \times n}$$

Dónde:

$P_{\text{eje ventilador}}$ = Consumo de potencia del ventilador en HP

Q = Flujo de aire en $\frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

H = Presión estática en pulg de columna de H_2O

n = Eficiencia del ventilador

Se calcula el consumo de potencia requerida para el ventilador, esto tanto para los extractores como inyectores con los siguientes datos de diseño:

Q = Flujo de aire = $26\,500 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$

H = Presión estática = 2 pulgadas de columna de H_2O

n = Eficiencia del ventilador = 0.62

Con la formula anterior se obtiene;

$$P_{\text{eje ventilador}} = P_{\text{freno}} = \frac{26500 \times 2}{6356 \times 0.62} = 13.45HP$$

Se requiere usar un motor de 15 HP.

Con esto se procede a diseñar el sistema de ventilación para sótanos.

4.6. ANALISIS DE RESULTADOS

- El caudal de diseño, seleccionado fue de acuerdo al comparativo de tres criterios de cálculo, el primero por concentración molar de monóxido según ASHRAE, obteniéndose un $Q = 48\ 118.2\ cfm$, el segundo por un caudal q' que especifica un caudal mínimo por metro cuadrado dentro de los estacionamientos, basado en Reglamentación Normativa para edificaciones (RNE) obteniéndose un $Q = 43\ 133\ cfm$, el ultimo también de acuerdo a la normativa vigente del RNE, $N = 5\ renovaciones/hora$, para estacionamientos subterráneos, obteniendo $Q = 53\ 018\ cfm$, seleccionando el mayor caudal obtenido $Q \cong 53\ 040\ cfm$. Con este caudal se asegura la extracción de monóxido.
- Para el diseño de los conductos de extracción se obtuvo una caída de Presión de 1.85 Pulgadas de columna de H_2O y para el de inyección 1.43 Pulgadas de columna de H_2O , en ambos casos e valor obtenido se redondeó a 2 Pulgadas de columna de H_2O , como la presión total requerida por el ventilador, para obtener un margen de seguridad y así evitar la insuficiencia del caudal por caídas de presión por modificaciones en el proceso de implementación.
- El diseño se realizó a través del método de igual fricción, partiendo de asumir una velocidad en el conducto principal, con este valor asumido y el caudal de diseño, se recurre a los cartogramas de donde se obtiene el valor de fricción, así se empieza a dimensionar los ductos y sus derivaciones de acuerdo al diámetro equivalente y sus equivalencias para un ducto rectangular, todo esto teniendo dos valores iniciales, el valor de fricción constante y el caudal a transportar.
- Se hizo una distribución y selección de cantidad de rejillas tomando una velocidad de captación y en suministro 2 m/s, para evitar que el flujo sea muy lento que no asegure la disipación del monóxido de carbono y que no sea muy rápido que ocasione vibración pérdidas excesivas de presión en las tomas y descargas.
- Se calculó una potencia requerida por los ventiladores de 15 HP, con este valor y el caudal de diseño se hace el requerimiento a los fabricantes para que nos suministren el equipo adecuado obviamente tiene que ser centrifugo debido al diseño de conductos de largo recorrido, para el caso de los inyectores de doble aspiración para asegurar la toma de aire a través de la montante de aire exterior y para los extractores de simple aspiración por tener acoplada su toma a la de extracción del ducto de extracción de monóxido de carbono.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se diseñó el sistema de ventilación mixta el cual consiste de un sistema de extracción de monóxido y un sistema de inyección de aire fresco, para tener una óptima distribución de aire por el interior del estacionamiento, permitiendo llegar a todos los rincones de los estacionamientos de Sótanos del Edificio Panorama Plaza Negocios, y así mantener la concentración del monóxido de carbono en el límite permisible de 35 ppm, evitando el daño en la salud de las personas que transiten estos ambientes. Se definió dos áreas una de sobrepresión en el cual se instalan dos sistemas de inyección independientes y una área de presión negativa donde se implementan dos sistemas de extracción.
- Se realizó el cálculo del caudal por tres formas diferentes considerando la concentración molar, el caudal por unidad de área y el por renovaciones de aire, este último considerando 5 renovaciones por hora según las especificaciones del reglamento nacional de edificaciones, del cual se determinó un mayor caudal, seleccionando este resultado como el caudal de diseño.

Caudal obtenido de acuerdo a la concentración molar de CO (CFM)	Caudal obtenido por unidad de área según RNE (CFM)	Caudal obtenido de acuerdo a renovaciones por hora según RNE	Caudal considerado para el diseño (CFM)
48 118	43 133	53 018	53 040

- Se diseñó un sistema de conductos de aire considerando el método de igual fricción, el balanceo de las cantidades de aire se complicó debido a que el método no hace previsión para igualar las caídas de presión en las ramas o para prever la presión estática antes de cada captación u terminal de aire, no obstante este método presenta la ventaja de que se obtuvo una reducción automática de las velocidades en los ductos, en la dirección del flujo de aire minimizando el factor de ruido. Por lo que este método es conveniente para el cálculo de suministro, retorno y extracción de aire.

TRAMO	FLUJO $\frac{pie^3}{min}$	Dimension (mm x mm)	Velocidad $\frac{pie}{min}$
A	26500	2400 X 500	2052
AB	21200	2400 X 500	1641
BC	18550	2000 X 500	1723
CD	15900	1850 X 500	1597
DE	13250	1700 X 500	1448
EI	10600	1500 X 500	1313
IK	7950	1200 X 500	1231
KL	5300	900 X 450	1216
LM	2650	900 X 280	977
AP	5300	900 X 450	1216
PQ	2650	900 X 280	977

Tabla 5.1 Velocidades para los ductos del Sistema de Inyección 1 (Diseño Fig. 4.2.)

TRAMO	FLUJO $\frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$	Dimension (mm x mm)	Velocidad $\frac{\text{pie}}{\text{min}}$
AB	26500	2400 X 500	2052
BC	23850	2400 X 500	1846
CD	10600	1100 X 500	1790
DE	7950	900 X 500	1641
EF	5300	900 X 300	1824
FG	2650	900 X 200	1368
CH	13250	1300 X 500	1894
HI	13250	1500 X 500	1641
JI	10600	1200 X 500	1641
KJ	7950	900 X 500	1641
LK	5300	900 X 300	1824
ML	2650	900 X 200	1368

Tabla 5.2 Velocidades para los ductos del Sistema de Inyección 2 (Diseño Fig. 4.4.)

TRAMO	FLUJO $\frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$	Dimension (mm x mm)	Velocidad $\frac{\text{pie}}{\text{min}}$
AC	2040	800 X 300	892
CD	2040	800 X 300	892
CE	4080	900 X 500	916
FE	2040	800 X 300	892
EI	6120	1050 X 500	1193
IK	8160	1400 X 500	1230
KL	10200	1750 X 500	1267
ML	12240	1750 X 500	1520
MN	14280	1950 X 500	1649
NP	16320	2000 X 500	1806
PS	18360	2200 X 500	1876
ST	20400	2300 X 500	2005
TY	22440	2400 X 500	2131
WY	24480	2400 X 500	2325
WZ	26520	2400 X 500	2519

Tabla 5.3 Velocidades para los ductos del Sistema de Extracción 1 (Diseño Fig. 4.1.)

TRAMO	FLUJO $\frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$	Dimension (mm x mm)	Velocidad $\frac{\text{pie}}{\text{min}}$
A	26510	1400 X 1400	1257
CD	24090	2400 X 500	1865
DE	21680	2400 X 500	1678
EF	9640	1200 X 500	1493
FG	7230	1000 X 500	1343
GH	4820	900 X 500	995
HI	2410	850 X 500	527
JE	9640	1200 X 500	1493
KJ	7230	1050 X 500	1279
LK	4820	900 X 500	1106
ML	2410	850 X 350	753
NL	2410	850 X 350	753

Tabla 5.4 Velocidades para los ductos del Sistema de Extracción 2 (Diseño Fig. 4.3.)

- De acuerdo al caudal de diseño y la presión total a vencer con el objeto de asegurar la extracción del monóxido de carbono se solicita al fabricante un ventilador centrífugo de álabes inclinados hacia atrás por las características de funcionamiento del sistema. Sistema de conductos de largo recorrido, que implican una caída de presión de 2 pulgadas de Columna de H_2O , temperatura de trabajo elevada al estar en lugares confinados, para asegurar el funcionamiento del sistema por un intervalo de tiempo que asegure la evacuación de las personas en caso de incendios.

Los ventiladores centrífugos de álabes curvados hacia atrás tienen un rodete con los álabes inclinados en sentido contrario al de rotación. Este tipo de ventilador es el de mayor velocidad periférica y mayor rendimiento con un nivel sonoro relativamente bajo y una característica de consumo de energía. En un ventilador "no sobre cargable", el consumo máximo de energía se produce en un punto próximo al de rendimiento óptimo de forma que cualquier cambio a partir de este punto debido a cambios de la resistencia del sistema resultará en un consumo de energía menor.

Tipo de Ventilacion	Ventilador TIPO	ASPIRACION	CARACTERISTICAS ELECTRICAS	EFICIENCIA DE VENTILADOR (n)
Sistema de Extraccion 1	Centrifugo de Alabes inclinados hacia atrás.	SIMPLE	380V/3PH/ 15HP	0.6
Sistema de Extraccion 2	Centrifugo de Alabes inclinados hacia atrás.	SIMPLE	380V/3PH/ 15HP	0.6
Sistema de Inyeccion 1	Centrifugo de Alabes inclinados hacia atrás.	DOBLE	380V/3PH/ 15HP	0.6
Sistema de Inyeccion 2	Centrifugo de Alabes inclinados hacia atrás.	DOBLE	380V/3PH/ 15HP	0.6

Tabla 5.5 Selección de los Ventiladores

RECOMENDACIONES

- Para tener un sistema eficiente y de bajo consumo eléctrico, se debe tomar en cuenta el análisis estadístico para obtener parámetros de diseños importantes como el número de carros en movimiento en hora punta u el tiempo de desplazamiento en sótanos, con la intención de poder diseñar nuestro sistema con un caudal óptimo.
- Al diseñar el sistema de ductos de extracción e inyección se puede realizar un proceso iterativo con la intención de hallar la sección de ducto correcta con la velocidad seleccionada y así evitar el sobredimensionamiento de ductos.
- Se puede hacer una implementación de automatización como variadores de frecuencia que permitan reducir el consumo de potencia de acuerdo a la activación de los sensores de monóxido de carbono.

ANEXOS

ANEXO 1. Enclosed Vehicular Facilities 13.17 PARKING GARAGES (Selección de caudal de acuerdo a ASHRAE).

Enclosed Vehicular Facilities

13.17

PARKING GARAGES

Automobile parking garages can be either fully enclosed or partially open. Fully enclosed parking areas are often underground and require mechanical ventilation. Partially open parking garages are generally above-grade structural decks having open sides (except for barricades), with a complete deck above. Natural ventilation, mechanical ventilation, or a combination can be used for partially open garages.

Operating automobiles in parking garages presents two concerns. The more serious is emission of CO, with its known risks. The other concern is oil and gasoline fumes, which may cause nausea and headaches and also represent potential fire hazards. Additional concerns about NO_x and smoke haze from diesel engines may also require consideration. However, the ventilation rate required to dilute CO to acceptable levels is usually satisfactory to control the level of other contaminants as well, provided the percentage of diesel vehicles does not exceed 20%.

For many years, the various model codes, ANSI/ASHRAE *Standard* 62.1, and its predecessor standards recommended a flat exhaust rate of either 0.0075 m³/(s·m²) or 6 ach for enclosed parking garages. But because vehicle emissions have been reduced over the years, ASHRAE sponsored a study to determine ventilation rates required to control contaminant levels in enclosed parking facilities (Krarti and Ayari 1998). The study found that, in some cases, much less ventilation than 0.0075 m³/(s·m²) was satisfactory. The study's methodology for determining whether a reduced ventilation rate would be effective is included below. However, ANSI/ASHRAE *Standard* 62.1 and the International Code Council's *International Mechanical Code* (ICC 2003a) still require 0.0075 m³/(s·m²) ventilation, whereas NFPA *Standard* 88A recommends a minimum of 0.005 m³/(s·m²), so the engineer may be required to request a variation, or waiver, from authorities having jurisdiction before implementing a lesser ventilation system design.

If larger fans are installed to meet code requirements, they will not necessarily increase overall power consumption; with proper CO level monitoring and ventilation system control, fans will run for shorter time periods to maintain acceptable CO levels. With increased attention on reducing energy consumption, CO-based ventilation system control can provide substantial cost savings in the operation of parking garages.

Ventilation Requirements and Design

ASHRAE Research Project RP-945 (Krarti and Ayari 1998) found that the design ventilation rate required for an enclosed parking facility depends chiefly on four factors:

- Acceptable level of contaminants in the parking facility
- Number of cars in operation during peak conditions
- Length of travel and the operating time for cars in the garage
- Emission rate of a typical car under various conditions

Contaminant Level Criteria. ACGIH (1998) recommends a threshold CO limit of 29 mg/m³ (25 ppm) for an 8 h exposure, and the U.S. EPA (2000) determined that exposure, at or near sea level, to a CO concentration of 40 mg/m³ (35 ppm) for up to 1 h is acceptable. For parking garages more than 1000 m above sea level, more stringent limits are required. The ICC's (2003a) *International Mechanical Code* requires ventilation be provided to limit CO concentrations to 29 mg/m³ (25 ppm) or below. In Europe, an average concentration of 40 mg/m³ (35 ppm) and a maximum level of 230 mg/m³ (200 ppm) are usually maintained in parking garages.

Various agencies and countries differ on the acceptable level of CO in parking garages, but a reasonable solution is a ventilation rate designed to maintain a CO level of 40 mg/m³ (35 ppm) for 1 h exposure, with a maximum of 130 mg/m³ (120 ppm), or 29 mg/m³ (25 ppm) for an 8 h exposure. Because the time associated with driving in and parking, or driving out of a garage, is on the order of

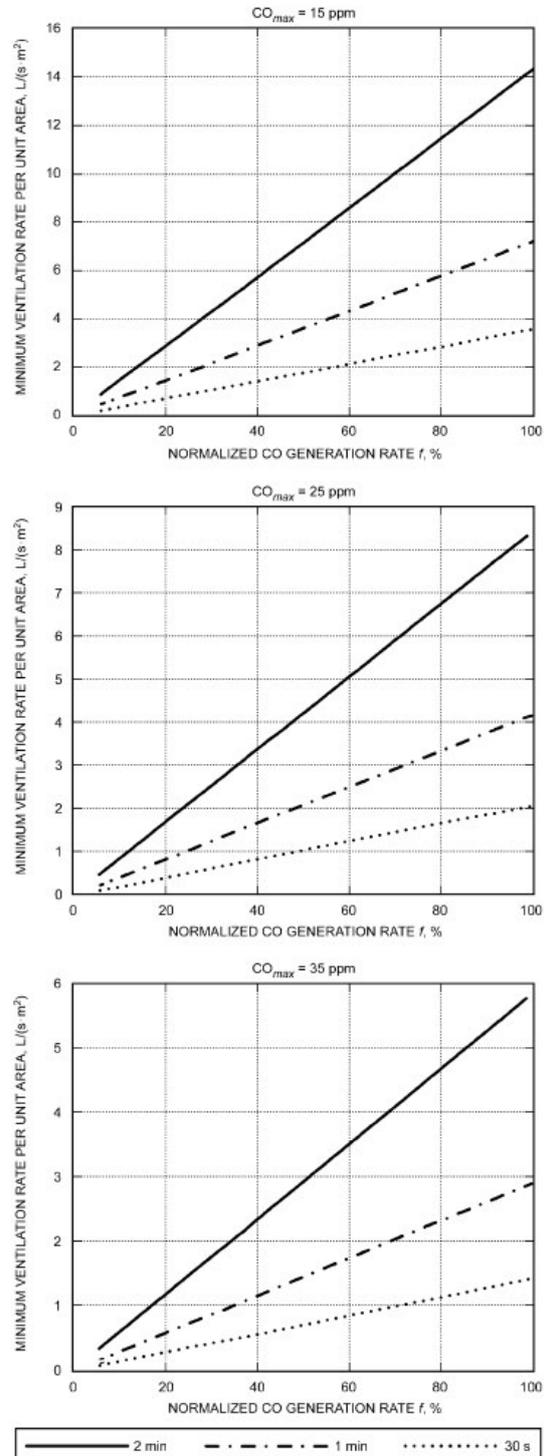


Fig. 14 Ventilation Requirement for Enclosed Parking

minutes, 40 mg/m³ (35 ppm) is probably an acceptable level of exposure. However, Figure 14 provides nomographs for 15 and 25 ppm maximum exposures as well, to allow the designer to conform to more stringent regulations.

Number of Cars in Operation. The number of cars operating at any one time depends on the type of facility served by the parking garage. For distributed, continuous use, such as an apartment building or shopping area, the variation is generally 3 to 5% of the total vehicle capacity. The operating capacity could reach 15 to 20% in other facilities, such as sports stadiums or short-haul airports.

Length of Time of Operation. The length of time that a car remains in operation in a parking garage is a function of the size and layout of the garage, and the number of cars attempting to enter or exit at a given time. The operating time could vary from as much as 60 to 600 s, but on average, it usually ranges from 60 to 180 s. Table 7 lists approximate data for average vehicle entrance and exit times; this data should be adjusted to suit the specific physical configuration of the facility.

Car Emission Rate. Operating a car in a parking garage differs considerably from normal vehicle operation, including that in a road tunnel. Most car movements in and around a parking garage occur in low gear. A car entering a garage travels slowly, but the engine is usually hot. As a car exits from a garage, the engine is usually cold and operating in low gear, with a rich fuel mixture. Emissions for a cold start are considerably higher, so the distinction between hot and cold emission plays a critical role in determining the ventilation rate. Motor vehicle emission factors for hot- and cold-start operation are presented in Table 8. An accurate analysis requires correlation of CO readings with the survey data on car movements (Hama et al. 1974); the data should be adjusted to suit the specific physical configuration of the facility and the design year.

Design Method. To determine the design airflow rate required to ventilate an enclosed parking garage, the following procedure can be followed:

Step 1. Collect the following data:

- Number of cars N in operation during peak hour use
- Average CO emission rate E for a typical car, g/h
- Average length of operation and travel time θ for a typical car, s
- Acceptable CO concentration CO_{max} in the garage, ppm
- Total floor area of parking facility A_f , m²

Step 2. Evaluate CO generation rate:

(1) Determine the peak CO generation rate per unit floor area G , in g/(h·m²), for the parking garage:

$$G = NE/A_f \quad (16)$$

Table 7 Average Entrance and Exit Times for Vehicles

Level	Average Entrance Time, s	Average Exit Time, s
1	35	45
3*	40	50
5	70	100

Source: Stankunas et al. (1980).

*Average pass-through time = 30 s.

Table 8 Predicted CO Emissions in Parking Garages

Season	Hot Emission (Stabilized), g/min		Cold Emission, g/min	
	1991	1996	1991	1996
Summer, 32°C	2.54	1.89	4.27	3.66
Winter, 0°C	3.61	3.38	20.74	18.96

Results from EPA MOBILE3, version NYC-2.2 (1984); sea level location.

Note: Assumed vehicle speed is 8 km/h.

(2) Normalize the peak CO generation rate using the reference value $G_0 = 26.7$ g/(h·m²) and Equation (17). This reference value is based on an actual enclosed parking facility (Krarti and Ayari 1998):

$$f = 100G/G_0 \quad (17)$$

Step 3. Determine the minimum required ventilation rate Q per unit floor area using Figure 14, or the correlation presented by Equation (18), depending on CO_{max} :

$$Q = Cf\theta \quad (18)$$

where

$$\begin{aligned} C &= 1.204 \times 10^{-6} \text{ (m}^3\text{/s)/(m}^2\text{/s) for } CO_{max} = 15 \text{ ppm} \\ &= 0.692 \times 10^{-6} \text{ (m}^3\text{/s)/(m}^2\text{/s) for } CO_{max} = 25 \text{ ppm} \\ &= 0.481 \times 10^{-6} \text{ (m}^3\text{/s)/(m}^2\text{/s) for } CO_{max} = 35 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Example 1. Consider a two-level enclosed parking garage with a total capacity of 450 cars, a total floor area of 8360 m², and an average height of 2.75 m. The total length of time for a typical car operation is 2 min (120 s). Determine the required ventilation rate for the enclosed parking garage in m³/(s·m²) and in air changes per hour so that the CO level never exceeds 25 ppm. Assume that the number of cars in operation during peak use is 40% of the total vehicle capacity.

Step 1. Garage data:

$$N = 450 \times 0.4 = 180 \text{ cars}$$

$$E = 11.67 \text{ g/min} = 700 \text{ g/h, the average of all values of emission rate for a winter day, from Table 8}$$

$$CO_{max} = 25 \text{ ppm}$$

$$\theta = 120 \text{ s}$$

Step 2. Calculate the normalized CO generation rate:

$$G = (180 \times 700 \text{ g/h})/8360 \text{ m}^2 = 15.1 \text{ g/(h} \cdot \text{m}^2)$$

$$f = 100 \times (15.1 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2)/26.7 \text{ g/(h} \cdot \text{m}^2) = 56.6$$

Step 3. Determine the ventilation requirement, using Figure 14 or the correlation of Equation (18) for $CO_{max} = 25$ ppm.

$$\begin{aligned} Q &= 0.692 \times 10^{-6} \text{ (m}^3\text{/s)/(m}^2\text{/s) } \times 56.6 \times 120 \text{ s} \\ &= 0.0047 \text{ m}^3\text{/(s} \cdot \text{m}^2) \end{aligned}$$

Or, for air changes per hour,

$$(0.0047 \text{ m}^3\text{/s)/m}^2 \times 3600 \text{ s/h)/2.74 m} = 6.2$$

Notes:

1. If the average vehicle CO emission rate is reduced to $E = 6.60$ g/min, because of, for instance, better emission standards or better maintained cars, the required minimum ventilation rate decreases to 0.0027 m³/(s·m²) or 3.5 ach.

2. Once calculations are made and a decision reached to use CO demand ventilation control, increasing airflow through a safety margin does not increase operating costs; larger fans work for shorter periods to sweep the garage and maintain satisfactory conditions.

CO Demand Ventilation Control. Whether mechanical, natural, or both, a parking garage ventilation system should meet applicable codes and maintain acceptable contaminant levels. If permitted by local codes, the ventilation airflow rate should be varied according to CO levels to conserve energy. For example, the ventilation system could consist of multiple fans, with single- or two-speed motors, or variable-pitch blades. In multilevel parking garages or single-level structures of extensive area, independent fan systems with individual controls are preferred. The *International Mechanical Code* (ICC 2003a) allows ventilation system operation to be reduced from 0.007 to 0.00025 m³/(s·m²) with the use of a CO monitoring system that restores full ventilation when CO levels of 25 ppm are detected. Figure 15 shows the maximum CO level in a tested parking garage (Krarti and Ayari 1998) for three car movement profiles (Figure 16) and the following ventilation control strategies:

- Constant-volume (CV), where the ventilation system is kept on during the entire occupancy period
- On/off control, with fans stopped and started based on input from CO sensors
- Variable-air-volume (VAV) control, using either two-speed fans or axial fans with variable-pitch blades, based on input from CO sensors

Figure 15 also shows typical fan energy savings achieved by on/off and VAV systems relative to constant-volume systems. Significant fan energy savings can be obtained using a CO-based demand ventilation control strategy to operate the ventilation system, maintaining CO levels below 29 mg/m³ (25 ppm). Wear and tear and maintenance on mechanical and electrical equipment are reduced with a CO-based demand strategy.

Figure 16 is based on maintaining a 29 mg/m³ (25 ppm) CO level. With most systems, actual energy usage is further reduced if 40 mg/m³ (35 ppm) is maintained.

In cold climates, the additional cost of heating makeup air is also reduced with a CO-based demand strategy. Energy stored in the mass of the structure usually helps maintain the parking garage air temperature at an acceptable level. If only outside air openings are used to draw in ventilation air, or if infiltration is allowed, the stored energy is lost to the incoming cold air.

Ventilation System Configuration. Parking garage ventilation systems can be classified as supply-only, exhaust-only, or combined. Regardless of which system design is chosen, the following elements should be considered in planning the system configuration:

- Accounting for the contaminant level of outside air drawn in for ventilation

- Avoiding short-circuiting supply air
- Avoiding a long flow field that allows contaminants to exceed acceptable levels at the end of the flow field
- Providing short flow fields in areas of high contaminant emission, thereby limiting the extent of mixing
- Providing efficient, adequate airflow throughout the structure
- Accounting for stratification of engine exhaust gases when stationary cars are running in enclosed facilities

Other Considerations. Access tunnels or long, fully enclosed ramps should be designed in the same way as road tunnels. When natural ventilation is used, wall openings or free area should be as large as possible. Part of the free area should be at floor level.

For parking levels with large interior floor areas, a central emergency smoke exhaust system should be considered for removing smoke (in conjunction with other fire emergency systems) or vehicle fumes under normal conditions.

Noise. In general, parking garage ventilation systems move large quantities of air through large openings without extensive ductwork. These conditions, and the highly reverberant nature of the space, contribute to high noise levels, so sound attenuation should be considered in the ventilation system design. This is a pedestrian safety concern, as well, because high fan noise levels in a parking garage may mask the sound of an approaching vehicle.

Ambient Standards and Contaminant Control. Air exhausted from a parking garage should meet state and local air pollution control requirements.

AUTOMOTIVE REPAIR FACILITIES

Automotive repair activities are defined as any repair, modification, service, or restoration activity to a motor vehicle. This includes, but is not limited to, brake work, engine work, machining operations, and general degreasing of engines, motor vehicles, parts, or tools.

ANSI/ASHRAE Standard 62.1 recommends a ventilation rate of 0.0075 m³/(s·m²) for automotive service stations. The high ventilation rate indicates that the contaminants are not related to the occupants, but are produced by the variety of tasks and materials used in the facility. Outdoor ventilation is introduced into the space and an amount approximately equal quantity is exhausted through a dedicated exhaust system.

As repairs or maintenance are performed on vehicles, it may be necessary to operate the vehicle inside the facility to test and validate the work. Additional mechanical ventilation is required to exhaust combustion by-products directly outdoors. An independent source capture system that connects directly to the exhaust pipe of the vehicle must be installed in the facility. These systems are available in either an above- or belowground configuration. Flow rates for individual service bays vary from 0.024 to 0.190 m³/s for automobiles. A large diesel truck will require considerably more airflow per service bay than an automobile.

The above-grade system consists of an exhaust fan, associated ductwork, and flexible hoses that attach to the tailpipe of the vehicle in operation. Generally, the system is installed at a high elevation to maintain maximum clearances above floor level. The hose connections are stored in reels positioned near each service bay. The service technician pulls the hose down and attaches it to the tailpipe by a proprietary connection.

The below-grade system is similar in design to an overhead exhaust system. Care must be taken to select an appropriate corrosion-resistant material to be installed underground, because the condensing products of combustion are corrosive to traditional duct materials. The flexible tailpipe exhaust connectors are stored inside the underground duct. After sliding the flex back inside the duct, a hinged cover plate covers the opening flush to the floor.

Although there is a diversity factor in the system capacity calculations, both systems must be designed to operate at 100% capacity.

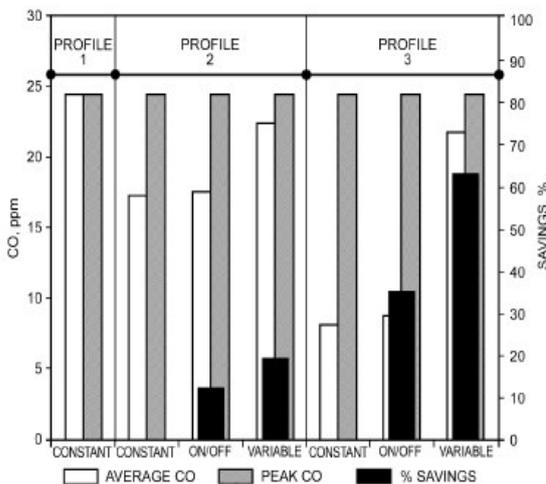


Fig. 15 Typical Energy Savings and Maximum CO Level Obtained for Demand CO-Ventilation Controls

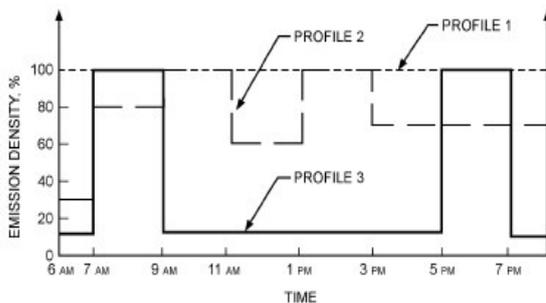


Fig. 16 Three Car Movement Profiles

ANEXO 2. Renovaciones por Hora SEGUN REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

522758

 **NORMAS LEGALES**

El Peruano
Viernes 9 de mayo de 2014

ventilador será abierto y cerrado por lo menos una vez antes de cada actuación.

7.1.1.1 Cabinas de Proyección.

La ventilación de las cabinas de proyección, deberá cumplir, por lo menos, con lo siguiente:

Dos o más ductos de suministros de aire exterior con rejillas de descarga ubicada en extremos opuestos, con el borde superior a una cota de treinta centímetros sobre el nivel del piso terminado y dimensionadas para permitir un cambio de aire cada tres minutos.

En caso de máquinas de última tecnología ceñirse a las recomendaciones del fabricante.

Un sistema de extracción operado mecánicamente, independiente de los otros sistemas en el edificio, con el motor del extractor externo al sistema de ductos, con una o más salidas de aire, localizadas de modo que aseguren una circulación total y dimensionadas para una renovación de aire cada tres minutos, el sistema de extracción, deberá descargar al exterior del edificio, en un lugar tal que, el aire expulsado no pueda ser recirculado dentro del sistema de suministro de aire.

Tales sistemas de ventilación, también pueden servir para ambientes auxiliares, como los de generación y rebobinado.

7.1.1.2 Proyectorios.

Serán equipadas cada una, con sistemas que extraigan aire de cada lámpara y descarguen directamente al exterior del edificio, mediante ductos de materiales rígidos (incluyendo conectores flexibles continuos aprobados para el propósito), de tal modo que el aire de expulsión, no sea recirculado dentro de sistemas de suministros o interconectado con otros sistemas. La capacidad de tales ductos será de:

- Treinta y seis metros cúbicos por hora, como mínimo para cada lámpara de arco conectado al sistema, o de acuerdo a la recomendación del fabricante.
- Cincuenta y cuatro metros cúbicos por hora, como mínimo para cada lámpara de Xenón, o no menos que lo recomendado por el fabricante, para mantener una temperatura de operación en el alojamiento de la lámpara, no mayor de 54 °C.

7.1.2 Plantas de lavado en seco (Norma A.060 Industria).

En edificaciones o ambientes, destinadas para plantas de lavado en seco, habrá una renovación de aire cada tres minutos.

7.1.3 Ambientes con gases tóxicos (Norma A.060 Industria).

En ambientes donde se efectúen trabajos que generen gases tóxicos, inflamables, corrosivos etc., deberá tener una renovación de aire por minuto.

7.1.4 Baños

Todos los cuartos de baño, duchas, botaderos y similares, que no tengan una ventana al exterior adecuadamente dimensionada serán dotados de un sistema de extracción mecánica, que produzca una renovación de aire cada 3 min., salvo que el aire de ventilación sea acondicionado, en cuyo caso, se requerirá una renovación de aire cada siete y medio minutos.

La recirculación de aire, no está permitida en tales ambientes.

7.1.4.1 Baños Públicos

La ventilación mecánica de cuartos de baño o servicios higiénicos para el público, se efectuará mediante un sistema de extracción que descargue al exterior de la edificación.

7.1.5 Bóvedas y Cuartos de Máquina

La ventilación de bóvedas y cuartos de máquinas ubicadas en sótanos, requiere una renovación de aire cada 3 min. durante los periodos de ocupación humana, salvo que estén dotados de ventilación permanente.

7.1.6 Estacionamientos

En todas las edificaciones empleadas para estacionamiento o manejo de automóviles operando con su propio motor y en todas las edificaciones para almacenamiento o uso de líquidos inflamables, se proveerá de una ventilación por extracción que produzca una renovación de aire cada 12 minutos.

Tabla N° 06
Condiciones de Diseño para Estacionamientos

ESTACIONAMIENTO	VENTILACIÓN NATURAL	VENTILACIÓN MECÁNICA	CONDICIONES DE DISEÑO
Semisótanos	X		los semisótanos deberán tener sólo ventilación natural
≤ 25 m ²	X		
≥ 100 m ²	X	X	de no lograrse la ventilación cruzada suficiente serán provistas de ventilación mecánica.
de 100 m ² hasta 1000 m ² y más de 1000 m ² de superficie de piso	X	X	de no lograrse ventilación transversal suficiente, serán provistas de ventilación mecánica.

7.1.6.1 Estacionamientos en sótanos.

La ventilación de estacionamiento en sótanos, deberá ser permanente y se efectuará por un sistema mecánico de impulsión y extracción que suministre un mínimo de doce metros cúbicos de aire exterior, por hora y por metro cuadrado de área de piso, incluyendo el área de circulación, pero manteniendo el mínimo de renovación de aire cada doce minutos. A partir del tercer sótano o más, deberá ser cumplimiento obligatorio.

El sistema mecánico de impulsión de aire se instalará en la parte superior lo más cercano al techo; la ubicación de la extracción será definida por el Profesional Responsable.

La altura de descarga mínima será de +1,50 m encima del nivel de último techo para el caso de sótanos de estacionamientos en edificaciones con pisos superiores, siempre y cuando no afecte las edificaciones colindantes en cuyo caso se usarán filtros.

Para el caso de sótanos de estacionamientos sin edificaciones en pisos superiores (estacionamientos públicos), la altura de descarga mínima será de 3,00 m por encima del nivel del techo o el sistema de extracción deberá contar con ductos de salida de gases que no afecte las edificaciones colindantes, la vía pública, ni a la propia edificación; en cuyo caso se usarán filtros.

En los estacionamientos que excedan de cinco plazas o de 100 m² útiles debe disponer de un sistema de detección de monóxido de carbono (CO) en cada planta que se active automáticamente el o los aspiradores mecánicos cuando se alcance una concentración de 50 p.p.m. en estacionamientos donde se prevea que existan empleados y una concentración de 100 p.p.m. en caso contrario.

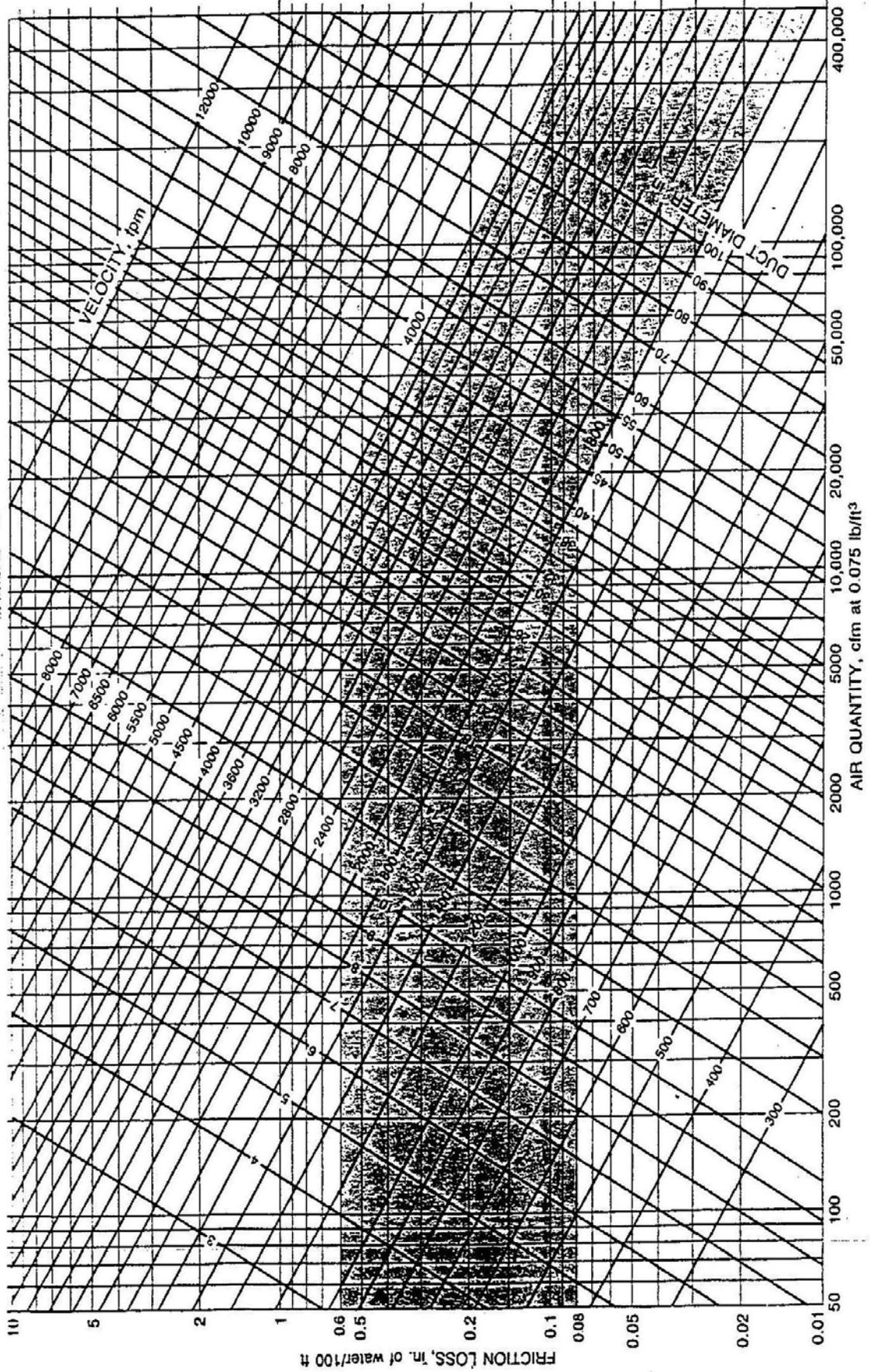
Se recomienda tomar en cuenta el empleo de variadores de velocidad para el control de extractores de monóxido de carbono (CO), garantizando eficiencia energética.

7.1.7 Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo (Norma A.050 Salud).

Como medida de bioseguridad, en los establecimientos de salud, es necesario mantener la asepsia en los siguientes ambientes:

- UPSS Centro Quirúrgico.
- UPSS Cuidados Intensivos.
- UPSS Central de Esterilización.
- Otros ambientes especiales que requieran esta condición.

ANEXO 3. GRAFICO 2 PARA SELECCIÓN DE FACTOR DE FRICCIÓN



Friction Chart for Round Duct.

GRAFICO No 2

ANEXO 4. DIAMETRO EQUIVALENTE CIRCULAR PARA DUCTOS RECTANGULARES

TABLA N° 1
Diámetro Circular Equivalente para Ductos Rectangulares (Pulgadas)

Lado (pulg)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
6	6.6																									
7	7.1	7.7																								
8	7.6	8.2	8.7																							
9	8.0	8.7	9.3	9.8																						
10	8.4	9.1	9.8	10.4	10.9																					
11	8.8	9.5	10.2	10.9	11.5	12.0																				
12	9.1	9.9	10.7	11.3	12.0	12.6	13.1																			
13	9.5	10.3	11.1	11.8	12.4	13.1	13.7	14.2																		
14	9.8	10.7	11.5	12.2	12.9	13.5	14.2	14.7	15.3																	
15	10.1	11.0	11.8	12.6	13.3	14.0	14.6	15.3	15.8	16.4																
16	10.4	11.3	12.2	13.0	13.7	14.4	15.1	15.7	16.4	16.9	17.5															
17	10.7	11.6	12.5	13.4	14.1	14.9	15.6	16.2	16.8	17.4	18.0	18.6														
18	11.0	11.9	12.9	13.7	14.5	15.3	16.0	16.7	17.3	17.9	18.5	19.1	19.7													
19	11.2	12.2	13.2	14.1	14.9	15.7	16.4	17.1	17.8	18.4	19.0	19.6	20.2	20.8												
20	11.5	12.5	13.5	14.4	15.2	16.0	16.8	17.5	18.2	18.9	19.5	20.1	20.7	21.3	21.9											
21	11.7	12.8	13.8	14.7	15.6	16.4	17.2	17.9	18.6	19.3	20.0	20.6	21.2	21.8	22.4	23.0										
22	12.0	13.0	14.1	15.0	15.9	16.8	17.6	18.3	19.1	19.8	20.4	21.1	21.7	22.3	22.9	23.5	24.0									
23	12.2	13.3	14.3	15.3	16.2	17.1	17.9	18.7	19.5	20.2	20.9	21.5	22.2	22.8	23.4	24.0	24.6	25.1								
24	12.4	13.5	14.6	15.6	16.5	17.4	18.3	19.1	19.9	20.6	21.3	22.0	22.7	23.3	23.9	24.5	25.1	25.7	26.2							
25	12.6	13.8	14.9	15.9	16.8	17.8	18.6	19.4	20.2	21.0	21.7	22.4	23.1	23.8	24.4	25.0	25.6	26.2	26.8	27.3						
26	12.8	14.0	15.1	16.2	17.1	18.1	19.0	19.8	20.6	21.4	22.1	22.9	23.5	24.2	24.9	25.5	26.1	26.7	27.3	27.9	28.4					
27	13.0	14.2	15.4	16.4	17.4	18.4	19.3	20.1	21.0	21.8	22.5	23.3	24.0	24.7	25.3	26.0	26.6	27.2	27.8	28.4	29.0	29.5				
28	13.2	14.5	15.6	16.7	17.7	18.7	19.6	20.5	21.3	22.1	22.9	23.7	24.4	25.1	25.8	26.4	27.1	27.7	28.3	28.9	29.5	30.1	30.6			
29	13.4	14.7	15.9	17.0	18.0	19.0	19.9	20.8	21.7	22.5	23.3	24.1	24.8	25.5	26.2	26.9	27.5	28.2	28.8	29.4	30.0	30.6	31.1	31.7		
30	13.6	14.9	16.1	17.2	18.3	19.3	20.2	21.1	22.0	22.9	23.7	24.4	25.2	25.9	26.6	27.3	28.0	28.6	29.3	29.9	30.5	31.1	31.7	32.2		
31	13.8	15.1	16.3	17.4	18.5	19.5	20.5	21.4	22.3	23.2	24.0	24.8	25.6	26.3	27.1	27.8	28.4	29.1	29.8	30.4	31.0	31.6	32.2	32.8		
32	14.0	15.3	16.5	17.7	18.8	19.8	20.8	21.8	22.7	23.5	24.4	25.2	26.0	26.7	27.5	28.2	28.9	29.6	30.2	30.9	31.5	32.1	32.7	33.3		
33	14.2	15.5	16.8	17.9	19.0	20.1	21.1	22.1	23.0	23.9	24.7	25.5	26.3	27.1	27.9	28.6	29.3	30.0	30.7	31.3	32.0	32.6	33.2	33.8		
34	14.4	15.7	17.0	18.2	19.3	20.4	21.4	22.4	23.3	24.2	25.1	25.9	26.7	27.5	28.3	29.0	29.7	30.4	31.0	31.8	32.4	33.1	33.7	34.3		
35	14.5	15.9	17.2	18.4	19.5	20.6	21.6	22.6	23.6	24.5	25.4	26.2	27.1	27.9	28.6	29.4	30.1	30.8	31.5	32.2	32.9	33.5	34.2	34.8		
36	14.7	16.1	17.4	18.6	19.8	20.9	21.9	22.9	23.9	24.8	25.7	26.6	27.4	28.2	29.0	29.8	30.5	31.3	32.0	32.7	33.3	34.0	34.6	35.3		
37	14.9	16.3	17.6	18.8	20.0	21.1	22.2	23.2	24.2	25.1	26.0	26.9	27.8	28.6	29.4	30.2	30.9	31.7	32.4	33.1	33.8	34.4	35.1	35.7		
38	15.0	16.5	17.8	19.0	20.2	21.4	22.4	23.5	24.5	25.4	26.4	27.2	28.1	28.9	29.8	30.5	31.3	32.1	32.8	33.5	34.2	34.9	35.6	36.2		
39	15.2	16.6	18.0	19.2	20.4	21.6	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.6	28.4	29.3	30.1	30.9	31.7	32.5	33.2	33.9	34.6	35.3	36.0	36.7		
40	15.3	16.8	18.2	19.5	20.7	21.8	22.9	24.0	25.0	26.0	27.0	27.9	28.8	29.6	30.5	31.3	32.1	32.8	33.6	34.3	35.1	35.7	36.4	37.1		

ANEXO 5. DIAMETRO EQUIVALENTE CIRCULAR PARA DUCTOS RECTANGULARES

Equivalentes circulares para ductos rectangulares de igual fricción y capacidad

Lgth Adj. ^b	Length of One Side of Rectangular Duct a, mm																			
	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900
100	109																			
125	122	137																		
150	133	150	164																	
175	143	161	177	191																
200	152	172	189	204	219															
225	161	181	200	216	232	246														
250	169	190	210	228	244	259	273													
275	176	199	220	238	256	272	287	301												
300	183	207	229	248	266	283	299	314	328											
350	195	222	245	267	286	305	322	339	354	383										
400	207	235	260	283	305	325	343	361	378	409	437									
450	217	247	274	299	321	343	363	382	400	433	464	492								
500	227	258	287	313	337	360	381	401	420	455	488	518	547							
550	236	269	299	326	352	375	398	419	439	477	511	543	573	601						
600	245	279	310	339	365	390	414	436	457	496	533	567	598	628	656					
650	253	289	321	351	378	404	429	452	474	515	553	589	622	653	683	711				
700	261	298	331	362	391	418	443	467	490	533	573	610	644	677	708	737	765			
750	268	306	341	373	402	430	457	482	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820		
800	275	314	350	383	414	442	470	496	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	
900	289	330	367	402	435	465	494	522	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984
1000	301	344	384	420	454	486	517	546	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037
1100	313	358	399	437	473	506	538	569	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086
1200	324	370	413	453	490	525	558	590	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133
1300	334	382	426	468	506	543	577	610	642	701	757	808	857	904	948	990	1031	1069	1107	1177
1400	344	394	439	482	522	559	595	629	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220
1500	353	404	452	495	536	575	612	648	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260
1600	362	415	463	508	551	591	629	665	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298
1700	371	425	475	521	564	605	644	682	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335
1800	379	434	485	533	577	619	660	698	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371
1900	387	444	496	544	590	633	674	713	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405
2000	395	453	506	555	602	646	688	728	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438
2100	402	461	516	566	614	659	702	743	782	857	927	993	1055	1115	1172	1226	1279	1329	1378	1470
2200	410	470	525	577	625	671	715	757	797	874	945	1013	1076	1137	1195	1251	1305	1356	1406	1501
2300	417	478	534	587	636	683	728	771	812	890	963	1031	1097	1159	1218	1275	1330	1383	1434	1532
2400	424	486	543	597	647	695	740	784	826	905	980	1050	1116	1180	1241	1299	1355	1409	1461	1561
2500	430	494	552	606	658	706	753	797	840	920	996	1068	1136	1200	1262	1322	1379	1434	1488	1589
2600	437	501	560	616	668	717	764	810	853	935	1012	1085	1154	1220	1283	1344	1402	1459	1513	1617
2700	443	509	569	625	678	728	776	822	866	950	1028	1102	1173	1240	1304	1366	1425	1483	1538	1644
2800	450	516	577	634	688	738	787	834	879	964	1043	1119	1190	1259	1324	1387	1447	1506	1562	1670
2900	456	523	585	643	697	749	798	845	891	977	1058	1135	1208	1277	1344	1408	1469	1529	1586	1696

Lgth Adj. ^b	Length of One Side of Rectangular Duct a, mm																			
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900
1000	1093																			
1100	1146	1202																		
1200	1196	1256	1312																	
1300	1244	1306	1365	1421																
1400	1289	1354	1416	1475	1530															
1500	1332	1400	1464	1526	1584	1640														
1600	1373	1444	1511	1574	1635	1693	1749													
1700	1413	1486	1555	1621	1684	1745	1803	1858												
1800	1451	1527	1598	1667	1732	1794	1854	1912	1968											
1900	1488	1566	1640	1710	1778	1842	1904	1964	2021	2077										
2000	1523	1604	1680	1753	1822	1889	1952	2014	2073	2131	2186									
2100	1558	1640	1719	1793	1865	1933	1999	2063	2124	2183	2240	2296								
2200	1591	1676	1756	1833	1906	1977	2044	2110	2173	2233	2292	2350	2405							
2300	1623	1710	1793	1871	1947	2019	2088	2155	2220	2283	2343	2402	2459	2514						
2400	1655	1744	1828	1909	1986	2060	2131	2200	2266	2330	2393	2453	2511	2568	2624					
2500	1685	1776	1862	1945	2024	2100	2173	2243	2311	2377	2441	2502	2562	2621	2678	2733				
2600	1715	1808	1896	1980	2061	2139	2213	2285	2355	2422	2487	2551	2612	2672	2730	2787	2842			
2700	1744	1839	1929	2015	2097	2177	2253	2327	2398	2466	2533	2598	2661	2722	2782	2840	2896	2952		
2800	1772	1869	1961	2048	2133	2214	2292	2367	2439	2510	2578	2644	2708	2771	2832	2891	2949	3006	3061	
2900	1800	1898	1992	2081	2167	2250	2329	2406	2480	2552	2621	2689	2755	2819	2881	2941	3001	3058	3115	3170

^aTable based on $D_e = 1.30(ab)^{0.625}/(a+b)^{0.25}$.

^bLength adjacent side of rectangular duct b, mm.

ENGINEERING DATA

Approx. Fan Weight (lb)
1,163

**Fan weight is without accessories.

Motor Location	Drive Type
Z	Constant

CONFIGURATION

Rotation	Discharge Position	Material Type	Arrangement
CW	TH	Galvanized	3

MOTOR SPECS

Size (kW)	RPM	V/C/P	Enclosure
11	1725	380/60/3	IP55

BDW Double Width Backward Inclined Centrifugal Fan

TAGS

- VC S3-01 VC S6-01 VC S9-01
- VC S4-01 VC S7-01
- VC S5-01 VC S8-01

STANDARD CONSTRUCTION FEATURES

HOUSING: Galvanized steel housing with Lock-seam construction • Mounting Arrangement A has two base mounts bolted to the housing with prepunched mounting holes • Mounting Arrangement B has an angled frame around the entire housing with prepunched mounting holes • Corrosion resistant fasteners.
 BEARINGS, SHAFT, AND WHEEL: Heavy duty, self-aligning ball bearing bearings • Polished, solid steel shafts • Steel backward inclined fan wheel

SELECTED OPTIONS & ACCESSORIES

- Centering Bearings with Grease Fittings
- Class F Motor Insulation
- Outlet Flange - Punched
- Unitary Base
- Free Standing, Spring Mount Isolators for Indoor use

Non-Standard Motor

PERFORMANCE Elevation ft = 43 Air Stream Temperature F=70 Drive Loss (%) 3

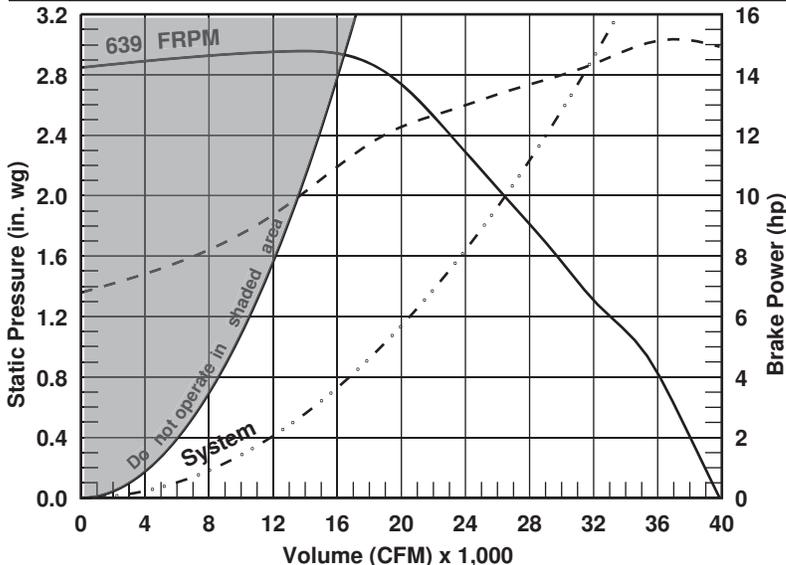
Qty.	Model	Volume (CFM)	External SP (in. wg)	Total SP (in. wg)	TS (ft/min)	OV (ft/min)	FRPM	Operating Power (hp)	SE %
7	BDW-M1000-C-11KW	26,500	2	2	6,733	1,536	639	13.48	64

SOUND

Inlet Sound Power by Octave Band								Lwa	dBA	Sones
62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
92	95	91	86	83	75	70	65	88	77	28

Lwa - A weighted sound power level, based on ANSI S1.4.
 Sones calculated using AMCA 301 at 5 ft.
 dBA - A weighted sound pressure level, based on 11.5 dB attenuation per octave band at 5 ft.

dBA levels are not licensed by AMCA International.



- Fan curve
- - - System curve
- - - Brake horsepower curve

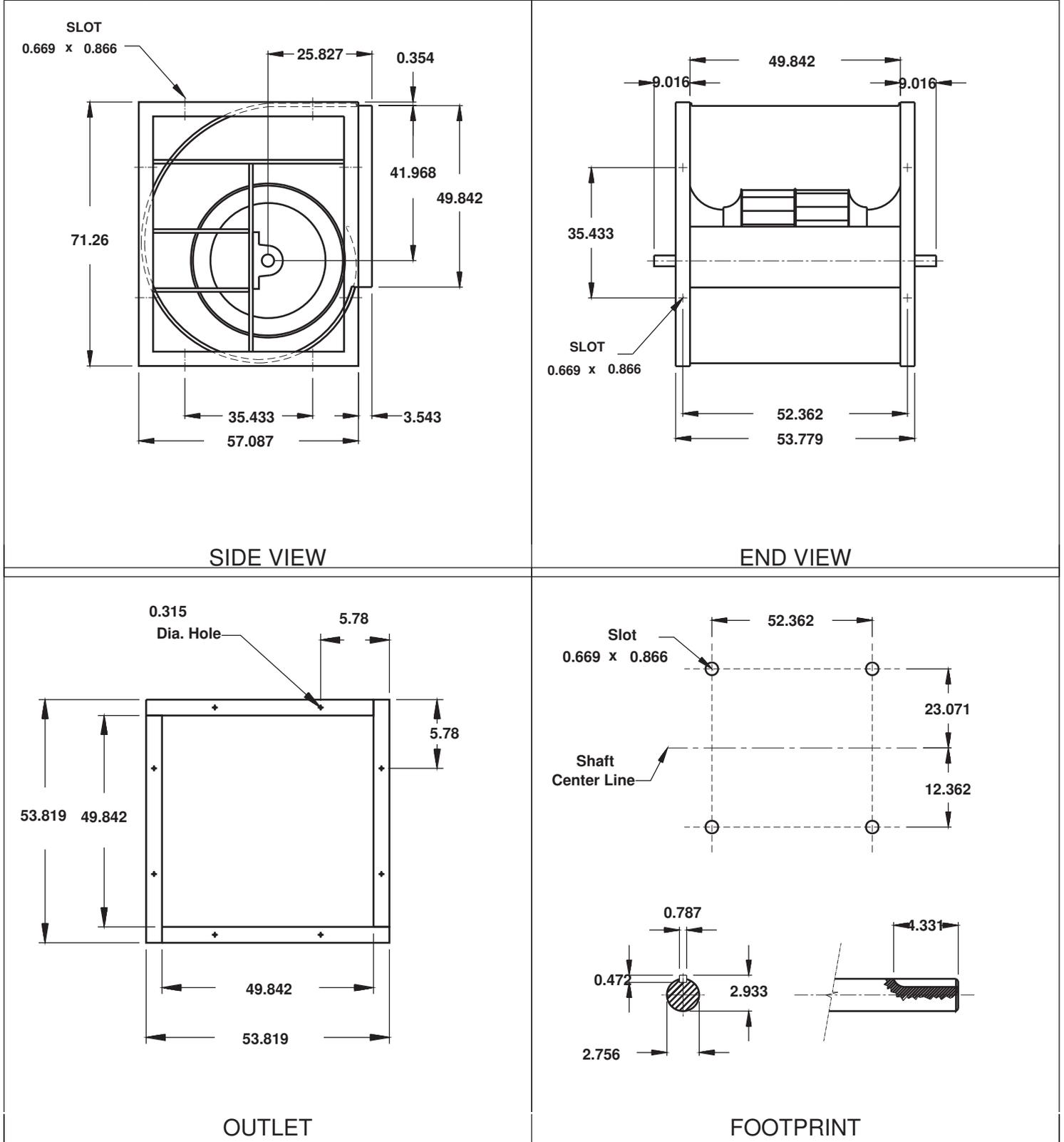


Size: 1,000

BDW Double Width Backward Inclined Centrifugal Fan

NOTES: All dimensions shown are in units of inches.

Drawings are not to scale. Drawings are of standard unit and do not include dimensions for accessories or design modifications.



Isolator Free Standing

HDL-300

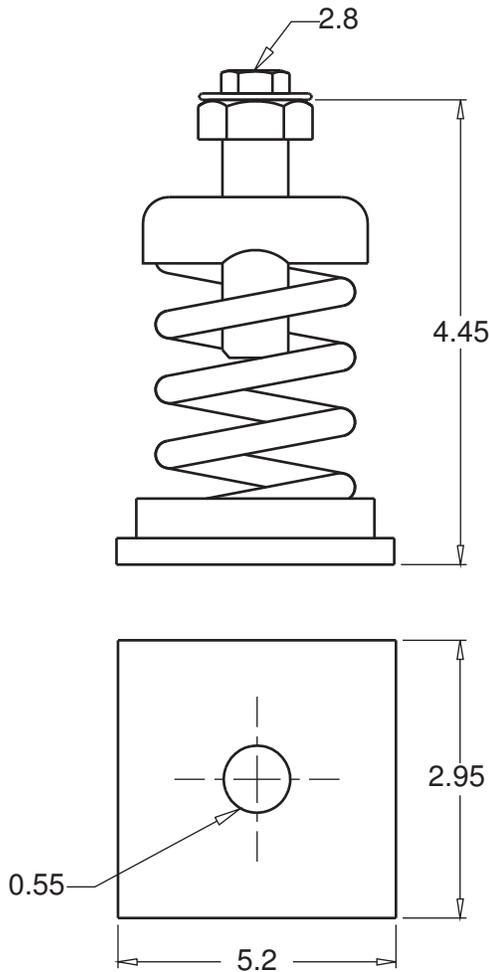
STANDARD CONSTRUCTION FEATURES

The free standing spring isolator is designed for use in isolation floor mounted sources of noise and vibration located near critically quiet areas. A lateral spring stiffness greater than 1.0 times the rated vertical stiffness and a minimum of 50% overload capacity assures stability of the isolator. The isolator has an epoxy powder coated spring which is color coded according to load capacity.

Isolator Configuration

Isolator Description HDL-300
Isolator Manufacturer Mei Huan
Load Capacity 661

Isolator Color Gray
Mounting Base
Deflection 0.98



AMCA



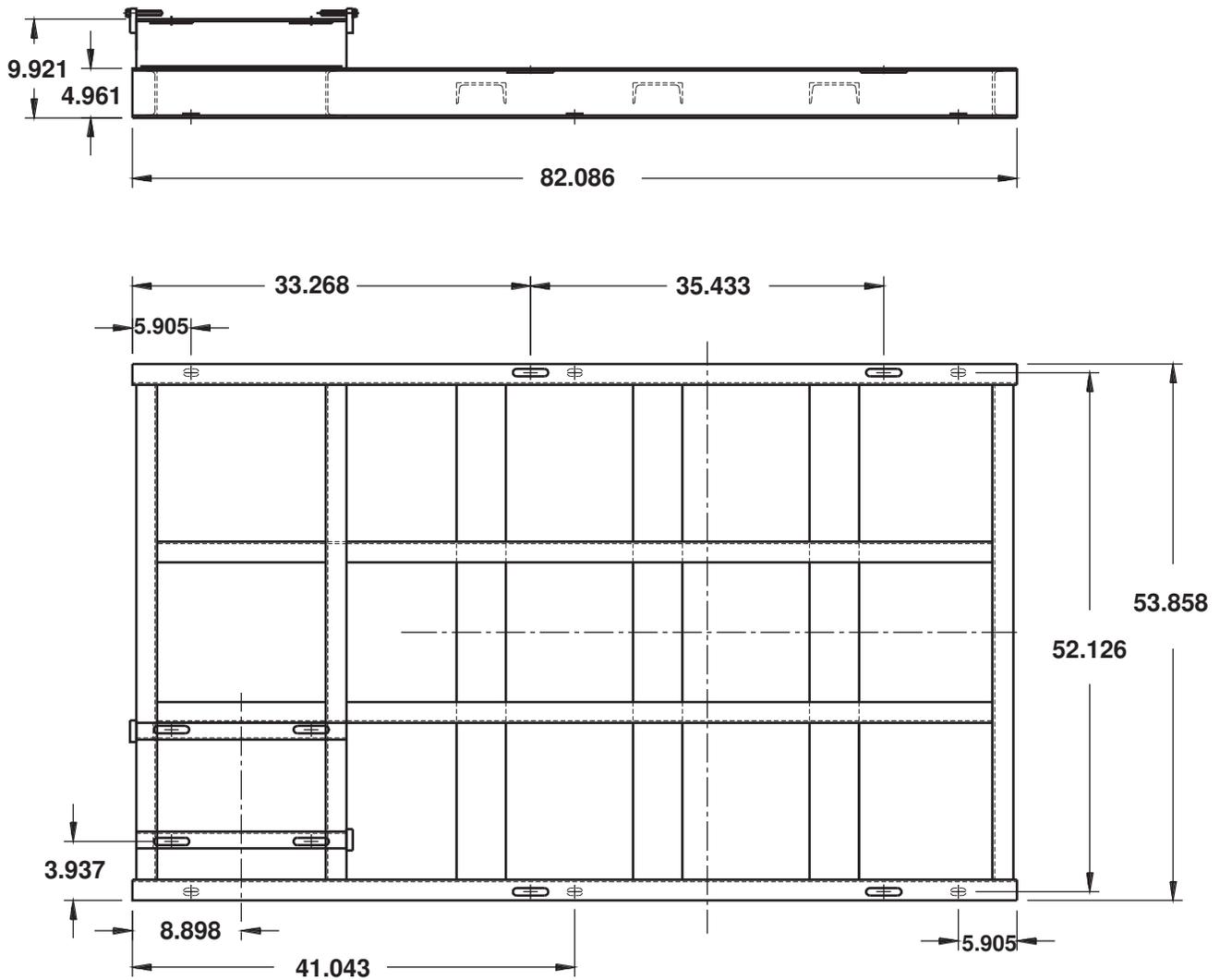
AMCA Licensed for Sound and Air Performance. Power rating (BHP/kW) includes transmission losses.

Greenheck Kunshan Co., Ltd. certifies that the model shown herein is licensed to bear the AMCA Seal. The ratings shown are based on tests and procedures performed in accordance with AMCA Publication 211 and comply with the requirements of the AMCA Certified Ratings Program. The AMCA Certified Ratings Seal applies to air and sound performance ratings. Performance shown is for installation type B: Free inlet, Ducted outlet. Power rating (BHP/kW) includes transmission losses. Performance ratings do not include the effects of appurtenances in the airstream (accessories).

Unitary Base

STANDARD CONSTRUCTION FEATURES

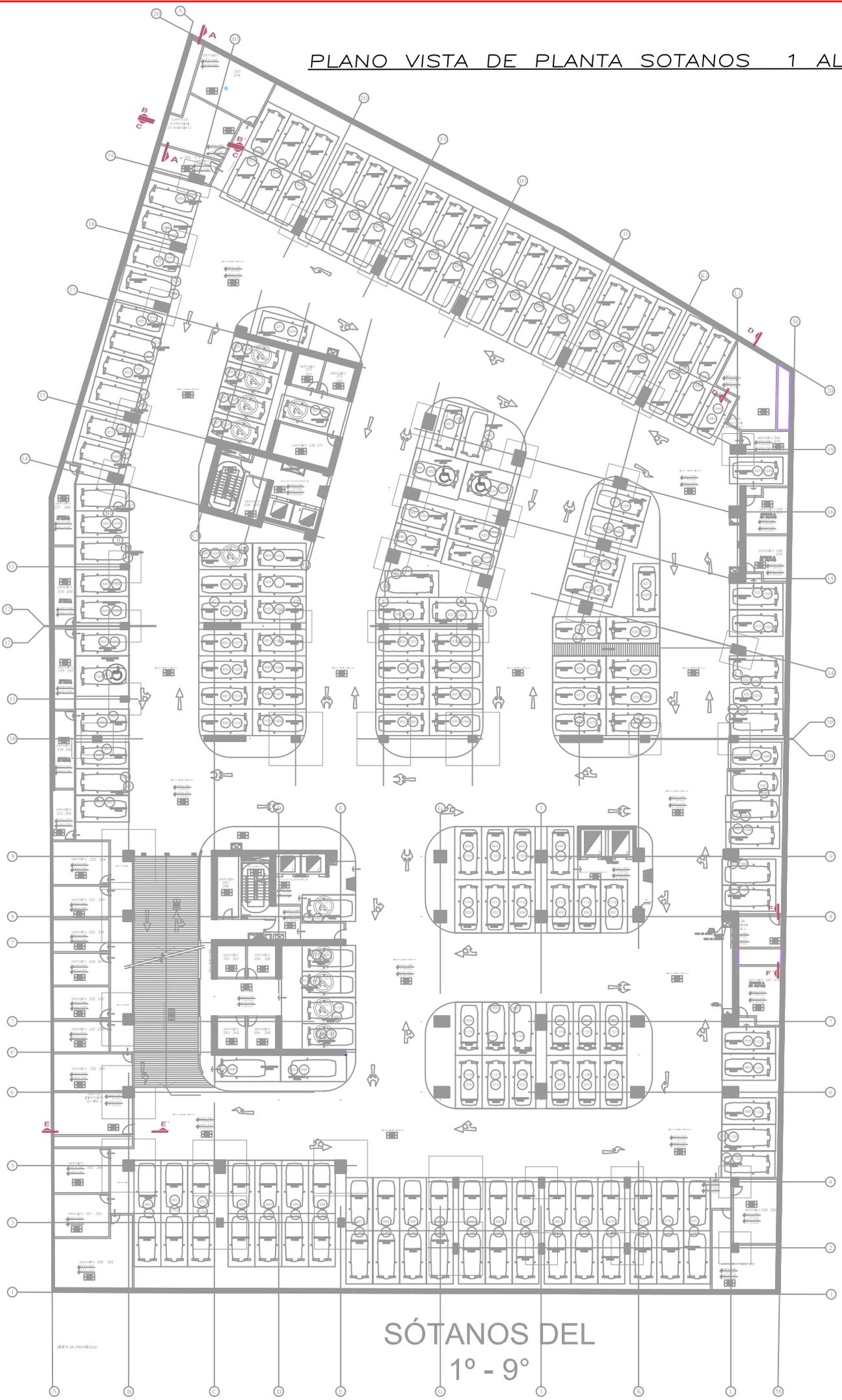
Designed to eliminate transmission of vibration from operating unit to mounting floor. Units are fabricated to receive both fan and driving motor for isolation of complete unit. Made from heavy gauge C-channel. All corners are fully welded. All holes are pre-drilled for specified isolators and motor frame sizes.



NOTES: All dimensions shown are in units of inches

BIBLIOGRAFIA

- APUNTES DE AIRE ACONDICIONADO – UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERIA – TOMO DOS – DECIMA EDICION – AUTOR MIGUEL COHEN
- MANUAL PRÁCTICO DE VENTILACION – SALVADOR ESCODA S.A. – SEGUNDA EDICION.
- HANDBOOK PARKING GARAGES – NORMA ASHRAE 2007
- DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA ESTACIONAMIENTO SUBTERRÁNEO DE TRES NIVELES – UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU – AUTOR BACHILLER MARIO ANDRÉ TORRES MELGAREJO
- HANDBOOK OF AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION AUTOR SHAN K. WANG – SEGUNDA EDICION – AÑO 2000
- FUNDAMENTOS DE MECANICA DE FLUIDOS AUTORES: MUNSON, YOUNG, OKIISHI – 5TA EDICION



SÓTANOS DEL
1º - 9º