



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Sistema de ventilación y parámetros de operación en una sala de
grupos electrógenos de una planta industrial – Chao**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Riveros Geronimo, Santos Marquiños (ORCID: 0000-0003-1614-1732)

ASESORES:

Mg. Castro Anticona, Walter Miguel (ORCID: 0000-0002-8127-4040)

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (ORCID: 0000-0003-1208-1242)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO — PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi familia, mi esposa Issela Salirrosas Ríos y mi hija Sami Gisselle Riveros Salirrosas, por apoyo incondicional en todo, por ser mi soporte y motivación para cumplir mis metas personales y profesionales.

A mis padres, Santos Fabiana Gerónimo Hernández y Artidoro Riveros Escobal por todo el sacrificio que hicieron para educarme con su ejemplo y hacerme una persona de bien con valores y principios.

Agradecimiento

A Dios, en primer lugar, por estar siempre a mi lado, guiar mi camino y permitirme llegar a estas instancias de mi carrera profesional gozando de buena salud.

A mis asesores de tesis, el Dr. Jorge Eduardo Luján López y el Mg. Walter Miguel Castro Anticona, por liderazgo, apoyo, paciencia y conocimientos brindados en todo momento para llevar a cabo esta investigación.

A la Universidad Cesar Vallejo, por abrir las puertas y educar a excelentes estudiantes que a futuro se convierten en profesionales que aportan al crecimiento de la sociedad y desarrollo sostenible del país.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Tipo y Diseño de investigación.....	10
3.2 Variables y operacionalización.....	10
3.2.1 Variable independiente	10
3.2.2 Variable dependiente.....	10
3.2.3 Operacionalización de las variables	10
3.3 Población y muestra.....	11
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5 Procedimiento	12
3.6 Método de análisis de datos.....	13
3.7 Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN.....	22
VI. CONCLUSIONES.....	26
VII. RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS	28
ANEXOS	33

Índice de tablas

Tabla 1: Parámetros de diseños del sistema de ventilación y sus valores actuales.	14
Tabla 2: Valores considerados para el cálculo del flujo de ventilación requerida para el diseño del sistema de ventilación.	15
Tabla 3: Medios de ingreso del flujo de aire a la sala y sus valores medidos actuales y diseñados.	16
Tabla 4: Características de los ventiladores de aire seleccionados y los criterios de selección utilizados.	17
Tabla 5: Medios de salida del flujo de aire a la sala y sus valores medidos actuales y diseñados.	18
Tabla 6: Características técnicas de los extractores de aire seleccionados y los criterios de selección utilizados.	19
Tabla 7: Presupuesto para la implementación del sistema de ventilación diseñado para la sala de grupos electrógenos.	20
Tabla 8: Matriz de operacionalización de las variables	33

Índice de figuras

Figura 1: Dibujo 3D de la sala de grupo electrógenos, evidenciando la ubicación de los dos extractores helicoidales modelo HTMV-100-4T-7.5 IE3.....	21
Figura 2: Dibujo 3D de la sala de grupo electrógenos, evidenciando la ubicación de los dos ventiladores helicoidales modelo HC-90-8T/H.....	21
Figura 3: Vista exterior de la sala de grupos electrógenos.....	50
Figura 4: Vista interior de la sala de grupos electrógenos C32, C27 y C18.	50
Figura 5: Vista panorámica en AutoCAD 3D de la sala de grupos electrógenos y su sistema de ventilación.....	51
Figura 6: Tipos de ventilación correcta para un grupo electrógeno dentro de una sala.....	52
Figura 7: Tipos de ventilación correcta para varios grupos electrógenos dentro de una sala.....	52

Resumen

En la presente investigación se tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de ventilación un sistema de ventilación para una sala de grupos electrógenos, para ello se realizó un análisis y estudio cuantitativo de tipo aplicada, diseño no experimental. La investigación se basó en el estudio de los parámetros de operación de una sala de generación, conformada por tres grupos electrógenos y se obtuvo como resultado el diseño de un sistema de ventilación forzada con la inyección de aire fresco y extracción de aire caliente del ambiente con un flujo de 3106 m³/min aproximadamente. Se concluyó que el diseño del sistema de ventilación consiste en la instalación ventiladores en la pared trasera para la inyección de aire fresco al ambiente y en el montaje de extractores helicoidales en el techo para la eliminación del aire caliente generado por el calor disipado por los grupos; de esta manera se consideró disminuir y mejorar distribución de la temperatura ambiente y garantizar una correcta ventilación de la sala de generación.

Palabras clave: grupo electrógeno, sistema de ventilación, sala de generación, flujo de aire, temperatura.

Abstract

The main objective of this research was to design a ventilation system for a generator room, for which a quantitative analysis and study of applied type, non-experimental design was carried out. The research was based on the study of the operating parameters of a generator room, consisting of three generator sets, and the result was the design of a forced ventilation system with the injection of fresh air and extraction of hot air from the environment with a flow of approximately 3106 m³/min. It was concluded that the design of the ventilation system consists of the installation of fans on the rear wall for the injection of fresh air into the environment and the installation of helical extractors on the roof to remove the hot air generated by the heat dissipated by the gensets; in this way it was considered to reduce and improve the distribution of the ambient temperature and ensure proper ventilation of the generator room.

Keywords: generator set, ventilation system, generator room, air flow, temperature.

I. INTRODUCCIÓN

La ventilación es uno de los factores fundamentales que se analiza al momento de diseñar todo tipo de ambiente semicerrado y garantizar el funcionamiento correcto de los equipos críticos que se encuentran dentro de las instalaciones de una empresa, como es el caso de los grupos electrógenos. La importancia de que esto suceda radica en las ventajas que significa tener un equipo trabajando dentro de las condiciones y parámetros de operación recomendados por el fabricante, además de aumentar su tiempo de vida útil.

Según Streich & Tumber (2015) la ventilación y la temperatura son algunos de los parámetros más importantes que se deben considerar durante el diseño de una sala de generación. Asimismo, existen efectos negativos que destacan aún más la importancia de una correcta ventilación, como son el almacenamiento del calor dentro de la habitación, sobrecalentamiento y daños a los componentes internos del motor (Denyo, 2019). Esto conlleva a posibles fallas o paradas imprevistas en los equipos y pérdidas económicas para la compañía.

En el ámbito internacional, la ventilación de una sala de generación es considerado de vital importancia. Por ende, en casos donde no se puede introducir aire directamente por alguna pared exterior, una solución es la ventilación forzada tanto para la entrada como para la salida de aire del recinto mediante conductos de aire con ventiladores y extractores (Genesal Energy, 2022). Los ventiladores de extracción se usan para evitar que el calor disipado se acumule dentro de la sala, mientras que los ventiladores inyectores se utilizan para suministrar aire fresco para la combustión (TCF, 2021). Según Csaky et al. 2019 (2019 pág. 12) también existen sistemas fotovoltaicos ALTAIR desarrollados para mejorar la sensación de confort térmico de los ocupantes en ambientes interiores con una temperatura media radiante y del aire elevada; asimismo para reducir el ruido generado.

En el Perú, existen empresas prestadoras de servicios de diseño e instalación de sistemas de ventilación industrial y doméstico. Para la distribución y extracción del aire a través de todo el ambiente de cualquier edificación, se emplean los ductos metálicos o flexibles y los equipos de ventilación como extractores centrífugos o helicentrífugos (HCS, 2022). Para establecimientos que no cuentan

con acceso directo para ventilación natural de aire del exterior, es ideal la ventilación forzada por aire inducido para solucionar el problema de contaminación del ambiente (MARCIAL, 2019 pág. 164).

El caso de estudio de esta investigación se desarrolló dentro de una empresa del sector industrial, distrito de Chao - Virú; la cual se dedica a procesar y exportar frutos frescos como la palta y arándano. Dentro de sus instalaciones, cuenta con una sala de grupos electrógenos de respaldo para casos de cortes de energía eléctrica. En los últimos años, dentro de este ambiente se ha venido presentando desviaciones en los parámetros de operación de los generadores, ocasionando fallas y paradas imprevistas de los equipos por elevada temperatura del refrigerante (13), averías de repuestos electrónicos (3), acumulación de calor y elevadas temperaturas dentro de la sala de generación que en promedio llega a 43 °C.

Las probables causas de esta problemática, según Powerol (2021) se dan por algunos factores ambientales internos como ubicar el generador diésel dentro de un ambiente que tiene poco flujo de aire y junto a otros equipos que disipan calor en la misma habitación. Entre otros factores se encuentran la falta de protección contra el polvo, refrigerante insuficiente y funcionamiento prolongado con sobrecarga de los generadores (Starlight Power, 2021). En la sala de grupos electrógenos en estudio, las causas más resaltantes que se encontraron fueron el diseño incorrecto de la sala y el deficiente flujo de aire para la ventilación y combustión del motor.

De no investigar y solucionar este problema, se pronosticaron consecuencias muy desfavorables para los grupos electrógenos porque perderán potencia debido a la variación de la densidad del aire y disminuirá la eficiencia de su sistema de refrigeración del motor (Himoinsa, 2022); con valores de temperatura superiores a 40°C se estima una reducción del 10% de la masa de aire y entre 5% a 10% de la capacidad del generador (Inoplex, 2022). Además, el tiempo de vida útil de los componentes electrónicos disminuirán significativamente (Nvent, 2018); según Álvarez et al. (2020 pág. 9) también habrá mayor consumo de combustible. Todo esto puede llevar a que los equipos dejen de ser rentables para la compañía porque los costos de reparación serán elevados.

Por lo explicado, esta investigación se enfocó en diseñar un sistema de ventilación adecuado para la sala de generación en base los aportes de reconocidos fabricantes internacionales, quienes afirman que la ventilación es un factor muy importante para garantizar el funcionamiento eficiente y óptimo de los grupos electrógenos. Para el estudio de los parámetros de operación de los grupos electrógenos se consideraron los aportes de varios autores de artículos de investigación encontrados en revistas indexadas como Scopus, ScienceDirect, Scielo, entre otros.

El problema de investigación se formuló por medio de la siguiente interrogante: ¿Cómo influye el diseño del sistema de ventilación en los parámetros de operación de una sala de grupos electrógenos?; y de manera específica: ¿Cuáles son los parámetros de operación para tener en cuenta al diseñar un sistema de ventilación? y ¿Cuál será el costo estimado de la implementación de un sistema de ventilación apropiado para la sala de grupos electrógenos?

Este informe de investigación se justificó porque ayudó a que la empresa tenga conocimiento de lo crítico que es la ventilación para el correcto funcionamiento de los grupos electrógenos, y a su vez, considere como alternativa de solución la implementación del sistema de ventilación propuesto para la sala de generación; permitió mejorar las condiciones de trabajo de los equipos con un nuevo sistema de ventilación y favoreció al personal encargado de la operación y monitoreo del funcionamiento de los grupos electrógenos con una temperatura más adecuada en el interior de la sala. También, porque se utilizó técnicas de investigación y desarrolló instrumentos de recolección de datos.

Ante la problemática descrita, se estableció como **objetivo general**: diseñar un sistema de ventilación para mejorar los parámetros de operación de una sala de grupos electrógenos; y como **objetivos específicos**: determinar los parámetros de diseño para el sistema de ventilación, diseñar el sistema de ventilación, y elaborar el presupuesto de la fabricación e implementación del sistema de ventilación.

Como hipótesis general de esta investigación, se planteó que el diseño del sistema de ventilación influye de manera significativa en el comportamiento de los parámetros de operación de una sala de grupos electrógenos.

II. MARCO TEÓRICO

En una investigación realizada por Xingxin et al. (2018) en Shaanxi - China, abordaron un problema sobre altas temperaturas y los daños térmicos en la mina Jinqu Gold. Se analizó los factores que causan los daños por calor en el fondo del pozo a altas temperaturas, optimizó y reconstruyó el sistema de ventilación de la mina y se estableció un sistema de enfriamiento. El sistema de refrigeración propuesto utilizó agua de mina como fuente de refrigeración y sus características se basan en el análisis de los sistemas de refrigeración tradicionales. Se evaluó el sistema de ventilación actual en el pozo de 1118 m de profundidad de la mina y se optimizó la red de ventilación. Los resultados muestran que el volumen de aire efectivo fue de $3,0 \text{ m}^3 / \text{s}$, la temperatura ambiente de funcionamiento fue de $27,6 \text{ }^\circ\text{C}$, reducido en $5-6 \text{ }^\circ\text{C}$ después de la optimización del sistema.

En otra investigación realizada en Selangor, se encontró a Saipul et al. (2018), se plantearon como objetivo investigar el flujo y la disipación de calor de un transformador ubicado en un edificio de subestación con un sistema de ventilación mínimo. El estudio se lleva a cabo utilizando CFD, que modelan el flujo y la transferencia de calor conjugada en el transformador elevador y su aire circundante. El objetivo principal es investigar la superficie del transformador y las temperaturas circundantes para diferentes sistemas de ventilación. El resultado indicó que se puede lograr una ventilación natural mínima de una subestación transformadora para evitar el sobrecalentamiento del transformador. Esto debe lograrse seleccionando cuidadosamente las posiciones adecuadas de entrada y salida de aire en una subestación transformadora.

Mohamed et al, (2021) en una investigación realizada en Arabia Saudita, sobre ventilación adecuada de los espacios de fabrica en cuanto a caudal volumétrico y velocidad del aire en el interior de la fábrica. Se compararon tres tipos de sistemas de ventilación mecánica: por extracción con ventilador de pared, el sistema de ventilación por extracción con ventilador de techo y el sistema de ventilación puntual. Se utilizó el software Ansys para realizar las simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD) para los diferentes casos y el factor de efectividad de la ventilación (VEF) para comparar los rendimientos de los tres

sistemas. El factor de ventilación se basó en la distribución de temperatura producida a través del modelado y los resultados mostraron que el sistema óptimo que se puede utilizar para espacios de fábrica similares es el sistema de ventilación localizada. Además, se concluyó que es el mejor en cuanto a consumo energético, a pesar del incremento del coste inicial de su instalación.

Mihai et al (2020) en un estudio en Rumania sobre la ventilación de una sala de máquinas con motores diésel sostuvo que las salas de máquinas están equipadas con un sistema de ventilación que debe proporcionar aire fresco para la combustión y para eliminar el calor radiado por los motores principales, los motores auxiliares, las calderas, los generadores y otros equipos calientes instalados en el compartimento. El documento presentó los principales requisitos, recomendaciones y desafíos relacionados con el diseño y la construcción del sistema de ventilación. Los principales resultados fueron que los aspectos de diseño de los sistemas de ventilación son el caudal de aire, las entradas y salidas de aire están dispuestas en cubierta abierta y para evitar la recirculación de calor el sistema debe disponer de una ventilación que cumpla también con las recomendaciones del fabricante.

En Tailandia, Songkran & Paisarn (2019) investigaron la aplicación de la dinámica de fluidos computacional (CFD) para analizar la calidad del aire y la distribución térmica en la sala del taller con múltiples fuentes de calor. Emplearon un modelo tridimensional de flujo turbulento monofásico para analizar la distribución de temperatura y el flujo de fluidos en la sala del taller. Las condiciones iniciales y de contorno de los modelos se basaron en datos experimentales. Se encontró que la temperatura del aire prevista y la velocidad del aire dentro de la sala del taller fueron consistentes con los resultados experimentales. Las posiciones del sistema de ventilación y la posición instalada del equipo dentro del taller tuvo un efecto significativo en la fuerza de succión que da como resultado el calor acumulado y la contaminación del aire del transporte dentro de la sala del taller. Se espera que los resultados obtenidos del estudio conduzcan a pautas que permitan diseñar la ventilación del sistema de refrigeración por aire para evacuar la contaminación del aire y el calor acumulado de grandes salas de talleres junto con múltiples fuentes de calor al exterior.

En una investigación sobre la ventilación de una sala de máquinas, en China, realizada por Yingchun et al. (2021), se plantearon como objetivo investigar las características de ventilación de una cabina principal en una plataforma marina autoelevable JU2000E. Se construyó un modelo a escala del sistema de ventilación basado en la teoría de la similitud y se analizaron los factores que afectan las características de ventilación. Los resultados mostraron que la opción razonable de apagar el motor puede reducir la temperatura promedio en ciertos lugares de la sala de máquinas y la temperatura máxima de la habitación; asimismo, la disposición adecuada de las salidas de aire puede acelerar la disipación de calor y reducir la variación de temperatura. Cuando el volumen de suministro de aire fue de $600 \text{ m}^3/\text{h}$, resultó ser el más económico para cumplir con el requisito de disipación de calor de la sala de máquinas. Estos hallazgos brindan una guía importante para el diseño del sistema de ventilación de las plataformas marinas autoelevables.

En otra investigación realizada por Artica et al. (2019) en Lima, se modeló y simuló un sistema de ventilación en una Concesión Minera, obteniendo información en tiempo real de los ventiladores utilizados para ventilar la mina. La simulación se desarrolló utilizando el software VENTSIM 5, que también ayudó a definir la cantidad de ventiladores y los parámetros de operación requeridos, la información de campo, las dimensiones de la mina, el método de extracción, la producción, el gradiente geotérmico, la emisión de gases, la corriente de aire y la presión del aire. Además, los resultados de la operación del software revelaron la necesidad de abrir chimeneas y utilizar ventiladores.

A nivel nacional se encontró a Flores et al. (2019), en su investigación realizada en Lima, buscaron optimizar los sistemas de ventilación mediante la introducción de la herramienta de software Ventsim para desarrollar coberturas eficientes, direccionamiento, caracterización de flujos, circuitos o redes y balanceo de aire en conjunto con evitar el estancamiento de gases tóxicos en trabajos subterráneos. El principal resultado de la aplicación del modelo propuesto en este estudio fue la reducción de los costos de ventilación relacionados con el consumo de electricidad; asimismo, la mina requiere un caudal de aire total de $39089 \text{ m}^3/\text{min}$, y la entrada de aire a la mina interna es de $36023 \text{ m}^3/\text{min}$, la salida de aire es de $36674 \text{ m}^3/\text{min}$, con una cobertura del 102%.

Con el fin de profundizar conceptos con respecto a las variables en estudio y otros términos relacionados con el desarrollo de este trabajo de investigación, se buscó información bibliográfica donde Soler y Palau (2018) define como sistema de ventilación como un método que abarca un conjunto de elementos utilizados para abastecer de aire fresco a un ambiente cerrado o semicerrado. Para Goberna (1992 pág. 15) la ventilación también puede ser útil para controlar olores, humedad y otras condiciones ambientales no deseados. Para Sitrón (2007 pág. 42) la ventilación tiene como objetivo suministrar una cantidad de aire suficientemente para enriquecer con oxígeno todas las formas de combustión.

Según Heynen & Hopman (2022) en una sala de generación propósito de un sistema de ventilación es suministrar suficiente aire exterior fresco para la combustión y la disipación de calor. Esto puede implicar grandes cantidades de aire, con grandes ventiladores y sistemas de conductos que dividen el aire por la habitación. De acuerdo con Lozada (2020), se distingue dos tipos de ventilación industrial: la ventilación natural es aquella que se genera por diferencias de temperatura, viento o difusión que ocurre a través de ventanas, ductos, puertas u otras aberturas hechas a la habitación; y la ventilación forzada se realiza mediante equipos electromecánicos denominados ventiladores o extractores. En referencia a esto, Li A. Et al. (2018) sostiene que la distribución del aire y el rendimiento de la ventilación de una sala de generación están influenciados directamente por el modo de suministro de aire.

Según Caterpillar (2015), para el diseño de una sala de generadores hay cuatro tipos de sistema de ventilación recomendados para una sala de generación, el de tipo 1 consiste en guiar el aire del exterior hacia la ubicación inferior de los motores, a nivel del piso; y que los extractores de ventilación deben montarse en el punto más elevado de la sala. Coincide con un estudio realizado por Mihai et al. (2020) donde sostiene que, para la instalación de varios motores Diesel, el fabricante recomienda que el aire de ventilación circule entre los motores, de un lado a otro. Las imágenes referenciales se muestran en anexos 7. Asimismo, Jiaying et al. (2018) en una investigación determinaron que este tipo de ventilación genera una mejor distribución de aire en el ambiente, mayor ahorro de energía y un mejor confort térmico para los habitantes y equipos.

Con respecto a la variable de parámetros de operación encontramos a Zambrano (2015) quien lo define como el conjunto de variables o factores importantes que deben ser considerados al momento de analizar un equipo o proceso. Para Ledezma (2016) estos parámetros de operación ayudan a garantizar la seguridad, tanto de los operadores como de los alrededores; asimismo, permiten aprovechar al máximo las capacidades de los equipos para una mejor calidad del servicio y funcionalidad. Según Luengo (2017 pág. 68), los parámetros máquina se definen como medidas de operación de las máquinas y son de vital importancia para detectar problemas de funcionamiento en los equipos, ya que suelen estar muy relacionados con el funcionamiento óptimo de la máquina.

Para una sala de generadores, según Streich & Tumber (2015), los parámetros principales para el diseño de una sala de grupos electrógenos son la temperatura del ambiente, la cantidad de aire para la correcta ventilación, la limpieza y el movimiento del aire; de esta manera se puede garantizar el correcto funcionamiento de los equipos. Según Marine Sistem (2018) la razón principal para mantener la temperatura de la sala de generación en un nivel adecuado es proteger de temperaturas excesivas a los componentes eléctricos y electrónicos, operadores del equipo u otro equipo accionado crítico dentro de la sala. Según Cem & Seyfettin (2016) las regiones de mayor circulación de calor dentro de una sala de máquinas es el espacio entre los motores principales y el techo superior de la sala.

Según la guía de ASHRAE (2010), los problemas de calidad de aire en el interior de un recinto ocurren porque en su proceso de construcción no se consideraron las decisiones básicas de diseño que están relacionadas con la selección del sitio, la orientación de la edificación, la ubicación de las tomas de aire exterior y cómo se calentará, enfriará y ventilará el edificio. Por otro lado, el CNE (2006 pág. 322) donde se sostiene que un motor o generador mayor a 1 hp debe ser proporcionado de una correcta ventilación para evitar que la temperatura del ambiente sobrepasen los 40 °C. Concuerta con la norma internacional ISO 8861 (1998) en donde se afirma que la temperatura máxima de interior de un ambiente de grupos electrógenos en funcionamiento debe ser 35 °C – 38 °C, considerando un aumento de 12.5 °C como máximo.

También es importante definir otros conceptos como el grupo electrógeno que según Rojas (Rojas, 2018), lo define como la unión de máquinas rotativas, tanto de combustión como eléctricas, acopladas entre sí, en las que se origina una doble conversión de energía: de térmica a mecánica y de mecánica a electromagnética. Asimismo, Broto (2017) afirma que se puede llamar Generador Diésel o Genset y es una máquina a partir de combustible fósil genera electricidad, emplea un motor a combustión interna y un alternador o generador eléctrico.

Según Caterpillar (2015) aire requerido para la ventilación de la sala de máquinas requerido para los motores y paquetes Cat se puede calcular a través de la ecuación 1 que se describe a continuación.

$$V = \left(\frac{H}{D * C_p * dT} + ECA \right) * F \quad \text{Ecu. 1}$$

Donde V es el volumen requerido (m³/s), H es el calor irradiador por el motor y generador (kW), Cp es el calor específico del aire (kW.min/kg.°C), dT es el aumento de temperatura del interior de la sala con los grupos en funcionamiento (°C), ECA es flujo de aire requerido por los grupos electrógenos para la combustión y F es el factor de enrutamiento que se basa en el tipo de ventilación que tendría los equipos. Concuerda con Parmar (2018), quien afirma que, para instalaciones de grupos electrógenos, el calor disipado por el generador se puede calcular mediante la ecuación 2, donde P es la potencia nominal máxima del motor (kW) y ef es de eficiencia del generador expresado en base a 1.

$$H = P * \left(\frac{1}{e_f} - 1 \right) \quad \text{Ecu. 2}$$

Según el manual práctico de ventilación Soler & Palau (2022), en el movimiento del aire a través de un conducto o ventana, distinguiremos las siguientes variables físicas: caudal Q, es la cantidad o flujo de aire que circula (m³/s), la velocidad v del aire (m/s) y sección S o área de la superficie (m²); estas variables se relacionan de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q = v * S \quad \text{Ecu. 3}$$

Según Villajuana (2013) el presupuesto es un reflejo numérico de los planes o proyectos a futuro y sirve para programar y cuantificar los objetivos operativos y estratégicos, conocer con anticipación los resultados se obtendría.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación

Según su objetivo, la investigación se consideró de tipo aplicada porque se diseñó de un nuevo sistema de ventilación de la sala para mejorar los parámetros de operación de los grupos electrógenos. También porque para solucionar la problemática específica se utilizó conocimientos ya existentes de la ciencia e ingeniería. Además, fue de enfoque cuantitativo ya que se realizó una recolección de datos, cálculos y análisis de manera numérica.

Diseño de investigación

Para este caso de estudio, la investigación fue de tipo no experimental debido a que en ningún momento se manipuló de una forma u otra las variables que se están estudiando. Además, por su alcance fue de tipo descriptivo ya que se buscó describir las características y/o comportamiento de las variables.

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1 Variable independiente

Sistema de ventilación para una sala de generación

3.2.2 Variable dependiente

Parámetros de operación de los grupos electrógenos

3.2.3 Operacionalización de las variables

El proceso de operacionalización se presenta resumido en la tabla presentada en anexos:

3.3 Población y muestra

Población

En esta investigación tuvo como fin realizar el diseño de un sistema de ventilación para una sala de grupos electrógenos, por ello se tomó como población toda la sala de generación de energía de la empresa industrial en donde se realizó el estudio. Esta sala se encuentra habitada por 3 grupos electrógenos Caterpillar modelo C18, C27 y C32 con capacidades de 500 kW, 725 kW y 910 kW respectivamente.

Muestra

De igual manera, la muestra para esta investigación se consideró toda sala de los grupos electrógenos porque las variables de estudio se analizaron de manera general en toda sala de generación. Además, porque es la única sala de generación que se tiene en la empresa.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Observación

Por medio de esta técnica se realizó la recolección de datos mediante la observación y monitoreo del funcionamiento de los 3 grupos electrógenos en paralelo y se midió los parámetros de operación como flujo de aire y temperatura en diferentes puntos del ambiente. Todo lo observado y recolectado sirvió como base para determinar los cálculos de flujo de aire requerida para la ventilación y garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos mediante un buen diseño del sistema de ventilación; también sirvió para darse cuenta de los errores cometidos por los que diseñaron la sala y no volverlos a cometer, así cumplir con las características básicas del sistema de ventilación bien diseñado.

Instrumento de recolección de datos

Ficha de registro de datos

Mediante este instrumento recolectamos los datos necesarios como la temperatura actual en distintos puntos de la sala de generadores, la temperatura y flujo de aire que ingresa y sale de la sala de generación por medio de las ventanas y portón, las características técnicas de los grupos electrógenos, dimensiones de la sala de generación, entre otros datos.

Validez

La validez del instrumento de recolección de datos estuvo a cargo de un profesional experto en ingeniería de la energía, un profesional en ingeniería industrial y un profesional en ingeniería agroindustrial, quienes revisaron cada uno de los enunciados y datos anotados en la dicha de registro de datos; a la vez hicieron recomendaciones para mejorar algunos puntos de la tesis. El formato de la ficha de recolección de datos y el formato de validación por los expertos se encuentran en anexos 2.

3.5 Procedimiento

Se realizó una visita técnica a la ubicación sala de los grupos electrógenos para ver las condiciones de trabajo y del ambiente en la que se encuentran trabajando. Luego, se planteó mejorar el diseño del sistema de ventilación de la zona para evacuar el aire caliente almacenado hacia el exterior y uniformizar la temperatura del ambiente. Posteriormente, se realizó una investigación detallada sobre toda información relacionada al tema en estudio a través de las revistas de Scopus, ScienceDirect, Scielo, entre otros; y manuales de fabricantes, sitios web de proveedores, tesis, etc. Luego, se efectuó una revisión y selección de información más importante relacionado a temas de ventilación y parámetros de operación de grupos electrógenos.

En una segunda visita, se tomó las mediciones y datos necesarios para el diseño del sistema de ventilación, recolectando todo tipo de información valiosa para la investigación. También se realizó un análisis detallado de los cálculos,

diseño y selección de componentes necesarios para el sistema de ventilación mediante hojas de cálculo en Excel, considerando los beneficios y la solución a la problemática en estudio. Finalmente, se redactó el informe.

3.6 Método de análisis de datos

Los datos e información recolectados sobre los equipos en estudio se analizaron a través de las fórmulas descritas en el marco teórico, mediante cálculos de ingeniería realizados manualmente en una Hoja de Excel, los cuales serán organizados de manera ordenada en el informe para cumplir con los requisitos del modelo alcanzado. Del mismo modo, se utilizó el software de diseño de ingeniería mecánica, AutoCAD 2019, para realizar el dibujo 3D del sistema de ventilación diseñado para la sala de generación.

3.7 Aspectos éticos

Esta investigación se desarrolló conservando la veracidad de los valores emitidos en los cálculos y resultados sin ser alterado, considerando los códigos de ética del Colegio de Ingenieros del Perú, el cual establece que los ingenieros serán transparentes y objetivos en la redacción de sus investigaciones, declaraciones o demostraciones profesionales; asimismo, trabajarán por ampliar el conocimiento del público relacionado con la ingeniería y brindar sus servicios a la sociedad.

IV. RESULTADOS

Luego de la aplicación de conocimientos técnicos encontrados durante la investigación y descritos en el marco teórico, se obtuvieron los siguientes resultados puntuales de acuerdo con objetivos específicos del proyecto. Los cálculos más detallados se encuentran en anexos 3.

Como resultado del primer objetivo sobre la determinación de los parámetros de diseño, se logró definir que los parámetros críticos más importantes para el diseño del sistema de ventilación que son los que se muestran en la tabla 1. También se determinaron los valores de dichos parámetros teniendo en cuenta el estado situacional actual de los grupos electrógenos en funcionamiento dentro de la sala.

Tabla 1: Parámetros de diseños del sistema de ventilación y sus valores actuales.

Parámetro de diseño	Valor	Unidad
Flujo de ventilación de ingreso por las ventanas 1 y 2	19.03	m ³ /s
Flujo de ventilación de salida por el portón	18.91	m ³ /s
Calor emitido por los grupos electrógenos	533.75	kW
Temperatura ambiente de la sala de generación	43	°C

Fuente: propia

Según la tabla anterior, se observa que todo el flujo de aire aproximado que ingresa por las ventanas fue de 19.03 m³/s, se calculó mediante la ecuación 3 considerando el área de cada ventana y la velocidad de aire promedio que ingresa por cada una (medido en campo). De la misma forma se calculó el flujo de aire que sale por el portón de la sala que fue de 18.91 m³/s; con referencia a la variación de 0.12 m³/s entre el flujo de entrada y salida se sustenta debido a un error o falta de precisión en las mediciones realizadas en campo y para efectos de cálculo se no se tendrá en cuenta esta variación. Asimismo, se muestra que el calor total irradiado

por los tres grupos en funcionamiento dentro de la sala es de 533.75 kW aproximadamente, este valor se calculó con la fórmula 2 que se encuentra en el marco teórico considerando una eficiencia de 80% y la potencia activa (kW) de los 3 grupos electrógenos. También se observa que la temperatura promedio del ambiente de la sala de grupos electrógenos es de 43 °C, este valor se encontró tomando 13 mediciones de temperatura en distintos puntos dentro de la sala.

Con respecto al objetivo 2, diseño del sistema de ventilación, se calculó el flujo de aire necesario para la ventilación de la sala de grupos electrógenos mediante la ecuación 1 descrita en el marco teórico. Para ello, primero se calculó la ventilación requerida para el diseño del sistema de ventilación y funcionamiento correcto de los grupos electrógenos dentro de la sala, considerando los valores que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Valores de parámetros considerados para el cálculo del flujo de ventilación requerida para el diseño del sistema de ventilación

Parámetro	Valor	Unidad
Calor total irradiado (H)	533.75	kW
Densidad del aire a 35.5 °C (D)	1.143	kg/m ³
Calor específico del aire a 35.5 °C (Cp)	0.017	kW.min/kg.°C
Aumento temperatura (dT)	10.5	°C
Aire combustión motor (ECA)	422.3	m ³ /min
Factor de enrutamiento (F)	1	-
Flujo requerido (V)	51.20	m ³ /s

Fuente: propia

En la tabla 2, el calor total irradiado dentro de la sala de generación, valor calculado anteriormente (533.75 kW). Asimismo, se muestra la densidad y calor específico del aire a la temperatura ambiente de diseño que fue de 35.5 °C, este valor se obtiene asumiendo una temperatura ambiente de la sala de grupos electrógenos de 25 y considerando un aumento de temperatura de 10.5 °C dentro de la sala, el cual según Caterpillar (2015) debe estar entre 8.5 y 12.5 °C. Según Cengel & Cimbala (2018 pág. 954), los valores de la densidad y calor específico del

aire a una temperatura de 35.5 °C son de 1.143 kg/m³ y 0.017 kW.min/kg.°C respectivamente. También se muestra el valor del aumento de temperatura de diseño para el sistema de ventilación fue 10.5 °C. Para el aire de combustión de motor ECA se tomaron de la ficha técnica de cada grupo, sumando un valor de 422.3 m³/min; y el factor de enrutamiento F se consideró 1 de acuerdo con el tipo de ventilación elegido para el diseño.

Con los datos de la tabla 2 y ejecutando la ecuación 1, se calculó que el flujo de aire necesario para una correcta ventilación de la sala fue de 51.20 m³/s; y habiendo calculado previamente el flujo de aire que ingresa actualmente a la sala (19.03 m³/s, descrito en la tabla 1), se determinó que el flujo del aire faltante que debería ingresar a sala para obtener una buena ventilación en el ambiente fue de 32.17 m³/s. Esta cantidad de aire faltante se consideró suministrar a la zona mediante la abertura de 2 ventanas adicionales e instalación de ventiladores en la pared de la parte trasera para garantizar una correcta ventilación del ambiente.

Luego se realizar la abertura de las dos ventanas traseras de acuerdo con las condiciones actuales de la pared en la zona, se obtuvo un área neta total de 15.66 m² aproximadamente y una velocidad de aire promedio de 1.65 m/s y 1.86 m/s para la ventana 3 y 4 respectivamente. Con estos valores y ejecutando la ecuación 3 se determinó el flujo de aire que se suministró mediante cada ventana diseñada. Los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Medios de ingreso del flujo de aire a la sala y sus valores medidos actuales y diseñados.

	Forma	Área (m²)	Velocidad promedio (m/s)	Caudal (m³/s)
Actuales	Ventana lateral 1	7.83	1.14	8.93
	Ventana lateral 2	7.83	1.29	10.10
	Ventana trasera 3	6.05	1.65	9.98
Diseñados	Ventana trasera 4	6.05	1.86	11.25
	Ventiladores			10.94

Fuente: propia

En la tabla 3, se muestra los medios de ingreso del flujo aire hacia la sala de generación tanto los actuales como los diseñados en esta investigación, por medio de las ventanas actuales 1 y 2 ingresa un total de 19.03 m³/s (determinado en la tabla 1). Para el caso de las ventanas diseñados 3 y 4 se calculó que ingresan 9.98 m³/s y 11.25 m³/s respectivamente, haciendo un total de 21.23 m³/s aproximadamente. Tomando en cuenta el flujo de aire requerido para la ventilación 51.20 m³/s (determinado anteriormente) y restando el flujo de aire total que ingresa por las ventanas 1, 2, 3 y 4 que suman un total aproximado de 40.26 m³/s, se determinó que fue necesario suministrar por medio de los ventiladores un caudal mínimo de 10.94 m³/s (39390.05 m³/h) para llegar a cubrir el flujo necesario para el diseño del sistema de ventilación.

Considerando, el caudal mínimo requerido para inyectar con los ventiladores 39390.05 m³/h y la capacidad de los ventiladores industriales más comerciales, se determinó la cantidad de ventiladores necesarios que cumplan con la cantidad de flujo requerido. Para este caso, se determinó que es necesario instalar 2 ventiladores con una capacidad de 19800 m³/h cada uno.

Tabla 4: Características de los ventiladores de aire seleccionados y los criterios de selección utilizados.

Características	Criterios
Ventilador de tipo: Helicoidal	Montado en pared, facilidad de montaje y mantenimiento
Modelo: HC-90-8T/H	Caudal de descarga libre 19800 m ³ /h
Caudal de descarga libre: 19800 m³/h	Caudal total requerido de 39390.05 m ³ /h, Se tiene en la zona ambos tipos de suministro
Tensión: 220 V / 440 V	
Potencia de motor: 0.55 kW	Bajo consumo de energía
Consumo eléctrico: 3.53 A / 2.04 A	Bajo consumo de energía
Peso total: 54 kg	Fácil montaje, desmontaje y mantenimiento
Nivel sonoro: 69 dB	Dentro de lo permitido (<85 dB, 8 horas)

Fuente: Propia

En la tabla 4, se muestra que se seleccionó el tipo de ventilador helicoidal de acuerdo con el criterio de aplicación ya que será para instalado en la pared, facilidad de montaje y mantenimiento. También se muestran las características técnicas del equipo seleccionado; asimismo, que fue necesario seleccionar 2 ventiladores de tipo helicoidal, modelo HC-90-8T/H y con una capacidad de flujo de aire de 19800 m³/h cada uno, de esta manera se alcanzó el flujo de aire mínimo requerido de 10.94 m³/s (39390.05 m³/h, descrito en la tabla 3) para garantizar una ventilación adecuada de la zona de los grupos electrógenos. Además, se seleccionó equipos con un nivel sonoro de 69 dB dentro de lo recomendado, según (OMS, 2015) en un lapso de 8 horas se debe exponer máximo a 85 dB. Por otro lado, es importante recalcar que solo para efectos cálculos de esta investigación, se asume que la ventilación natural por las ventanas y portón no se verán afectados por la fuerza que genera una ventilación forzada por ventiladores y extractores.

Se estableció que el nuevo caudal de aire total que ingresará a la sala mediante los ventiladores axiales escogidos (11 m³/s) y las ventanas 1, 2, 3 y 4 (40.25 m³/s) fue un total de 51.25 m³/s (184512.18 m³/h) aproximadamente. Considerando este último valor del flujo de aire requerido y restando el flujo de aire que sale actualmente por el portón (18.91 m³/s, descrito en la tabla 1) y el aire que sale por las tuberías de escape (7.04 m³/s), se determinó el caudal que se necesita extraer mediante los extractores a seleccionar para llegar a evacuar el flujo necesario para el buen funcionamiento del sistema de ventilación. Los resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5: Medios de salida del flujo de aire a la sala y sus valores medidos actuales y diseñados.

	Forma	Área (m²)	Velocidad promedio (m/s)	Caudal (m³/s)
	Portón	13.90	1.36	18.91
Actuales	Tuberías de escape			7.04
Diseñados	Extractores			25.31

Fuente: Propia

En la tabla 5, se determinó que el caudal que se necesita evacuar de la zona de grupos electrógenos con los extractores es de 25.31 m³/s (91112.15 m³/h). Con este valor y la capacidad de los extractores industriales más comerciales, se calculó la cantidad de extractores necesarios para evacuar la cantidad de flujo requerido que ingresa a la sala. Para este caso, se determinó que es necesario instalar 2 extractores con una capacidad de 46850 m³/h cada uno.

Tabla 6: Características técnicas de los extractores de aire seleccionados y los criterios de selección utilizados.

Características	Criterios
Extractor de tipo: Helicoidal	Montado en techo, facilidad de montaje y mantenimiento
Modelo: HTMV-100-4T-7.5 IE3	Caudal de descarga libre 46850 m ³ /h
Caudal de descarga libre: 46850 m³/h	Caudal total requerido de 91112.15 m ³ /h,
Tensión: 440 V	Se tiene en la zona ambos tipos de suministro
Potencia de motor: 5.5 kW	Bajo consumo de energía
Consumo eléctrico: 10.3 A	Bajo consumo de energía
Peso total: 196 kg	Fácil montaje, desmontaje y mantenimiento
Nivel sonoro: 82.95 dB	Dentro de lo permitido (<85 dB, 8 horas)

Fuente: Propia

En la tabla 6, se muestra que se seleccionó el tipo de extractor helicoidal de acuerdo con el criterio de aplicación ya que será para instalado en el techo, por su facilidad de montaje y mantenimiento. También se muestran las características técnicas del equipo seleccionado; asimismo, que fue necesario seleccionar 2 extractores de tipo helicoidal, modelo HTMV-100-4T-7.5 IE3 y con una capacidad de flujo de aire de 46850 m³/h cada uno, de esta manera se alcanzó el flujo de aire mínimo necesario de 25.31 m³/s ((91112.15 m³/h, descrito en la tabla 5) para para evacuar y mantener la temperatura de la sala de generación dentro del rango

permitido que de acuerdo al diseño realizado no debe superar los 35.5 °C. Además, otro criterio de selección fue el nivel de ruido que emite el equipo, por ello se seleccionó los extractores con un nivel sonoro de 69 dB, el cual está dentro de lo recomendado, máximo a 85 dB por 8 horas de exposición.

Con respecto al objetivo específico 3, se elaboró el presupuesto aproximado para ver cuánto costaría la compra de los equipos y la implementación del sistema de ventilación diseñado para la sala de grupos electrógenos. En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 7: Presupuesto para la implementación del sistema de ventilación diseñado para la sala de grupos electrógenos.

Equipos / servicio	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Compra de ventilador helicoidal HC-90-8T/H	2	\$1,900.00	\$3,800.00
Compra de extractor helicoidal HTMV-100-4T-7.5 IE3	2	\$4,500.00	\$9,000.00
Montaje de ventilador helicoidal HC-90-8T/H	2	\$400.00	\$800.00
Montaje de extractor helicoidal HTMV-100-4T-7.5 IE3	2	\$800.00	\$1,600.00
Fabricación y montaje de ventanas de ventilación	2	\$500.00	\$1,000.00
SUB TOTAL			\$16,200.00
IGV (18%)			\$2,916.00
PRESUPUESTO TOTAL			\$19,116.00

Fuente: Propia

En la tabla 7, se muestra que el presupuesto total, sin IGV, para la implementación del sistema de ventilación fue de \$16200.00. Este monto es la suma de los costos por la compra de los 2 ventiladores y 2 extractores helicoidales (\$12800.00), los costos para su instalación y puesta en marcha (\$2400.00) y el costo por la fabricación e instalación de las ventanas de ventilación 3 y 4

(\$1000.00). Es importante señalar que los valores por mano de obra de montaje y fabricación son referenciales de acuerdo con las cotizaciones de proveedores terceros que realizan estos tipos de trabajos. Para el caso de los precios de los equipos se tomaron como referencia el catálogo de precios de un fabricante comercial nacional (Sodeca, 2021).

Finalmente, en referencia al objetivo general, se diseñó un sistema de ventilación forzada, mediante ventiladores helicoidales que suministran aire fresco a la sala de generación y extractores helicoidales que evacúan el aire caliente de la zona hacia el exterior. Este sistema se diseñó como complemento de la ventilación natural que existe actualmente en la sala de grupos electrógenos para mejorar la ventilación de la sala de grupos electrógenos.

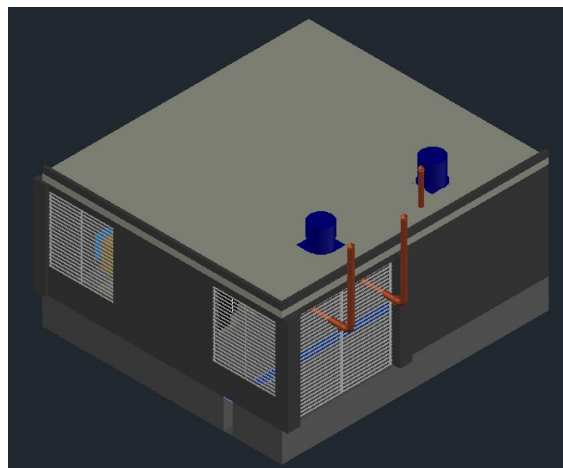


Figura 1: Dibujo 3D de la sala de grupo electrógenos, evidenciando la ubicación de los dos extractores helicoidales modelo HTMV-100-4T-7.5 IE3.

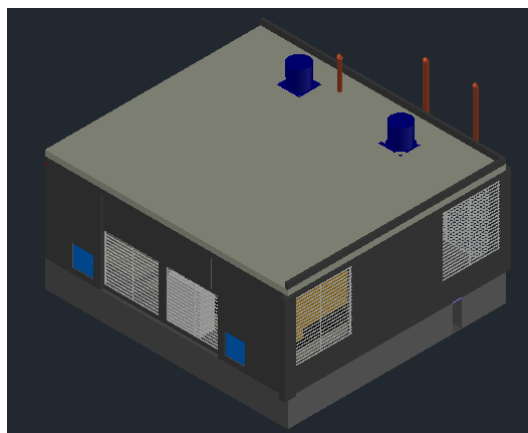


Figura 2: Dibujo 3D de la sala de grupo electrógenos, evidenciando la ubicación de los dos ventiladores helicoidales modelo HC-90-8T/H.

V. DISCUSIÓN

En la investigación como primer objetivo específico se planteó determinar los parámetros de diseño para el sistema de ventilación. En base a ello se encontró a Streich & Tumber (2015), quienes afirman que factores de diseño críticos que se deben tener en cuenta al diseñar una sala son el caudal de aire, la temperatura, limpieza y movimiento del aire. En los resultados obtenidos en la presente investigación se determinó que los factores más significativos para realizar el diseño del sistema de ventilación fueron el flujo de aire, el calor irradiado por los generadores y la temperatura del ambiente de la sala. Estos resultados se asemejan con lo obtenido en un estudio realizado por Mihai et al (2020), donde concluye que los aspectos de diseño principales de un sistema de ventilación deben ser el caudal de aire, la ubicación de las entradas y salidas, y cumplir con las recomendaciones de los fabricantes.

Este estudio encontrado como antecedente y sus coincidencias tanto con los aportes teóricos como con los resultados de esta investigación evidencian que para el diseño de un sistema de ventilación para un ambiente donde se ubicaran equipos críticos como grupos electrógenos, calderas, motores auxiliares, entre otros es muy importante tomar en cuenta los criterios y factores de diseño básicos que se mencionados en esta investigación. Por otro lado, se puede decir que la temperatura elevada y el flujo de aire deficiente son las evidencias más comunes que se encuentran luego de la implementación de un sistema de ventilación incorrecto para ambientes de trabajo con maquinarias industriales en funcionamiento constante; sin embargo, también son parámetros que se pueden corregir o mejorar mediante la ventilación natural o forzada.

Como segundo objetivo específico se propuso diseñar el sistema de ventilación para la sala de generación, según Streich & Tumber (2015) para que este proceso tenga éxito y garantice el funcionamiento adecuado de los generadores, se debe examinar a detalle tanto el diseño general del recinto como el diseño del sistema de ventilación y según la norma internacional ISO 8861 (1998) un buen sistema de ventilación para una sala de máquinas debe cumplirse que, el aumento de temperatura de la sala debe ser como máximo 12.5 °C con respecto a

la temperatura ambiente normal. De acuerdo con los resultados de esta investigación se determinó que el diseño actual de la sala de generación es muy deficiente porque las ventanas de ventilación para la entrada y salida de aire del ambiente están mal ubicadas y se encuentran muy cerca, asimismo, la temperatura del interior de la sala no es uniforme, y su valor promedio fue de 43 °C; además porque se encontró que el flujo de aire de ingreso fresco a la zona fue de 19.54 m³/s, muy bajo en referencia al caudal mínimo diseñado en esta investigación que fue de 51.2 m³/s aproximadamente.

Los resultados de esta investigación se encontró relación con lo encontrado por Songkran & Paisarn (2019) en su investigación sobre calidad de aire y distribución de temperatura dentro de una sala de taller con múltiples fuentes de calor; concluyeron que la posición del sistema de ventilación y la posición de instala de los equipos dentro del taller tuvieron un efecto significativos en la acumulación de calor, distribución de la temperatura y contaminación del aire en el ambiente interno. También se encontró semejanza con la investigación de Xingxin et al. (2018) quienes, en su objetivo por optimizar y reconstruir un sistema de ventilación la zona de trabajo en una mina, lograron reducir la temperatura ambiente elevada de 34 °C aproximadamente hasta 27.6 °C; también coincide con la investigación realizada por Flores et al. (2019) en su objetivos de optimizar un sistema de ventilación en una mina mediante el software Ventsim, determinaron que la mina requiere un caudal de aire total de 39089 m³/min para una correcta ventilación. Asimismo, el otro resultado de esta investigación se relaciona con la realizada por Yingchun et al. (2021) quienes, en su objetivo de estudiar las características de la ventilación en una cabina principal de una plataforma marina, determinaron que con un suministro de aire de 600 m³/h pudieron cumplir con lo requerido para lograr la disipación de calor de la sala de máquinas.

Los antecedentes y sus semejanzas con los resultados encontrados en la presente investigación nos dan a entender que la problemática de estudio de este proyecto como la temperatura elevadas y diseño de ventilación inadecuada para ambientes semicerrados es común en varios lugares a nivel internacional y mundial. Este tipo de trabajos de investigación no ayudan a minimizar los errores cometidos en diseños anteriores, para no volver a cometerlos, y mejorar las condiciones de

trabajo de las máquinas eléctricas dentro los distintos rubros o sectores industriales existen actualmente. Por lo expuesto, también se puede deducir que la posición inicial de los equipos de ventilación forzada y el direccionamiento de las entradas y salidas de aire juegan un rol muy importante en el proceso de modificación o mejora de la ventilación del recinto, este efecto puede ser favorable o desfavorable de acuerdo con la innovación que se busca realizar. Sin embargo, en la presente investigación la ubicación de los equipos dentro de la sala si favoreció para el diseño del sistema.

Como tercer objetivo de la investigación se planteó realizar el presupuesto para la implementación de sistema de ventilación diseñado para la sala de generación. Según Villajuana (2013) el presupuesto sirve para programar y cuantificar los objetivos operativos y estratégicos, conocer con anticipación los resultados que se obtendría. En los resultados de esta investigación se obtuvo que el presupuesto total para la ejecución e implementación del sistema de ventilación es de 19116 dólares; cuyo valor se consideró que fue demasiado alto porque se tuvo que seleccionar equipos para aplicaciones específicas y de uso industrial que se adapten a las características de diseño de arquitectura de la sala de generación y a los requerimientos calculados de flujo de aire durante el diseño. Este resultado tiene relación con lo expresado por Streich & Tumber (2015) quienes afirman que, las modificaciones y mejoras de sistemas de ventilación deficientes suelen ser muy costosas y complejas, dado que solo se realizan con el fin de mitigar los efectos del sistema mal diseñado el funcionamiento de los equipos afectados.

Mediante los aportes teóricos encontrados y resultados obtenidos en esta investigación, se deduce que para no tener gastos no presupuestados en los equipos o sistemas dentro de una empresa es muy importante tomar en cuenta los criterios de diseño básicos descritos en este informe para la construcción una sala de máquinas adecuado. Además, se puede deducir que, si no se hace bien el trabajo desde un principio, con el tiempo la corrección de esos errores sale muy costosas y genera pérdidas económicas para el usuario pueden ser significativas.

El objetivo general de esta investigación fue diseñar un sistema de ventilación para mejorar los parámetros de operación de una sala grupos

electrógenos en una empresa industrial, Chao; en base a ello se encontró a Soler y Palau (2018) quien señaló que un sistema de ventilación es un conjunto de elementos utilizados para ventilar un ambiente y distingue dos tipos de ventilación general conocidos como ventilación natural y ventilación forzada, asimismo Goberna (1992) indicó que la ventilación también puede ser útil para controlar olores, humedad y otras condiciones ambientales no deseados dentro de un recinto. En los resultados de esta investigación se obtuvo un diseño del sistema de ventilación forzada mediante ventiladores y extractores con la finalidad de mejorar la ventilación natural deficiente mediante ventanas que tenía la sala de generación, de esta manera se mejoró los parámetros de operación del ambiente, aumentando el suministro de flujo de aire de ventilación en $32.22 \text{ m}^3/\text{s}$ y reduciendo la temperatura ambiente de la sala en $7.5 \text{ }^\circ\text{C}$ aproximadamente.

El resultado obtenido en esta investigación tiene una similitud con la investigación realizada por Mohamed et al (2021) sobre la comparación de tres tipos de sistema de ventilación y como resultado se obtuvo que el sistema de ventilación más óptimo y adecuado para ambientes de industrias es el tipo forzado; asimismo, se coincide con otra investigación realizada por Saipul et al. (2018) quienes concluyeron que si se puede lograr una ventilación natural mínima y adecuada para una sala, siempre y cuando se seleccione la posición correcta para las entradas y salida de aire de ventilación. Del mismo modo, se relaciona con una investigación de Artica et al. (2019) quienes simularon el software VENTSIM 5 en el sistema de ventilación de una concesión minera y sus resultados obtenidos revelaron que existe la necesidad de abrir chimeneas y utilizar ventiladores para optimizar el sistema de ventilación actual.

De los antecedentes encontrados con respecto al objetivo general y sus similitudes con los resultados obtenidos en la presente investigación se evidencia que para una sala de grupos electrógenos se puede usar una ventilación natural, forzada o mixta para reducir o mantener la temperatura ambiente en valores adecuados tanto para los equipos como para el personal de operación o de mantenimiento de una empresa, para lograr esto es muy importante hacer un buen análisis, selección y diseño de los elementos utilizados en el sistema de ventilación.

VI. CONCLUSIONES

1. Se diseñó un sistema de ventilación adecuado para la sala de grupos electrógenos mediante el complemento entre una ventilación natural a través de ventanas con rejas para el ingreso y salida de aire, y una ventilación forzada a través de ventiladores y extractores; este diseño permitió mejorar los parámetros de operación de la sala de generación, alcanzando el flujo de aire requerido de $51.20 \text{ m}^3/\text{s}$ ($184512.18 \text{ m}^3/\text{h}$) para garantizar una correcta ventilación de los equipos y reduciendo la temperatura ambiente de $43 \text{ }^\circ\text{C}$ a $35.5 \text{ }^\circ\text{C}$ en el interior de la sala de generación.
2. Se determinó que la temperatura, el flujo de aire y el calor disipado en el ambiente son los parámetros de diseño más importantes y críticos para el diseño del sistema de ventilación de la sala de grupos electrógenos, con el fin de lograr y una ventilación adecuada y mantener una temperatura confortable para los equipos y personal dentro de la sala.
3. Se realizó el diseño de un sistema de ventilación para la sala de generadores que consistió en abrir de 2 ventanas de ventilación adicionales de $2.65 \text{ m} \times 3.07 \text{ m}$ cada una y el montaje de 2 ventiladores helicoidales de pared con una capacidad individual de $19800 \text{ m}^3/\text{h}$ para el ingreso de aire fresco a la sala; asimismo se instalaron 2 extractores helicoidales de techo con una capacidad individual de $46850 \text{ m}^3/\text{h}$.
4. Se elaboró el presupuesto total para la implementación y puesta en marcha del sistema de ventilación diseñado para la sala de grupos electrógenos de una empresa industrial, Chao; obteniendo como costo total el valor de 19116.00 dólares, lo cual incluye equipos, mano de obra, montaje y puesta en marcha.

VII. RECOMENDACIONES

Luego de analizar los resultados de la presente investigación, se optó por plantear las siguientes recomendaciones:

Evaluar la implementación de este sistema de ventilación diseñado lo más pronto posible para eliminar el problema de las temperaturas elevadas dentro de la sala y evitar más fallas imprevistas en los grupos y daños en sus componentes electrónicos.

Elaborar un plan de mantenimiento para los equipos y componentes que se instalaran en la implementación del sistema de ventilación forzada.

Realizar inspecciones diarias a las instalaciones y monitorear de los parámetros de operación de la sala de generación después de la puesta en marcha del sistema.

REFERENCIAS

Álvarez, Pedro, y otros. 2020. *Causas de la desviación del índice de consumo de combustible en los generadores eléctricos Hyundai.* Cujae : Universidad Tecnológica de La Habana, 2020. 1815-5901.

ARTICA, I, QUISPE, G y IBAÑEZ, Raymundo. 2019. *Ventilation System Simulation Model at a Mine.* Lima : IOP, 2019. 012017.

Broto, Massimo. 2017. *Genset Fácil Lite - Curso sobre grupos electrógenos y generadores eléctricos.* España : Massimo Brotto, 2017.

Caterpillar. 2015. *Application & instalation guide - Engine room ventilation.* [Lima] : s.n., 2015. LEBW4971-06.

Cem, Tasdemir y Seyfettin, Bayraktar. 2016. *CFD ANALYSIS OF VENTILATION SYSTEM FOR AN ENGINE ROOM.* Estambul : s.n., 2016.

Cengel, Yunus y Cimbala, John. 2018. Tabla A-9 Propiedades del aire a 1 atm de presión. *Mecánica de fluidos - Fundamentos y aplicaciones.* Mexico : McGraw-Hill Interamericana, 2018.

Csáky, Imre, Kalmár, Tünde y Kalmár, Ferend . 2019. *Operation Testing of an Advanced Personalized Ventilation System.* Hungría : University of Debrecen, 2019. 1596.

Denyo. 2019. Proper Room Ventilation for Indoor Generator Operation. *Risk of Inappropriate Room Ventilation.* [En línea] Denyo United Machinery, 29 de octubre de 2019. <https://sg.denyogroup.com/news-stories/post/proper-room-ventilation-for-indoor-generator-operation>.

FLORES, Vladimir, y otros. 2019. *Optimized Ventilation Model to Improve Operations in Polymetallic Mines in Peru.* Lima : Springer, 2019.

Genesal Energy. 2022. Grupos electrógenos - Las claves para una buena ventilación. [En línea] GENESAL ENERGY, 10 de mayo de 2022. <https://genesalenergy.com/comunicacion/articulos/claves-instalacion-grupos->

electrogenos/#ventilacion.

Goberna, Ricardo. 1992. *Ventilación Industrial*. Valencia : La Olivereta, 1992. 84-7890-818-8.

HCS. 2022. HI COOL SYSTEMS S. R. L. *HI COOL SYSTEMS S. R. L.* [En línea] junio de 2022. <https://www.hcsperu.com/servicios/fabricacion-ductos-de-ventilacion/>.

Heynen & Hopman. 2022. Engine room ventilation explained. [En línea] 07 de marzo de 2022. <https://heinenhopman.com/en/about-us/blogs/20220308-engine-room-ventilation-explained/>.

Himoinsa. 2022. Grupos electrógenos y climas extremos. *¿Qué le puede suceder a mi grupo eléctrico ante condiciones extremas de frío o calor?* [En línea] 2022. <https://www.himoinsa.com/grupos-electrogenos-y-climas-extremos/white-paper/listado-de-noticias/noticias/112/esp.html>.

Inoplex. 2022. GENERATOR DE-RATING ON HOT DAYS. *REDUCED GENERATOR PERFORMANCE.* [En línea] 14 de abril de 2022. <https://inoplex.com.au/cogeneration-blog/generator-de-rating-on-hot-days/>.

ISO 8861. 1998. *Shipbuilding - Engine room ventilation in diesel engined ship - Desing requirements and basis of calculations*. España : 2, 1998. STD-895857.

Jiaxing , Li, y otros. 2018. *Analysis and optimization of air distribution and ventilation performance in a generator hall using an innovative attached air supply mode*. China : s.n., 2018. 108993.

Ledezma, Julio. 2016. *Parámetros de operación de las máquinas*. Cabudare : Universidad Fermín Toro, 2016.

Li, Angui , y otros. 2018. *Numerical simulation, PIV measurements and analysis of air movement influenced by nozzle jets and heat sources in underground generator hall*. China : s.n., 2018. 16–31.

LOZADA, Carlos. 2020. *Modifican la Norma Técnica EM.030 Instalaciones de*

Ventilación del RNE. Lima : El peruano, 2020. 1887042-1.

Luengo, Miguel. 2017. *Implantación de mantenimiento predictivo en*. Valladolid : Universidad de Valladolid, 2017.

MARCIAL, Yampier. 2019. *Diseño de un sistema de ventilación mecánica para asegurar la concentración permisible de monóxido de carbono en el estacionamiento subterráneo del edificio de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la Republica*. Lima : Universidad Tecnológica del Perú, 2019.

Marine Sistem. 2018. Calculation of Engine Room Ventilation. *Engine Room/Enclosure Temperature*. [En línea] 17 de abril de 2018. <https://marinengcalc.blogspot.com/2018/04/calculation-of-engine-room-ventilation.html>.

Mihai, Victor, Presura, Adrian y Rusu, Liliana. 2020. *Ventilation of engine rooms in diesel engines ships*. Romania : Galati University Press,, 2020. ISSN 1221-4620.

Ministerio de energía y minas. 2006. *Codigo Nacional de Electricidad - Utilizacion*. Lima : Dirección General de Electricidad, 2006. pág. 324.

Mohamed, Elhadary, y otros. 2021. *A comparative study for forced ventilation systems in industrial buildings to improve the workers' thermal comfort*. Saudi Arabia : Oleg Kapli ´ nski, 2021. 10267.

Nvent. 2018. ¿Cómo afecta la temperatura a los equipos eléctricos y electrónicos? [En línea] 18 de febrero de 2018. <https://hoffman-latam.com/blog/como-afecta-la-temperatura-a-los-equipos-electricos-y-electronicos/>.

OMS. 2015. BCC NEWS. [En línea] 03 de marzo de 2015. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/03/150303_ruido_musica_exposicion_oido_decibelio_jm.

Parmar, Jignesh. 2018. Calculate Required Air ventilation and Heat generation of D.G Set. *Heat Generated by Generator*.. [En línea] Electrical Notes & Articles, 1 de enero de 2018. <https://electricalnotes.wordpress.com/2018/01/01/calculate->

Starlight Power. 2021. Common Reasons for High Temperature Alarms of Diesel Generator Sets. [En línea] Jiangsu Starlight Electricity Equipments, 31 de diciembre de 2021. <https://www.dieselgeneratortech.com/generators/common-reasons-for-high-temperature-alarms-of-diesel-genset.html>.

STREICH, Michael y TUMBER, Saahil. 2015. Design Generator rooms for optimum performance. *Generator room ventilation 101*. [En línea] CATERPILLAR BRANDS, 22 de Junio de 2015. https://www.cat.com/en_US/by-industry/electric-power/Articles/ep-news/ep-news-design-generator-rooms-for-optimum-performance.html.

TCF. 2021. Generator room ventilation. [En línea] TWIN CITY FAN AZEN , 2021. <https://www.tcf-azen.com/applications/generator-room-ventilation/>.

Testo. 2022. Las mediciones en unidades de ventilación. [En línea] 2022. <https://www.testo.com/es-ES/aplicaciones/instrumentos-de-medicion-para-mantenimiento-de-sistemas-de-ventilacion>.

Villajuana, Carlos. 2013. *Costos y presupuestos*. 2013.

Xingxin, Nie, y otros. 2018. *Heat Treatment and Ventilation Optimization in a Deep Mine*. Shaanxi, China : Hugo Rodrigues, 2018. 1529490.

Yingchun, Xie, y otros. 2021. *Experimental research on ventilation characteristics of a main engine room in a jack-up offshore platform*. Qingdao, China : Elsevier Ltd., 2021. 102897.

Zambrano, Jorge. 2015. Parámetros de operación de la máquina. [En línea] 22 de mayo de 2015. <https://es.slideshare.net/coso16/parmetros-de-operacin-de-la-mquina>.

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de variables

Tabla 8: Matriz de operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Independiente: Sistema de ventilación	Método que abarca un conjunto de elementos utilizados para abastecer de aire fresco a un ambiente cerrado o semicerrado, su función es ventilar una zona de trabajo y evacuar el aire caliente, gases, olores, entre otros hacia el exterior del recinto (S&P, 2018).	Se mide por los resultados de confort térmico que se alcanza en las personas o maquinarias. Se mide de acuerdo con el tipo y velocidad de caudal, (Testo, 2022), para ellos se utiliza instrumentos de medición como anemómetros. El valor ideal de la velocidad es 7 m/s o menos (Genesal Energy, 2022).	Caudal	Área	Razón
				Velocidad	Razón
Dependiente: Parámetros de operación de los grupos electrógenos	Se define como un conjunto de variables o factores importantes que deben ser considerados al momento de analizar un equipo o proceso, aportan información actualizada y objetiva para ayudar a los usuarios de las maquinas a trabajar de manera segura y eficiente (Zambrano, 2015).	Se determinan teniendo en cuenta su aplicación y características propias de fabricación. Se miden de acuerdo sus temperaturas de trabajo y ubicación, para ellos de utiliza instrumentos como termómetros. Sus valores aceptables deben ser inferior a 40 °C (Caterpillar, 2015).		Temperatura	Intervalo
				Flujo de aire	Razón

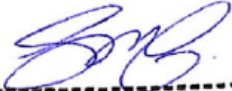
FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos de parámetros de operación de sala de grupos electrógenos
Objetivo del instrumento	Anotar los valores de los parámetros de operación medidos en la sala de fuerza
Nombres y apellidos del experto	Juan Carlos Bengoa Seminario
Documento de identidad	41908170
Años de experiencia en el área	10
Máximo Grado Académico	Magister en Ingeniería de la Energía
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Cesar Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	949 738 469
Firma	 Juan C. Bengoa Seminario ING. MECANICO R.T. C.O.P. 121518
Fecha	15/05/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos de parámetros de operación de sala de grupos electrógenos
Objetivo del instrumento	Anotar los valores de los parámetros de operación medidos en la sala de fuerza
Nombres y apellidos del experto	Jorge Carlos Carrión Benites
Documento de identidad	41462356
Años de experiencia en el área	4
Máximo Grado Académico	Ingeniero
Nacionalidad	Peruana
Institución	IESTP
Cargo	Docente
Número telefónico	932349703
Firma	 ----- Jorge Carlos Carrión Benites ING. INDUSTRIAL R. CIP. N° 182189
Fecha	20/05/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos de parámetros de operación de sala de grupos electrógenos
Objetivo del instrumento	Anotar los valores de los parámetros de operación medidos en la sala de fuerza
Nombres y apellidos del experto	Martín Giancarlo Arteaga Sebastián
Documento de identidad	46447546
Años de experiencia en el área	4
Máximo Grado Académico	Ingeniero
Nacionalidad	Peruana
Institución	IESTP
Cargo	Docente
Número telefónico	949282890
Firma	 Martín Giancarlo Arteaga Sebastián ING. AGROINDUSTRIAL R. CIP. N° 163818
Fecha	20/05/2022

Anexo 3: datos y cálculos complementarios del diseño.

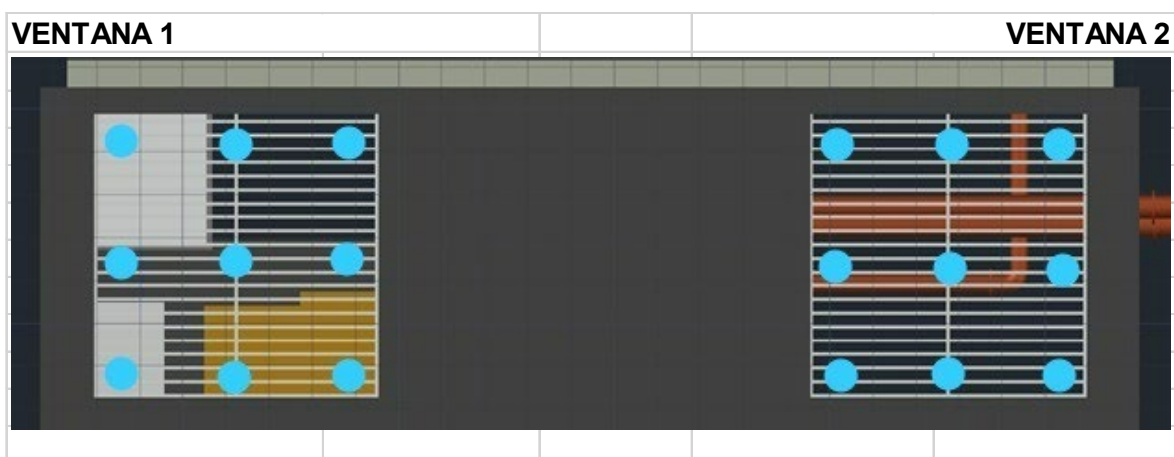
Los resultados de la **tabla 1**, se calcularon tal y como se muestran a continuación.

La velocidad promedio de ingreso del aire para la ventana 1

Punto	Velocidad de aire (m/s)
1	0.92
2	0.95
3	1.31
4	1.12
5	1.14
6	1.17
7	1.27
8	1.22
9	1.19
Promedio	1.14

La velocidad promedio de ingreso del aire para la ventana 2

Punto	Velocidad de aire (m/s)
1	1.04
2	1.18
3	1.26
4	1.33
5	1.25
6	1.24
7	1.42
8	1.36
9	1.52
Promedio	1.29

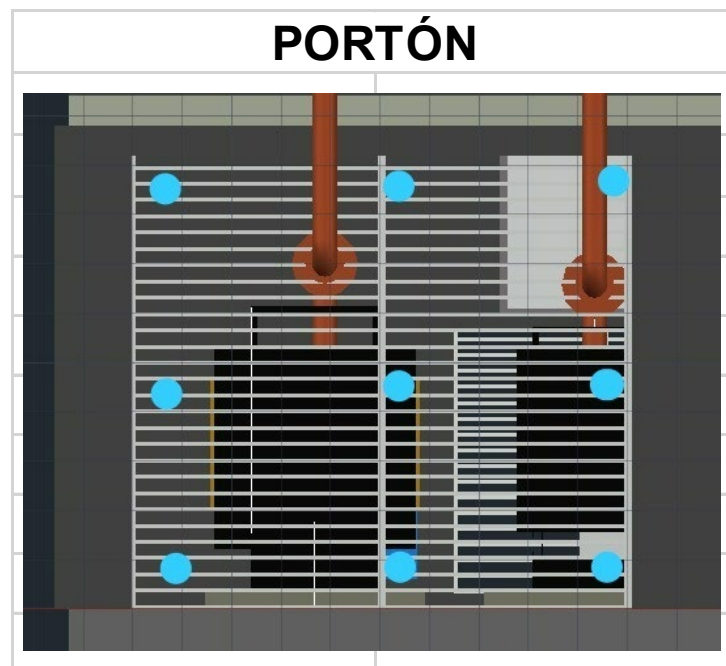


Para el flujo de ingreso de aire por las ventanas

	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad promedio del aire (m/s)	Caudal (m ³ /s)
Ventana 1	3.17	2.47	7.83	1.14	8.93
Ventana 2	3.17	2.47	8.23	1.29	10.10
Total					19.03

La velocidad promedio de salida del aire para la ventana 1

Punto	Velocidad de aire (m/s)
1	1.12
2	1.24
3	1.34
4	1.51
5	1.45
6	1.56
7	1.42
8	1.33
9	1.29
Promedio	1.36



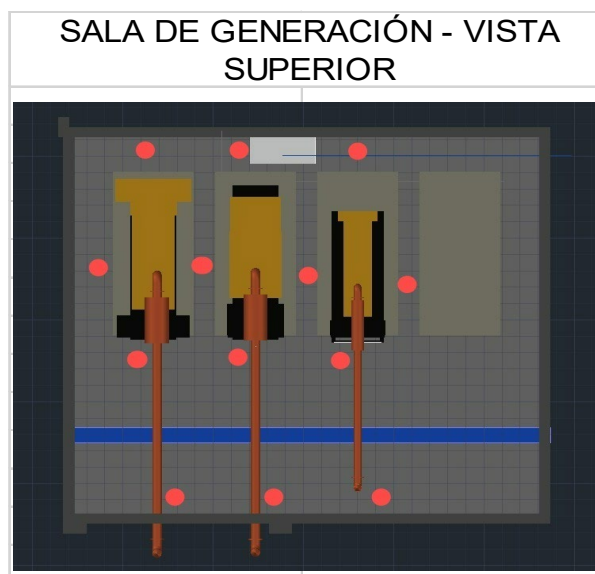
Para el flujo de salida de aire por el portón

	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad promedio del aire (m/s)	Caudal (m ³ /s)
Portón	4.392	3.1652	13.90	1.36	18.91

Para el calor irradiado por los 3 grupos electrógenos dentro de la sala, según la ecuación 2. El resultado fue de: 533.75 kW.

Para la temperatura promedio de la sala de generación

Punto	Temperatura (°C)
1	41.6
2	48.1
3	55.2
4	67.7
5	61.2
6	58.5
7	40.3
8	39.6
9	30.2
10	28.6
11	27.2
12	29.3
13	31.7
Promedio	43.0



Los resultados de la **tabla 2**, se calcularon tal y como se muestran a continuación. Para el calor total irradiado (H) por los grupos electrógenos es, el mismo valor calculado anteriormente, 533.75 kW.

Para el valor de la densidad y calor específico del aire se obtuvo de acuerdo con la tabla que se muestra a continuación:

TABLA A-9		
Propiedades del aire a 1 atm de presión		
Temp. $T, ^\circ\text{C}$	Densidad $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico c_p $\text{J/kg} \cdot \text{K}$
-150	2.866	983
-100	2.038	966
-50	1.582	999
-40	1.514	1002
-30	1.451	1004
-20	1.394	1005
-10	1.341	1006
0	1.292	1006
5	1.269	1006
10	1.246	1006
15	1.225	1007
20	1.204	1007
25	1.184	1007
30	1.164	1007
35	1.145	1007
40	1.127	1007
45	1.109	1007
50	1.092	1007
60	1.059	1007
70	1.028	1007

Para obtener los valores, referentes a la temperatura 35.5 °C, se procedió de realizar por medio del método de interpolación.

X1	35	Y1	1.145
X	35.5	Y	1.143
X2	40	Y2	1.127

Para el valor de calor específico solo se realizó la conversión de unidades.

$$1007 \text{ J/Kg. } ^\circ\text{C} = 0.017 \text{ kW.min/Kg.}^\circ\text{C}$$

Para el valor de aumento de temperatura de la sala de generación se consideró 10.5 °C, según criterio propio, tomando en cuenta lo recomendado por el fabricante Caterpillar.

El valor de flujo de aire para la combustión del motor se calculó con la suma de cada uno de los grupos, estos valores fueron tomados de las fichas técnicas de los equipos.

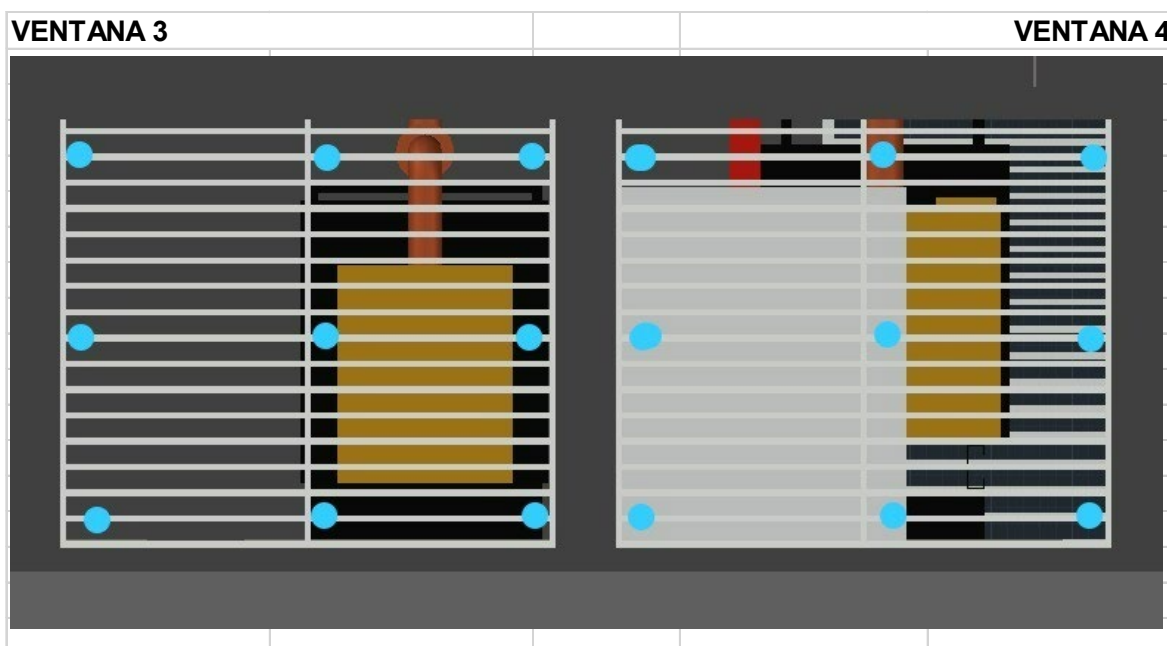
C18	102.4	m ³ /min
C27	127	m ³ /min
C32	192.9	m ³ /min
TOTAL	422.3	m ³ /min

Los resultados de la **tabla 3**, se calcularon tal y como se muestran a continuación. Los valores de caudal de ingreso de aire de la ventana 1 y 2 son los mismos que ya se han calculado anteriormente.

Para los valores de flujo de aire por las nuevas ventanas diseñadas 3 y 4

Punto	Velocidad de aire (m/s)
1	1.41
2	1.53
3	1.63
4	1.83
5	1.74
6	1.85
7	1.71
8	1.62
9	1.58
Promedio	1.66

Punto	Velocidad de aire (m/s)
1	1.66
2	1.71
3	1.84
4	2.05
5	1.96
6	2.01
7	1.93
8	1.87
9	1.72
Promedio	1.86



Los resultados de la **tabla 4**, características de los ventiladores seleccionados, se obtuvieron de las fichas técnicas de los mismo, estos documentos se adjuntan más adelante en anexos 3. Los cálculos para selección se presentan a continuación
Para el caudal necesario a suministrar con los ventiladores

	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad promedio del aire (m/s)	Caudal (m ³ /s)
Caudal total de aire requerido para la ventilación					51.20
Ventana 1	3.17	2.47	7.83	1.14	8.93
Ventana 2	3.17	2.47	7.83	1.29	10.10
Ventana 3	2.95	2.05	6.05	1.65	9.98
Ventana 4	2.95	2.05	6.05	1.86	11.25
Caudal total de aire de ingreso que se tiene por las ventanas					40.25
Caudal total de aire que se necesita suministrar por los ventiladores					10.94

Para la cantidad de ventiladores a instalar

Caudal requerido por ventiladores	10.94	m3/s
	39390.052	m3/h
Capacidad de ventilador seleccionado	19800	m3/h
Cantidad de ventiladores	2	Unidades

Caudal total que se suministrará con los ventiladores seleccionados	39600	m3/h
--	--------------	-------------

Los resultados de la **tabla 6**, características de los extractores seleccionados, se obtuvieron de las fichas técnicas de los mismo, estos documentos se adjuntan más adelante en anexos 3. Los cálculos para selección se presentan a continuación.

Para el caudal a evacuar con los extractores

	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m2)	Velocidad promedio del aire (m/s)	Caudal (m3/s)
Caudal total de aire a evacuar					51.76
Porton	4.39	3.17	13.90	1.36	18.91
Gases de escape					7.04
Caudal total que sale de la sala					25.94
Caudal total de aire a evacuar con extractores					25.82

Para la cantidad de extractores a instalar

Caudal requerido por ventiladores	25.82	m3/s
	92947.45	m3/h
Capacidad de extractor seleccionado	46850	m3/h
Cantidad de extractores	2	Unidades

Caudal total que se evacuará con los extractores seleccionados	93700	m3/h
---	--------------	-------------

Los resultados de la **tabla 7**, el valor de los costos de los equipos se tomó del catálogo de precios del proveedor, son valores aproximados de euros a dólares.

Ventiladores:



HC

Ventiladores helicoidales murales, con motor IP55

COD	MOD	PVP €
1017059	HC-25-2T/H	308,85
1017052	HC-25-2M/H	319,20
1017074	HC-25-4T/H	310,25
1017069	HC-25-4M/H	327,65
1017086	HC-31-2T/H	354,20
1017082	HC-31-2M/H	377,70
1017099	HC-31-4T/H	317,40
1017097	HC-31-4M/H	343,15
1017103	HC-35-2T/H	402,90
COD	MOD	PVP €
1017187	HC-90-4T/H IE3	1.896,80
1017189	HC-90-6T/H IE3	1.531,95
1017173	HC-100-4T/H IE3	2.132,25
1017176	HC-100-6T/H IE3	1.585,60

Extractores:

COD	MOD	PVP €
1140379	HTMH-125-8T/6-7.5	7.063,20
1140380	HTMH-125-8T/6-10	7.362,95
1140381	HTMH-125-8T/9-5.5	7.099,50
1140382	HTMH-125-8T/9-7.5	7.218,30
1140383	HTMH-125-8T/9-10	7.518,00
1140384	HTMH-125-8T/9-15	10.421,70



HTMV

Extractores helicoidales de cubierta con salida de aire vertical

COD	MOD	PVP €
1139819	HTMV-56-4T-1 IE3	2.136,75
1139820	HTMV-56-4T-1.5 IE3	2.250,55
1139821	HTMV-56-4T-2 IE3	2.320,75
1139822	HTMV-56-6T-0.75	2.135,90
1139823	HTMV-63-4T-1.5 IE3	2.366,60
1139824	HTMV-63-4T-2 IE3	2.438,00
1139825	HTMV-63-4T-3 IE3	2.594,80
1139826	HTMV-63-4T-4 IE3	2.619,70
1139827	HTMV-63-6T-0.75	2.296,55
1139828	HTMV-63-6T-1 IE3	2.406,40

COD	MOD	PVP €
1139843	HTMV-90-6T-2 IE3	3.354,65
1139844	HTMV-90-6T-3 IE3	3.574,00
1139845	HTMV-90-6T-4 IE3	4.078,80
1139846	HTMV-100-4T-7.5 IE3	4.163,60
1139847	HTMV-100-4T-10 IE3	4.271,65
1139848	HTMV-100-4T-15 IE3	5.213,60
1139849	HTMV-100-4T-20 IE3	5.521,45
1139850	HTMV-100-6T-3 IE3	4.064,30
1139851	HTMV-100-6T-4 IE3	4.584,70
1139852	HTMV-100-6T-5.5 IE3	4.502,45
1139856	HTMV-125-4T/6-25 IE3	7.560,70
1139857	HTMV-125-4T/6-30 IE3	7.645,45
1139858	HTMV-125-4T/6-40 IE3	7.728,35
1139859	HTMV-125-4T/6-50 IE3	8.114,85
1139860	HTMV-125-4T/9-25 IE3	7.787,50
1139861	HTMV-125-4T/9-30 IE3	7.874,80
1139862	HTMV-125-4T/9-40 IE3	7.960,30
1139863	HTMV-125-4T/9-50 IE3	8.358,30
1139870	HTMV-125-6T/6-5.5 IE3	6.725,30
1139871	HTMV-125-6T/6-7.5 IE3	7.088,40
1139872	HTMV-125-6T/6-10 IE3	7.678,95
1139873	HTMV-125-6T/6-15 IE3	8.957,00
1139874	HTMV-125-6T/6-20 IE3	10.675,15
1139876	HTMV-125-6T/9-10 IE3	7.821,95
1139876	HTMV-125-6T/9-15 IE3	9.117,15
1139877	HTMV-125-6T/9-20 IE3	10.835,30

COD	MOD	PVP €
1006538	HTTI-80-4T IE3	3.060,45
1006539	HTTI-80-6T IE3	3.013,90
1006540	HTTI-90-4T IE3	3.602,30
1006541	HTTI-90-6T IE3	3.513,20
1063132	HTTI-100-4T IE3	4.873,80
1006543	HTTI-100-6T IE3	4.469,60

Anexo 3: Características técnicas de los ventiladores seleccionados.

Características técnicas

Modelo	Velocidad	Intensidad máxima admisible (A)		Potencia instalada	Caudal máximo	Nivel presión sonora	Peso aprox.
	(r/min)	220-277V	380-480V	(kW)	(m³/h)	dB(A)	(Kg)
HC-35-4T/H	1320	0,96	0,56	0,10	3550	58	7
HC-35-4M/H	1380	1,03		0,10	3550	58	7
HC-40-4T/H	1350	1,66	0,96	0,25	5200	63	10
HC-40-4M/H	1370	2,00		0,25	5200	63	10
HC-40-6T/H	900	1,51	0,87	0,25	3700	55	10
HC-40-6M/H	970	1,30		0,25	3700	55	10
HC-45-4T/H	1370	2,02	1,17	0,37	7300	66	14
HC-45-4M/H	1400	2,76		0,37	7300	66	14
HC-45-6T/H	900	1,51	0,87	0,25	5150	57	14
HC-45-6M/H	950	1,50		0,25	5150	57	14
HC-50-4T/H	1380	2,92	1,69	0,55	10200	69	18
HC-50-4M/H	1350	5,02		0,55	10200	69	18
HC-50-6T/H	900	2,24	1,30	0,37	6300	59	18
HC-50-6M/H	900	2,69		0,37	6300	59	18
HC-56-4T/H IE3	1400	4,03	2,32	1,10	13000	72	24
HC-56-4/8T/H	1440 / 710		2,9 / 1,3	1,10/0,25	13000/6500	72/57	24
HC-56-6T/H	900	2,24	1,30	0,37	8300	61	19
HC-56-6M/H	900	2,69		0,37	8300	61	19
HC-63-4T/H IE3	1400	4,03	2,32	1,10	16450	74	26
HC-63-4/8T/H	1440 / 710		2,9 / 1,3	1,10/0,25	16450/8225	74/59	26
HC-63-6T/H	900	2,24	1,30	0,37	12350	64	21
HC-63-6M/H	890	3,00		0,37	12350	64	21
HC-71-4T/H IE3	1430	5,96	3,44	1,50	22150	78	35
HC-71-4/8T/H	1420 / 700		3,5 / 1,5	1,50/0,37	22200/11100	78/63	35
HC-71-6T/H IE3	945	3,90	2,20	0,75	17300	66	36
HC-71-6M/H IE3	900	4,97		0,75	16600	65	36
HC-80-4T/H IE3	1445	10,96	6,33	3,00	33000	82	55
HC-80-4/8T/H	1430 / 710		6,5 / 2,3	3,0/0,80	33000/16500	82/67	53
HC-80-6T/H IE3	945	3,90	2,20	0,75	22000	71	45
HC-90-4T/H IE3	1440	14,10	8,12	4,00	43700	86	68
HC-90-4/8T/H	1430 / 710		8,2 / 2,9	4,00/0,80	43700/21850	86/69	74
HC-90-6T/H IE3	955	6,42	3,71	1,50	33300	76	60
HC-90-8T/H	695	3,53	2,04	0,55	19800	69	54
HC-100-4T/H IE3	1440		11,60	5,50	54000	88	85
HC-100-4/8T/H	1450 / 720		11,8 / 3,8	5,50/1,10	54000/27000	88/73	95
HC-100-6T/H IE3	955	6,42	3,71	1,50	37000	78	63
HC-100-8T/H	705	4,68	2,70	0,75	26950	72	61

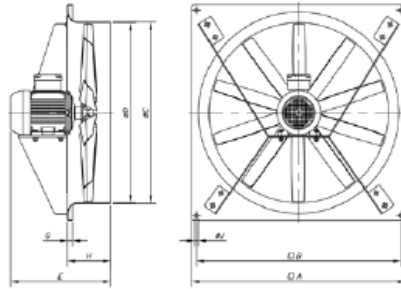


HC



HC
71, 80,
90,100

HC 71...100



Modelo	A	B	ØC	ØD	E	G	H	ØJ
HC-71-4T/H	850	810	715	711	395	20	170	14,5
HC-71-6T/H	850	810	715	711	395	20	170	14,5
HC-80-4T/H	970	910	801	797	500	20	210	14,5
HC-80-6T/H	970	910	801	797	458	20	210	14,5
HC-90-4T/H	1170	1110	918	914	511	20	210	14,5
HC-90-6T/H	1170	1110	918	914	500	20	210	14,5
HC-90-8T/H	1170	1110	918	914	455	20	210	14,5
HC-100-4T/H	1170	1110	1003	999	548	20	220	14,5
HC-100-6T/H	1170	1110	1003	999	498	20	220	14,5
HC-100-8T/H	1170	1110	1003	999	498	20	220	14,5

Anexo 4: Características técnicas de los extractores seleccionados.

Características técnicas

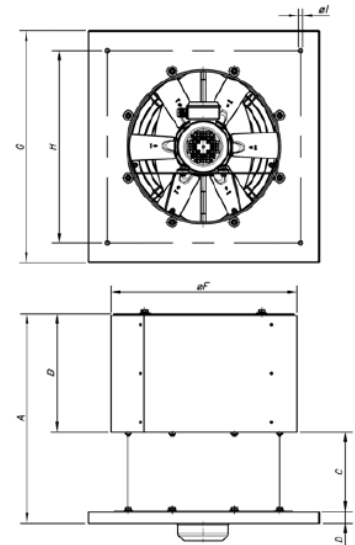
Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)		Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión (1) sonora dB(A)		Peso aprox. (Kg)
		220-277V	380-480V			Aspiración	Descarga	
HTMV-63-6T-1 IE3	1128	3,36	1,93	0,75	15900	59,85	55,85	72
HTMV-71-4T-2 IE3	1728	5,41	3,11	1,5	20900	71,40	67,20	88
HTMV-71-4T-3 IE3	1722	7,93	4,56	2,2	25100	70,35	66,15	90
HTMV-71-4T-4 IE3	1728	10,7	6,15	3	27500	71,40	67,20	100
HTMV-71-6T-0.75	1080	2,99	1,73	0,55	16100	58,80	55,85	77
HTMV-71-6T-1 IE3	1128	3,36	1,93	0,75	17300	59,85	55,85	79
HTMV-71-6T-1.5 IE3	1134	4,68	2,69	1,1	19950	60,90	56,70	90
HTMV-80-4T-4 IE3	1728	10,7	6,15	3	30250	74,55	70,35	122
HTMV-80-4T-5.5 IE3	1740	13,9	8	4	32750	74,55	70,35	125
HTMV-80-6T-1.5 IE3	1134	4,68	2,69	1,1	21450	64,05	59,85	112
HTMV-80-6T-2 IE3	1140	6,43	3,7	1,5	25950	65,10	60,90	120
HTMV-80-6T-3 IE3	1140	9,08	5,22	2,2	29950	66,15	61,95	122
HTMV-90-4T-5.5 IE3	1740	13,9	8	4	38900	78,75	74,55	138
HTMV-90-4T-7.5 IE3	1758		10,3	5,5	46150	77,70	73,50	185
HTMV-90-4T-10 IE3	1758		13,9	7,5	50150	76,65	72,45	141
HTMV-90-6T-2 IE3	1140	6,43	3,7	1,5	28800	67,20	63,00	133
HTMV-90-6T-3 IE3	1140	9,08	5,22	2,2	34000	68,25	63,00	136
HTMV-90-6T-4 IE3	1164	12	6,91	3	38900	69,30	65,10	172
HTMV-100-4T-7.5 IE3	1758		10,3	5,5	46850	82,95	78,75	196
HTMV-100-4T-10 IE3	1758		13,9	7,5	57400	80,85	76,65	152
HTMV-100-4T-15 IE3	1764		21,4	11	66300	79,80	75,60	231
HTMV-100-4T-20 IE3	1758		28,7	15	76150	81,90	77,70	222
HTMV-100-6T-3 IE3	1140	9,08	5,22	2,2	37600	70,35	67,20	148
HTMV-100-6T-4 IE3	1164	12	6,91	3	41150	70,35	65,10	184
HTMV-100-6T-5.5 IE3	1152	15,6	8,99	4	47800	71,40	67,20	177
HTMV-125-4T/3-25 IE3	1764		33,6	18,5	98350	85,05	79,80	428
HTMV-125-4T/3-30 IE3	1770		40,6	22	110350	86,10	80,85	443
HTMV-125-4T/3-40 IE3	1776		55,9	30	125000	87,15	81,90	489
HTMV-125-4T/6-25 IE3	1764		33,6	18,5	92550	84,00	78,75	437
HTMV-125-4T/6-30 IE3	1770		40,6	22	98850	84,00	78,75	452
HTMV-125-4T/6-40 IE3	1776		55,9	30	117450	86,10	80,85	497
HTMV-125-4T/6-50 IE3	1776		69,2	37	131050	87,15	81,90	537
HTMV-125-4T/9-25 IE3	1764		33,6	18,5	79650	81,90	76,65	446
HTMV-125-4T/9-30 IE3	1770		40,6	22	88300	82,95	77,70	461
HTMV-125-4T/9-40 IE3	1776		55,9	30	104050	85,05	79,80	506

HTMV



Dimensiones mm

Modelo	A	B	C	D	ØF	G	H	ØI
HTMV-40	628	349	244	35	519	630	530	12
HTMV-45	642	363	244	35	569	710	590	12
HTMV-50	679	400	244	35	626	900	750	12
HTMV-56	710	426	244	40	686	900	750	14
HTMV-63	747	463	244	40	753	1000	850	14
HTMV-71	830	498	292	40	833	1000	850	14
HTMV-80	887	545	292	50	923	1150	1000	14
HTMV-90	989	601	338	50	1031	1150	1000	14
HTMV-100	1136	648	438	50	1128	1250	1100	14
HTMV-125	1313	775	488	50	1376	1425	1275	17



Anexo 5: Fotos de la sala de generación en la planta industrial



Figura 3: Vista exterior de la sala de grupos electrógenos.



Figura 4: Vista interior de la sala de grupos electrógenos C32, C27 y C18.

Anexo 6: Dibujos 3D de sala de generación y su sistema de ventilación diseñado.

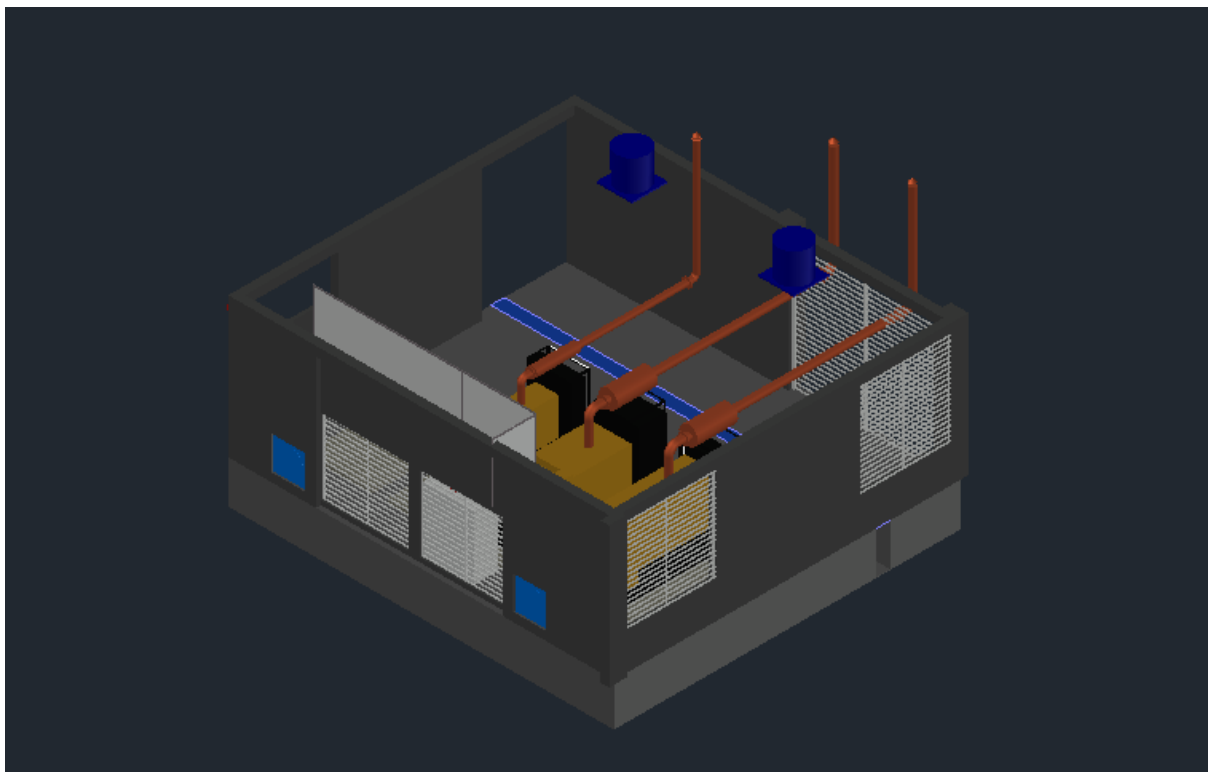


Figura 5: Vista panorámica en AutoCAD 3D de la sala de grupos electrógenos y su sistema de ventilación.

Anexo 7: Distribución de aire de ventilación recomendado para grupos electrógenos

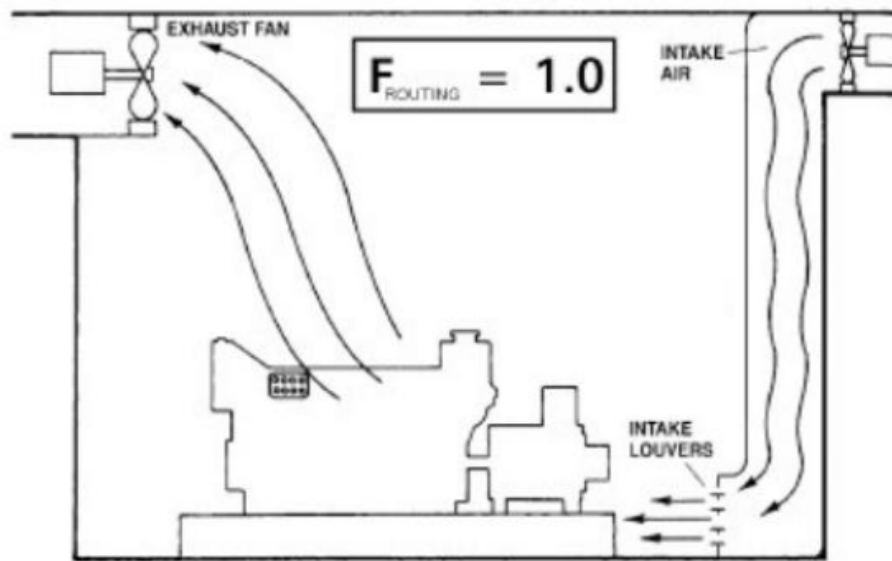


Figura 6: Tipos de ventilación correcta para un grupo electrógeno dentro de una sala.

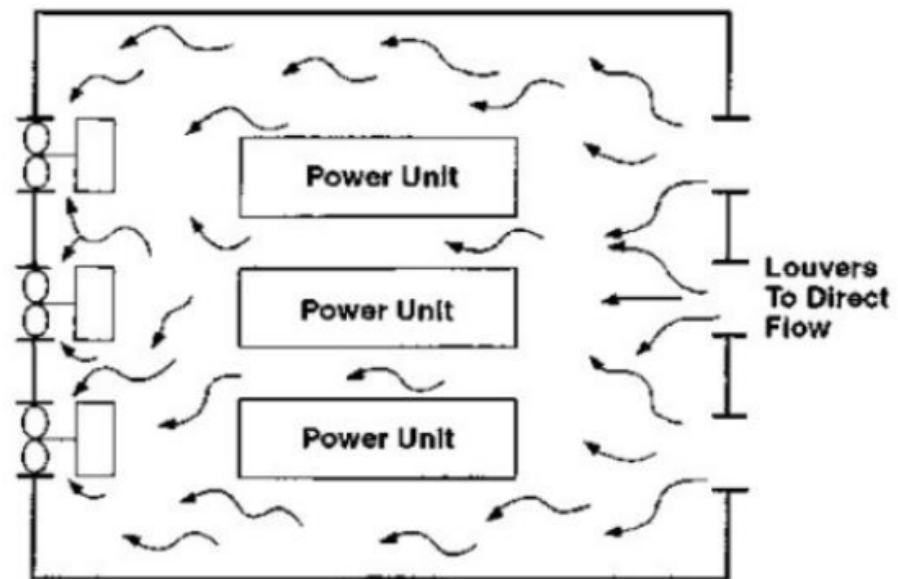


Figura 7: Tipos de ventilación correcta para varios grupos electrógenos dentro de una sala.