

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO PARA LA MEJORA DE LA VENTILACIÓN DE LOS SÓTANOS DE ESTACIONAMIENTOS DEL CENTRO COMERCIAL LA RAMBLA SAN BORJA”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CAPCHA TICONA, YULIANA ELISA

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi amoroso padre Jehová, el creador de todo lo que existe, por demostrarme siempre su tierno y bondadoso amor, por ser tan bueno, darme cariño siempre, enseñarme para mi bien y guiarme por el camino en que debo andar, por hacerme pisar firme con sus consejos sabios y hacer que mi paz llegue a ser igual que un río y mi justicia como las olas del mar.

AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer llegar mis más sinceros agradecimientos a mi asesor el Ing. Omar Chamorro Atalaya por su apoyo y sugerencias ofrecidas durante el periodo que tomó realizar el trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima sur (UNTELS) por haberme brindado conocimientos en los 5 años de mi formación académica.

Al señor Jesús Carrasco Harvey por brindarme su apoyo y su comprensión y darme el tiempo necesario para poder lograr terminar este Proyecto.

A mi hermosa familia por comprender y entender mi reducido tiempo y brindarme su apoyo incondicional siempre.

A mis queridos hermanos de fe por entender mi ausencia todo este tiempo que ha durado el trabajo de investigación y por siempre fortalecerme y animarme a seguir viviendo la verdad.

A mi amado Dios Jehová también le agradezco por darme las fuerzas necesarias para empezar y terminar el proyecto de investigación, en el libro de Jeremías capítulo 10 versículo 23 el profeta jeremías nos dice por inspiración divina: *“oh Jehová, yo sé muy bien que el hombre no es dueño de su camino. Al hombre que está andando ni siquiera le corresponde dirigir su paso”*; entonces llego a la conclusión que mi padre me está permitiendo concluir el trabajo porque él lo desea y ve con buenos ojos lo que estoy realizando.

INDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I.....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	11
1.2 Justificación del Problema	13
1.3 Delimitación del Proyecto	13
1.3.1. Teórica	13
1.3.2. Temporal	13
1.3.3. Espacial	14
1.4 Formulación del Problema.....	14
1.4.1. Problema General	14
1.4.2. Problemas Específicos.....	14
1.5 Objetivos.....	15
1.5.1. Objetivos Generales.....	15
1.5.2. Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO II.....	16
MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes de la Investigación	16
2.1.1. Nacionales	16
2.1.2. Internacionales.....	20
2.2. Bases Teóricas.....	23
2.2.1. Exigencias en el ambiente	23
2.2.2. Ventilación.....	28
2.2.3. Normas Nacionales e internacionales y códigos.....	32
2.3. Marco Conceptual	33
CAPÍTULO III.....	36

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	36
3.1. Descripción del Sistema de Extracción de Monóxido actual.....	36
3.1.1. Caudales de aire	38
3.1.2. Mediciones Realizadas	42
3.1.3. Comparación de Caudales:.....	46
3.1.4. Ubicación de Puntos de Inyección y Extracción	46
3.2. Tipo del Sistema de Ventilación Propuesto	49
3.2.1. Lógica de Operación del Sistema	50
3.2.2. Especificaciones Técnicas	50
3.3. Cálculo de Caudal de Diseño	54
3.3.1. Cálculo Según ASHRAE	54
3.3.2. Cálculo Según el R.N.E siendo por unidad de área	62
3.3.3. Cálculo según el R. N.E siendo por Renovaciones.....	63
3.4. Cálculo de área para rejillas de extracción y velocidades	64
3.5. Cálculo de caída de presión para el sistema de extracción.....	66
3.6. Resultados.....	71
3.6.1. Sistema actual.....	71
3.6.2. Sistema proyectado.....	72
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ventilacion Natural	31
Figura 2. Ventilación Mecánica o forzada	31
Figura 3. Planta general típica del 5º sótano al 3º sótano	37
Figura 4. Planta general 2º sótano	37
Figura 5. Planta general 1º sótano	38
Figura 6. Planta general 4º sótano	40
Figura 7. Planta parcial 4º sótano, ejes U-V	40
Figura 8. Planta parcial 4º sótano, ejes Q-R	41
Figura 9. Planta general 4º sótano	47
Figura 10. Planta parcial 4º sótano – ejes 13,12-A y 13,12-C	48
Figura 11. Planta parcial 4º sótano – ejes 1,2-A y 1,2-B	48
Figura 12. Equipo en cuarto de extracción	66
Figura 13. Grafico; Δp versus V_p	68
Figura 14. Coeficientes de transformaciones	68
Figura 15. Coeficientes de codo rectangular	70
Figura 16. Grafico; Δp versus V_p	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestra de síntomas reportadas por la inhalación de monóxido de carbono	27
Tabla 2. Tiempo de exposición de personas con el monóxido de carbono con respecto a la escala de concentración permisible de este gas.....	28
Tabla 3. Mediciones realizadas a frecuencia de 20hz entre los ejes U – V.....	42
Tabla 4. Mediciones realizadas a frecuencia de 60hz entre los ejes U – V.....	43
Tabla 5. Mediciones realizadas a frecuencia de 20hz entre los ejes Q – R	44
Tabla 6. Mediciones realizadas a frecuencia de 60hz entre los ejes Q – R	45
Tabla 7. Niveles de Ruido	51
Tabla 8. Espesores de planchas metálicas	52
Tabla 9. Emisiones en estacionamientos	58
Tabla 10. Tiempo de operación promedio;Fuente: (2007-ASHRAE-Handbook-Parking-Garages Capitulo 13.18)	59
Tabla 11. Velocidad de captación permisible.	65
Tabla 12. Velocidades máximas recomendadas para conductos de aire.....	65
Tabla 13. Resultados de caudales de aire calculados	72
Tabla 14. Características eléctricas de equipos inyectores seleccionados	74
Tabla 15. Características eléctricas de equipos extractoress seleccionados	75
Tabla 16. Velocidades en rejillas de extracción e inyección.....	76

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la importancia de disponer de aire limpio y sin contaminantes en el ambiente de trabajo es sumamente necesario. La industria moderna, con su complejidad de procesos y operaciones, utiliza un número creciente de sustancias y preparados químicos mucho de los cuales poseen una elevada toxicidad. El empleo de dichas sustancias puede dar a lugar a que en el ambiente estén presentes, en concentraciones que excedan los niveles de seguridad, partículas, gases, vapores. (Manual de Recomendaciones Practicas Para la Prevencion de Riesgos Profesionales, 1992)

Debido al tipo de construcciones verticales que se tiene como desarrollo urbanístico, 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 transitan estos ambientes sería de consecuencias dañina para la salud de las personas. Para ello se tiene que asegurar una correcta ventilación ya sea del tipo natural o mecánica. (Marcial V., Para obtener el titulo profesional de Ingeniero Mecanico, 2019)

La ausencia de ventilación natural o mecánica en los estacionamientos, sobre todo en los estacionamientos subterráneos cerrados, está generando alteraciones graves en la calidad del aire en estos ambientes. Esto se debe a las altas concentraciones de monóxido de carbono que se generan por las emisiones de los vehículos. (Remon Z., 2016)

El problema más serio en los estacionamientos cerrados, son las altas concentraciones de monóxido de carbono. Es por ello que se presenta la necesidad de un programa completo de ventilación que debe incluir tanto la inyección como la extracción, este último para eliminar los contaminantes generados por alguna operación, con la finalidad de mantener un ambiente saludable. (Manual de Recomendaciones practicas, 1992)

En el Perú debido al continuo incremento de vehículos, se ha hecho necesario la construcción de nuevos estacionamientos para que se utilice al máximo el espacio disponible. Las edificaciones para estacionamiento y los nuevos edificios con estacionamientos subterráneos están solucionando dicha problemática. En los estacionamientos subterráneos de varios niveles, no es posible lograr una conexión con el exterior que asegure la evacuación rápida del aire contaminado. Por esta razón es importante el diseño de un sistema de extracción de monóxido de carbono dentro los estacionamientos subterráneos, sobre todo en los que no tienen conexión con el exterior. (Salazar M., 2018)

El sistema de extracción de monóxido incluye un conjunto de dispositivos conectados entre sí, cuando la concentración de monóxido es superior a la establecida son detectados por los Sensores de Monóxido, los cuales a través de un Controlador (Tablero de Arranque y Control) ponen en marcha el sistema de ventilación como el Extractor para el proceso de evacuación del aire viciado y el Inyector para la renovación de aire limpio desde el exterior y se desconectan cuando el Sensor de Monóxido detecte que el nivel de monóxido desciende hasta alcanzar valores admisibles. (FRIOTEMP, 2019)

La Ventilación de Estacionamientos estándar o tradicional se realiza mediante ductos metálicos y rejillas de extracción. La descarga se realiza por un tragaluz, con ductos verticales hasta la azotea de la edificación. Este sistema está compuesto uno a más extractores de aire tipo centrífugo de gran caudal, ductos y otros accesorios. Los sistemas de Ventilación con Jet Fans básicamente reemplaza el sistema de ductos de un estacionamiento o parqueo. Con el sistema puede evitar zonas “muertas” en el estacionamiento. Además los Jet Fans son utilizados para la ventilación como también para la extracción de humos en caso de incendios. (FRIOTEMP, 2019)

En ese sentido el sistema de Extracción de monóxido de los sótanos de estacionamientos tiene el propósito de garantizar la no acumulación de monóxido de carbono en los estacionamientos y mantener los gases emitidos por los

vehículos a niveles mínimos. Debido a la contaminación de los gases emanados de la combustión de gasolina y petróleo que se desprende del tráfico de vehículos, principalmente arrojan Monóxido de Carbono (CO), el cual es un gas sin olor ni sabor, el más peligroso y puede causar intoxicación e incluso la muerte.

El trabajo de investigación presente ha sido dividido en 3 capítulos, los cuales describen en primera instancia el análisis de un sistema de extracción de monóxido de carbono ya existente en el Centro Comercial La Rambla San Borja, y en base a esos resultados se determinó realizar un rediseño del sistema de extracción de monóxido que cumpla tanto normas nacionales como internacionales, este Centro Comercial cuenta con 5 sótanos de estacionamientos.

Capítulo I: Se ve la problemática, justificación del proyecto, delimitaciones, formulación del problema y objetivos.

Capitulo II: Se menciona los antecedentes de dicho proyecto, conceptos y marco teórico donde se describe lo perjudicial que es inhalar monóxido de carbono para el organismo, los tipos de sistema de ventilación y las normas nacionales e internacionales que resguardan este tipo de sistema como son el ASHRAE (*Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado*), el R.N.E (*Reglamento Nacional de Edificaciones*)

Capitulo III: Se analiza como se encuentra el sistema existente y se desarrolla el rediseño del sistema con nuevos cálculos respetando los parámetros que indican las normas nacionales e internacionales. También en este capítulo se presenta los resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones que se dan al concluir el proyecto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

En la actualidad los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial la Rambla San Borja, cuentan con un sistema operativo ineficiente de extracción de monóxido de carbono, El sistema viene funcionando de esa manera desde el año 2011 hasta la actualidad, sin embargo no cumple con algunas de las normativas que exige el Reglamento Nacional de edificaciones, siendo alguna de ellas:

- ✓ La normativa EM.030–7.1.6.1 del Reglamento Nacional de Edificaciones, que hace mención a la cantidad mínima de cambios de aire que deben tener los estacionamientos de sótanos para contar con una ventilación eficiente, siendo $12\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ o 5 renovaciones de aire por hora, al no ser renovado el caudal de aire con las exigencias mínimas requeridas, trae como consecuencia que las concentraciones de monóxido de carbono en los sótanos de estacionamientos, constantemente se van a encontrar por encima del nivel de concentración permitido, debido a que el caudal de aire a renovar no ha sido calculado con los cambios de aire por hora que estipula el Reglamento Nacional de Edificaciones. En consecuencia las personas al estar expuestas por un periodo largo y a altas concentraciones de monóxido de carbono pueden llegar a intoxicarse o hasta la muerte por envenenamiento debido a que este gas cuando ingresa a la sangre ocupa el lugar del oxígeno y rápidamente se combina con la hemoglobina de la sangre, la hemoglobina está contenida en los glóbulos rojos, y se reduce en ocasiones a niveles que podrían causar hasta la muerte, impidiendo la capacidad del transporte de oxígeno de los pulmones hacia las células del organismo.

- ✓ De la misma manera el sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos de estacionamientos, no está cumpliendo con la normativa G.040 ubicada en el título III, uso y mantenimiento, capítulo II, artículo 8,

del Reglamento Nacional de Edificaciones que expresa claramente: “Los equipos o maquinarias que deben instalarse y que sean necesarias para el funcionamiento de la edificación y que produzcan vibraciones, deberán estar aislados de la estructura de la edificación, de manera que no se transmitan a esta. Igualmente el ruido o la vibración producida por el uso de equipos o maquinarias no deberá, en ningún caso, perturbar a los ocupantes de la propia edificación ni a los de las edificaciones vecinas, debiendo ceñirse a las disposiciones que sobre la materia establezcan las municipalidades.” (R.N.E, GE.040, 2006).

- ✓ La presión sonora de los equipos electromecánicos que pertenecen al sistema de extracción de monóxido supera el límite permitido que exige la municipalidad de San Borja que es el lugar donde se encuentra ubicado el Centro Comercial en mención.
- ✓ Al estar encendido los equipos electromecánicos, que pertenecen al sistema de extracción de monóxido de carbono de los sótanos de estacionamientos del centro comercial, la presión sonora que transmiten esta fuera del rango permitido por la municipalidad de San Borja, ordenanza N° 306 – MSB sobre prevención y control de ruidos molestos en el distrito de san Borja, haciendo mención en el confort acústico. Al estar funcionando los equipos electromecánicos la presión sonora que transmiten excede los 70 dB y el ruido es molesto.
- ✓ Por otra parte el sistema de ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla cuentan con rejillas de inyección y extracción que permiten el ingreso y salida del caudal de aire, este caudal de aire que se moviliza a través de las rendijas de las rejillas se encuentra a una velocidad fuera de lo recomendado, en consecuencia el ruido provocado por el paso del flujo de aire entre las rendijas de las rejillas es molesto para el público usuario.

Por lo mencionado se evidencia que hace falta una mejora en el sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos de estacionamientos y

replantear el proyecto con el fin de que se ajuste a las exigencias nacionales e internacionales como son el Reglamento Nacional de Edificaciones y el ASHRAE (*Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado*).

1.2 Justificación del Problema

El proyecto de ingeniería se justifica que a partir de las mejoras en el diseño del sistema de extracción de monóxido de carbono de los sótanos, se logrará asegurar una adecuada ventilación en los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla (San Borja). Al realizar estas mejoras, tanto en el caudal de aire a renovar, en la velocidad de las rejillas de ventilación y en la selección de los equipos electromecánicos, se conseguirá que el sistema de ventilación cumpla el objetivo por el cual existe, que es de dotar de aire limpio y libre de concentraciones elevadas de monóxido para el caso del sistema de extracción de monóxido y humos.

1.3 Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica

El presente proyecto se ha realizado para diseñar un sistema de extracción de monóxido de estacionamientos que contribuya a la mejora del sistema ya existente.

El diseño será realizado concentrándose en la normativa nacional EM.030–7.1.6.1 del Reglamento Nacional de Edificaciones, también seguiremos las recomendaciones del ASHRAE (*Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado*) en el capítulo 15.0 instalaciones vehiculares cerradas.

1.3.2. Temporal

Este diseño fue realizado entre los meses de julio – setiembre del año 2019.

1.3.3. Espacial

Este diseño se realizó en los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja ubicada en el distrito de San Borja entre los cruces de la Av. Javier Prado Este y Aviación.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

-¿Cómo el diseño del sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos, mejora la ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja?

1.4.2. Problemas Específicos

-¿Cuál es el diseño actual del sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja?

-¿Cuál es el caudal de aire que requiere el sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos, siguiendo normas nacionales e internacionales, para la mejora de la ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja?

-¿Cuál es la dimensión de los ductos de mampostería, ductos metálicos y rejillas de ventilación del sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos, para la mejora de la ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja?

-¿Cuáles son las características de los equipos electromecánicos del sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos, para la mejora de la ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja?

1.5 Objetivos

1.5.1. Objetivos Generales

Diseñar el sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos, para la mejora de la ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja.

1.5.2. Objetivos Específicos

-Describir el diseño actual del sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja.

-Calcular el caudal que requiere el sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos, siguiendo normas nacionales e internacionales, para la mejora de la ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja.

-Calcular la dimensión de los ductos de mampostería, ductos metálicos y rejillas de ventilación del sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos de estacionamientos, para la mejora de la ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja.

-Determinar las características de los equipos electromecánicos del sistema de extracción de monóxido de carbono de sótanos, para la mejora de la ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Se ha realizado una revisión bibliográfica y se ha conseguido tesis que mencionan el tema. A continuación citaremos algunos documentos que sirvieron de referencia para el presente trabajo.

2.1.1. Nacionales

- Torres, M. (2014) en su tesis *“Diseño de un sistema de ventilación para estacionamiento subterráneo de tres niveles”* para obtener el título de ingeniero mecánico, de la Pontificia

Universidad Católica del Perú, Lima - Perú, concluye que:

Para el diseño de un sistema de ventilación mecánica de un estacionamiento subterráneo de tres niveles se da con el fin de mantener la concentración de monóxido de carbono en el ambiente por debajo de 25 ppm, con esto se cumpliría las recomendaciones de y requerimientos de normas nacionales e internacionales.

El sistema tiene como principio la ventilación general por depresión, con 25 rejillas de extracción que se han distribuido en cada piso. Para este diseño se siguió el método recomendado por la Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE).

Para esta ventilación se diseñó tres sistemas independientes para cada piso del estacionamiento. De esta forma, no fue necesario que se extraiga el aire de todo el estacionamiento en caso se supere la concentración permisible en algún lugar del estacionamiento. El sistema de ventilación diseñado garantiza la extracción del aire contaminado del estacionamiento en cada piso cuando la concentración de nivel de monóxido de carbono supere

las 25 partes por millón, asegurando la calidad del aire dentro del recinto. El caudal de ventilación es de 9756 l/s para el primer sótano, 10365 l/s para el segundo y 10975 l/s para el tercer sótano.

El sistema de ductos metálicos se diseñó con la finalidad de conducir el aire contaminado desde los puntos de extracción, que están ubicados al nivel del suelo y distribuidos en cada piso, hacia las rejillas de descarga a 2.5 metros sobre el nivel del piso terminado. Los ventiladores seleccionados cumplen el caudal de diseño y la caída de presión para extraer el aire de cada sótano al exterior del estacionamiento.

La presión estática entregada por los ventiladores es de 405.6 Pa para el primer sótano, 720.1 Pa para el segundo, y 632.9 Pa para el tercero.

Los motores poseen potencias nominales de 11 kW para los sistemas del primer y segundo sótano, y 15 kW para el sistema del tercer sótano. Se seleccionó el sistema de transmisión por fajas trapezoidales para entregar la potencia a las velocidades del ventilador requeridas. Se diseñó el circuito de mando y potencia que arranque los motores mediante el método estrella-triángulo, cuando alguno de los sensores de monóxido de carbono detecte una concentración mayor a 25 ppm en cada uno de los niveles del estacionamiento. También, se dimensionaron los conductores eléctricos, y los elementos de protección, adecuados para alimentar a los motores eléctricos según lo estipulado en el Código Nacional de Electricidad.

- Remon, Z. (2016) en su tesis "*Sistema de Extracción de Monóxido de Carbono para estacionamientos en los sótanos del edificio corporativo Panorama*" para obtener el título de ingeniero mecánico de fluidos, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú, concluye que:

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 que la distribución de inyección y extracción de aire sea óptima en el interior del estacionamiento, y de esa manera llegar a todos los rincones de los estacionamientos de Sótanos del Edificio Panorama Plaza Negocios, y mantener la concentración del monóxido de carbono en el límite permisible de 35 ppm, evitando el daño en la salud del público usuario y trabajadores que transiten en 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 caudal 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.

Se diseñó un sistema de ductos metálicos utilizando 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 o 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 recomendado y muy conveniente para el cálculo de suministro, retorno y extracción de aire.

- Salazar, M. (2018) en su tesis “Diseño de Un sistema de Ventilación con detección de Monóxido de Carbono (Co) para Sótanos de Estacionamiento de un Edificio Multifamiliar” para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque - Perú, concluye que:

El sistema de ventilación mecánica se diseñó teniendo presente la concentración de monóxido de carbono en el ambiente subterráneo por debajo de 25 ppm, que según el Código Internacional ACGIH Conferencia Estadounidenses de Higienistas Industriales del Gobierno TLV-TWA, es el valor de concentración máxima permitida para la exposición continua de un trabajador en cualquier periodo de 8 horas; y con la IMC Código Internacional de Mecánica, que recomienda este valor cuando se monitorea el CO en una estructura de estacionamiento.

Los equipos representativos en el sistema de ventilación mecánica tendrán un diseño que tienen como principio la ventilación general por depresión, con 05 rejillas de extracción en cada nivel de estacionamiento.

Para cada nivel del estacionamiento será diseñado un sistema de detección de monóxido de carbono. El caudal necesario para ventilar cada nivel será de 9,756 l/s para el primer sótano, 10,365 l/s para el segundo sótano y 10,975 l/s para el tercer sótano, siguiendo el método recomendado por la Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE).

Las dimensiones de los ductos se calcularon teniendo presente la caída de presión por fricción constante de 0.65 Pa/m y manteniendo la velocidad del aire por debajo del límite recomendado por autores especializados. Se calcularon las caídas de presión, siendo la de mayor caída la que se produce en el

sistema de ductos de cada nivel de 630.60 Pa en el primer sótano, 682.10 Pa en el segundo y 745.90 Pa en el tercero.

Se seleccionaron los ventiladores para que trabajen a las condiciones de caudal y presión dadas anteriormente, siendo todos ellos ventiladores centrífugos; También se seleccionó los motores eléctricos que son accionados por los ventiladores, se seleccionó el sistema de transmisión por fajas para entregar la potencia a las velocidades del ventilador requeridas. El circuito de mando y potencia para que arranquen los motores ha sido diseñado para que utilice el método estrella triángulo, cuando alguno de los sensores de monóxido de carbono detecte una concentración de 25 ppm en cada uno de los niveles del estacionamiento. Además, se dimensionaron los conductores eléctricos, y los elementos de protección, adecuados según lo estipulado por el Código Nacional de Electricidad.

2.1.2. Internacionales

- Acosta, G. (2017) en su tesis “Concentraciones de monóxido de carbono y su incidencia en la salud del personal que labora en el parqueadero del edificio principal del GAD Municipal de Ambato” para obtener la maestría en seguridad e higiene industrial de la Universidad técnica de Ambato, Ambato - Ecuador, concluye que: Una vez realizada la medición se puede verificar que la mayor concentración se tiene en la mañana, obteniéndose el valor más alto de la medición en el puesto de trabajo de consola de seguridad en el horario de la mañana como se muestra en la tabla No. 30, sin embargo, las concentraciones de monóxido de carbono no excede el límite permisible, por lo cual no se encuentra una afectación a la salud del personal, pero si se puede verificar mediante la encuesta que existen molestias leves de salud en los trabajadores.

Mediante el examen de COHb, realizada a los cuatro trabajadores pertenecientes a la consola de seguridad es baja, ya que no excede los niveles de referencia de 0% a 1.8%, sin embargo, el único empleado que presenta un nivel de 2.16% como se muestra en la tabla No. 18, esto se debe a que es un fumador negativo, es decir, utiliza el tabaco como un relajante.

Se concluye también que una de las extracciones que tiene su desfogue en la parte superior del parqueadero está a la altura de las oficinas del primer piso, ocasionando que el contaminante ingrese a las oficinas.

El problema de la concentración es producida básicamente por una mala y deficiente extracción mecánica, ya que, por el único lugar que se puede ingresar aire del exterior se está sacando produciendo un efecto de remolino y volviendo a ingresar el mismo aire.

- Villalba, P. (2017) en su tesis “Diseño del circuito de ventilación de la Mina Bonanza, operada por la empresa Exportadora Aurífera S.A, EXPAUSA, ubicada en el Distrito Minero Ponce Enríquez” para obtener el título de Ingeniero en minas de la Universidad Central de Ecuador, Quito - Ecuador, concluye que:

La campaña de mediciones de calidad de aire ha determinado que, en volumen, la temperatura húmeda promedio es de 24,9 °C y la concentración de oxígeno promedio de 20,2%, lo que establece que los trabajos dentro de la mina se pueden realizar sin problema alguno.

La concentración de gases, específicamente el monóxido de carbono (CO), en las cotas más profundas de la mina aumenta, hasta 15 ppm (dato obtenido de la campaña de mediciones), sin embargo, se mantienen bajo el límite permisible de exposición para una persona durante el turno (6 horas).

El cálculo de balance de masa de aire fresco, para el actual estado del sistema de ventilación principal de la mina Bonanza, refleja como resultado una deficiencia de aire fresco en la mina, puesto que, a ella ingresa hasta 6 m³ /s de aire por los desfondes que, dependiendo de los trabajos en las otras minas es viciado o relativamente limpio. De las mediciones en la bocamina Bonanza se ha definido que por ésta salen hasta 2m³/s de acuerdo a la diferencia de temperatura entre el interior de la mina y el exterior. Por lo que también se llega a la conclusión de la existencia de otros desfondes sin control, en las áreas abandonadas de la mina, al ingreso de estos sectores se prevé colocar puertas.

Las dimensiones de las labores mineras de ventilación del Proyecto Bonanza no son propicias para una adecuada circulación del aire, de ahí que se concluye que es necesario su ensanchamiento como se ha indicado en el capítulo 5. Diseño del Proyecto de Ventilación.

El sistema de ventilación propuesto, disminuye la resistencia total de la mina, al aumentar la sección de las labores e instalar un ventilador que cumple el requerimiento de aire total.

- Valarezo, T. (2017) en su tesis *“Mejoramiento del sistema de ventilación y extracción de material particulado en la Empresa Pyceret S.A.”* para obtener el título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Guayaquil, Guayaquil - Ecuador, concluye que:

Los trabajadores por la forma de trabajo están expuestos a altas concentraciones de PM10 y PM2.5 como lo demuestra el análisis realizado en planta para el proceso del mortero adhesivo.

La falta de cuidado de los EPP de los colaboradores en el proceso del mortero adhesivo hace que estas no ayuden en su protección con el tema de material particulado, por lo tanto quedan expuestos al máximo de partículas inhalables que les puede causar daños en las vías respiratorias, visuales y dermatológica a futuro.

Los colaboradores no tienen conocimiento de lo que le puede suceder con el riesgo químico en tema de salud y que existe en planta.

El filtro de manga seleccionado les dará mejores condiciones laborales con respecto a su ambiente por su eficiencia que tiene este tipo de equipo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Exigencias en el ambiente

La industria moderna, con su complejidad de operaciones y procesos, utiliza un número creciente de sustancias y preparados químicos mucho de los cuales poseen una elevada toxicidad. El empleo de dichos materiales puede dar a lugar a que en el ambiente de trabajo estén presentes, en concentraciones que excedan el nivel de seguridad, partículas, gases, vapores y/o nieblas. (Manual de Recomendaciones practicas, 1992, págs. 1-2).

2.2.1.1. Aire Contaminado

El aire al igual que la tierra y el agua, puede limpiar los contaminantes que se lanza en el día a día, de los cuales también pueden ser lanzados naturalmente. El problema es cuando se acumulan demasiados contaminantes, ya sea de industria, doméstica o de agricultura, se liberan demasiados

contaminantes y no se dan cuenta que la tierra debe tener un tiempo o ciclo para su limpieza o se regenere de los contaminantes que se vierten en ella. (Armin & zibrak, 1998)

Se menciona el dióxido de carbono, que es un gas inerte pero de gran envergadura, puesto que produce el gas de efecto invernadero, de tal forma que si se mide las consecuencias con los otros gases contaminantes es el que está causando la mayor parte del calentamiento global.

En las últimas décadas el desarrollo industrial propiamente dicho ha hecho que crezca las cifras de la cantidad de dióxido de carbono que se vierte a la atmosfera, este ha sido significativo como para aumentar los niveles por encima de los establecido en límites permisibles, desgraciadamente hay algunos lugares en el planeta donde los daños son irreversibles, o podrían demorar muchas décadas en reparar los daños ya marcados. (Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge, 1995)

No se puede dejar de mencionar al metano que es un gas que descarga el ganado en los grandes criaderos de estos animales, que por supuesto están incurriendo al incremento del efecto invernadero. Otros contaminantes son los aerosoles o los refrigerantes que utiliza la industria del aire acondicionado, y usa diferentes tecnologías para mitigar el calor que se genera por las altas temperaturas, pero a la vez están aumentando su labor de dañar el planeta donde se vive. (Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge, 1995)

Todos están de acuerdo que si no se detiene esta contaminación o se toma conciencia de ella, el lugar donde se vive podría tener graves problemas, por lo que con la unión de muchos países se han adoptado medidas muchas veces

enérgicas y duras, para que sus ciudadanos tomen conciencia del terrible futuro que puede llegar. Gracias a estos eventos hay algunos países que se han adecuados a dichas normas y han mitigado su contaminación, de tal forma que le han dado calidad de vida a sus ocupantes. Una de ellas es el Protocolo de Kioto, en unión de los países integrantes tratan de disminuir las evacuaciones de dióxido de carbono. Otro procedimiento es el de aumentar los precios de los combustibles fósiles, de tal forma que cada vez la industria de los vehículos, se apege más a los vehículos que según estudios no contaminan la atmósfera. (Armin & Zibrak, 1998)

2.2.1.2. Monóxido de Carbono

Este gas es de los más venenosos que despiden los vehículos motorizados, ya que, es imperceptible para los sentidos. Este gas en la concentración de 0,5% de CO en el ambiente podría poner en verdadero riesgo la vida de un individuo en pocos minutos, en aproximadamente de 15 a 20 minutos. Se puede decir que en concentraciones supuestamente mínimas podría causar malestar en el individuo que puede ser diagnosticado como un síntoma de cualquier otra enfermedad común y corriente. Por lo general mientras más abundante sea la entrada de combustible, se tiene más cantidad de monóxido de carbono en el ambiente. (Armin & Zibrak, 1998)

2.2.1.3. Consecuencias de Inhalación de Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono es un gas que muchas veces pasa desapercibido por los sentidos, por esta razón aún se hace mucho más peligroso que otros que habitan en la atmósfera, cuando un transeúnte inhala este gas en cantidades importantes, puede llegar a tener problemas de salud, ya que, resulta la reducción progresiva de oxígeno que por la sangre

se distribuye, el tiempo de inhalación es importante, debido a que, mientras más tiempo se está expuesto mayor serán los problemas que se tiene en el organismo. Muchas personas han sufrido de muerte progresiva debido al envenenamiento o a la intoxicación de monóxido de carbono. La inhalación premeditada o de manera accidental puede derivar a la muerte. En algunas ciudades de los Estados Unidos han llegado estadísticas que según exámenes se produjeron víctimas mortales en alrededor de 600 individuos (Armin & zibrak, 1998).

Sin embargo, como se dijo el tiempo al que se está expuesto las personas es importante, es sabido que si su inhalación es por un tiempo corto este no implica un riesgo mortal. Hay diversos síntomas que se pueden asociar a la inhalación de monóxido de carbono, atribuido también según el estado de quien lo consienta. Según el tiempo de exposición estos síntomas puede ser no letales, de estos varios se pueden asociar a enfermedades comunes y corrientes. Pueden asociarse a otro tipo de problemas del organismo, incluso también a inhalación de humos. (Armin & zibrak, 1998) En la tabla 1, se muestran los análisis que se hicieron de los diferentes síntomas que producen la inhalación de monóxido de carbono en diferentes pacientes. (Armin & zibrak, 1998)

Síntoma	% de pacientes
Dolor de cabeza intenso	91
Mareos	78
Fatiga	54
Nauseas	47
Aturdimiento	43
Ahogamiento	40
Disminución de la visión	25
Dolor pectoral	9
Inconciencia	6
Dolor de abdomen	6
Espasmos	5

TABLA 1. MUESTRA DE SÍNTOMAS REPORTADAS POR LA INHALACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO
FUENTE: (ARMIN & ZIBRAK, 1998)

2.2.1.4. Concentración Permisible de Monóxido de Carbono

Para realizar los cálculos y por consiguiente el diseño del sistema es necesario conocer cuáles son los valores de concentraciones permisibles de monóxido de carbono, puesto que, al admitir un rango por encima del que los especialistas recomiendan no serviría cabalmente a su propósito.

La tabla 2, muestra el tiempo de exposición de personas con el monóxido de carbono con respecto a la escala de concentración permisible de este gas, además normas de entidades internacionales autónomas como ASHRAE y NIOSH.

Para el Perú; el Reglamento Nacional de Edificaciones en sus normas vigentes con respecto a las atribuciones y recomendaciones que se deben tomar en estos casos es de

que la concentración de monóxido de carbono no debe superar las 50 ppm (Ministerio de Vivienda 2006:321177).

Norma	Tiempo (horas)	CO _{max} (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

TABLA 2. TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE PERSONAS CON EL MONÓXIDO DE CARBONO CON RESPECTO A LA ESCALA DE CONCENTRACIÓN PERMISIBLE DE ESTE GAS.

Fuente: (Krtati;2001)

2.2.2. Ventilación

“Puede definirse la ventilación como aquella técnica que permite sustituir el aire ambiente interior de un local, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro exterior de mejores características.” (Echeverry Londoño, 2011).

También nos dice (Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge, 1995, pág. 1) “La ventilación es un método común de reducir la exposición de las personas a los contaminantes que se originan en los procesos industriales. Es útil también para prevenir la acumulación de gases, vapores o polvos inflamables y/o explosivos.”

“Hay dos tipos principales de ventilación: La dilución o ventilación general y la ventilación exhaustiva local.” (Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge, 1995, pág. 1)

2.2.2.1. Ventilación exhaustiva local

“La contaminación exhaustiva local es usada para disminuir o preferiblemente, para prevenir la exposición a los contaminantes. En este tipo de ventilación, el aire contaminado es captado en el mismo lugar que se produce evitando su difusión por todo el local.” (Echeverry Londoño, 2011, pág. 29)

“La gran ventaja de la ventilación exhaustiva local está en que remueve los contaminantes en vez de diluirlos. Otra ventaja es que requiere menos cantidad de aire que la dilución.” (Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge, 1995, pág. 125).

Los sistemas de ventilación exhaustiva local son más difíciles de diseñar que los sistemas de ventilación general. Las campanas deben tener la forma apropiada y estar bien localizadas para hacer un control eficiente de los contaminantes, y el ventilador y los conductos deben diseñarse para extraer la cantidad correcta de aire a través de cada campana. (Echeverry Londoño, 2011, pág. 29)

2.2.2.2. Ventilación general o dilución

El termino ventilación general es aceptado para significar el intercambio constante (suministro o extracción) de aire en un área general, cuarto o espacio. Este intercambio de aire tiene el propósito de generar comodidad y reducir la concentración de los contaminantes por dilución del aire contaminado con el aire limpio.

En forma opuesta al control por ventilación exhaustiva local, el control por ventilación general permite que se presente la emisión. El aire contaminado se diluye hasta niveles de exposición aceptables; o si el objetivo es prevenir incendios en un espacio, se diluyen las concentraciones por debajo de los límites inferiores de inflamabilidad o explosividad. En este sentido contrario a la ventilación exhaustiva local, el control por ventilación general se realiza en la atmosfera del lugar de trabajo. (Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge, 1995, pág. 280)

Este tipo de ventilación es aplicable cuando en un local existen numerosas fuentes de contaminación dispersas, o cuando las fuentes son móviles. Su aplicación está limitada por la toxicidad y por la cantidad de contaminantes generados que, cuando superan ciertos valores, determinan la necesidad de caudales de aire que no son técnica o económicamente factibles. (Echeverry Londoño, 2011, pág. 19)

“La ventilación puede hacerse por medios naturales o mecánicos. En la ventilación mecánica el aire es extraído de los locales, o inyectado en ellos utilizando ventiladores.” (Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge, 1995, pág. 185)

a. Ventilación Natural

La ventilación natural es el desplazamiento y el ingreso del aire a través de ventanas, puertas, muros, pisos y otras aberturas por medio de fuerzas naturales, tales como diferencias de presión (viento) y temperatura (densidad del aire) entre la edificación y sus alrededores. Se debe recordar que el movimiento del aire para su ingreso no depende solamente de las diferencias de presión y temperatura, sino también de las

características físicas de la edificación, por ejemplo su ubicación etc. (Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge, 1995, pág. 282)

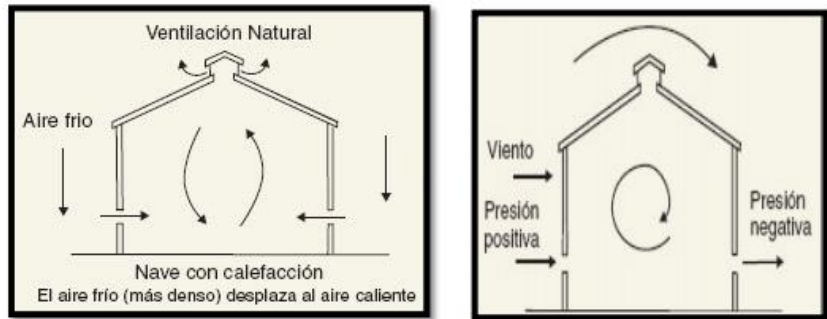


FIGURA 1. VENTILACION NATURAL
FUENTE: (MANUAL DE VENTILACION INDUSTRIAL / 4º EDICIÓN – 2000)

b. Ventilación Mecánica o forzada

El sistema de ventilación mecánica es aquel en el que el flujo de aire es producido por ventiladores. Si el ventilador está entregando aire a un espacio se llama sistema de suministro, si el ventilador está removiendo aire de un espacio se llama sistema de extracción. Frecuentemente se utilizan ambos tipos de ventiladores. (Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge, 1995).

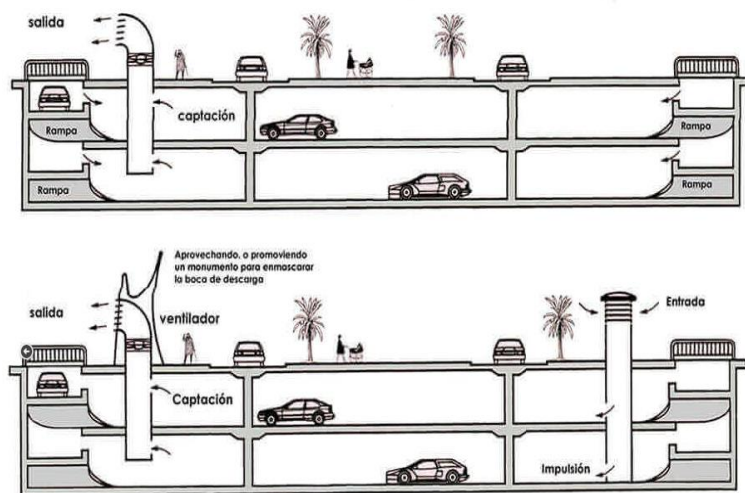


FIGURA 2. VENTILACIÓN MECÁNICA O FORZADA
FUENTE: (MANUAL DE VENTILACION INDUSTRIAL / 4º EDICIÓN 2000)

2.2.3. Normas Nacionales e internacionales y códigos

ASHRAE “*The American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers*”

Las recomendaciones que da el ASHRAE en temas de diseño para la extracción de monóxido de carbono en sótanos de estacionamientos cerrados, se encuentran en:

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

R.N.E

El Reglamento Nacional de Edificaciones modificada y publicada en el diario el peruano en mayo del 2014 :

- Norma técnica A.010, capítulo XII, artículo 69.
- Norma técnica EM.030, artículo 2, inciso 2 y 5.
- Norma técnica EM.030, artículo 11, inciso 4, 5, 6 y 7.
- Título III, Edificaciones, norma GE.040, uso y mantenimiento, capítulo II, uso de edificaciones, artículo 8.

NFPA 88A “*National Fire Protection*”

SMACNA “*Sheet metal and Air Conditioning Contractors National Association*”

ASME “*American Society for Testing Materials*”

AMCA “*Asociación internacional de movimiento y control de aire*”

Municipalidad de San Borja, ordenanza N° 306 – MSB sobre prevención y control de ruidos molestos en el distrito de san Borja.

2.3. Marco Conceptual

A continuación se presenta definiciones de las cuales algunas de ellas se hallan establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma técnica EM.030.

- **Abertura de Ventilación**

“Hueco practicado en uno de los elementos constructivos que delimitan un local para permitir la transferencia de aire entre el mismo y otro local contiguo o el espacio exterior.” (Greenheck, 1999)

- **Aire Exterior**

“Aire del ambiente que entra a una edificación a través de un sistema de ventilación, mediante aperturas intencionales para ventilación natural o por infiltración. El aire exterior puede tener contaminantes que es necesario filtrar”. (Echeverry Londoño, 2011, pág. 32)

- **Aire de Impulsión o Aire de Suministro**

“Aire tratado e inyectado a los ambientes mediante equipos electromecánicos.” (Echeverry Londoño, 2011, pág. 36)

- **Asepsia**

“Es la condición libre de microorganismos o materia séptica que producen enfermedades o infecciones. Como medida de bioseguridad, en los establecimientos de salud, es necesario mantener la asepsia de determinados ambientes.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Caudal de Aire:**

“Volumen de aire que, en condiciones normales, se aporta a un local por unidad de tiempo.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Conducto de Extracción**

“Conducto que sirve para sacar el aire viciado al exterior.”
(Manual de Recomendaciones practicas, 1992)

- **Contaminantes del Aire**

“Sustancias o partículas que, durante el uso de un local, se incorporan al aire interior y deterioran su calidad en una medida tal que puede producir molestias inaceptables o enfermedades en los ocupantes del local.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Ducto**

“Conducto generalmente de metal o fibra de vidrio empleada para conducir el aire de un lugar a otro.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Expulsión**

“Salida al exterior del aire viciado.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Extracción**

“Evacuación hacia el exterior del aire viciado de un local. Este aire puede haberse contaminado en el propio local o en otros comunicados con él.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Extractor**

“Ventilador que sirve para extraer de forma localizada los contaminantes.”
(Echeverry Londoño, 2011)

- **Filtro**

“Elemento de un sistema de ventilación que sirve para retener la suciedad del aire (partículas sólidas como por ejemplo polvo, polen y bacterias) con el fin de evitar el ensuciamiento de los dispositivos y aparatos por los que éste pasa y la contaminación del aire exterior.”
(R.N.E, EM.030, 2014)

- **Microorganismos**

“Un organismo microscópico, especialmente una bacteria, hongo o protozoario.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Partes por Millón**
 “p.p.m Unidad de medida de concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Profesional responsable**
 “Ingeniero Mecánico o Ingeniero Mecánico Eléctrico.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Renovación de Aire**
 “Sustitución del aire contenido en una sala por otro equivalente de aire limpio en un periodo de tiempo determinado.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Ventilación**
 “Proceso de suministrar o retirar aire de un espacio con el fin de controlar los niveles de contaminación del aire, la humedad y/o la temperatura dentro del espacio” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **Ventilación Mecánica**
 “Ventilación mediante equipos electromecánicos como ventiladores, campanas extractoras, etc.” (R.N.E, EM.030, 2014)

- **ASHRAE** “*The American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers*”
 Es una asociación americana de profesionales que buscan avanzar en diseños, construcción de sistemas en calefacción, ventilación, refrigeración y aire acondicionado, también financian proyectos, y en base a la experiencia realizan recomendaciones para las construcciones de sistemas nuevos en ventilación, calefacción y aire acondicionado.

- **R.N.E** (Reglamento Nacional de Edificaciones)

- **CO** (Monóxido de carbono)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Descripción del Sistema de Extracción de Monóxido actual

Para el presente proyecto de investigación se analizó el sistema de extracción de monóxido de carbono de los sótanos de estacionamientos del centro comercial La Rambla San Borja, este sistema viene funcionando desde el 2011 hasta la actualidad, cabe precisar que se está analizando el sistema tal cual fue encontrado, Primero comenzaremos describiendo a los sótanos de estacionamientos del centro comercial, para luego pasar a describir el sistema de extracción de monóxido actual:

- ✓ El centro Comercial cuenta con 5 sótanos de estacionamientos, el primer sótano se encuentra ubicado en el nivel -4.00 N.P.T, el segundo sótano en el nivel -7.20 N.P.T, el tercer sótano en el nivel -10.40 N.P.T, el cuarto sótano en el nivel -13.60 N.P.T, y el quinto sótano se encuentra ubicado en el nivel -16.80 N.P.T.

El sótano 5^o, 4^o y 3^o son típicos es decir igual en área y disposición de montantes, el sótano 2^o y 1^o tienen áreas diferentes. Se muestra a continuación la planta general de los sótanos mencionados, ubicación de las zonas donde se encuentran las montantes de inyección señaladas con un rectángulos de color rojo y la ubicación de las zonas donde se encuentran las montantes de extracción señaladas con rectángulos de color rosado.

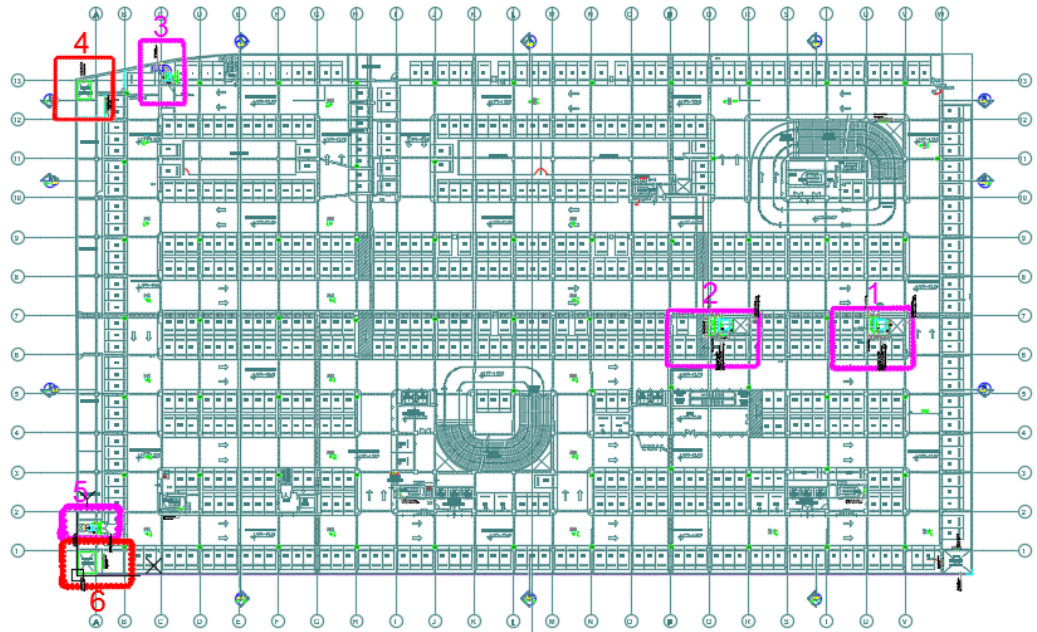


FIGURA 3. PLANTA GENERAL TÍPICA DEL 5º SÓTANO AL 3º SÓTANO
FUENTE: (ARQUITECTONICA S.A)

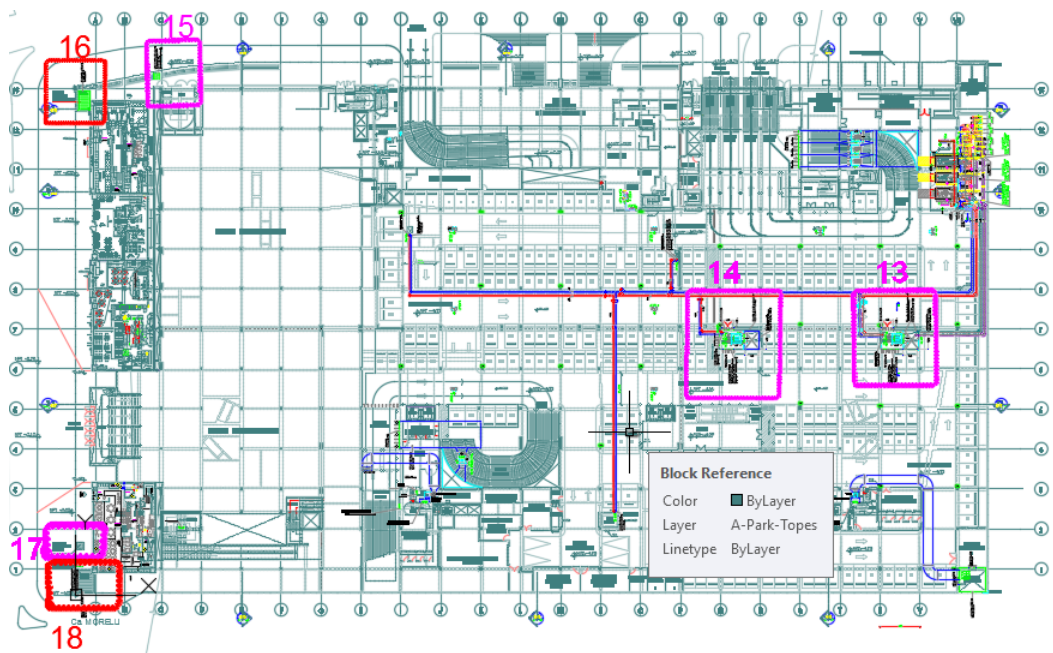


FIGURA 4. PLANTA GENERAL 2º SÓTANO
FUENTE: (ARQUITECTONICA S.A)

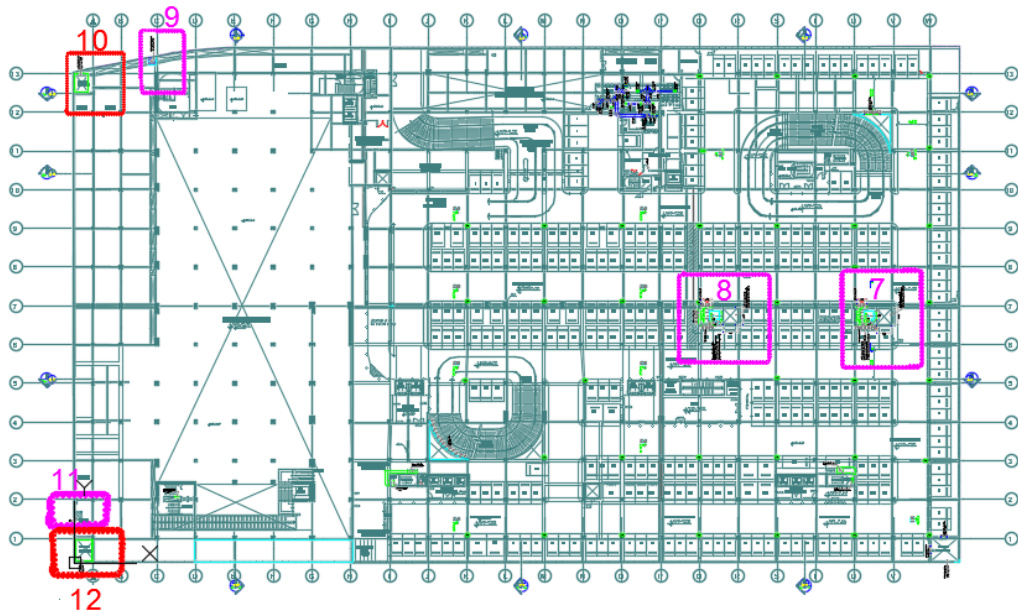


FIGURA 5. PLANTA GENERAL 1º SÓTANO
FUENTE: (ARQUITECTÓNICA S.A)

Al recibir los planos del centro comercial se realizó una primera revisión, a continuación se mencionan algunos de los aspectos que determinan la necesidad de replantear el proyecto, con el fin de que se ajuste a las exigencias nacionales e internacionales como son el Reglamento Nacional de Edificaciones y el ASHRAE (*Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado*).

3.1.1. Caudales de aire

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, el sistema de extracción de monóxido debe tener una capacidad equivalente a 5 renovaciones de aire por hora y no menos de 12m³/h por cada m² de superficie de estacionamiento.

De acuerdo a estas exigencias, el sistema de extracción de monóxido deberá contar con una inyección de aire exterior y una extracción, no menor de 172,518 CFM en el sótano 4 que es el que estamos tomando de modelo por ser típico.

Según los planos recibidos, se está inyectando 163,504 CFM y se está extrayendo 227,530 CFM, aparentemente parecería que la

extracción es excesiva y la inyección de aire es deficitaria, sin embargo se realizaron mediciones de caudal para ver si realmente se estaba inyectando y extrayendo lo que el plano indica.

✓ **Mediciones de caudal:**

Se realizaron mediciones de caudal en los extractores ubicados en el 4º sótano, con la finalidad de determinar sus capacidades y compararlas con las exigidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

✓ **Instrumento de medición:**

Se empleó un anemómetro digital de hélice, marca CPS, modelo AM50, con certificado de calibración CPS vigente.

✓ **Metodología empleada:**

Cada cuarto de extractores, cuenta con 3 rejillas de extracción, dos en sus paredes laterales y una en su puerta de acceso. Se tomó como referencia el cuarto de extracción del sótano 4º ubicado entre los ejes U-V y los ejes Q-R, se midió la velocidad del aire en 12 puntos de las rejillas ubicadas en las paredes, con un área mayor de 4m² y se determinó la velocidad promedio, en el caso de las rejillas con un área menor a 4m², se realizaron 6 mediciones.

El producto de la velocidad promedio del aire por el área de la respectiva rejilla, determina el caudal que sale a través de ella, el objetivo de estas mediciones ha sido encontrar el caudal que sale por cada rejilla, sumar el caudal de todas y determinar el caudal de aire que está siendo retirado por el extractor.

En la figura (6) se muestra la planta general del sótano 4 indicando con una nube azul la ubicación de los cuartos de extracción y en la

figura (7) y (8) se observa 2 plantas parciales del sótano 4 mostrando más detalladamente los cuartos de extracción.

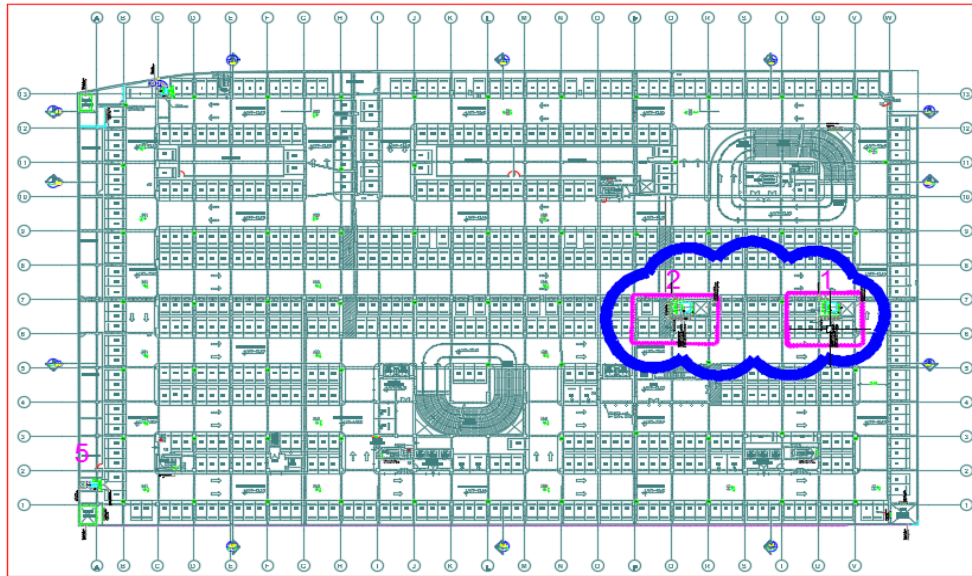


FIGURA 6. PLANTA GENERAL 4º SÓTANO
FUENTE: (ARQUITECTONICA S.A.)

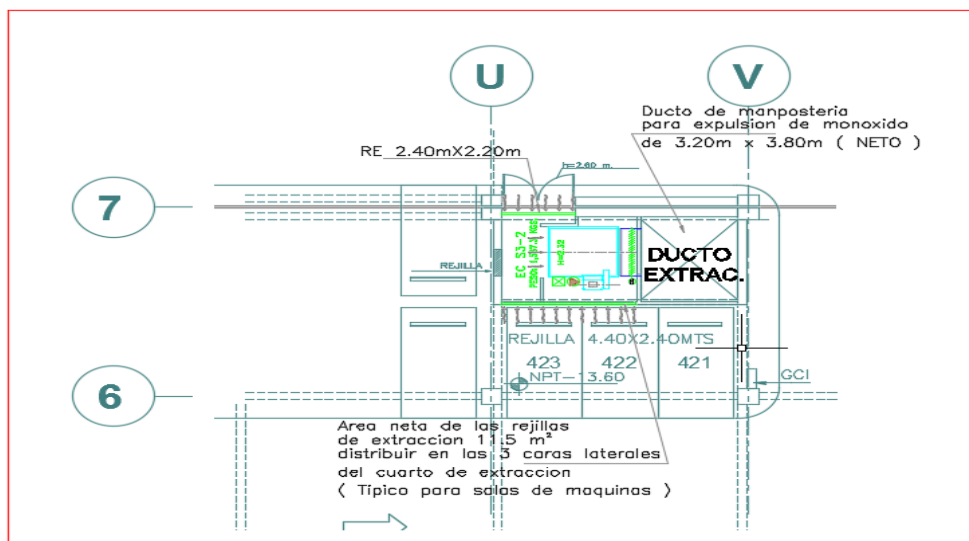


FIGURA 7. PLANTA PARCIAL 4º SÓTANO, EJES U-V
FUENTE: (ARQUITECTONICA S.A.)

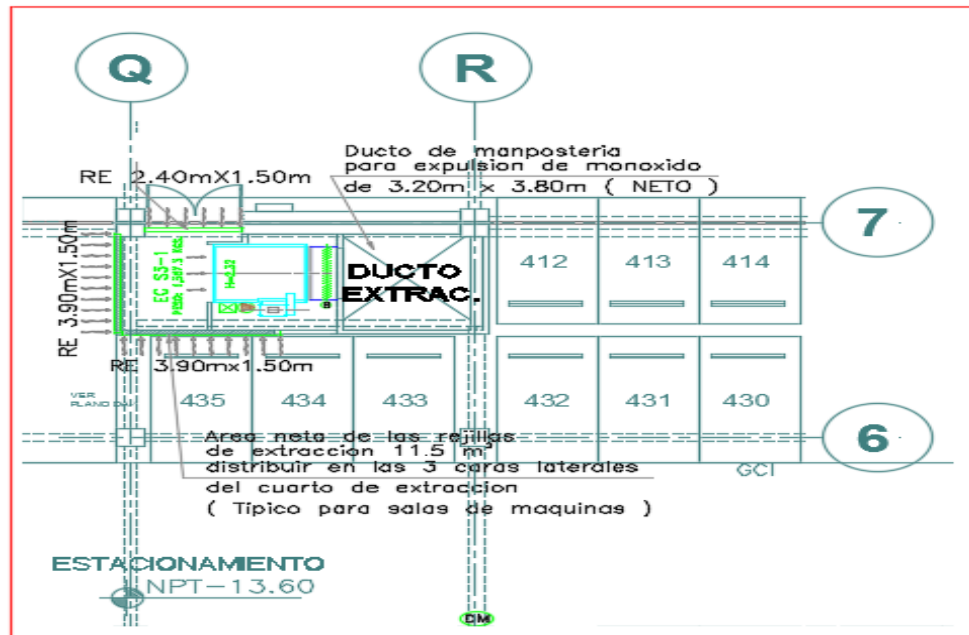


FIGURA 8. PLANTA PARCIAL 4º SÓTANO, EJES Q-R
FUENTE: (ARQUITECTONICA S.A.)

Fórmula: $Q = V * A$, ... (Ecuación 1)

Donde:

Q = caudal (m³/s)

V = velocidad (m/s)

A = área (m²)

Esta fórmula fue útil para hallar el caudal que se está extrayendo por cada rejilla.

Tomaremos de ejemplo a la rejilla de extraccion1 que se encuentra ubicada entre los ejes U – V, trabajando con el extractor operando a 20Hz, tal como indica la tabla (3)

Área de rejilla = 2.21m² = 23.8pie²

Velocidad promedio = 1.5m/s = 295.3 pies/min

Para hallar el caudal se multiplica la velocidad por el área:

Caudal = 2.21 * 1.5 = 3.315 m³ / seg = 7,028.14 pies³ / min = 7,102.40cfm.

Esto nos dice que por la rejilla de extracción 1 se está extrayendo un caudal de aire igual a 7,102.40cfm

3.1.2. Mediciones Realizadas

Se empleó un anemómetro digital de hélice, marca CPS, modelo AM50, con certificado de calibración CPS vigente.

EXTRACTOR 1: 4° SÓTANO - EJES U y V OPERACIÓN A 20Hz

DATOS DE LA SECCION DE MEDICION		VELOCIDADES TOMADAS m/s	Velocidad Promedio (m/s)	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL CFM MEDIDO
Punto de medición	Área (m2)				
Rejilla de Extracción 1	2.21	0.8	1.5	3.35	7,102.40
		1.9			
		2.1			
		0.8			
		1.8			
		1.7			
Rejilla de Extracción 2	9.74	0.9	1.2	11.77	24,938.39
		1.6			
		1.6			
		0.7			
		1.4			
		2			
		0.7			
		1.3			
		1.6			
		0.6			
		1.1			
1					
Rejilla de Extracción 3	5.16	1.4	1.5	7.61	16,127.40
		1.3			
		1.5			
		1.2			
		1.6			
		2.1			
		1.2			
		1.5			
		1.8			
		1.2			
		1.6			
1.3					

TOTAL: 48,168.20 CFM

**TABLA 3. MEDICIONES REALIZADAS A FRECUENCIA DE 20HZ ENTRE LOS EJES U – V
FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)**

EXTRACTOR 1: 4° SÓTANO - EJES U y V OPERACIÓN A 60Hz

DATOS DE LA SECCION DE MEDICION		VELOCIDADES TOMADAS m/s	Velocidad Promedio m/s	CAUDAL m3/s	CAUDAL CFM MEDIDO
Punto de medición	Área (m2)				
Rejilla de Extracción 1	2.21	3.6	5.4	11.86	25,131.57
		6			
		6.8			
		4			
		6			
Rejilla de Extracción 2	9.74	3.4	4.2	41.31	87,542.36
		5.5			
		4.8			
		4.1			
		4.4			
		5.7			
		2.3			
		4			
		5.2			
		3.9			
		4			
3.6					
Rejilla de Extracción 3	5.16	5	5.1	26.32	55,762.55
		5.1			
		5			
		4.8			
		5.5			
		7.2			
		4.1			
		5.8			
		6.1			
		4			
		5			
4.4					

TOTAL: 168,436.48 CFM

**TABLA 4. MEDICIONES REALIZADAS A FRECUENCIA DE 60HZ ENTRE LOS EJES U – V
FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)**

EXTRACTOR 2: 4° SÓTANO - EJES Q y R
OPERACIÓN A 20Hz

DATOS DE LA SECCION DE MEDICION		VELOCIDADES TOMADAS m/s	Velocidad Promedio m/s	CAUDAL m3/s	CAUDAL CFM MEDIDO
Punto de medición	Área (m2)				
Rejilla de Extracción 1	5.27	1.1	1.5	7.66	16,229.26
		1.5			
		1.5			
		1.2			
		1.7			
		1.9			
		1.3			
		1.7			
		1.6			
		1.2			
		1.6			
Rejilla de Extracción 2	5.46	1.4	1.4	7.78	16,486.57
		1.5			
		1.3			
		1.2			
		1.8			
		1.4			
		1.1			
		1.4			
		1.8			
		1.2			
		1.4			
Rejilla de Extracción 3	4.97	1.3	1.5	7.27	15,401.93
		1.3			
		1.6			
		1.6			
		1.2			
		1.5			
		1.8			
		1.7			
		1			
		1.5			
		1.8			
1.8					

TOTAL: 48,117.76 CFM

TABLA 5. MEDICIONES REALIZADAS A FRECUENCIA DE 20HZ ENTRE LOS EJES Q – R
FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)

EXTRACTOR 2: 4° SÓTANO - EJES Q y R
OPERACIÓN A 60Hz

DATOS DE LA SECCION DE MEDICION		VELOCIDADES TOMADAS m/s	Velocidad Promedio m/s	CAUDAL m3/s	CAUDAL CFM MEDIDO
Punto de medición	Área (m2)				
Rejilla de Extracción 1	5.27	4.1	4.5	23.89	50,623.37
		5.3			
		5			
		3.1			
		5.1			
		5.1			
		3.6			
		5.5			
		5.1			
		2.1			
5.5					
Rejilla de Extracción 2	5.46	3.8	5.2	28.21	59,775.86
		5.5			
		5.3			
		4.5			
		6			
		6.9			
		4.9			
		5.5			
		6.8			
		3.5			
		4.3			
5.4					
Rejilla de Extracción 3	4.97	4	4.9	24.54	51,997.95
		5.1			
		5.7			
		5.3			
		3.9			
		5.3			
		6.4			
		5.1			
		3.4			
		5.1			
		5.7			
3.8					

TOTAL: 162,397.18 CFM

TABLA 6. MEDICIONES REALIZADAS A FRECUENCIA DE 60HZ ENTRE LOS EJES Q – R
FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)

Estas mediciones se realizaron con los extractores operando a 02 frecuencias diferentes de suministro eléctrico.

Medición 1 (20Hz): Operación normal establecida, quiere decir que se encontró al sistema operando a una frecuencia de 20 Hz, regulada en el variador de frecuencia.

Medición 2 (60Hz): Operación a capacidad máxima.

Los resultados obtenidos son:

❖ **extractor 1 (Ubicado entre ejes U y V):**

Operación a 20 Hz: 48,168.20 CFM.

Operación a 60 Hz: 168,436.48 CFM.

❖ **extractor 2 (Ubicado entre ejes Q y R):**

Operación a 20 Hz: 48,117.75 CFM.

Operación a 60 Hz: 162,397.18 CFM.

Caudales totales extraídos del sótano 4

Operación a 20 Hz: 96,285.95 CFM.

Operación a 60 Hz: 330,833.66 CFM.

3.1.3. Comparación de Caudales:

A la condición de operación fijada (20Hz), los extractores están cubriendo únicamente el 54.87% del caudal exigido por el RNE. Operando a 60Hz, los dos extractores por el RNE en un 89% (con niveles de ruido excesivos).

3.1.4. Ubicación de Puntos de Inyección y Extracción

Los puntos de inyección y de extracción, deben ubicarse de tal manera que se originen corrientes de aire que realicen un “barrido” del CO.

En los planos recibidos (como ejemplo el sótano 4), se observa que en la esquina de los ejes 1-A y también de los ejes 13-A, existen rejillas de inyección de aire exterior.

Al lado de estos puntos de inyección de aire exterior (a una distancia de 6m y 12m correspondientemente a los ejes mencionados), se han instalado extractores. Con esta disposición no se logrará el “barrido” antes mencionado y por el contrario, se creará un corto circuito de flujo de aire.

En la figura (9) que indica la planta general del sótano 4 se observa con nubes rosadas los puntos de extracción y con nubes rojas los puntos de inyección de aire, las dos nubes azules indican la zona donde está ocurriendo el corto circuito de flujo de aire.

En la figura (10) y (11) se observa de cerca las zonas donde está ocurriendo el corto circuito de flujo de aire, es decir el flujo de aire que se inyecta inmediatamente se extrae sin originarse corrientes de aire que realicen un “barrido” del CO.

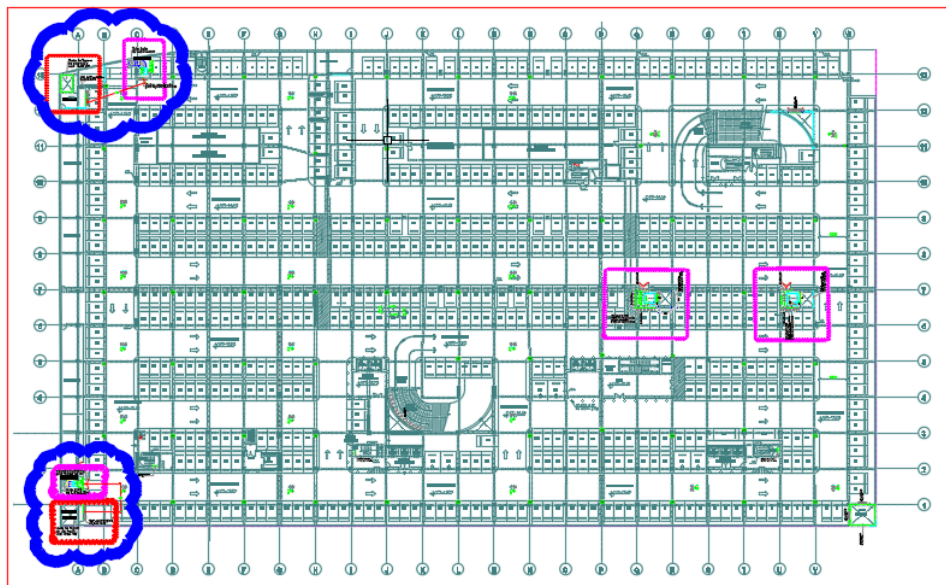


Figura 9. Planta general 4º sótano

FUENTE: (ARQUITECTONICA S.A.)

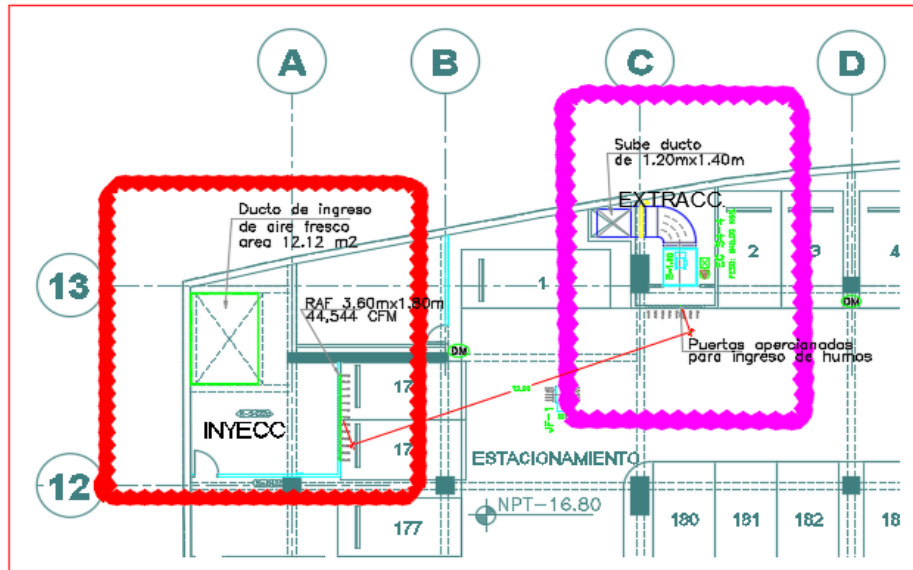


FIGURA 10. PLANTA PARCIAL 4º SÓTANO – EJES 13,12-A Y 13,12-C
FUENTE: (ARQUITECTONICA S.A.)

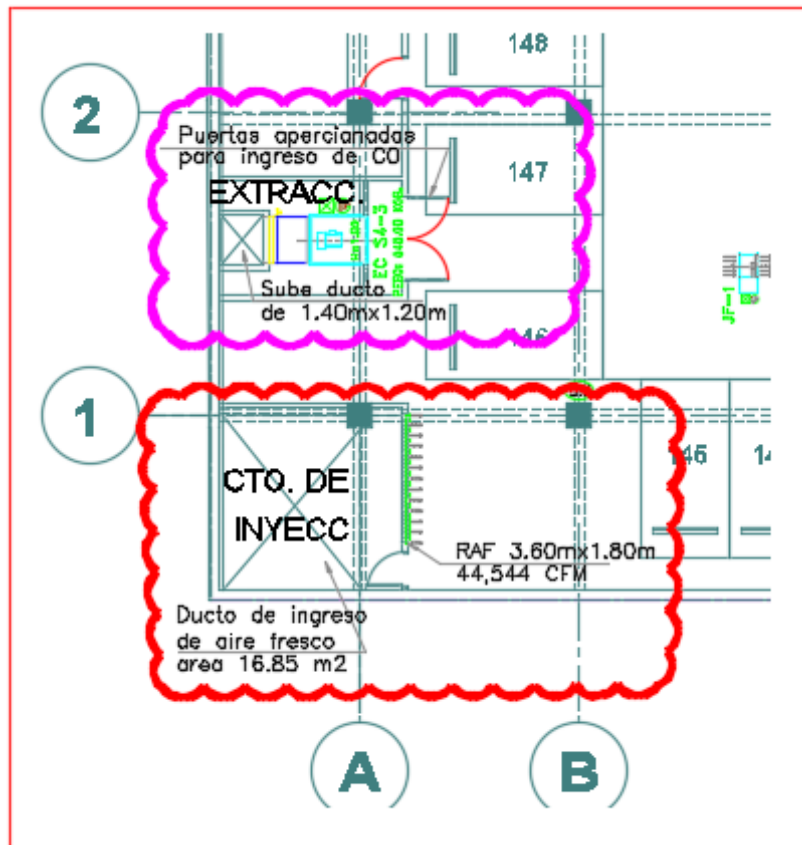


FIGURA 11. PLANTA PARCIAL 4º SÓTANO – EJES 1,2-A Y 1,2-B
FUENTE: (ARQUITECTONICA S.A.)

3.2. Tipo del Sistema de Ventilación Propuesto

El equipamiento nuevo a suministrarse estará integrado por inyectores de aire exterior y extractores de monóxido de carbono.

El aire fresco exterior, será tomado a través de las rejillas de piso existentes, ubicadas en el nivel de veredas del Central Comercial, para luego ser impulsado por los ventiladores previstos en los sótanos del 3º al 5º.

El aire descargado por los ventiladores se inyecta a los respectivos sótanos a los que sirven, a través de las rejillas.

En el caso del sótano 1º y 2º, no se ha previsto ventiladores. El aire exterior ingresará por las rampas vehiculares existentes, tanto en la Calle Morelli como en la Calle Ucello. Este ingreso de aire será promovido por la operación de los extractores pertenecientes a estos sótanos.

Para la extracción de monóxido de carbono, del 1º o 2º sótano, se han previsto extractores que serán ubicados dentro de los cuartos existentes (dos en cada uno de los sótanos indicados).

En el caso de los extractores de los sótanos 3º al 5º, estos serán ubicados sobre el nivel de techo del centro comercial.

Los extractores existentes en los cuartos mencionados, serán retirados y en su lugar se instalarán los dampers cortafuego-cortahumo requeridos para una operación independiente del equipamiento de cada sótano, según sea el caso.

Los ventiladores tubo-axiales existentes, deberán ser retirados y se les reemplazará por ventiladores de impulsión "jet-fans".

3.2.1. Lógica de Operación del Sistema

En caso alguno de los sensores detectara presencia de monóxido de carbono, éste enviará una señal al BMS del Centro Comercial y éste a su vez, pondrá en operación los inyectores de aire exterior, los extractores y los “jet-fans”, pertenecientes al sótano de dónde provino la alarma.

Simultáneamente con el encendido de los inyectores de aire exterior y de los extractores, se abrirá sus respectivos dampers motorizados y cortafuego-cortahumo.

3.2.2. Especificaciones Técnicas

- **Extracción de monóxido de carbono:**

Los extractores de Monóxido de Carbono a suministrarse serán de flujo mixto, con motor y carcasa fabricados de plancha de fierro negro, con protección anticorrosiva, accionados por motor eléctrico, con transmisión por poleas y fajas.

Serán para su instalación en posición horizontal, debiendo contar con amortiguadores de vibración de resortes, suministrados por el mismo fabricante de los extractores.

Los extractores a suministrarse deberán ser adecuados para operar a 300°C durante 2 horas, debiendo contar con las siguientes certificaciones:

UL/CUL 705: “power ventilators”

UL/ “listed for smoke control”

UL/CUL 507

Los extractores que servirán a los sótanos 3°, 4° y 5° y que serán instalados sobre el nivel de techo del Centro Comercial, deberán contar con silenciadores en la succión y en la descarga, debiendo ser éstos, también adecuados para operar a 300°C durante 2 horas.

Los extractores deberán ser balanceados estática y dinámicamente en fábrica, garantizándose una operación exenta de ruidos y vibraciones anormales y debiendo ser probados en un laboratorio aprobado por AMCA (“Air Movement and Control Association International, Inc.”).

Los niveles de ruido no deberán exceder los valores mostrados en la tabla adjunta (Publicación AMCA 302), correspondiente a ambientes de “MAQUINARIA LIGERA Y LINEAS DE ENSAMBLAJE”; esto es, no mayor de 64 a 80 DBA (12-36 Sones).

Suggested Limits for Room Loudness		
Sones	DBA	
1.3-4	32-48	Private homes (rural and suburban)
1.7-5	36-51	Conference rooms
2-6	38-54	Hotel rooms, libraries, movie theatres, executive offices
2.5-8	41-58	Schools and classrooms, hospital wards, and operating rooms
3-9	44-60	Court rooms, museums, apartments, private homes urban)
4-12	48-64	Restaurants, lobbies, general open offices, banks
5-15	51-67	Corridors and halls, cocktail lounges, washrooms and toilets
7-21	56-72	Hotel kitchens and laundries, supermarkets
12-36	64-80	Light machinery, assembly lines
15-50	67-84	Machine shops
25-60	74-87	Heavy machinery

From AMCA Publication 302 (Application of Sone Ratings for Non Ducted Air Moving Devices with Room-Sone-dBA correlations).

**TABLA 7. NIVELES DE RUIDO
FUENTE: (PUBLICACIÓN AMCA)**

- **Ventiladores de impulsión “jet-fans”**

Se suministrarán ventiladores de impulsión “Jet-Fans” del tipo helicoidal-tubular, para operar a 300°C por dos horas, de las siguientes características:

Caudal Máximo:	10,440 m ³ /h
Empuje:	1,700 Watts
Suministro Eléctrico:	380V, 60Hz, 3ph.
Aislamiento:	CLASE H
Cubierta Motor:	IP55

Nivel de presión sonora a 3m: 76d B(A)

Marca: Systemair, Greenheck, Soler & Palau o equivalente.

- **Ductos Metálicos:**

Los ductos metálicos de plancha de fierro galvanizado que se utilizan para la inyección del caudal de aire exterior, son construidos de acuerdo a los tamaños y rutas indicados en los planos.

Los grosores de la plancha galvanizada a utilizarse y el tipo de empalmes se muestran en la tabla adjunta:

ANCHO DEL DUCTO	CALIBRE	EMPALMES CONEXIONES Y REFUERZOS
Hasta 12"	N° 26	Correderas 1" a <u>max</u> – 2.38 entre centros
13" hasta 30"	N° 24	Correderas 1" a <u>max</u> – 2.38 entre centros
31" hasta 45"	N° 22	Correderas 1" a <u>max</u> – 2.38 entre centros
46" hasta 60"	N° 20	Correderas 1 ½" a <u>max</u> – 2.38 entre centros
Más de 61"	N° 21	Correderas 1 ½" a <u>max</u> – 2.38 entre centros con refuerzos ángulo 1" x 1" x 1/8" entre empalmes

TABLA 8. ESPESORES DE PLANCHAS METÁLICAS
FUENTE(ELABORACIÓN PROPIA)

La elaboración de los ductos se realizará en concordancia con las normas SMACNA ("Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association, Inc.").

Los ductos de plancha negra, antes de su instalación serán sometidos a un proceso de arenado comercial, aplicándoseles de inmediato una mano de pintura anticorrosiva de sincromato y dos de esmalte sintético.

- **Dampers Cortafuego-Cortahumo:**

Se suministrarán e instalarán dampers cortafuego – cortahumo del tipo normalmente cerrado (NC), con actuador interior y suministro eléctrico a 24 VAC, de las dimensiones indicadas en los planos.

Deben contar con certificación AMCA, NFPA standard 90^a, 92^a, 92B y 101 y UL555.

- **Dampers Motorizados**

Los dampers motorizados a suministrarse, serán fabricados de plancha galvanizada, del tipo normalmente cerrado (NC), con actuador interno y suministro eléctrico a 24 VAC, de las dimensiones indicadas en los planos.

- **Sensores de Monóxido de Carbono**

Los sensores de monóxido a suministrarse y que reemplazarán a los existentes, serán del tipo analógico, con señal de 4 a 20 mA.

La señal a 20mA, corresponderá a una concentración de CO de 50 ppm.

Las señales de los sensores de CO, será conducida hasta el BMS del Centro Comercial y éste comandará los variadores de frecuencia previstos para cada uno de los inyectores y extractores.

El BMS al recibir una señal de 20mA, de los sensores de monóxido de carbono ó una señal del sistema de detección de incendios, pondrán en operación los equipos de ventilación que corresponden, a una frecuencia de 60Hz.

El cableado de control entre los sensores de CO y el BMS, así como de éste hasta cada uno de los variadores de frecuencia, será ejecutado por los responsables de la automatización del Centro Comercial.

- **Variadores de Frecuencia**

Se suministrarán variadores de frecuencia para operar a 380V, 3ph y con una capacidad acorde con la potencia de los motores de ventiladores y extractores. Serán marca ABB, Danfoss o equivalente.

3.3. Cálculo de Caudal de Diseño

Para calcular el caudal de aire que se requiere para la ventilación de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial la Rambla San Borja, se está determinando mediante 3 métodos:

- ✓ Procedimiento recomendado por ASHRAE.
- ✓ Procedimiento propuesto por el Reglamento Nacional de Edificaciones siendo por unidad de área.
- ✓ Procedimiento propuesto por el Reglamento Nacional de Edificaciones siendo por renovaciones de aire.

3.3.1. Cálculo Según ASHRAE

Este cálculo se ha centrado en resultados de diferentes análisis paramétricos, M. Krarti y A. Ayari presentan un método de diseño para determinar el flujo de aire de ventilación manteniendo un nivel aceptable de monóxido de carbono en estacionamientos cerrados. (Torres M, 2014). El diseño mencionado depende básicamente 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.

Son tres los pasos a seguir para este procedimiento:

Paso 1. Recolección de información:

1. Área del piso del estacionamiento, A_p (m²).
2. Número de vehículos promedio en operación en hora de máxima incidencia, **N**.
3. Emisión de monóxido de carbono promedio de un vehículo común por hora. $E\left(\frac{g}{h}\right)$ 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, $G\left(\frac{g}{h \cdot m^2}\right)$... (Ecuación 2)

$$G = \left(\frac{N \cdot E}{A_p}\right)$$
 ... (Ecuación 3)
2. Comparar la generación máxima de monóxido de carbono calculada con el valor de referencia.

$$G_o = 26.7$$

Paso 3. Determinar el caudal de ventilación mínimo q' por unidad de área de piso utilizando la correlación C presentada en la ecuación 3.1, dependiendo de CO max.

$$\text{Si: } \phi = 100 * \left(\frac{G}{G_o}\right) \frac{g}{h * m^2} \quad \dots \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde:

$$q' = C * \phi * t \quad \dots \text{ (Ecuación 5)}$$

✓ $C = 2.370 * 10^{-4} \left(\frac{cfm}{pie^2 * s}\right)$; para COmax = 15 ppm.

✓ $C = 1.363 * 10^{-4} \left(\frac{cfm}{pie^2 * s}\right)$; para COmax = 25 ppm.

✓ $C = 0.948 * 10^{-4} \left(\frac{cfm}{pie^2 * s}\right)$; para COmax = 35 ppm.

Teniendo los datos se procede:

Área del piso de estacionamiento A (m²)

- **Sótano 5º, 4º y 3º:**

Tomaremos como modelo el sótano 4º, debido a que los tres sótanos tienen la misma área.

Área (m²): 19886 m² = 213900 pie²

Altura (m): 3m = 32.3 pie²

- **Sótano 2º:**

Área (m²): 12744 m² = 137125 pie²

Altura (m): 3 m = 32.3 pie²

- **Sótano 1º:**

Área (m²): 10127 m² = 108966 pie²

Altura promedio (m): 3.53 m = 37.98 pie²

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 del criterio del proyectista, basado en su experiencia esto puede ser de un (40% a 70%), para el presente proyecto se va a asumir que 45% de la cantidad total de automóviles van a estar camino a estacionarse o camino a retirarse.

- **Sótanos típicos 5º, 4º y 3º**

Se toma de referencia el sótano 4º, número de Estacionamientos = 615 (De Memoria Descriptiva y plano de los correspondientes sótanos).

Autos en operación o en tránsito (a criterio del proyectista) =
45% \cong 277 autos.

- ✓ **Sótano 2º**

Número de Estacionamientos = 313 (De Memoria Descriptiva y plano del correspondiente sótano).

Autos en operación o en tránsito (a criterio del proyectista) =
45% \cong 141 autos.

- ✓ **Sótano 1º**

Número de Estacionamientos = 250 (De Memoria Descriptiva y plano del correspondiente sótano).

Autos en operación o en tránsito (a criterio del proyectista) =
45% \cong 113 autos.

Tasa de emisión promedio de monóxido de carbono

Manejar un vehículo dentro de un estacionamiento es considerablemente diferente al de su uso normal. Cuando un vehículo se encuentra retirándose de un estacionamiento, normalmente el

motor se encuentra frío y operando a baja velocidad, con una mezcla rica en combustible. En consecuencia, es en dicho momento donde las emisiones son más críticas.

En la tabla 9, se observa una variación de las emisiones y concentraciones de gases emitidas dentro del estacionamiento cuando el vehículo ha ingresado al estacionamiento y cuando se enciende y se retira, en la tabla se observa las diferentes condiciones de operación.

	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

TABLA 9. EMISIONES EN ESTACIONAMIENTOS
FUENTE: (2007-ASHRAE-HANDBOOK-PARKING-GARAGES CAPITULO 13.18

- ✓ 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 promedio de un vehículo en un estacionamiento depende básicamente del tamaño y forma del estacionamiento, y del número de vehículos que intenten entrar o salir del lugar. Nos estamos basando en las recomendaciones del ASHRAE, de la tabla(10) tomaremos la situación más crítica que es cuando el vehículo sale del estacionamiento, siendo el tiempo de operación de 100 segundos, sin embargo por seguridad tomaremos el tiempo de operación promedio de un vehículo igual a 120 segundos.

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.

TABLA 10. TIEMPO DE OPERACIÓN PROMEDIO; 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 Ventilation Requirement for Enclosed Parking)

✓ **Tiempo de recorrido del Auto en el Estacionamiento (T)**

$T = 120s$, (2007-ASHRAE-Handbook-Parking-Garages – Cap. 13 Pag. 13.17 Length of Time of Operation).

✓ **Generación total de Monóxido de Carbono (CO)**

$$CO = N * E \quad \dots \text{ (Ecuación 6)}$$

N: número de vehículos en operación.

E: Emisión de monóxido de carbono promedio de un vehículo, sus unidades son $\left(\frac{g}{h}\right)$.

Sótanos típicos 5º, 4º y 3º:

Se toma de referencia el sótano 4º.

$$CO = N * E = 277 * 1260\left(\frac{g}{h}\right) = 349020\left(\frac{g}{h}\right)$$

Sótano 2º

$$CO = N * E = 141 * 1260\left(\frac{g}{h}\right) = 177660\left(\frac{g}{h}\right)$$

Sótano 1º

$$CO = N * E = 113 * 1260 \left(\frac{g}{h} \right) = 142380 \left(\frac{g}{h} \right)$$

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

$$G = \left(\frac{N * E}{A_p} \right) \quad \dots \text{ (Ecuación 7)}$$

Sótanos típicos 5º, 4º y 3º:

$$G = \left(\frac{N * E}{A_p} \right) = \left(\frac{349020}{213900} \right) = 1.63 \left(\frac{g}{h * pie^2} \right)$$

Sótanos 2º:

$$G = \left(\frac{N * E}{A_p} \right) = \left(\frac{177660}{137125} \right) = 1.30 \left(\frac{g}{h * pie^2} \right)$$

Sótanos 1º:

$$G = \left(\frac{N * E}{A_p} \right) = \left(\frac{142380}{108966} \right) = 1.30 \left(\frac{g}{h * pie^2} \right)$$

✓ Valor Normalizado de la Generación de CO (J) :

$$\text{Si } G_o = 26.7 \left(\frac{g}{h * m^2} \right) = 2.48 \left(\frac{g}{h * pie^2} \right)$$

Entonces:

$$\phi = J = \left(\frac{100 * G}{G_o} \right) \quad \dots \text{ (Ecuación 8)}$$

Sótanos típicos 5º, 4º y 3º:

$$\phi = \int = \left(\frac{100 * G}{G_0} \right) = \left(\frac{100 * 1.63}{2.48} \right) = 65.72 \left(\frac{g}{h * \pi e^2} \right)$$

Sótano 2º:

$$\phi = \int = \left(\frac{100 * G}{G_0} \right) = \left(\frac{100 * 1.30}{2.48} \right) = 52.4 \left(\frac{g}{h * \pi e^2} \right)$$

Sótano 1º:

$$\Phi = \int = \left(\frac{100 * G}{G_0} \right) = \left(\frac{100 * 1.30}{2.48} \right) = 52.4 \left(\frac{g}{h * \pi e^2} \right)$$

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

✓ **Caudal mínimo por unidad de área q':**

Si $C = 0.948 * 10^{-4} \left(\frac{cfm}{\pi e^2 * s} \right)$; (para $CO_{max} = 35$ ppm.)

$$q' = C * \phi * t \quad \dots \text{(Ecuación 9)}$$

Entonces:

Sótanos típicos 5º, 4º y 3º:

$$q' = C * \phi * t$$

$$q' = 0.948 * 10^{-4} \left(\frac{cfm}{\pi e^2 * s} \right) * 65.72 \left(\frac{g}{h * \pi e^2} \right) * 120s$$

$$q' = 0.75 \left(\frac{cfm}{\pi e^2} \right)$$

Sótano 2º:

$$q' = C * \phi * t = 0.948 * 10^{-4} \left(\frac{cfm}{\pi e^2 * s} \right)$$

$$q' = 0.948 * 10^{-4} \left(\frac{cfm}{\pi e^2 * s} \right) * 52.4 \left(\frac{g}{h * \pi e^2} \right) * 120s$$

$$q' = 0.60 \left(\frac{cfm}{\pi e^2} \right)$$

Sótano 1º:

$$q' = C * \phi * t = 0.948 * 10^{-4} \left(\frac{cfm}{pie^2 * s} \right)$$

$$q' = 0.948 * 10^{-4} \left(\frac{cfm}{pie^2 * s} \right) * 52.4 \left(\frac{g}{h * pie^2} \right) * 120s$$

$$q' = 0.60 \left(\frac{cfm}{pie^2} \right)$$

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

✓ **Caudal mínimo de aire para el estacionamiento Q:**

$$Q = q' * A_p$$

Sótanos típicos 5º, 4º y 3º:

$$Q = q' * A_p$$

$$Q = 0.75 \left(\frac{cfm}{pie^2} \right) * 213900 pie^2$$

$$Q = 160425 cfm$$

Sótano 2º:

$$Q = q' * A_p$$

$$Q = 0.60 \left(\frac{cfm}{pie^2} \right) * 137125 pie^2$$

$$Q = 82275 cfm$$

Sótano 1º:

$$Q = q' * A_p$$

$$Q = 0.60 \left(\frac{cfm}{pie^2} \right) * 108966 pie^2$$

$$Q = 82275 cfm$$

3.3.2. Cálculo Según el R.N.E siendo por unidad de área

$$q' = 12 \left(\frac{m^3/h}{m^2} \right); \text{obtenida de la norma vigente EM.030-7.1.6.1 del}$$

reglamento nacional de Edificaciones.

$$Q = q' * A_p \quad \dots \text{ (Ecuación 10)}$$

donde:

$A_p = \text{Area}(\text{m}^2)$

$Q = \text{Caudal} (\text{cfm})$

✓ **Sótanos típicos 5º, 4º y 3º:**

$$Q = q' * A_p = 12 \left(\frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} \right) * 19886 \text{ m}^2 = 238632 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 140370$$

cfm

✓ **Sótano 2º:**

$$Q = q' * A_p = 12 \left(\frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} \right) * 12744 \text{ m}^2 = 152928 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 89957$$

cfm

✓ **Sótano 1º:**

$$Q = q' * A_p = 12 \left(\frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} \right) * 10127 \text{ m}^2 = 121524 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 71484 \text{ cfm}$$

3.3.3. Cálculo según el R. N.E siendo por Renovaciones

Basado en el Caudal mínimo en función al volumen:

$$Q_{\text{total}} = V_{\text{total}} * N \quad \dots \text{ (Ecuación 11)}$$

$$V_{\text{total}} = A_p * H$$

Donde:

$N = \text{Número de renovaciones por hora.}$

$V_{\text{total}} = \text{volumen total} (\text{m}^3)$

$A_p = \text{Area} (\text{m}^2).$

$H = \text{altura de piso a techo} (\text{m}).$

✓ **Sótanos típicos 5º, 4º y 3º:**

$$V_{\text{total}} = 19886 \text{ m}^2 * 3 \text{ m} = 59658 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{total}} = (59658 * 5) / 1.7 = 175460 \text{ cfm}$$

✓ **Sótano 2º:**

$$V_{\text{total}} = 12744 \text{ m}^2 * 3 \text{ m} = 38232 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{total}} = (38232 * 5) / 1.7 = 112450 \text{ cfm}$$

✓ **Sótano 1º:**

$$V_{\text{total}} = 10127 \text{ m}^2 * 3.53 \text{ m} = 35748 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{total}} = (35748 * 5) / 1.7 = 105140 \text{ cfm}$$

3.4. Cálculo de área para rejillas de extracción y velocidades

Para hallar el área se debe tener el caudal de diseño y la velocidad con la que viaja el aire, para esto tomaremos como ejemplo el sótano 2. El caudal de extracción es 112,450cfm, se dividió el caudal de extracción en dos montantes siendo para cada una 56,2225cfm, el caudal de diseño es 57,500 cfm para cada una, todo el caudal de extracción es succionada por 3 rejillas ubicadas en la pared de cada montante.

- ✓ Suma de caudal de aire que se extrae por las 2 rejillas es:
57,500cfm
- ✓ Área de primera rejilla = 4.26m * 2.80 m; área de segunda rejilla = 1.17m * 1.89 m.
- ✓ Con la formula caudal = velocidad * área; obtenemos que la velocidad del aire que pasa a través de la rejilla es 378 pies/minuto.
- ✓ El área en la montante de extracción es 11.85m², teniendo presente que se toma un factor de simultaneidad de 2 sótanos entonces el caudal de diseño de extracción que viajaría para esta montante seria de 90,000cfm + 57500cfm = 147500cfm.

Y con la fórmula: caudal = velocidad * área ; tendríamos una velocidad en la montante de 1156pies/min, y esta es una velocidad que se encuentra dentro de lo permitido.

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

TABLA 11. VELOCIDAD DE CAPTACIÓN PERMISIBLE.
FUENTE: (MANUAL DE VENTILACION DE SALVADOR ESCODA 1998:68)

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

Tabla 12. Velocidades máximas recomendadas para conductos de aire.

Fuente: (Diplomado de aire acondicionado – Universidad Central de Venezuela facultad de Ingeniería – tomo dos – decima edición – autor Miguel Cohen)

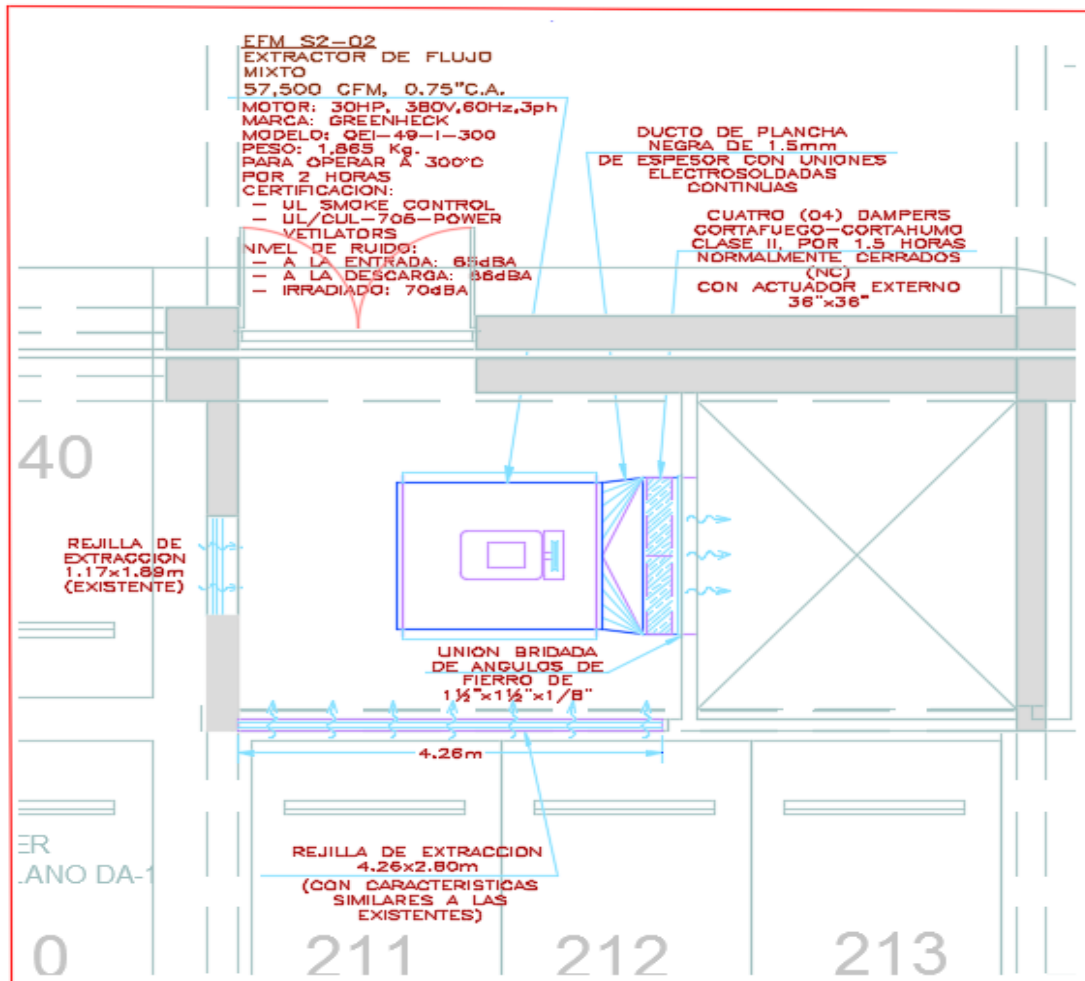


FIGURA 12. EQUIPO EN CUARTO DE EXTRACCIÓN
 FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)

3.5. Cálculo de caída de presión para el sistema de extracción

El cálculo de caída de presión para el sistema se puede definir así:

Donde:

CD total : Caída de presión total

Fs : Factor de Seguridad

CD lineal : caída de presión por longitud de ducto

CD accesorios: caída de presión por reducciones, codos

CD rejilla : caída de presión por rejillas

EFM: S1-01, S1-02 (57,500 cfm) (Extractor de Flujo Mixto)

CD total = Fs (CD reducción + CD dámper + CD lineal)

- **CD reducción** = $C * H_v = C * \left(\frac{V}{4000}\right)^2$ "c.a ... (Ecuación 12)

C: coeficiente de pérdidas

H_v : Presión de velocidad en la conexión("c.a)

V: Velocidad (pies/min)

De tablas:

C: 0.05

V: 2,300 pies/min, entonces:

$$\text{CD reducción} = 0.05 * \left(\frac{2,300}{4000}\right)^2$$

$$\text{CD reducción} = 0,05 * 0,33 = 0,0165 \text{ ("c.a)}$$

- **CD dámper**

Velocidad del damper = 1,335 (pies/min) = 7.42 m/s

Del diagrama = $\Delta p = 35 \text{ Pa} = 0,14 \text{ "c.a}$

- **CD lineal**

Caída de presión / 100 pies por Longitud, del Duct Sizer, conseguimos valor de presión por cada 100 pies:

Área de la montante = $10.31\text{m}^2 = 111\text{pies}^2$

$$V = Q * A \quad \dots \text{ (Ecuación 13)}$$

Donde:

V = Velocidad (pies/min)

Q = Caudal de aire (cfm)

A = área (pies²)

$$V = \frac{57,500}{111} = 518 \text{ (pies/min)}$$

Del duct. Sizer: head loss = 0.002 in wc / 100ft

Longitud = $16.5 - (-7.20) = 23.7$

$$CD \text{ lineal} = \left(\frac{0.002}{100} \right) * 23.7 = 0.00474 \text{ "c.a.}$$

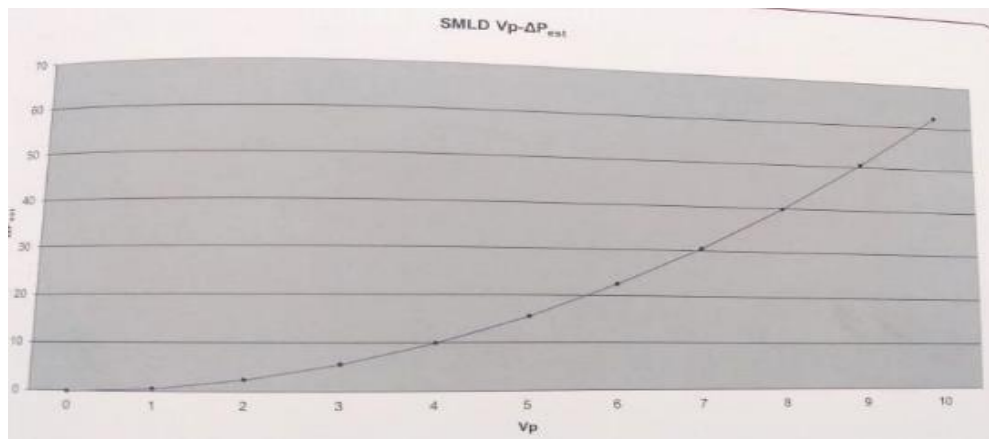
Entonces:

$$CD \text{ total} = F_s * (CD \text{ lineal} + CD \text{ accesorios} + CD \text{ rejilla/dámper})$$

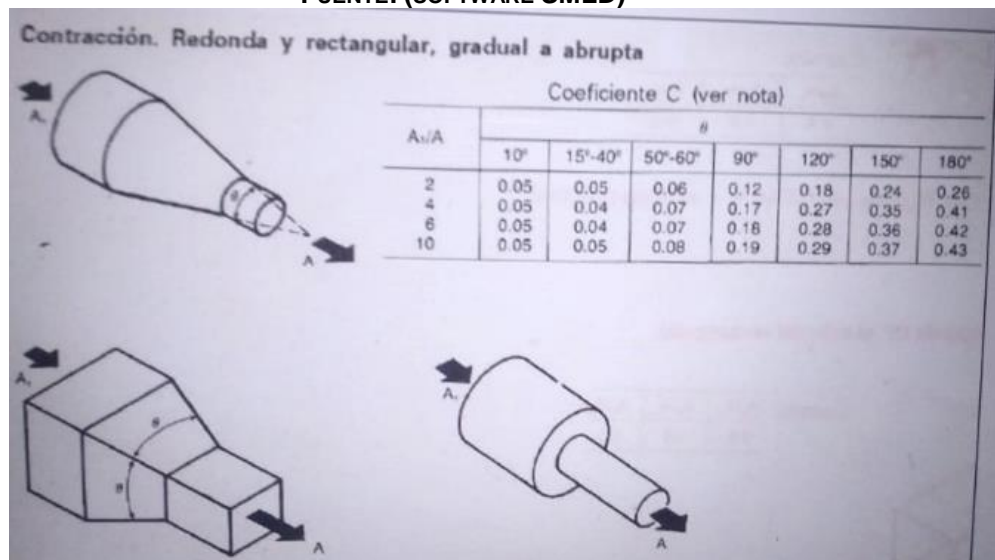
$$CD \text{ total} = F_s * (0.00474 + 0.0165 + 0.14)$$

$$CD \text{ total} = 1.3 * (0.1612)$$

$$VCD \text{ total} = 0.201612 \text{ ("c.a.)}. \text{ Vpara el diseño se considera } 0.75 \text{ ("c.a.)}$$



**FIGURA 13. GRAFICO; ΔP VERSUS Vp
FUENTE: (SOFTWARE SMLD)**



**FIGURA 14. COEFICIENTES DE TRANSFORMACIONES
FUENTE: (VENTILACION INDUSTRIAL; ROBERTO QUINCHIA, 2ª EDICION)**

EFM: S5-01, S5-02, S5-03 (90, 000 cfm)(Extractor de Flujo Mixto)

CD total = Fs (CD damper + CD lineal1 + CD lineal2 + CD accesorio)

- **CD lineal₁**

Caída de presión / 100 pies por Longitud, del Duct Sizer, conseguimos valor de presión por cada 100 pies:

Área del ducto= 35pies²

$$V = Q * A$$

Donde:

V = Velocidad (pies/min)

Q = Caudal de aire (cfm)

A = área (pies²)

$$V = \frac{90,000}{35} = 2,571 \text{ (pies/min)}$$

Del duct. Sizer: head loss = 0.008 in wc / 100ft

Longitud = 16.5-(-7.20) = 23.7

$$\text{CD lineal} = \left(\frac{0.08}{30} \right) * 4 = 0.0106 \text{ "c.a.}$$

- **CD lineal₂**

Caída de presión / 100 pies por Longitud, del Duct Sizer, conseguimos valor de presión por cada 100 pies:

Área del ducto= 111pies²

$$V = Q * A$$

Donde:

V = Velocidad (pies/min)

Q = Caudal de aire (cfm)

A = área (pies²)

$$V = \frac{90,000}{111} = 811 \text{ (pies/min)}$$

Del duct. Sizer: head loss = 0.004 in wc / 100ft

Longitud = 21.95-(-7.20) = 29.15

$$CD \text{ lineal} = \left(\frac{0.004}{30} \right) * 29.15 = 0.0038 \text{ "c.a.}$$

- **CD dámper**

Velocidad del damper = 22500 (pies/min)/16 = 1406 pies/min = 8m/s

Del diagrama = $\Delta p = 40 \text{ Pa} = 0,16 \text{ "c.a}$

CD dámper = $8 * 0.02 = 0.16 \text{ ("c.a.)}$

- **CD accesorio** = $C * H_v = C * \left(\frac{V}{4000} \right)^2 \text{ "c.a}$

C: coeficiente de pérdidas

H_v : Presión de velocidad en la conexión("c.a)

V: Velocidad (pies/min)

De tablas:

C: 0.44

V: 2,300 pies/min, entonces:

CD accesorio

$$0,44 * \left(\frac{1,875}{4000} \right)^2 = 0,44 * (0,4688)^2 = 0,44 * 0,22 = 0,09 \text{ ("c.a)}$$

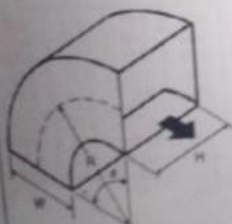
CD total = $F_s * (0.16 + 0.0106 + 0.038 + 0.16 + 0.05 + 0.09)$

CD total = $1.2 * (0.16 + 0.0106 + 0.038 + 0.16 + 0.05 + 0.09)$

CD total = 0.75" c.a.; para el diseño se considera 1.5 ("c.a.)

Codo, rectangular de radio uniforme sin álabes

Coficientes para codos de 90° (ver nota)



R/W	H/W										
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
0.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.0	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21
1.5	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.0	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

FIGURA 15. COEFICIENTES DE CODO RECTANGULAR
FUENTE: (VENTILACION INDUSTRIAL; ROBERTO QUINCHIA, 2ª EDICION)

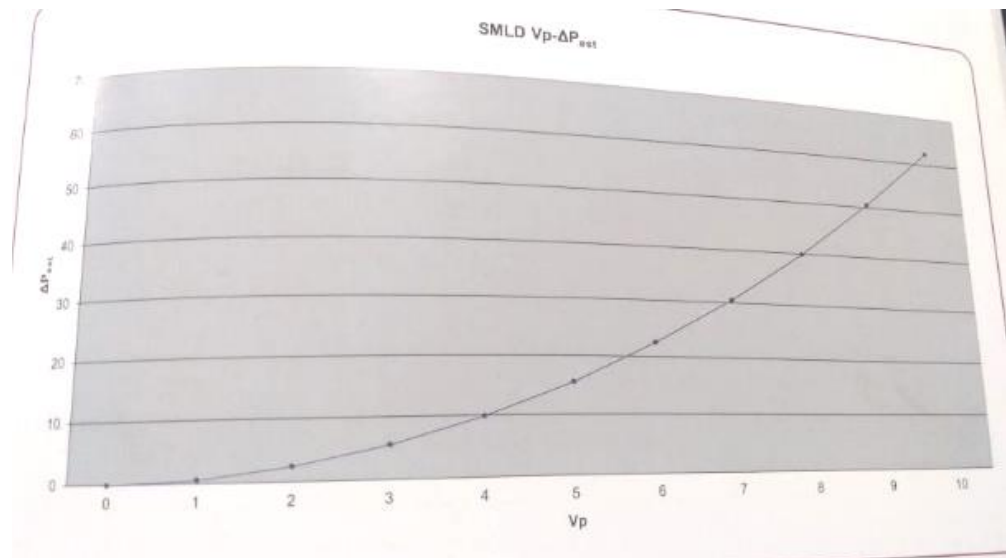


FIGURA 16. GRAFICO; ΔP VERSUS V_p
FUENTE: (SOFTWARE SMLD)

3.6. Resultados

3.6.1. Sistema actual

- ✓ De acuerdo a las mediciones realizadas, los extractores actualmente instalados, se encuentran operando a una frecuencia fijada de 20 Hz, y solamente están cubriendo el 54.87% del caudal exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones, es decir los extractores sólo están retirando un caudal de aire igual a 96,285 cfm cuando lo que se debe extraer es un caudal de aire igual a 175,460 cfm.
- ✓ De acuerdo a las mediciones realizadas se hizo operar al extractor a la frecuencia de 60Hz, extrayendo así su caudal máximo, los extractores llegaron a alcanzar un caudal que en porcentaje equivale al 189% del exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones, es decir los extractores están retirando un caudal de aire igual a 330,833 cfm cuando lo que se debe extraer es un caudal de aire igual a 175,460 cfm.

- ✓ Cuando el extractor operaba a una frecuencia de 20Hz Se realizaron mediciones en las rejillas ubicadas en las paredes de las montantes de extracción y se obtuvo como resultado que el caudal de aire que se extraía se encontraba a una velocidad promedio de 1.5m/seg que viene a ser igual a 295 pies/min, esta es una velocidad que se encuentra dentro del rango aceptable, sin embargo el caudal de aire de extracción a 20 Hz no cumple con el mínimo requerido.

- ✓ En las mediciones que se tomaron cuando se hizo operar al extractor a una frecuencia de 60Hz, se obtuvo como resultado que el caudal de aire que se extraía se encontraba a una velocidad promedio de 5.4m/seg que viene a ser igual a 1,063 pies/min, esta es una velocidad que no se encuentra dentro del rango aceptable, ya que el ruido es demasiado molesto y no se encuentra dentro del límite recomendado.

3.6.2. Sistema proyectado

- ✓ El caudal del diseño seleccionado ha sido dado de acuerdo a la comparación de tres criterios de cálculo, el primero por concentración molar de monóxido de carbono según las recomendaciones del ASHRAE, el segundo por unidad de área según el Reglamento Nacional de Edificaciones, y el tercero por renovaciones según el Reglamento Nacional de Edificaciones.

NIVEL DE SOTANO	ASHRAE	REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES	
	POR CONCENTRACION MOLAR	POR UNIDAD DE AREA	POR RENOVACIONES
SOTANO 5º	160425cfm	140370cfm	175460cfm
SOTANO 4º	160425cfm	140370cfm	175460cfm
SOTANO 3º	160425cfm	140370cfm	175460cfm
SOTANO 2º	82275cfm	89957cfm	112450fm
SOTANO 1º	82275cfm	71484cfm	105140cfm

TABLA 13. RESULTADOS DE CAUDALES DE AIRE CALCULADOS
FUENTE: (ELABORACION PROPIA)

- ✓ Las velocidades en las rejillas proyectadas están en el orden de 350 pies / minuto a 400 pies / minuto.

- ✓ De acuerdo a los cálculos realizados para hallar la caída de presión de los extractores e inyectores se muestra una tabla con un resumen indicando la caída de presión, suministro eléctrico y caudal de los equipos electromecánicos seleccionados.

Código del Equipo	Sótano al que Sirve y Ubicación	Caudal CFM	Motor (HP)	Presión Estática (Pulg. de C.A.)	Suministro Eléctrico (V/Hz/ph)	Marca	Modelo	Cantidad
ICL S5-01	SÓTANO 5	7,500	5.0	1.7	380/60/3	Greenheck	BSQ-24050	1
IFM S5-02, IFM S5-03		31,600	11.0	1.5	380/60/3	Greenheck	QEI-44-I-150	2
IFM S5-04, IFM S5-05, IFM S5-06		34,800	15.0	1.5	380/60/3	Greenheck	QEI-44-I-150	3
ICL S4-01	SÓTANO 4	7,500	5.0	1.7	380/60/3	Greenheck	BSQ-24050	1
IFM S4-02, IFM S4-03		31,600	11.0	1.5	380/60/3	Greenheck	QEI-44-I-150	2
IFM S4-04, IFM S4-05, IFM S4-06		34,800	15.0	1.5	380/60/3	Greenheck	QEI-44-I-150	3
ICL S3-01	SÓTANO 3	7,500	5.0	1.7	380/60/3	Greenheck	BSQ-24050	1
IFM S3-02, IFM S3-03	SÓTANO 3	31,600	11.0	1.5	380/60/3	Greenheck	QEI-44-I-150	2
IFM S3-04, IFM S3-05, IFM S3-06		34,800	15.0	1.5	380/60/3	Greenheck	QEI-44-I-150	3

**TABLA 14. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE EQUIPOS INYECTORES SELECCIONADOS
FUENTE: (ELABORACION PROPIA)**

Código del Equipo	Sótano al que Sirve y Ubicación	Caudal CFM	Motor (HP)	Presión Estática (Pulg. de C.A.)	Suministro Eléctrico (V/Hz/ph)	Marca	Modelo	Cantidad
EFM S5-01	SÓTANO 5	90,000	50.0	0.75	380/60/3	Greenheck	QEI - 60-1-500	1
EFM S5-02		90,000	50.0	0.75	380/60/3	Greenheck	QEI - 60-1-500	1
EFM S4-01	SÓTANO 4	90,000	50.0	0.75	380/60/3	Greenheck	QEI - 60-1-500	1
EFM S4-02		90,000	50.0	0.75	380/60/3	Greenheck	QEI - 60-1-500	1
EFM S3-01	SÓTANO 3	90,000	50.0	0.75	380/60/3	Greenheck	QEI - 60-1-500	1
EFM S3-02		90,000	50.0	0.75	380/60/3	Greenheck	QEI - 60-1-500	1
EFM S2-01, EFM S2-02	SÓTANO 2	57,500	30.0	0.75	380/60/3	Greenheck	QEI - 49-1-300	2
EFM S4-02	SOTANO 1	57,500	30.0	0.75	380/60/3	Greenheck	QEI - 49-1-300	2

TABLA 15. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE EQUIPOS EXTRACTORES SELECCIONADOS
FUENTE: (ELABORACION PROPIA)

- ✓ Se realizó una selección respecto a la cantidad de rejillas y al área de cada una de ellas, tomando una velocidad promedio de 2 m/s, para no permitir que el flujo sea muy lento y en consecuencia no asegure la disipación del monóxido de carbono y también para evitar que el flujo sea demasiado rápido y en consecuencia ocasione vibraciones y caídas de presión excesivas en las tomas de aire y descargas, ocasionando ruidos molestos.

REJILLAS DE EXTRACCION					
Sotano	Nº de rejilla	rejillas Area (m2)	sumatoria de areas (m2)	caudal (cfm)	velocidad (pies/min)
tipico 5, 4, y 3	rejilla1	1,17 * 1,89	23,8	90000	351
	rejilla2	7,70 * 2,80			
	rejilla1	1,17 * 1,89	23,8	90000	351
	rejilla2	7,70 * 2,80			
tipico 2 y 1	rejilla1	1,17 * 1,89	14,1	57500	378
	rejilla2	4,26 * 2,80			
	rejilla1	1,17 * 1,89	14,1	57500	378
	rejilla2	4,26 * 2,80			
REJILLAS DE INYECCION					
Sotano	Nº de rejilla	rejillas Area (m2)	sumatoria de areas (m2)	caudal (cfm)	velocidad (pies/min)
tipico 5, 4, y 3	rejilla1	2,0 * 1,0	2,0	7500	351
	rejilla2	5,5 * 2,8	15,4	63200	381
	rejilla3	12,8 * 2,3	29,4	104400	328

TABLA 16. VELOCIDADES EN REJILLAS DE EXTRACCIÓN E INYECCIÓN
FUENTE: (ELABORACION PROPIA)

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo mencionado en los resultados y lo expuesto anteriormente se concluye en lo siguiente:

Sistema actual

- ✓ Con los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en campo a los equipos extractores y las rejillas de extracción de los planos recibidos se determina la necesidad de replantear el proyecto del sistema de extracción de monóxido de carbono de los sótanos de estacionamientos del Centro Comercial La Rambla San Borja, con el fin de que se ajuste a las exigencias de las normas nacionales e internacionales como son por ejemplo el ASHRAE (*Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado*) y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Sistema proyectado

- ✓ Se diseñó el sistema de ventilación 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, de esa manera se llega a todos los rincones de los estacionamientos de los sótanos del Centro Comercial la Rambla San Borja, y así mantener la concentración del monóxido de carbono en el límite permisible de 35 partículas por millón, evitando el daño en la salud de las personas que transiten estos ambientes.
- ✓ Se realizó el cálculo del caudal por tres formas diferentes considerando las recomendaciones del ASHRAE por concentración molar, según la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones hallando el caudal por unidad de área y por renovaciones de aire, este último considerando 5 renovaciones por hora según las especificaciones, fue por el método de renovaciones que se calculó un mayor caudal, eligiendo este resultado como el caudal de diseño, con este caudal se asegura la extracción de monóxido de carbono.

RECOMENDACIONES

El presente trabajo de investigación en base a un sistema de extracción de monóxido de carbono ya existente, nos anima a tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

- ✓ Se recomienda al momento de diseñar el sistema de extracción de monóxido de carbono respetar los parámetros recomendados y la metodología propuesta de los especialistas en el tema.

- ✓ Se recomienda realizar un bosquejo tentativo de la ubicación de ductos y rejillas, y analizarlos responsablemente antes de distribuirlos en el diseño, para mantener una ruta adecuada y plantear los puntos de evacuación de acuerdo a los espacios correspondientes según sea la distribución de cada estacionamiento.

- ✓ Se recomienda el análisis de dinámica de fluidos computacional, que nos va a permitir conocer el comportamiento del fluido a su paso, mediante este análisis se evalúa la efectividad del sistema de extracción de monóxido de carbono.

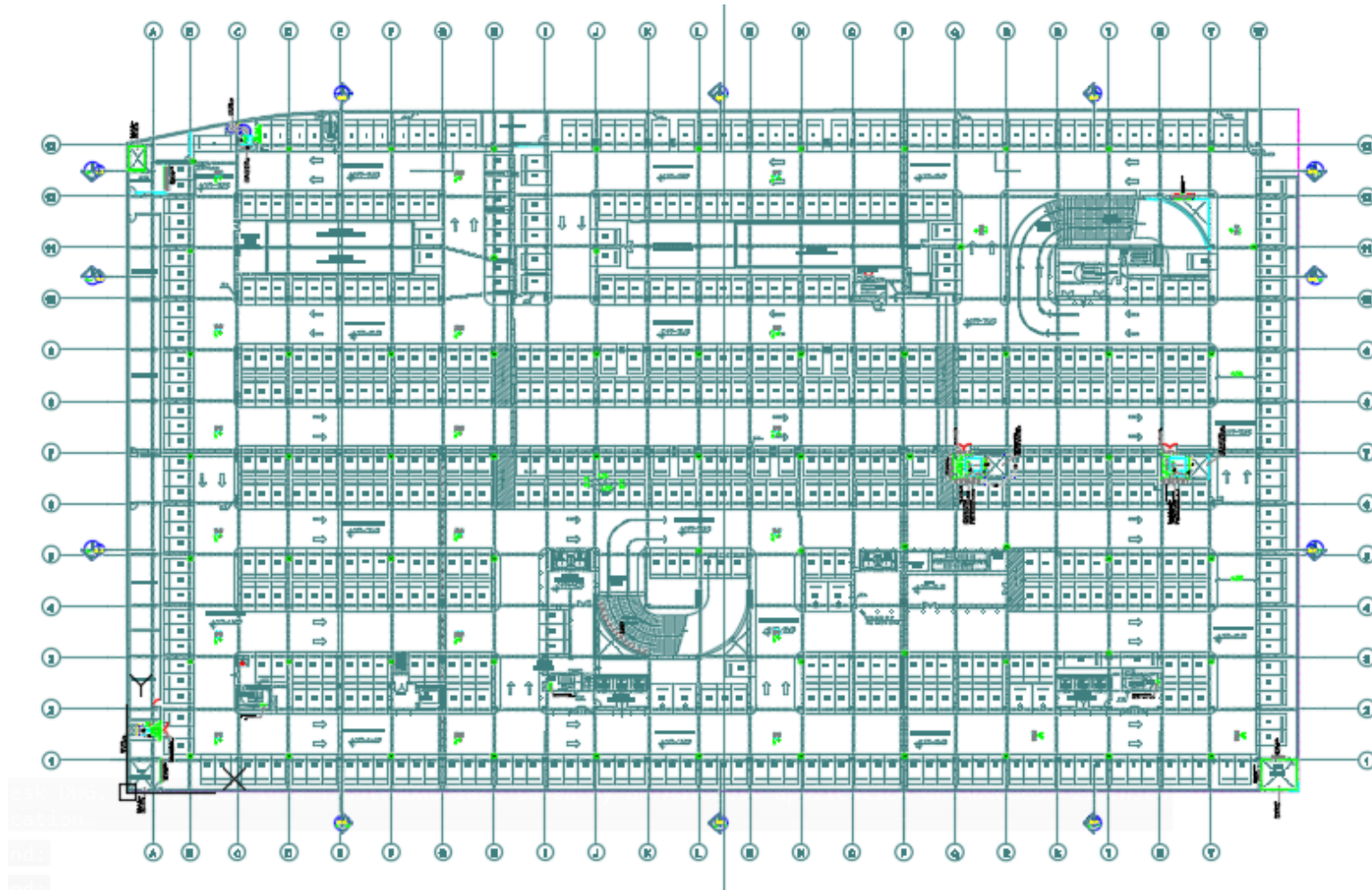
BIBLIOGRAFÍA

- Acosta G., R. C. (2017). *Concentraciones de monóxido de carbono y su incidencia en la salud del personal que labora en el parqueadero del edificio principal del GAD Municipal de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Armin, E., & zibrak, J. (1998 de 1998). Carbon Monoxide Poisoning. *The New England Journal of Medicine*.
- ASHRAE Handbook-Parking-Garages . (2007).
- Echeverry Londoño, C. (2011). *Ventilacion Industrial*. Bogota - colombia: Ediciones de la U.
- FRIOTEMP. (2019). *Friotemp Corporacion*. Obtenido de <https://www.friotemp.com/producto/extraccion-de-monoxido-de-carbono/>
- Greenheck. (julio de 1999). *Fundamentos de Ventilacion*. Obtenido de www.greenheck.com
- julio. (2020). *ley*.
- Manual de Recomendaciones practicas. (1992). Ventilacion Industrial. España: Generalitat Valenciana.
- Manual de Recomendaciones Practicas Para la Prevencion de Riesgos Profesionales. (1992). Generalitat Valenciana.
- Marcial V., Y. A. (2019). Para obtener el titulo profesional de Ingeniero Mecanico. *"Diseño de un Sistema de Ventilacion Mecanica para asegurar la Concentracion Permisible de Monoxido de Carbono en el Estacionamiento Subterraneo del Edificio de la Escuela Nacional de Control de La Contraloria General de la Republica"*. Universidad Tecnologica del Peru, Lima.
- Marcial V., Y. A. (s.f.). Tesis. *Diseño de un Sistema de Ventilacion Mecanica para asegurar la Concentracion Permisible de Monoxido de Carbono en el estacionamiento Subterraneo del Edificio de la Contraloria General de la Republica*. Universidad Tecnologica del Peru, Lima.
- Municipalidad de San Borja. (28 de Mayo de 2014). *Ordenanza N°306 - M.S.B. San Borja*.
- Quinchia Hernandez, Rigoberto; Puerta Sepulveda, Jorge. (1995). *Ventilacion Industrial*. Ediciones de la U.
- R.N.E. (8 de Junio de 2006). GE.040. *Normas Legales*. Lima, Lima, Perú.
- R.N.E. (9 de Mayo de 2014). EM.030. Lima, Lima, Peru.

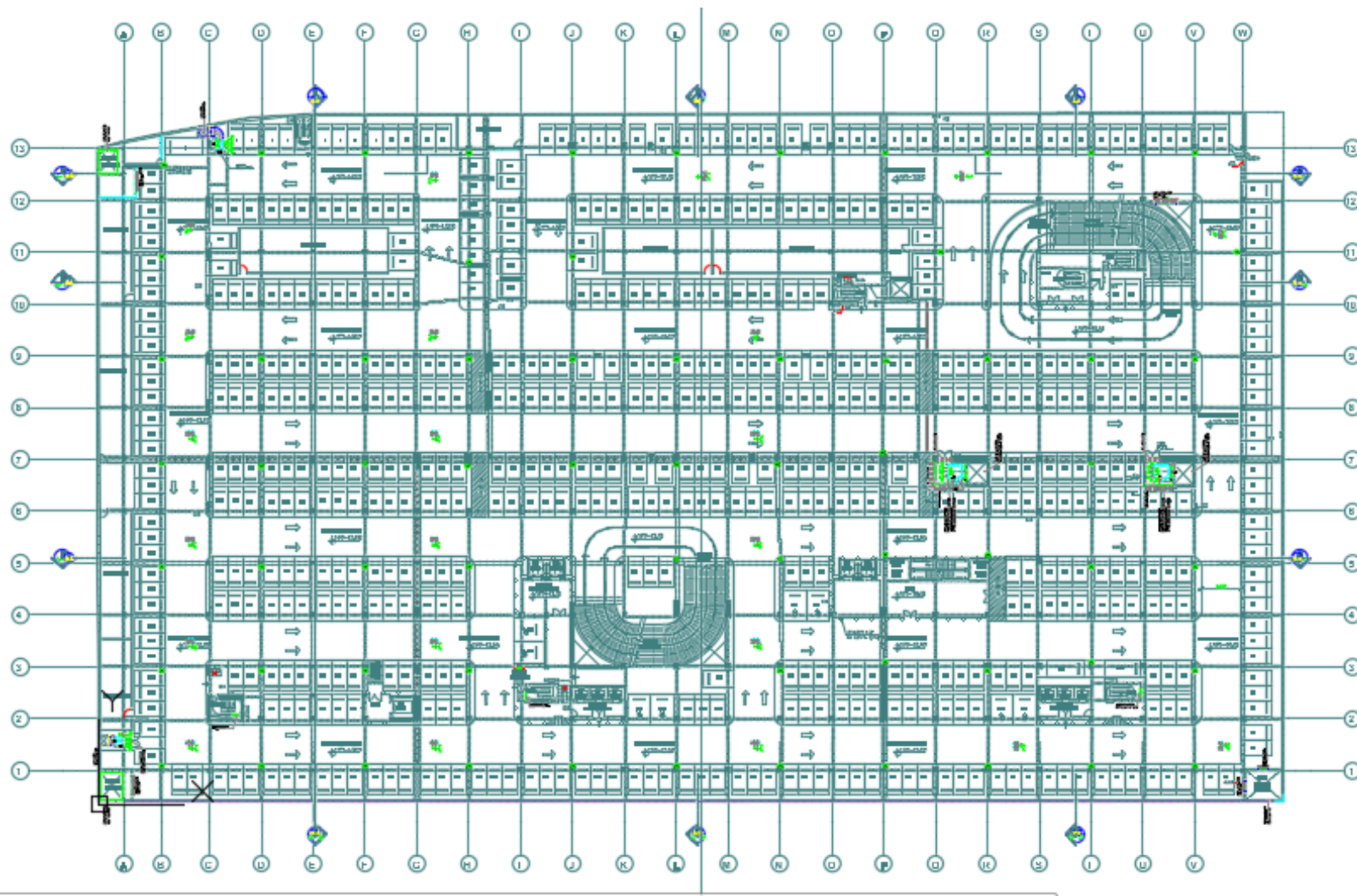
- R.N.E. (9 de Mayo de 2014). A.010. *Normas Legales*. Lima, Lima, Perú.
- Remon Z., M. C. (2016). *Sistema de Extracción de Monóxido de Carbono para estacionamientos en los sótanos del edificio corporativo Panorama*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru.
- Salazar M., E. (2018). *Diseño de Un sistema de Ventilación con detección de Monóxido de Carbono (Co) para Sótanos de Estacionamiento de un Edificio Multifamiliar*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Peru.
- Soler & Palau. (2013). *Manual de ventilacion*. Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/manual-ventilacion/>
- Torres M, M. A. (2014). *Diseño de un sistema de ventilación para estacionamiento subterráneo de tres niveles*. Pontificie Universidad Catolica del Peru, Lima, Peru.
- Valarezo T., M. (2017). *Mejoramiento del sistema de ventilación y extracción de material particulado en la Empresa Pyceret S.A*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial., Guayaquil, Ecuador.
- Villalba P, M. D. (2017). *Diseño del circuito de ventilación de la Mina Bonanza, operada por la empresa Exportadora Aurífera S.A, EXPAUSA, ubicada en el Distrito Minero Ponce Enríquez*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

ANEXOS
PLANOS ACTUALES

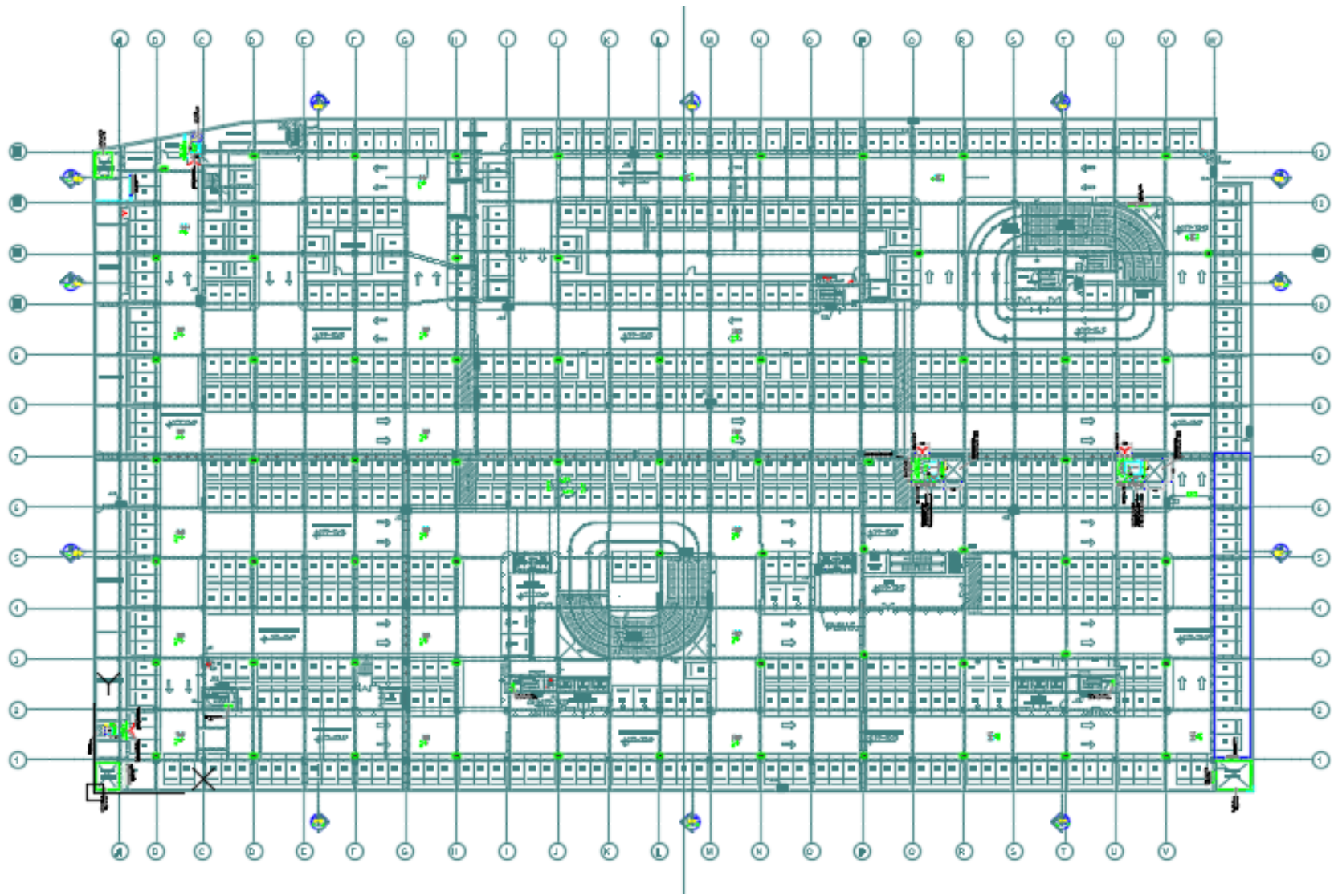
SÓTANO 5



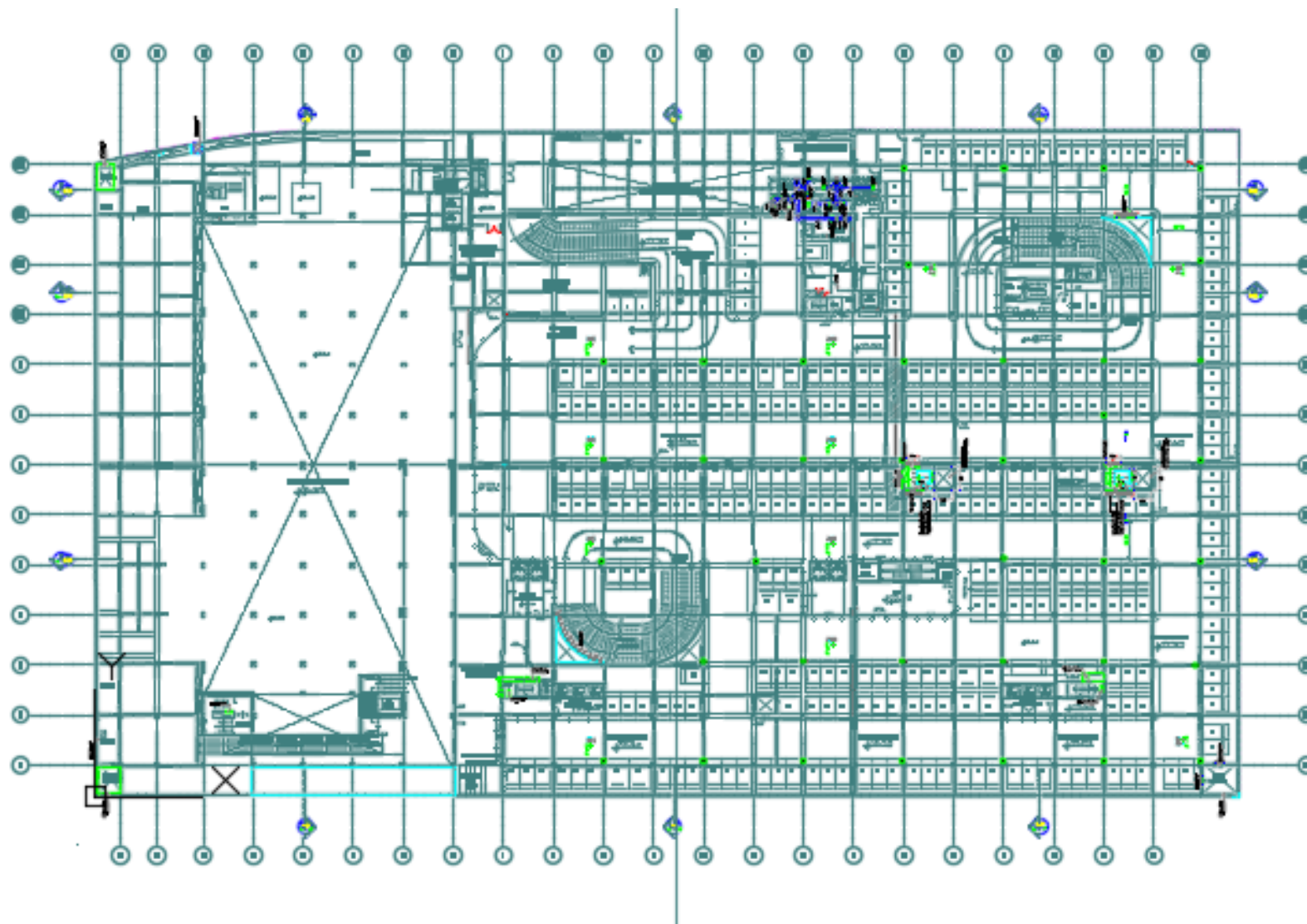
SÓTANO 4



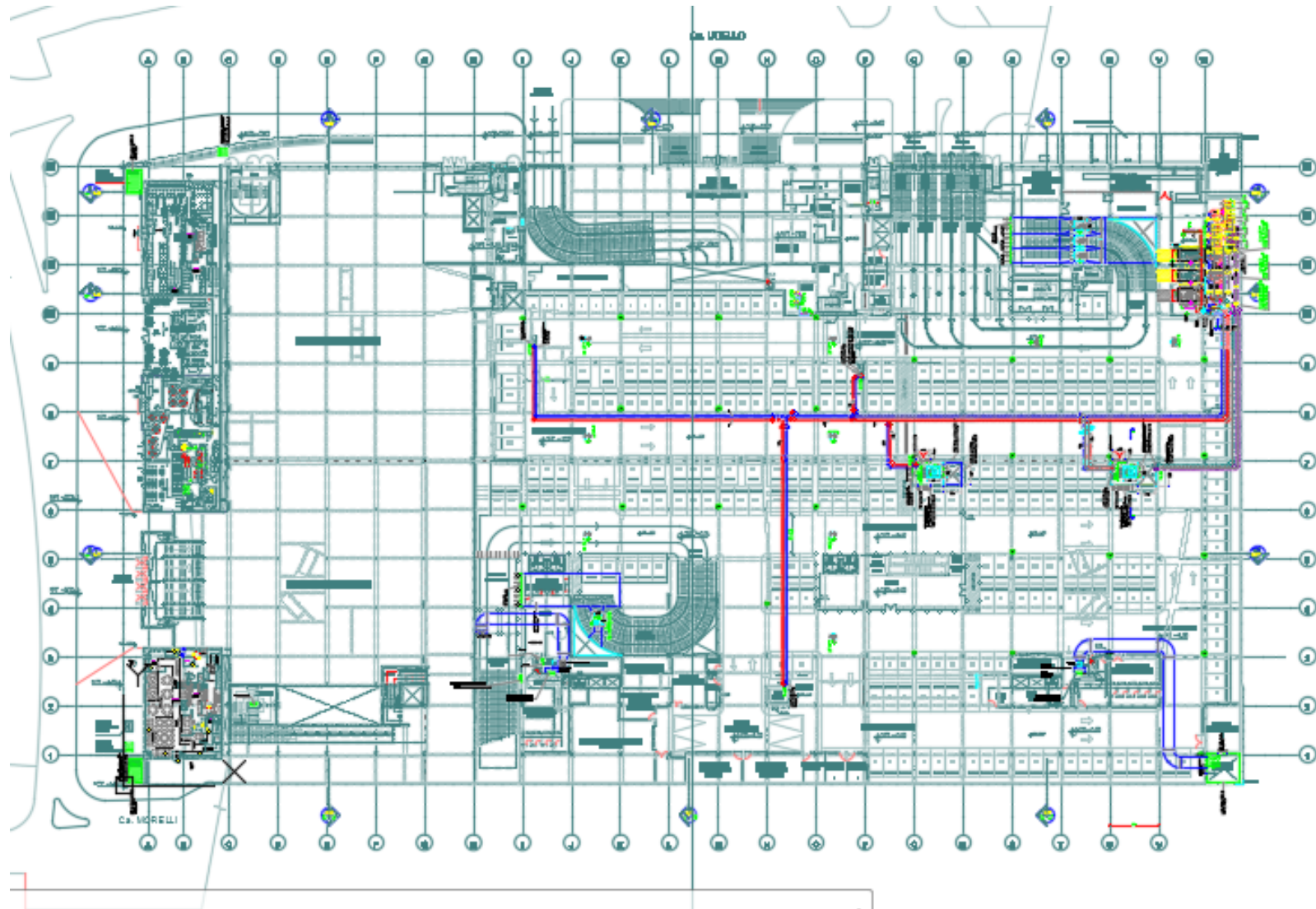
SÓTANO 3



SÓTANO 2

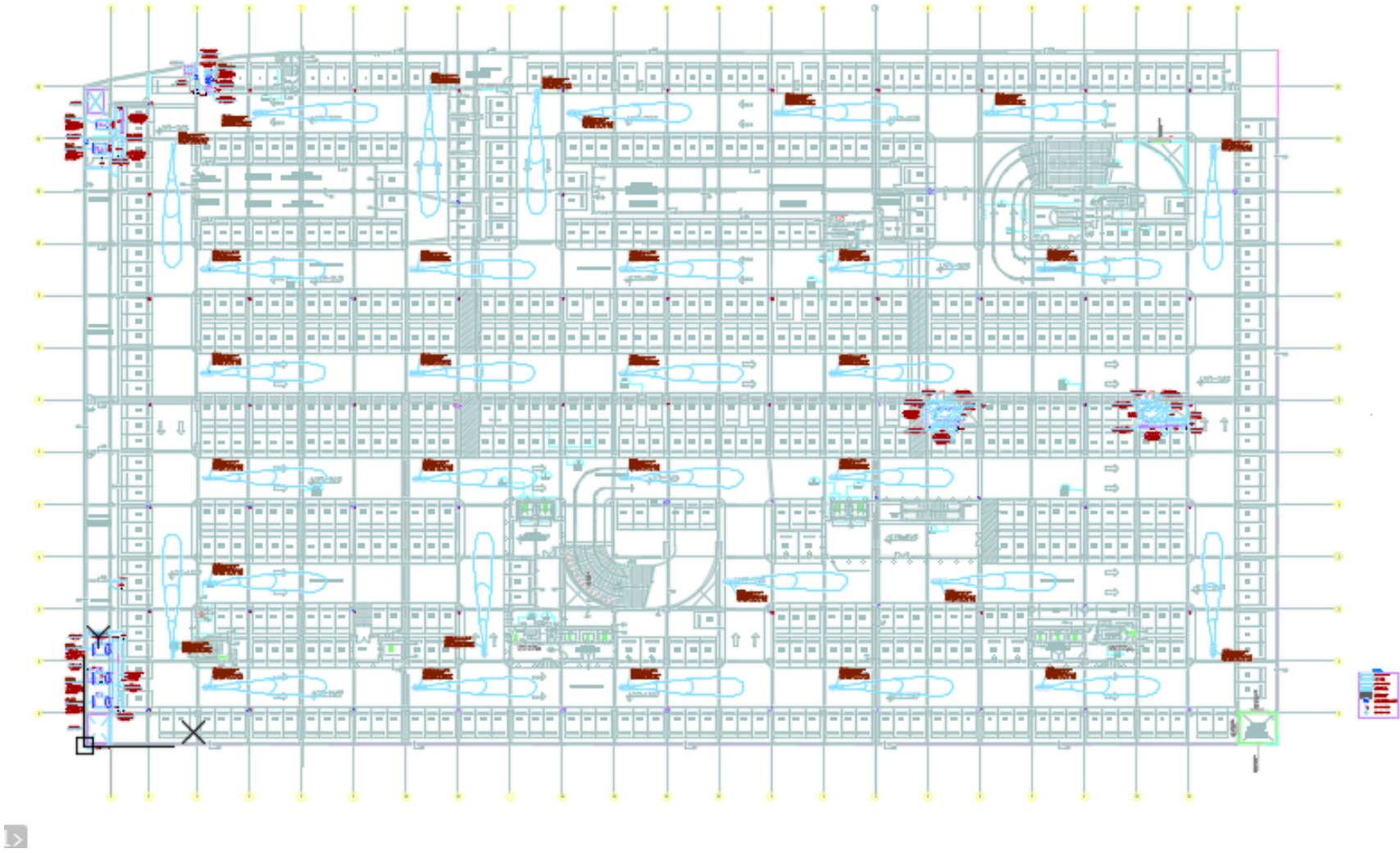


SÓTANO 1

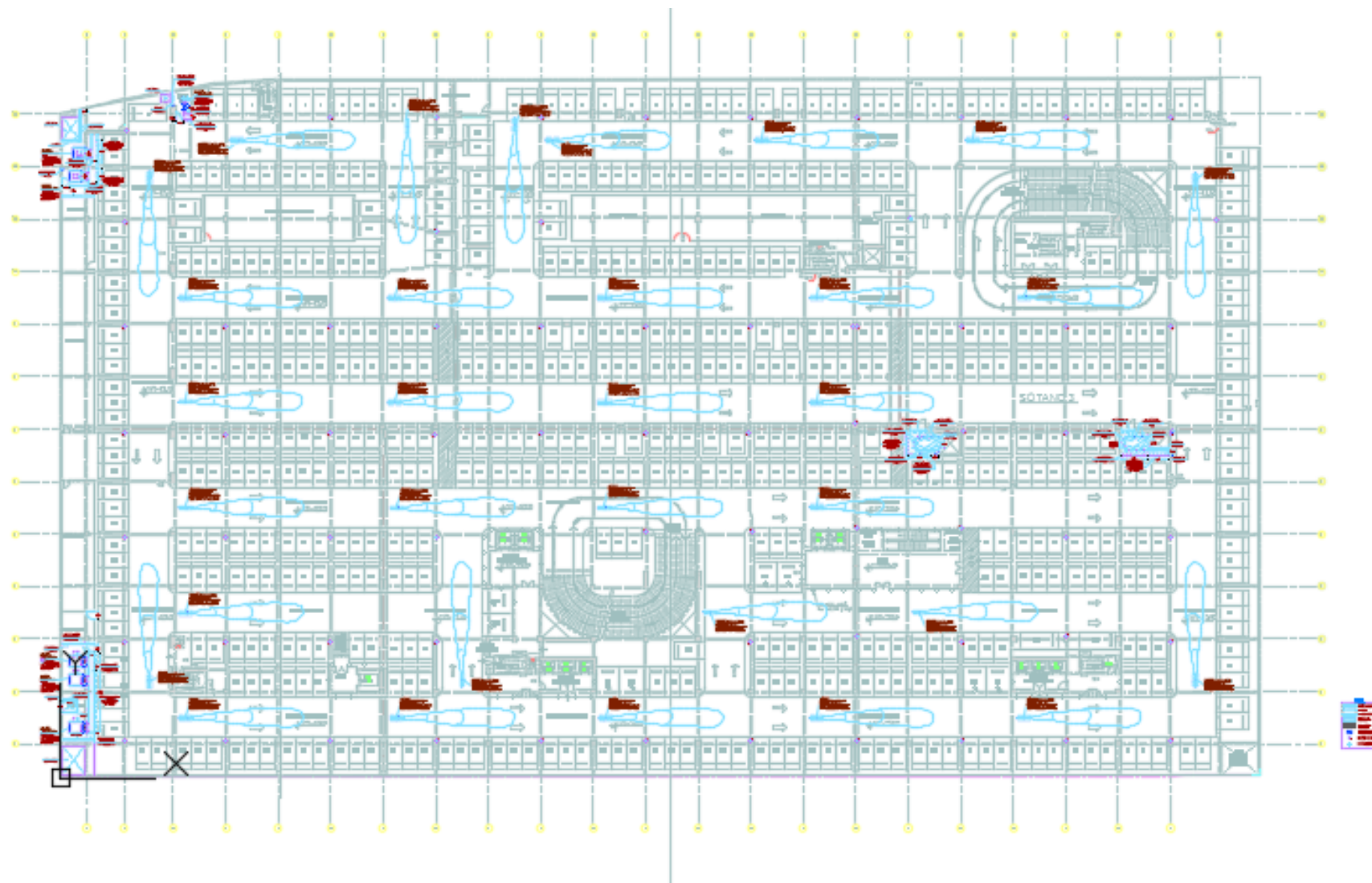


PLANOS PROYECTADOS

SÓTANO 5



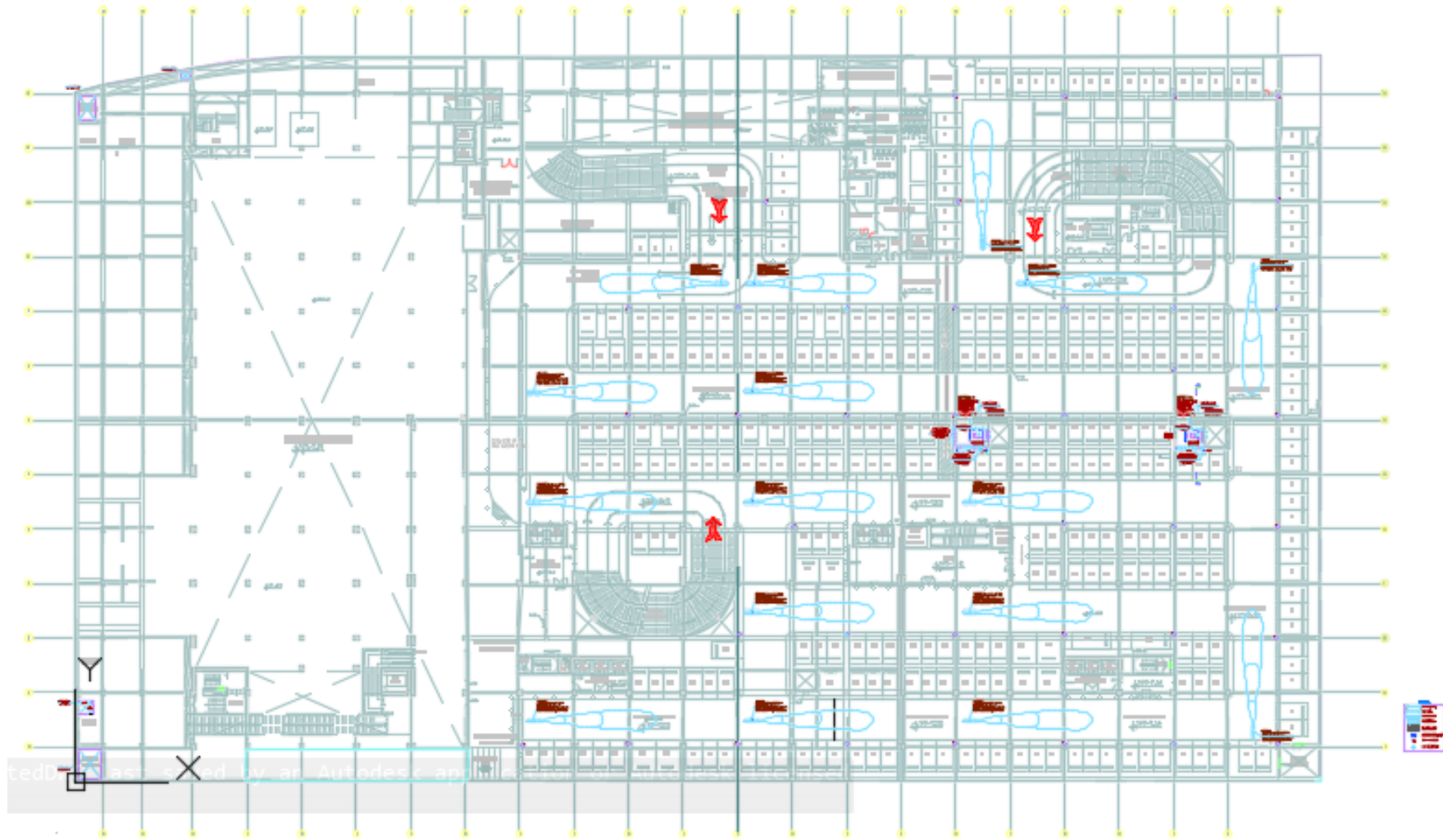
SÓTANO 4



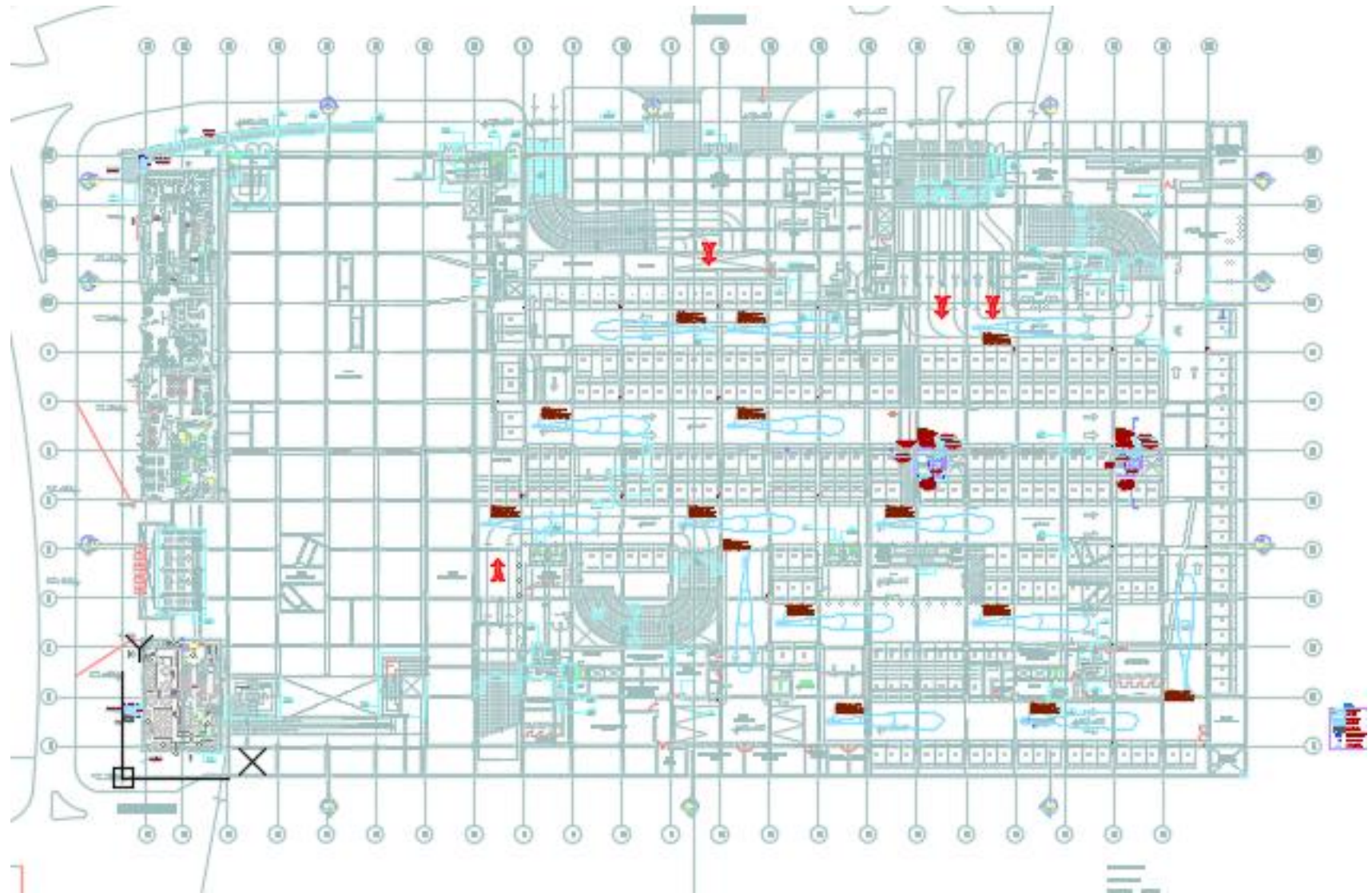
SÓTANO 3



SÓTANO 2



SÓTANO 1



TECHO

