

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



“INSTALACIÓN DE GRUPO ELECTRÓGENO C2000 N6 CON RADIADOR REMOTO MARCA CUMMINS A GAS NATURAL PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA DE LA TERCERA PARTE DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE KIMBERLY CLARK - SANTA CLARA.”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

LEON FLORES, PAUL ANDRES

ASESOR

FELIPE CUBILLAS, HECTOR

Villa El Salvador
2016

*A mi Padre Luis Armando Leon y a mi Madre Mercedes Flores,
A mí Esposa Lhyeel Zevallos E hijos Amaia Leon, Leandro Leon y toda mi
Familia.*

AGRADECIMIENTOS

Principalmente, un especial agradecimiento a DIOS por permitirme culminar mi etapa profesional, cuidando a mi familia y de todos los que me rodean. Gracias por marcar mi camino día a día y cumplir nuestro objetivo en la vida.

A mi Padre y Madre que fueron esencial en mi camino profesional, porque son y serán un ejemplo a seguir para mis hermanos y para mí, por privarse de algunas cosas para darnos lo mejor, por pensar en nosotros como prioridad ante todo y por enseñarnos a ser personas de bien, demostrándonos que con mucho esfuerzo, dedicación y perseverancia todo se puede lograr en la vida. Esta Tesis es un regalo para ustedes, en modo de agradeciendo por todo lo que han hecho por mí.

A mis hermanos, hermanas, cuñado y toda mi familia en general por todo el apoyo directo e indirecto que me dieron en estos 5 años de mi carrera profesional.

A la familia de mi esposa y en especial a ella, por estar conmigo apoyándome en las largas amanecidas que me toco en mi camino profesional. Por estar siempre a mi lado compartiendo y trazándonos nuevas metas.

A la UNTELS, porque fui unos de los pocos que tuvieron el privilegio de estar presente en los inicios de nuestra Alma Mater, porque apostamos por ti desde un inicio y tú nos respondiste con calidad de estudio, infraestructura moderna, lo último en tecnología, profesores de alta capacidad entrenados para cumplir una perfecta labor, la que es capacitarnos para la vida profesional.

ÍNDICE GENERAL	
RESUMEN	x
INTRODUCCION	xi
CAPITULO I: PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	1
1.2 Justificación del Problema	1
1.3 Delimitación del Proyecto	2
1.3.1 Espacial - ubicación	2
1.3.2 Temporal	2
1.4 Formulación del Problema	2
1.4.1 Problema General	2
1.4.2 Problemas Específicos	2
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo General	3
1.5.2 Objetivo Específicos	3
CAPITULO II: MARCO TEORICO Y MARCO CONCEPTUAL	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.2 Bases teóricas	6
2.2.1 Combustión interna - motores	6
2.2.1.1 Principio de funcionamiento de los motores	6
2.2.1.2 Ciclo de funcionamiento teórico de cuatro tiempos	8
2.2.2 Generador eléctrico	9
2.2.2.1 El principio del dinamo	10
2.2.2.2 Generador de corriente alterna: alternador	11
2.2.3 Grupo generador	11
2.2.3.1 Motor	11
2.2.3.2 Regulador del motor	11
2.2.3.3 Sistema eléctrico del motor	12
2.2.3.4 Mono contacto de presión de aceite	12
2.2.3.5 Sistema de refrigeración	13
2.2.3.6 Alternador	13
2.2.3.7 Depósito de combustible y bancada	14
2.2.3.8 Aislamiento de la vibración	14

2.2.3.9 Silenciador y sistema de escape	15
2.2.3.10 Interruptor automático de salida	15
2.2.4 Criterios para la selección y dimensionamiento de un grupo electrógeno	15
CAPITULO III: INSTALACION ELECTROMECHANICA DEL GENERADOR DE 2000 KW PARA SER USADO EN STAND BY DE LA TERCERA PARTE DE LA PLANTA DE KIMBERLY CLARK.	18
3.1 Planeamiento del proyecto	18
3.2 Datos técnicos del grupo electrógeno	19
3.2.1 Grupo electrógeno C2000 N6 QSV91G	19
3.2.2 Radiador remoto	21
3.2.3 Sistema de escape	22
3.2.3.1 Contrapresión en el conducto de Escape	22
3.2.3.2 Silenciador	25
a) Silenciadores absorbentes	25
b) Silenciadores de expansión - reactivo	25
3.2.4 Sistema de refrigeración	28
3.2.4.1 Tanque de expansión	28
3.2.5 Estructura metálica	29
3.2.5.1 Diseño y fabricación de contenedor 40" HC	29
3.2.6 Sistema de ventilación	33
3.2.6.1 Calculo de ventilación	33
3.2.6.2 Implementación de ventilación forzada	36
3.2.7 Sistema eléctrico	40
3.2.8 Sistema de alimentación a gas	46
3.2.8.1 Electroválvula de doble solenoide	47
3.2.8.2 Tubería flexible	48
3.2.8.3 Tren de gas	48
3.2.8.3.1 Sistema de chequeo de válvula	48
3.2.8.3.2 Regulador de presión	48
3.2.8.3.3 Presostato de seguridad por baja presión	48
3.2.9 Construcción de losa de concreto	49
3.2.9.1 Calculo de la altura de losa	49
3.2.10 Traslado, izaje y fijación	52

3.3 Conexión y puesta en marcha	58
3.3.1 Datos de la puesta en marcha	61
3.3.2 Datos de la Prueba de flujo	62
CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFIA	64
ANEXOS	65
Planos de Generador C2000 N6	66
Planos de los accesorios del generador.	67
Plano de detalle de fijación	68

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01 - Conjunto móvil	7
Figura N° 02 - Sistema de Válvulas	8
Figura N° 03 - Fases de Funcionamiento del Motor	9
Figura N° 04 - Principio del Dinamo	10
Figura N° 05 - Ubicación del mono contacto de presión de aceite	13
Figura N° 06 - Anti vibratorio tipo plato	14
Figura N° 07 - Anti vibratorio tipo Resorte	15
Figura N° 08 - Motor y Alternador C2000 N6	20
Figura N° 09 - Alternador, vista frontal	20
Figura N° 10 – Radiador Remoto	22
Figura N° 11 – Medición de Contrapresión en tubería de escape	23
Figura N° 12 – Silenciador Industrial	26
Figura N° 13 – Montaje de tuberías de enfriamiento	29
Figura N° 14 – Tanque de Expansión	29
Figura N° 15 – Forrado acústico	30
Figura N° 16 – Plano de ubicación de vigas	31
Figura N° 17 – Plano de Paneles Atenuadores	31
Figura N° 18 – Vigas de refuerzo para Radiador	32
Figura N° 19 – Ubicación de ventiladores	37
Figura N° 20 – Ventilador axial aerodinámico	39
Figura N° 21 – Montaje de ventiladores axiales	40
Figura N° 22 – Sala eléctrica del contenedor	41

Figura N° 23 – Sistema contra incendio del generador	42
Figura N° 24 – Diagrama Unifilar del área de producción	42
Figura N° 25 – Ubicación de ITM General	43
Figura N° 26 – Montaje de la bandeja eléctrica del alternador al ITM general	46
Figura N° 27 – Ubicación del Sistema de Gas	47
Figura N° 28 – Doble válvula de gas.	47
Figura N° 29 – Tren de gas	48
Figura N° 30 – Cálculo de altura de Losa de concreto	50
Figura N° 31 – Losa de concreto	51
Figura N° 32 – Detalle de losa de concreto	51
Figura N° 33 – Detalle de barras corrugadas forma de malla de 5/8”	52
Figura N° 34 – Detalle de barras corrugadas forma de malla de 1/2”	52
Figura N° 35 – Croquis de ruta	53
Figura N° 36 - Traslado de generador	54
Figura N° 37 – Izaje de contenedor	55
Figura N° 38 – descarga de contenedor	55
Figura N° 39 – Ubicación de contenedor en su punto final	56
Figura N° 40 – instalación de neoprene	57
Figura N° 41 – Izaje de radiador remoto	57
Figura N° 42 – Contenedor en ubicación final	58
Figura N° 43 – GIB del grupo electrógeno	59
Figura N° 44 – Conexionado en GIB	60

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01 – Cuadro de Demanda Máxima	5
Tabla N° 02 – Datos técnicos de C2000 N6	19
Tabla N° 03 – Ficha técnica de C2000 N6	25
Tabla N° 04 – Curva de velocidad vs resistencia a 400 °C	28
Tabla N° 05 – Densidad de aire vs Temperatura en °C	34
Tabla N° 06 – Calibre de cables de fuerza	45

RESUMEN

En los últimos Años, la Instalación de Grupos Electrógenos se ha vuelto un tema de mucha importancia en nuestro país. Considerando los últimos criterios de factibilidad, rentabilidad y pérdidas en nuestra industria, nuestra inversión se puede recuperar entre 3 a 5 años. Para Nuestro proyecto, se estimó un tiempo de 4 años el retorno de inversión debido a las pérdidas que se tenían por la inoperatividad del área de producción de la Planta Kimberly Clark.

La solución que se presentó, fue la Instalación de un Grupo Generador de 2000 kW a Gas Natural, cabe recalcar que este Generador solo existen 3 en Perú, los otros dos están en la Minera Volcan.

Se diseñó de acuerdo a las necesidades de operación, terreno y ambiente del área de trabajo, diseñado para una generación de 2108 kW o 2826 HP 380 v AC FP 0.8, las peculiaridades de nuestro grupo electrógeno son: el radiador remoto, la fabricación de un contenedor de 40" High Cube insonorizado, automatización en el sistema de red eléctrica, inyección a GAS NATURAL y automonitoreo externa.

INTRODUCCION

Para el presente Proyecto de Instalación de un Grupo Electrónico de 2000 KW en la Planta de Kimberly Clark ubicado en Santa Clara, comenzaremos indicando la problemática del proyecto, asimismo detallaremos estructuralmente de la siguiente manera; en el Capítulo I: Planeamiento del problema, es donde se indica la Realidad Problemática, Justificación del Problema, Delimitación del Proyecto, Formulación del Proyecto y Objetivos. En el Capítulo II: Marco Teórico, aquí es donde se describen los antecedentes de la Investigación, bases teóricas, tablas y gráficos de selección. En el Capítulo III: se describe desde el cálculo de dimensiones para el diseño de accesorios, fabricación de complementos, cálculos de funcionamiento, montaje e implementación de sistemas y puesta en Marcha. Finalmente se llegará a las conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos.

CAPITULO I: PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Al rededor del Año 2013 y 2014 en la zona de Santa Clara, hubo varios problemas con el suministro eléctrico, ya sea por problemas de mantenimiento o por terceros. La planta Kimberly Clark tiene un área especializada en Energía de Respaldo conformado por 3 Grupos Electrógénos (2) Caterpillar y (1) Cummins, los cuales trabajan en serie para abastecer al área de producción, cuando hace falta la energía pública. El problema nace cuando el área de producción cambia las plataformas y fajas de producción por otras más modernas y automáticas, demandando más consumo de energía y con un horario de trabajo de 24x1. Teniendo la expectativa de producción y evaluando el proyecto con los criterios de costo beneficio, se aprueba la propuesta del suministro de un Grupo Electrógeno de marca Cummins de 2000 KW.

1.2 Justificación del Problema

Por estudio de ingeniería, cálculos de Costo – Beneficio y antecedentes de experiencia de la Planta Kimberly Clark Santa Clara, queda claro que la Implementación de un Grupo Electrógeno de la capacidad del C2000 N6 QSV91G trabajando en Stand By (respaldo) fue muy confiable el suministro.

1.3 Delimitación del Proyecto

1.3.1 Espacial - ubicación

El proyecto se desarrolló en Santa Clara, Avenida Nicolás Ayllon N° 8400 Distrito de Lima Perú, en tiempo de verano 29 °C

1.3.2 Temporal

Se realizó en dos etapas, fabricación en planta (San Juan de Miraflores, Lima – Perú) durando 6 meses, Enero del 2014 y la Instalación (Santa Clara, Lima - Perú) durando 3 meses, Julio del 2014.

Se estimó que el tiempo de duración iba a ser por 30 años realizando un adecuado mantenimiento y renovación de accesorios principales.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

- ¿El Grupo Electrónico C2000 N6 cumplirá la demanda eléctrica del Área de producción de la Planta Kimberly Clark de Santa Clara?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Bajo qué lineamiento, normas nacionales y normas internacionales se instalaran el Grupo Electrónico C2000 N6?
- ¿Se cumplirá y se acatará los estatutos de la corporación Kimberly Clark, en eficiencia, calidad y protección de la vida humana (objetivo cero accidentes)?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Solucionar el problema de producción en siniestros fortuitos para la máxima demanda del área de producción de la planta Kimberly Clark Santa Clara.

Antecedentes de la investigación:

Para Octubre del 2013 se realiza una visita a la Empresa Minera Volcan ubicada en el cuzco, el objetivo principal fue recolectar información sobre las partes y sistemas principales de los generadores ya trabajando desde antes del 2003. Se pudo recolectar información del área operativa y de mantenimiento para cual fue muy provechoso porque en el transcurso de tiempo se vio implementaciones para facilitar la manipulación de partes del equipo y mejoras en el funcionamiento.

Se tomo de referencia el informe *CONTEINER GE QSV-91* del Lote X debido a que ese equipo llego del extranjero con todo el sistema instalado.

1.5.2 Objetivo Específicos

Correcta Implementación de la Energía de Respaldo en el área de producción para sus instalaciones mecánicas y eléctricas.

Antecedentes de la Investigación:

En la universidad Técnica de Cotopaxi por el año Nov-2014, se presentó el proyecto *“Análisis Económico, Técnico y Ambiental de la implementación de un generador eléctrico de la universidad técnica de COTOPAXI extensión la mana”* presentada por el Sr. Paredes Lidioma Luis Anibal y dirigida por el Ing. Jacome Alarcón Luis Fernando. En la cual nos hace mención de lo provechoso que puede resultar la implementación de un generador para equipos de su facultad y lo tan rentable que viene a ser en el tiempo.

En la universidad de la UNA, Universidad Nacional del Altiplano, en el año del 2014 se presentó el Informe de *“Diseño, construcción, Instalación y Puesta en Marcha de un Sistema de Control Automatizado para un Grupo Electrónico de 6.5 KVA de MOBISHI GRIFOS”* presentado por los Bachilleres Marco Antonio Ponce Sandoval y Juan Adriano Montufar Chata. El informe nos hace mención que a través del uso de los generadores por combustión y tableros de transferencia automática realizan la continua operación de los equipos de abastecimiento de los Grifos en Puno, conllevando a la efectividad y garantía en servicio a sus clientes.

Demostrar la eficacia de lo cuan provechoso puede ser el uso de maquinarias de combustión automatizadas en plantas de producción.

Implementar la utilización de controles automatizados salvaguardando la vida humana.

CAPITULO II: MARCO TEORICO Y MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes de la investigación

En la planta Kimberly Clark de Santa Clara, tiene áreas diseñadas según la elaboración de sus productos, como pañales, papel higiénico, etc. En la cual, el área de producción está en la mitad del proceso.

Teniendo maquinarias como roladoras, fajas transportadoras, prensadoras, evaporadores, cortadoras y los elementos básicos de una industria (electrobombas, iluminación, aire acondicionado, etc.). Haciendo una estimación del consumo eléctrico en kW de la planta, tenemos la siguiente tabla N°01.

DESCRIPCION	CANTIDAD	MAXIMA DEMANDA	F. SIMULATANIEDAD	POTENCIA (kW)
ROLADORAS	10	45	1	450
FAJAS TRANSPORTADORAS	13	38	1	494
CORTADORAS	5	65	1	325
PRENSADORAS	6	56	0.9	302.4
ELEMENTOS BASICOS	GBL	40	1	40
RESERVA	1	25	1	25
			SUB TOTAL (Kw)	1636.4
PERDIDA POR DISTRIBUCION				5
				1641.4
DISEÑO DE PROTECCION 25%			TOTAL (Kw)	2051.75

Tabla N° 01 – Cuadro de Demanda Máxima

Elaboración Propia - Datos aproximados.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Combustión interna - motores

Considerados como máquinas completas, funcionales y productoras de energía mecánica, hay algunos ejemplos de motores antes del siglo XIX. A partir de la producción comercial de petróleo a mediados del siglo XIX (1850) las mejoras e innovaciones fueron muy importantes. A finales de ese siglo había una multitud de variedades de motores usados en todo tipo de aplicaciones.

Takashi Suzuki, Ph.D.: "The Romance of Engines", S.A.E. 1997.

En la actualidad los motores de combustión interna, a pesar de los problemas asociados (crisis energéticas, dependencia del petróleo, contaminación del aire, aumento de los niveles de CO₂) son todavía imprescindibles y se fabrican según diseños muy diferentes y una gama muy amplia de potencias que va desde pocos vatios hasta miles de kW.

2.2.1.1 Principio de funcionamiento de los motores

En un motor, el pistón se encuentra ubicado dentro del cilindro, cuyas paredes le restringen el movimiento lateral, permitiendo solamente un desplazamiento lineal alternativo entre el punto muerto superior (PMS) y el punto muerto inferior (PMI); a dicho desplazamiento se le denomina carrera.

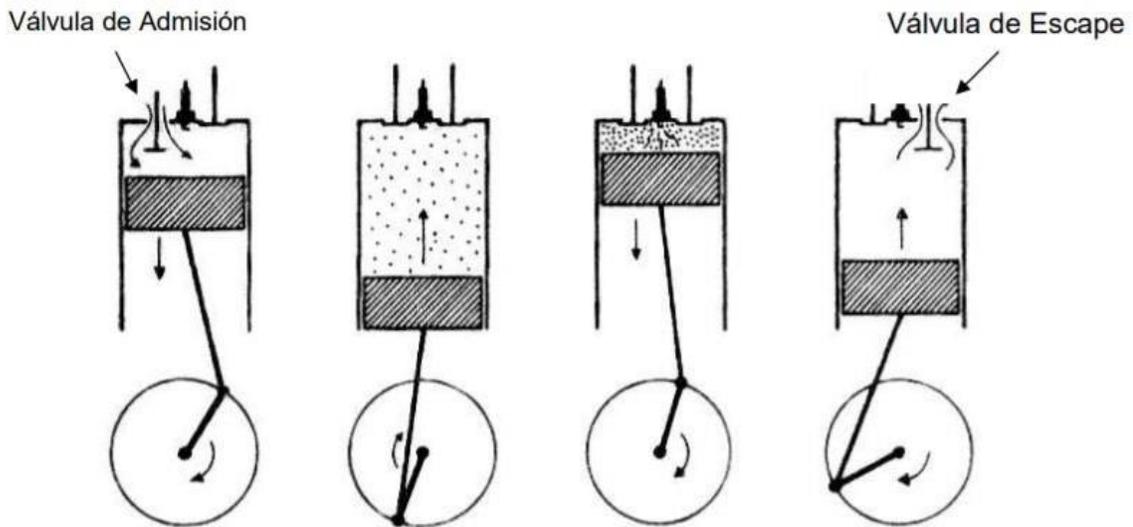


Figura N° 01 Conjunto móvil

Hernández A., Rafael L (2014) "Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible" – Instituto Mexicano del Transporte, pag 7.

Tanto el movimiento del pistón como la presión ejercida por la energía liberada en el proceso de combustión son transmitidos por la biela al cigüeñal (ver figura N° 01). Este último es un eje asegurado por los apoyos de bancada al bloque del motor, y con unos descentramientos en cuales se apoyan las bielas, que son los que permiten que el movimiento lineal del pistón transmitido por la biela se transforme en un movimiento circular del cigüeñal.

Este movimiento circular debe estar sincronizado principalmente con el sistema de encendido y con el sistema valvular, compuesto principalmente por el conjunto de válvulas de admisión y de escape, cuya función es de servir de compuerta para permitir la entrada de mezcla y la salida de gases de escape (ver figura N°02).

Normalmente las válvulas de escape son aleadas con cromo con pequeñas adiciones de níquel, manganeso y nitrógeno, para incrementar la resistencia a la oxidación debido a las altas temperaturas a las que trabajan y al contacto corrosivo de los gases de escape.

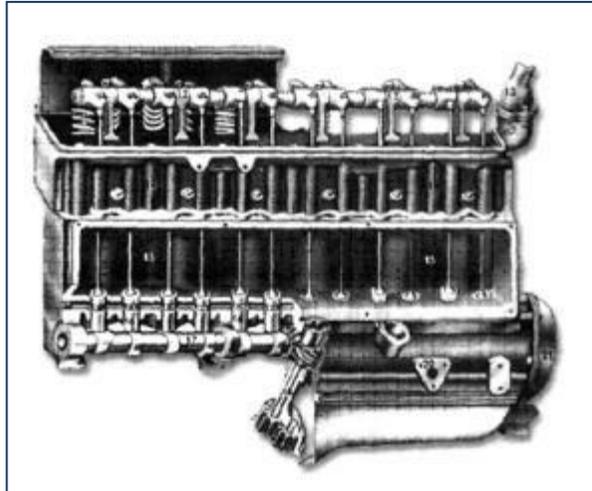


Figura N° 02 - Sistema de Válvulas

Hernández A., Rafael L (2014) "Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible" – Instituto Mexicano del Transporte, pag 23.

2.2.1.2 Ciclo de funcionamiento teórico de cuatro tiempos

La mayoría de los motores de combustión interna trabajan con base en un ciclo de cuatro tiempos, cuyo principio es el ciclo termodinámico de Otto (con combustible gasolina o gas) y el ciclo termodinámico de Diésel (con combustible A.C.P.M.). Por lo tanto, su eficiencia está basada en la variación de la temperatura tanto en el proceso de compresión isentrópico¹, como en el calentamiento a volumen (Otto) o presión constante (Diésel).

El ciclo consiste en dos carreras ascendentes y dos carreras descendentes del pistón. Cada carrera coincide con una fase del ciclo de trabajo (ver figura N° 03), y recibe el nombre de la acción que se realiza en el momento, así:

Admisión Compresión, Combustión – Expansión y Escape.

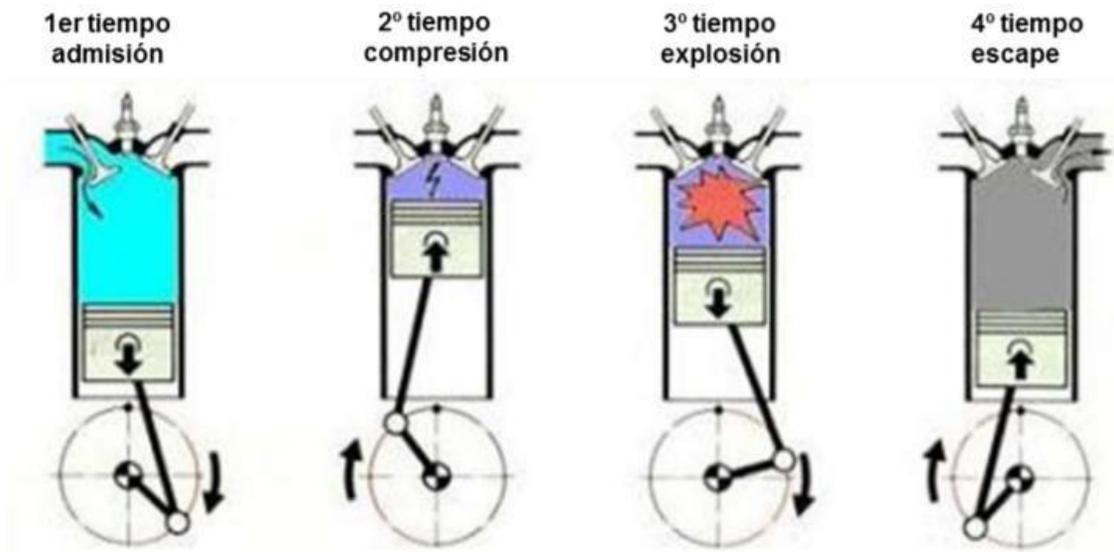


Figura N° 03 - Fases de Funcionamiento del Motor

Hernández A., Rafael L (2014) "Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible" – Instituto Mexicano del Transporte, pag 12.

2.2.2 Generador eléctrico

Los primeros generadores se conocen como de carga electrostática, estos generaban grandes cargas en electricidad estática a voltajes muy elevados y corrientes bajas. Los primeros generadores de este tipo tienen sus orígenes a finales del siglo XVII, sin embargo, no existieron máquinas que emplearan esta energía sino hasta mediados del siglo XVIII.

Los generadores eléctricos son dispositivos los cuales son capaces de transformar diferentes tipos de energía en energía eléctrica. Existen diferentes tipos de generadores dependiendo de sus características, una de las más importantes es el tipo de energía con el que se suministran, por ejemplo, existen generadores eléctricos que convierten energía mecánica en energía eléctrica: molinos eléctricos o las turbinas hidráulicas; existen otros que convierten energía térmica en energía eléctrica: los generadores de combustión o las plantas geotérmicas.

Graf, Rudolf F. (1984). Diccionario de Electrónica. Ediciones Pirámide S.A (Madrid).

2.2.2.1 El principio del dinamo

El dínamo es un dispositivo que emplea imanes permanentes junto con electroimanes para generar un campo magnético y provocar así la rotación. La parte central del dispositivo, el eje, es llamado rotor (Ver Figura N° 04).

El posterior desarrollo de las dinamos traería consigo el descubrimiento del principio de autoexcitación, que posteriormente traería grandes avances en el desarrollo de motores eléctricos más eficientes.

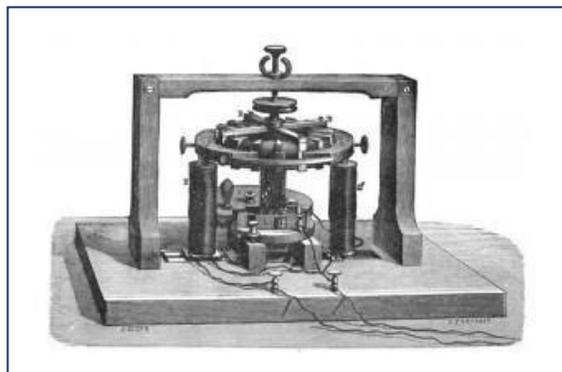


Figura N° 04 Principio del Dinamo

F.Graf, Rudolf F. (1984). Diccionario de Electrónica, Ediciones Pirámide S.A (Madrid)- pag. 2.

2.2.2.2 Generador de corriente alterna: alternador

Son máquinas que transforman la energía mecánica que reciben del rotor en energía eléctrica, en forma de corriente alterna. La mayoría de alternadores son máquinas de corriente alterna síncrona.

2.2.3 Grupo generador

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna.

Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico. El grupo electrógeno consta de varias partes, en el presente documento indicaremos las principales:

2.2.3.1 Motor

Es la fuente que produce la energía mecánica, para que el alternador gire y genere la electricidad. En la actualidad existen tres tipos de motores, gasolina, diésel y gas. Para nuestro proyecto utilizaremos el motor de Gas Natural debido a las características del cuidado del medio ambiente y lo económico que puede generar a largo plazo.

2.2.3.2 Regulador del motor

Según la formula líneas abajo, la velocidad está directamente relacionada con la frecuencia. Para nuestro caso, el regulador del motor está diseñado para una

generación de velocidad constante para que así, cualquier variación de velocidad, no dañe la frecuencia de la potencia de salida.

Ortega, Manuel R. (1989-2006). Lecciones de Física (4 volúmenes).

$$F = \frac{P \cdot V_g}{120} \quad (01)$$

Donde:

F: Frecuencia (en Hz).

P: número de polos (siempre deben ser pares).

V_g: velocidad de giro (en rpm).

2.2.3.3 Sistema eléctrico del motor

El sistema eléctrico del motor es de 12 V o 24 V, para nuestro caso es de 24 V DC y el negativo a masa. En el sistema incluye un motor de arranque eléctrico, unas baterías, los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente los motores vienen con los dispositivos:

2.2.3.4 Mono contacto de presión de aceite

Este dispositivo se encuentra al costado derecho del motor, cerca del tapón de llenado de aceite y su principal función es cuando la presión de aceite cae debajo del nivel que está regulada en el sistema, manda una señal al tablero de mando y se enciende la alarma.

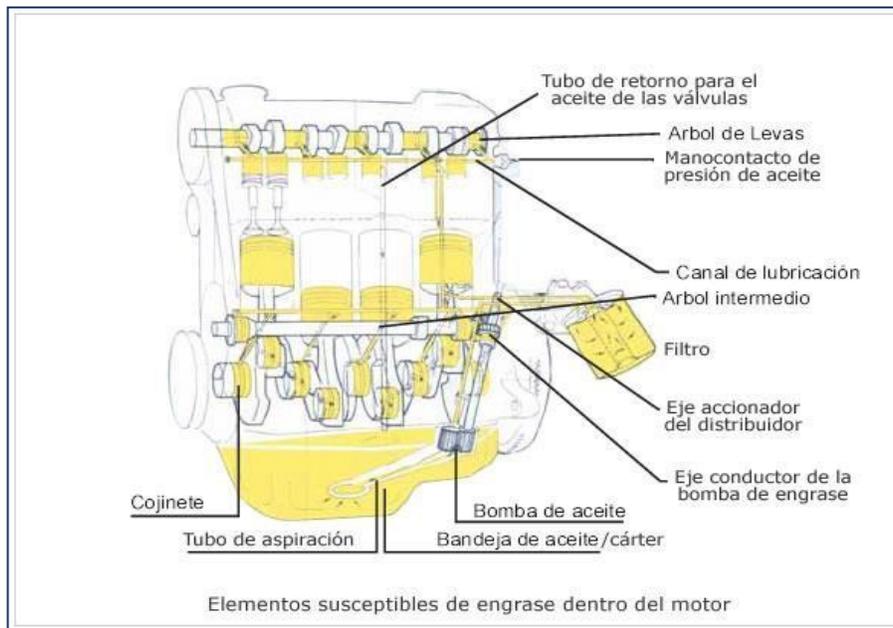


Figura N°05: Ubicación del mono contacto de presión de aceite.

Rescatado por: <http://www.aficionadosalamecanica.net/engrase-motor.htm>

2.2.3.5 Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración de un motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire, consta de un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo de motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador con un ventilador en su interior que hace enfriar sus propios componentes.

2.2.3.6 Alternador

La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, auto excitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor.

2.2.3.7 Depósito de combustible y bancada

El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una viga de acero de gran resistencia, normalmente los generadores de diésel vienen con el tanque de combustible acoplado en la bancada, lo que usualmente lo llaman Tanque Chasis. Para nuestro proyecto la alimentación es a Gas Natural.

2.2.3.8 Aislamiento de la vibración

El grupo electrógeno está dotado de resilente anti vibratorios diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el grupo motor-alternador. Existen dos tipos de anti vibradores: Anti vibradores tipo plato y Anti vibradores tipo Resorte.



Figura N° 06 - Anti vibratorio tipo plato

Imagen propia.

Nota: para nuestro proyecto, utilizamos 16 Resilentes tipo Plato de 4 TN cada uno.



Figura N° 07 Anti vibratorio tipo Resorte

Imagen propia.

2.2.3.9 Silenciador y sistema de escape

Este sistema es diseñado para reducir en ruido ocasionado por la combustión del motor, dependiendo de la alineación de pistones del motor, puede ser lineal o en V, es un punto importante porque es desde donde se inicia para el diseño de los silenciadores.

2.2.3.10 Interruptor automático de salida

Es para la protección del Alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuada para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno con control manual.

2.2.4 Criterios para la selección y dimensionamiento de un grupo electrógeno

Cuando existe la necesidad de contar con estos equipos, ya sea para asegurar el suministro eléctrico ante un fallo del suministro normal para nuestra

fábrica, industria, clínica o edificio multifamiliar, usted se deberá hacer las siguientes afirmaciones y/o preguntas:

- ✓ Tener en cuenta el cuadro de máxima demanda
- ✓ ¿Cuáles son las principales maquinarias que siempre deben seguir funcionando?

Tener en cuenta que como regla general, que la corriente de arranque es igual a 3 veces la corriente nominal o de trabajo si el motor es arranque estrella triángulo y 6 veces la corriente nominal o de trabajo si el motor es arranque directo.

La potencia de un motor, por lo general es expresada en HP (o caballos de fuerza), se convierte a consumo eléctrico multiplicando este valor por un factor de 0,746 dando por resultado kilo-Watts (KW.). Por lo tanto todos los motores eléctricos se deben llevar a unidad de potencia KW y aplicar el factor que corresponda a su tipo de arranque.

- ✓ ¿Cuáles son las horas de funcionamiento?

Para nuestro proyecto el cual será de uso de respaldo, fue de 3600 rpm considerando que trabajaría menos de 8 horas.

- ✓ ¿Bajo qué condiciones meteorológicas y donde será su ubicación de instalación?

En la actualidad, tenemos grupos electrógenos diseñados para cualquier altitud, claro está que el rendimiento no será el mismo trabajando a un nivel normal pero existen adecuaciones y aplicaciones que refuerzan el funcionamiento de la máquina para cada caso.

Para nuestro proyecto, no tuvimos problema debido a que se encuentra en Lima, no obstante, tuvimos una modificación en el fluido de aire debido al recalentamiento del motor por el poco volumen de oxígeno que había en la capsula.

- ✓ ¿Qué tipo de combustible nos sale más recomendable utilizar?

Para nuestro proyecto se demostró que era más rentable el Gas Natural, el cual se gestionó la instalación del punto de Calidda a puerta de la Planta de Kimberly Clark.

CAPITULO III: INSTALACION ELECTROMECHANICA DEL GENERADOR DE 2000
KW PARA SER USADO EN STAND BY DE LA TERCERA PARTE
DE LA PLANTA DE KIMBERLY CLARK.

3.1 Planeamiento del proyecto

Realizando el análisis de terreno y condiciones meteorológicas, el grupo electrógeno C2000 N6 se albergaría en un contenedor de 40 pies High Cube Insonorizado (80 dB 15 m) y acondicionado para cumplir las condiciones de anti explosión, con esos parámetros cumpliríamos las exigencias expuestas por la Planta Kimberly Clark.

3.2 Datos técnicos del grupo electrógeno

3.2.1 Grupo electrógeno C2000 N6 QSV91G

Generator set data sheet 2000 kW continuous Our energy working for you.™					
Measured Sound Performance Data Sheet:	MSP - 1039				
Prototype Test Summary Data:	PTS - 269				
Remote Radiator Cooling Outline:	0500-5093				
Fuel Consumption (ISO3046/1)	See Note	100% of Rated Load	80% of Rated Load	75% of Rated Load	50% of Rated Load
Fuel Consumption (LHV) ISO3046/1, kW (MMBTU/hr)	2,4,6,7	5004 (17.09)	4559 (15.57)	3876 (13.24)	2840 (9.7)
Mechanical Efficiency ISO3046/1, percent	2,4,7	42.1%	41.7%	40.9%	37.7%
Electrical Efficiency ISO3046/1, percent	2,4,6,7	40.0%	39.5%	38.7%	35.2%
Engine					
Engine Manufacturer	Cummins				
Engine Model	QSV91G				
Configuration	V18				
Displacement, L (cu.in)	91.6 (5591)				
Aspiration	Turbocharged (1)				
Gross Engine Power Output, kWm (hp)	2108 (2826)				
BMEP, bar (psi)	18.5 (268)				
Bore, mm (in)	180 (7.09)				
Stroke, mm (in)	200 (7.87)				
Rated Speed, rpm	1514				
Piston Speed, m/s (ft/min)	10 (1968)				
Compression Ratio	12.5:1				
Lube Oil Capacity, L (qt)	550 (581)				
Overspeed Limit, rpm	1800				
Regenerative Power, kW	N/A				
Full Load Lubricating oil consumption, g/kWh-hr (g/hp-hr)	0.4 (0.3)				
Fuel					
Gas supply pressure to engine inlet, bar (psi) [†]	0.2 (2.9)				
Minimum Methane Index	78				
Starting System(s)					
Electric starter voltage, volts	24				
Minimum battery capacity @ 40 deg.C (104 deg.F), AH	780				
Air Starter Pressure, barg (psig)	10.3 (150)				
Air Starter Flow Nm ³ /s (scfm)	0.37 (780)				
Genset Dimensions (see note 1)					
Genset Length, m (ft)	7.12 (23.4)				
Genset Width, m (ft)	2.16 (7.1)				
Genset Height, m (ft)	2.78 (9.1)				
Genset Weight (wet), kg (lbs)	20705 (45,844)				

Tabla N°02 – Datos técnicos de C2000 N6

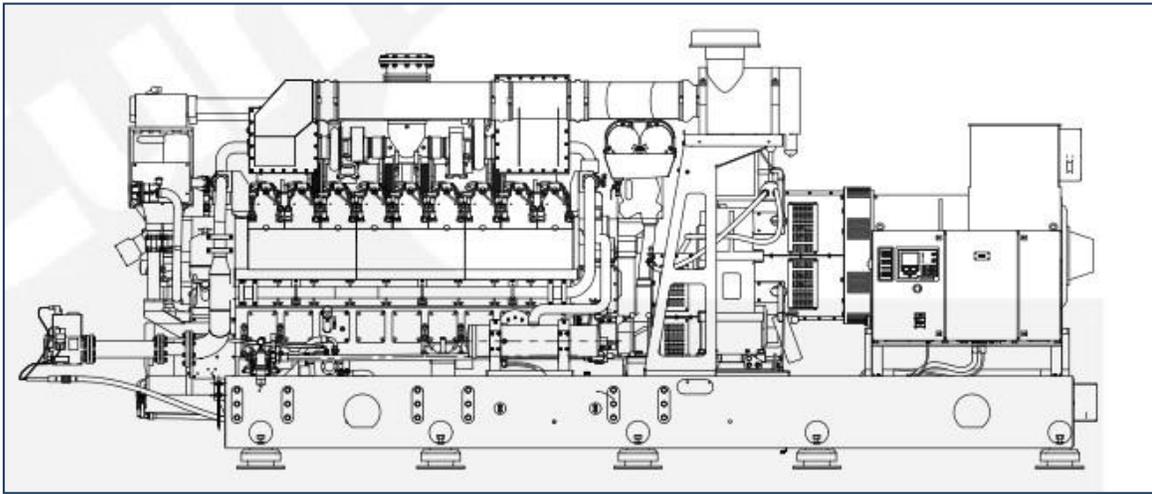


Figura N° 08: - Motor y Alternador C2000 N6

Imagen de plano A029K885 C2000N6

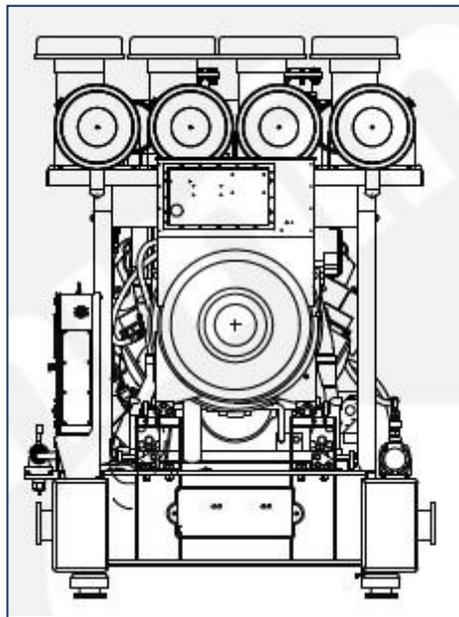


Figura N°09 - Alternador, vista frontal

Imagen de plano A029K885 C2000N6

3.2.2 Radiador remoto

Su principal función del radiador es del enfriamiento del motor y caja del alternador, el líquido puede ser agua o refrigerante. Es de suma importancia esta función debido a que su obligación es mantener al grupo electrógeno a una temperatura de trabajo constante.

La peculiaridad del radiador remoto es la opción de instalación que tiene, se puede instalar en otro ambiente, independiente a la sala del generador

- ✓ Dimensiones: 8.4 m de largo, 1.75 m de alto y 2.4 m de ancho
- ✓ Ventiladores: 8 und.
- ✓ Detalle de ventiladores: 3.6 kW c/u, 1140 rpm 3/480 v Hz 7.05/8.46 A.
- ✓ Capacidad de ventiladores +20 °C/ -30 °C.
- ✓ Material de tuberías: Cobre y Aluminio.
- ✓ Diámetro: Ø 0.10 metros.
- ✓ Peso: 2400 Kg.
- ✓ Presión de prueba: 6 bares.
- ✓ Presión de trabajo máximo: 9 bares.

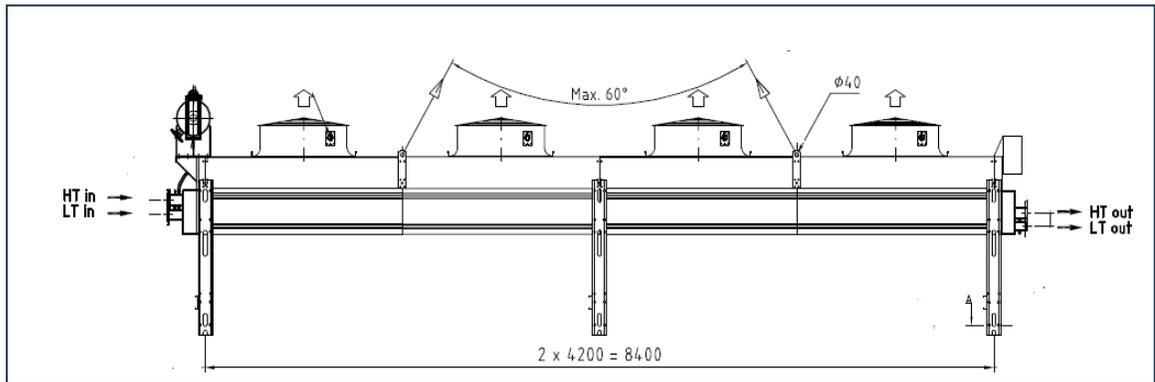


Figura N° 10 – Radiador Remoto

Imagen de plano A029K885 C2000N6

3.2.3 Sistema de escape

El objetivo principal para el sistema de escape es:

- ✓ Asegurarse de que la contrapresión del sistema completo este por debajo del límite máximo establecido por el fabricante.
- ✓ Alejar el peso del múltiple del motor y del turbo que soporta el sistema.
- ✓ Permitir la expansión y la contracción térmica.
- ✓ Proveer flexibilidad si el equipo está sobre monturas antivibración.
- ✓ Reducir el ruido de escape.

3.2.3.1 Contrapresión en el conducto de escape

El sistema de escape producirá una cierta resistencia a los gases de escape.

La resistencia o contrapresión debe ser mantenida dentro de los límites específicos.

Una presión excesiva nos llevara a:

- ✓ Perdida de la producción de energía.
- ✓ Escasa economía de combustible.
- ✓ Alta temperatura de gases de escape.

Estas condiciones producen sobrecalentamiento y exceso de humo desde la instalación, reduce la vida de las válvulas y del turbo cargador. Se puede medir la contrapresión con un manómetro cuando el generador llegue a una potencia estimada.

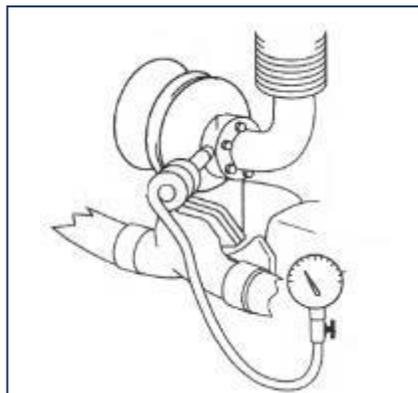


Figura N°11 – Medición de Contrapresión en tubería de escape

Manual de Instalación de Grupos Electr6genos CRAM (2004) PSC S.A. Buenos Aires, Argentina – pag. 11

Tambi6n se puede calcular la contrapresión en la tubería de escape, con la siguiente formula:

$$B_{pe} = \frac{6,32 \cdot L \cdot Q^2}{D^5 \cdot (T + 273)} \quad (02)$$

Manual de Instalaci6n de Grupos Electr6genos CRAM (2004) PSC S.A. Buenos Aires, Argentina – p6g. 14.

Donde:

B_{pe} : Contrapresión a través del tubo de escape [Pa].

L : Largo total equivalente del tubo de escape [m].

Q : Flujo de gas de escape [m³/s].

D : Diámetro del tubo [m].

T : temperatura de gas de escape [°C].

Aplicando a nuestro caso:

Datos:

- L : 3.25 m
- Q : 5.20 m³/s
- D : 0.50 m
- T : 645 °C

Reemplazando en (02):

$$B_{pe} = \frac{6.32 \times 3.25 \times (5.20^2)}{0.45 \times 5 \times (645 + 273)}$$

$$B_{pe} = \frac{555.40}{2065.50}$$

$B_{pe} = 0.268$ Pa equivale = 35.84 mmHG, corroborando con datos del fabricante a un 90% de la carga.

	See Notes	100% of Rated Load	90% of Rated Load	75% of Rated Load	50% of Rated Load
Exhaust Air Flow					
Exhaust Gas Flow Mass, kg/s (lb/hr)	4	3.27 (25866)	2.94 (23311)	2.47 (19583)	1.72 (13607)
Exhaust Gas Flow Volume, m ³ /s (cfm)	4	6.76 (14315)	6.18 (13080)	5.30 (11225)	3.90 (8264)
Exhaust Temperature After Turbine, °C (°F)	2	458 (856)	468 (875)	484 (903)	529 (985)
Max Exhaust System Back Pressure, mmHG (in H ₂ O)	6,14	37.3 (20.0)	37.3 (20.0)	37.3 (20.0)	37.3 (20.0)
Min Exhaust System Back Pressure, mmHG (in H ₂ O)	6.14	18.7 (10.0)			

Tabla N° 03 – Ficha técnica de C2000 N6

Ficha Técnica de Equipo C2000 N6 – 2010 pag. 3

Se concluye que la distancia, diámetro, temperatura y fluido de salida tomada en campo están dentro de los valores que propone el fabricante.

3.2.3.2 Silenciador

Generalmente, existen dos tipos de silenciadores, descritos como absorbentes y reactivos.

- a. **Silenciadores absorbentes:** Trabaja sobre el principio de absorción de ruido a través de una tobera de absorción dentro del silenciador. Normalmente provee atenuación sobre un ancho rango de frecuencia. Este es generalmente diseñado como un tubo recto y crearía solamente una contrapresión marginal de poco valor.
- b. **Silenciadores de expansión - reactivo:** Trabaja sobre el principio de reflejamiento y de ese modo contiene el sonido dentro del silenciador. Hay platos de pantalla acústica interna ajustados para dividir el silenciador en secciones, las cuales pueden ser individualmente sintonizadas a una

frecuencia específica. El silenciador reactivo, crea una contrapresión relativamente alta, debido al curso del flujo de gas tortuoso.

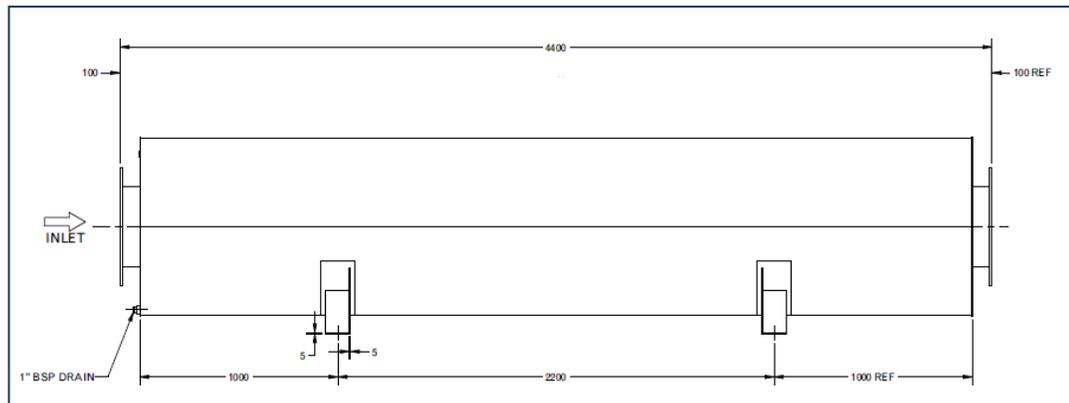


Figura N°12 – Silenciador Industrial

Imagen de plano A029K885 C2000N6

Veamos el cambio de la presión que existe en nuestro silenciador:

$$Bv = \frac{Q}{A \cdot 60} \quad , \quad Bps = \frac{Rg \cdot 673}{T + 273} \quad (03) \text{ y } (04)$$

Manual de Instalación de Grupos Electrógenos CRAM (2004) PSC S.A. Buenos Aires, Argentina –
pág. 12

Donde:

Bv: Velocidad de gases de escape

Q: Flujo de gases de escape [m³/mm]

A: Área del tubo [m²]

Bps: Contrapresión del silenciador [mm Wc].

T: Temperatura de escape del motor [°C].

Rg: Valor de resistencia desde el grafico [mm Wc] tabla N°04

Aplicando a nuestro caso:

Motor: 2108 kW 1800 rpm

Silenciador, radio: 450 mm

Q: 6.18 m³/s

a. Calculamos la velocidad de gases de escape Bv según la formula (03)

$$Bv = \frac{Q}{A \times 60}$$

$$Bv = \frac{6.18}{\pi \times 0.45^2 \times 60}$$

$$Bv = \frac{6.18}{38.170}$$

$$Bv = 16.19 \text{ m/seg}$$

b. Calculamos la presión (Bps) será calculada según la formula (04).

T: temperatura de campo, 645 °C

Rg: 240 mm Wc por tabla N°04

$$Bps = \frac{Rg \times 673}{T + 273}$$

$$Bps = \frac{240 \times 673}{645 + 273}$$

$$Bps = 240 \text{ mm Wc Equivale } 1.91 \text{ kPa}$$

Calculando el total de pérdidas de presión en todo el sistema, tenemos:

$$P_{total} = Bps + Bpe = (2.68 + 1.91) \text{ kPa} = 4.95 \text{ kPa}$$

Por los tanto, la contrapresión máxima permisible en el estado de línea de escape

es: **4.95 kPa a 1800 rpm**

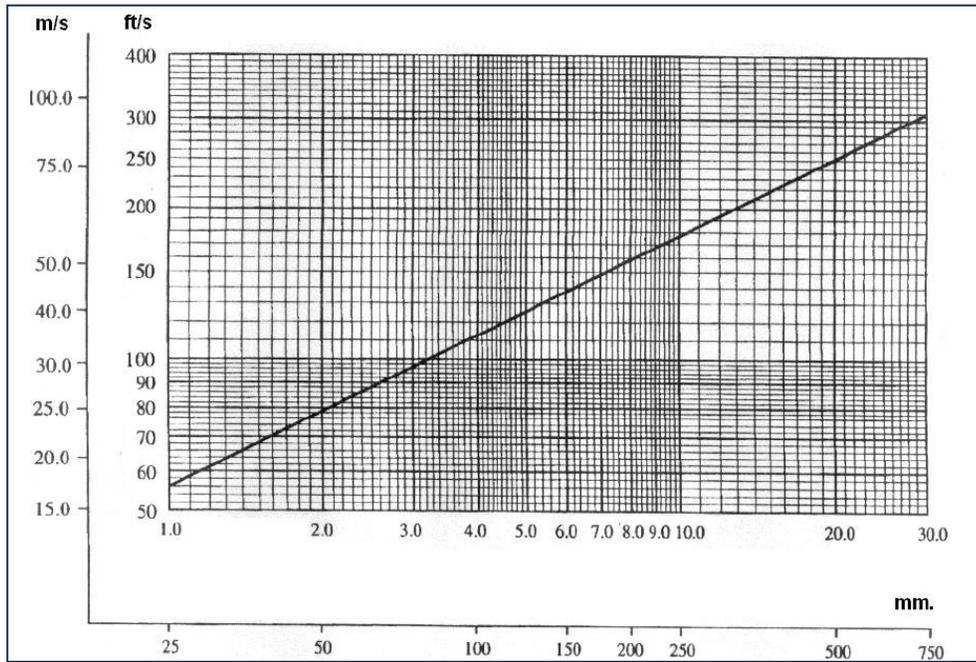


Tabla N°04 – Curva de velocidad vs resistencia a 400 °C

Manual de Instalación de Grupos Electrónicos CRAM (2004) PSC S.A. Buenos Aires, Argentina –
pág. 14

3.2.4 Sistema de refrigeración

3.2.4.1 Tanque de expansión

Consta de dos partes, uno que es el ingreso de agua caliente y otro que es la salida de agua fría, rotuladas como LT y HT y el enrutamiento como se muestra en la Figura N° 13.

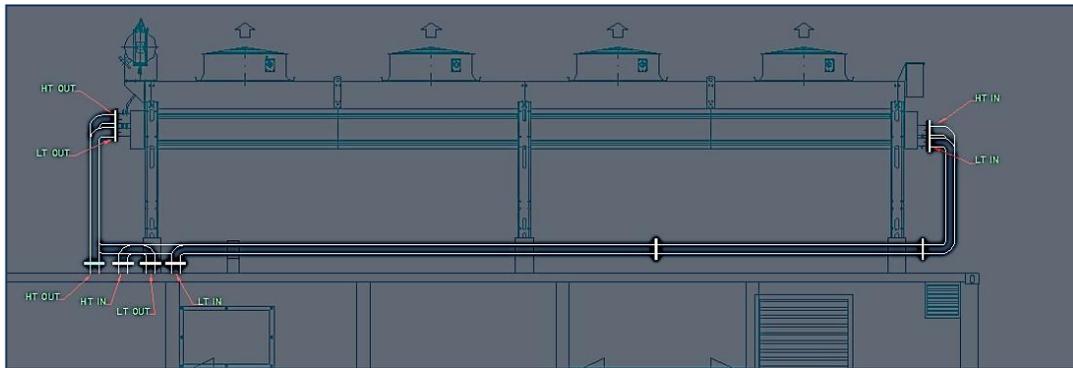


Figura N° 13 – Montaje de tuberías de enfriamiento.

Imagen propia de plano C2000N6

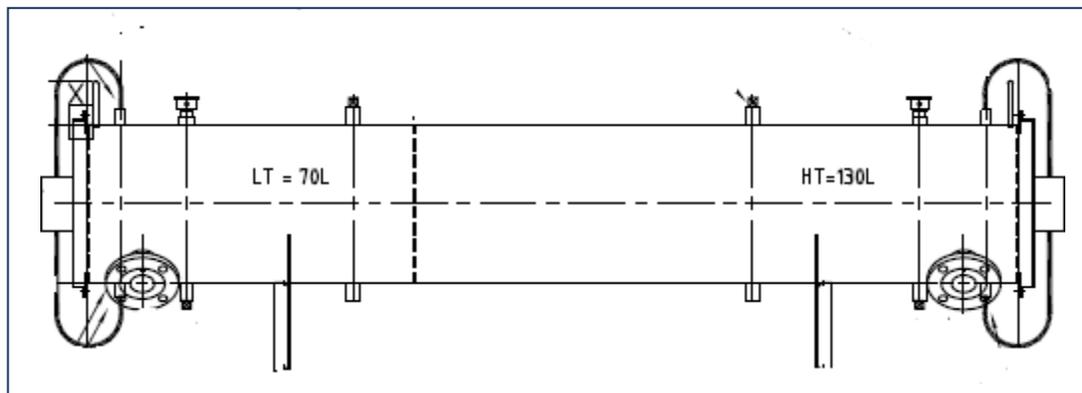


Figura N°14 – Tanque de Expansión

Imagen de plano A029K885 C2000N6

3.2.5 Estructura metálica

3.2.5.1 Diseño de fabricación de contenedor 40" HC

El diseño del contenedor se basó a varios requisitos de trabajo y mantenimiento que necesitaba el generador, los principales fueron:

- Contenedor Acústico, que cumpla 85 dB a 15 metros a la redonda.

- Plancha de 2mm acanalada
- Plancha perforada color negro
- Lana de roca mineral acústica.
- Vigas de 4 mm transversales en contenedor



Figura N°15 – Forrado acústico

Imagen propia

- Contenedor diseñado para el traslado del alternador hacia el exterior, mantenimiento.
- Vigas tipo H de altura 100 mm de espesor, para desmontaje de alternador.

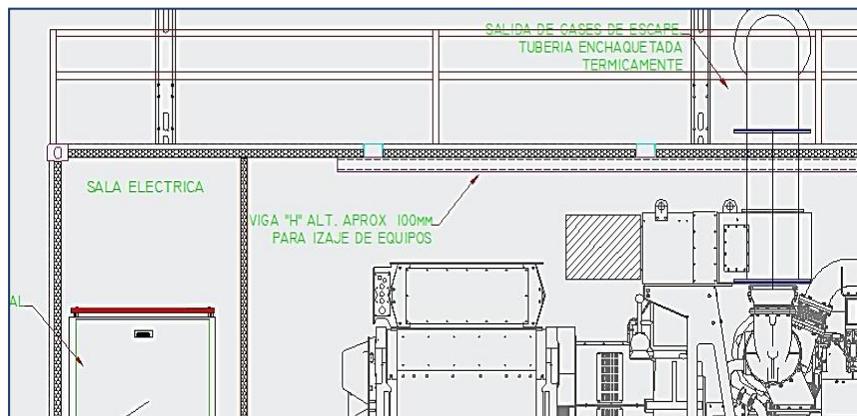


Figura N° 16 – Plano de ubicación de vigas

Imagen propia de plano C2000N6

- Montaje de paneles acústico en el ingreso de aire.
 - 8 und Paneles atenuadores con QR y rellenos con lana de roca Mineral.

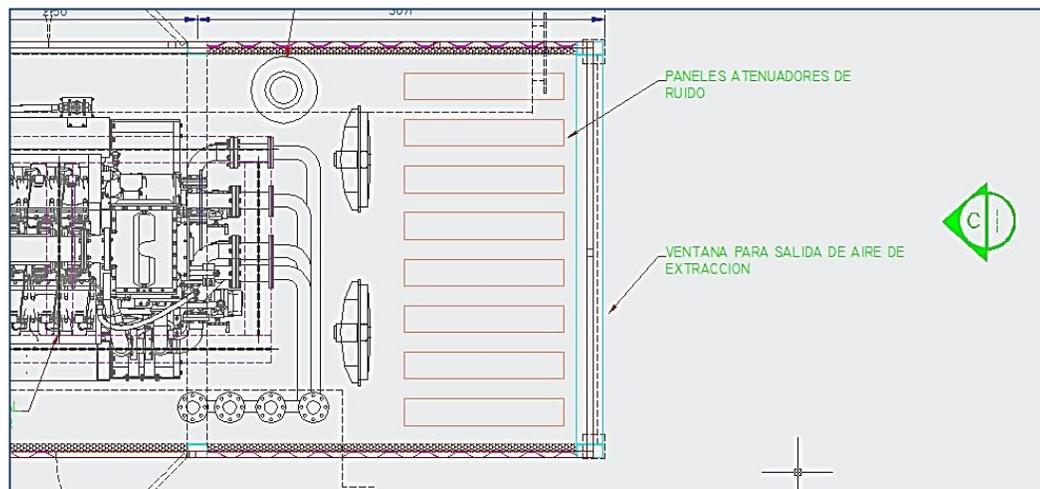


Figura N° 17 – Plano de Paneles Atenuadores

Imagen propia de plano C2000N6

- Reforzamiento de transversales de techo de contenedor, para montaje del Radiador Remoto (3TN).
 - Estructura de vigas, distribución de peso.



Figura N° 18 – Vigas de refuerzo para Radiador
Imagen propia

3.2.6 Sistema de ventilación

Para nuestro generador, el objetivo del sistema de ventilación es la recirculación que debe tener el motor para la combustión, en la cual, por la reducción de persianas de ingreso hace que el motor se esfuerce en la aspiración de oxígeno, por ende el calentamiento del interior del contenedor.

Se evaluó la mejor solución sin afectar el objetivo de ruido, llegando a la conclusión que es necesario el montaje de un sistema de ventilación forzado, automático, a 5 segundos antes del encendido del grupo.

3.2.6.1 Cálculo de ventilación

Para realizar el cálculo de la ventilación, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- La temperatura máxima del aire de entrada al motor, es de 40 °C.
- La temperatura máxima del aire en la sala del grupo, teniendo en cuenta que el aire de combustión es tomado desde afuera del cuarto del motor, es de 60°C.
- El tubo de escape completo y el silenciador deberían de estar revestidos térmicamente.
- Máximo flujo de aire según la temperatura para el sistema de enfriamiento del radiador.

El uso de esta forma de calcular el flujo de aire para nuestro contenedor debido a que nuestros ventiladores del radiador se encuentran en otro ambiente y ese flujo no ayuda como los generadores compactos.

$$\text{flujo de aire requerido} = \frac{\text{calor total irradiado al aire}}{\text{densidad del aire} \times T(\text{aumento}) \times \text{constante}} + \text{Aire requerido para combustion}$$

(05)

Manual de Instalación de Grupos Electrógenos CRAM (2004) PSC S.A. Buenos Aires, Argentina – pag. 10.

Donde:

- Calor Total irradiado al aire = Calor irradiado desde el motor + alternador y otro equipamiento de generador de calor en el cuarto del motor (kW).
- T (aumento) = Máximo aumento de temperatura del aire en el cuarto del motor encima de la temperatura ambiente en °C.
- Constante = 0.0167
- Aire requerido para combustión = Consumo del aire del motor en m³/min.
- Densidad de aire = Densidad de aire a varias temperaturas como por la tabla N°05, en kg/m³

Aplicando a nuestro caso:

- ✓ Calor total irradiado al aire: 6 °C, medición en campo.
- ✓ Densidad del aire; 1.19 Kg/m³ a 25 °C. Por tabla N° 05.

°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Kg/m ³	1.30	1.27	1.25	1.22	1.20	1.19	1.17	1.16	1.14	1.12	1.09	1.08

Tabla N° 05 – Densidad de aire vs Temperatura en °C

Manual de Instalación de Grupos Electrógenos CRAM (2004) PSC S.A. Buenos Aires, Argentina – pag. 10.

- ✓ Constante: 0.0167
- ✓ T (aumento): 31 °C por 1 ½ hora de encendido en vacío, sin carga.
- ✓ Aire requerido para la combustión: 132 m³/min

$$\textit{flujo de aire requerido} = \frac{6}{1.19 \times 31 \times 0.0167} + 132$$

$$\text{flujo de aire requerido} = 132.97 \text{ m}^3/\text{min} \text{ equi} = 2.21 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Realizando la medición de flujo en el interior del contenedor, tenemos un flujo de 0.25 m³/seg.

Queda demostrado que el contenedor necesita una inyección de aire forzada, tanto para la combustión y el enfriamiento de las partes exteriores del grupo.

3.2.6.2 Implementación de ventilación forzada

Para el suministro de ventiladores de aire, iniciamos con la lógica que tenía te tener el funcionamiento. Se diseñó un tablero para los ventiladores, el cual iba a estar alimentado de la sub estación de la planta, una alimentación externa, debido a que los inyectores debían funcionar 3 segundos antes del encendido del generador.

El voltaje de trabajo fue de 230 V 3 ϕ , ahora pasamos a la elección de los ventiladores y cálculo para el flujo:

$$\text{flujo total} = \text{flujo requerido} + \text{flujo de enfriamiento ambiental} \quad (06)$$

El flujo requerido: 2.21 m³/seg, de la formula (05).

El flujo de enfriamiento para 113.4 m³: 1.5 m³/seg, de

$$\text{flujo de aire requerido} = 2.21 + 1.5 = 3.71 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tenemos un área total, 9.45 m², a esto podemos descontar las secciones de los paneles atenuadores ver figura N° 19.

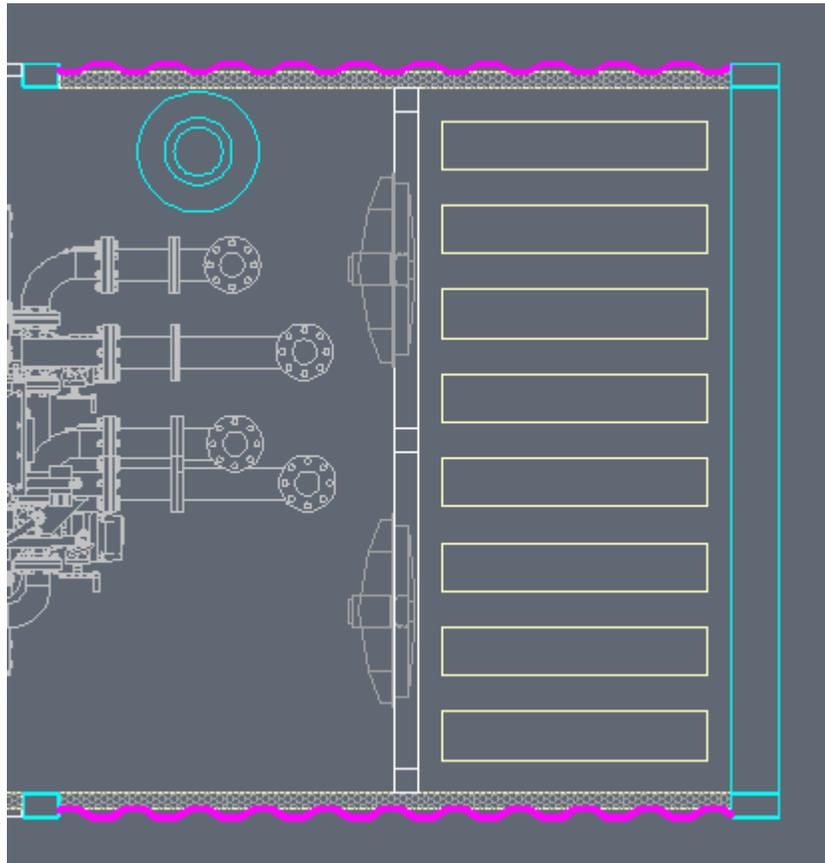


Figura N° 19 – Ubicación de ventiladores

Imagen propia de plano C2000N6

Área de paneles 5.6 m², total 3.85 m². De esta área de podemos referir que cada inyector puede tener un área efectiva de 0.78 m², si calculamos 4 ventiladores de la misma área de trabajo, tenemos:

$$\text{Area de trabajo} = 0.78 \text{ m}^2 \times 4 \text{ und} = 3.14 \text{ m}^2$$

Se toma como primera opción, el ventilador de 0.78 m² de diámetro 1 metro, corroborando las medidas del interior del contenedor (sección 3.50 m x 2.70m)

Ahora calculemos la potencia de cada inyector, con la condición que cumpla con el flujo de 3.71 m³/seg.

El flujo lo dividimos entre 4, por la cantidad de ventiladores:

$$\text{Flujo de trabajo normal} = 3.71/4 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\text{Flujo de precaución} = 3.71 + 20\% = 4.45 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\text{Flujo individual} = 1.11 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Por catálogo, Figura N° 20



Figura N° 20 –Ventilador axial aerodinámico

Imagen propia

Se seleccionó un ventilador Axial aerodinámico de 1.20mx1.20m de 220/380 v 3 ϕ de 0.5 HP, con un flujo de aire = 1.5 m³/seg.

El total de flujo que tendremos es: 1.5 m³/seg x 4 und = 6 m³/seg.

Suficiente para el funcionamiento del Grupo Electrónico C2000 N6.



Figura N°21 – Montaje de ventiladores axiales

Imagen propia

3.2.7 Sistema eléctrico

Para nuestro contenedor, los servicios auxiliares, son alimentados por un suministro externo al generador, teniendo localizado en la sala eléctrica un tablero y transformador independiente al uso del Generador.

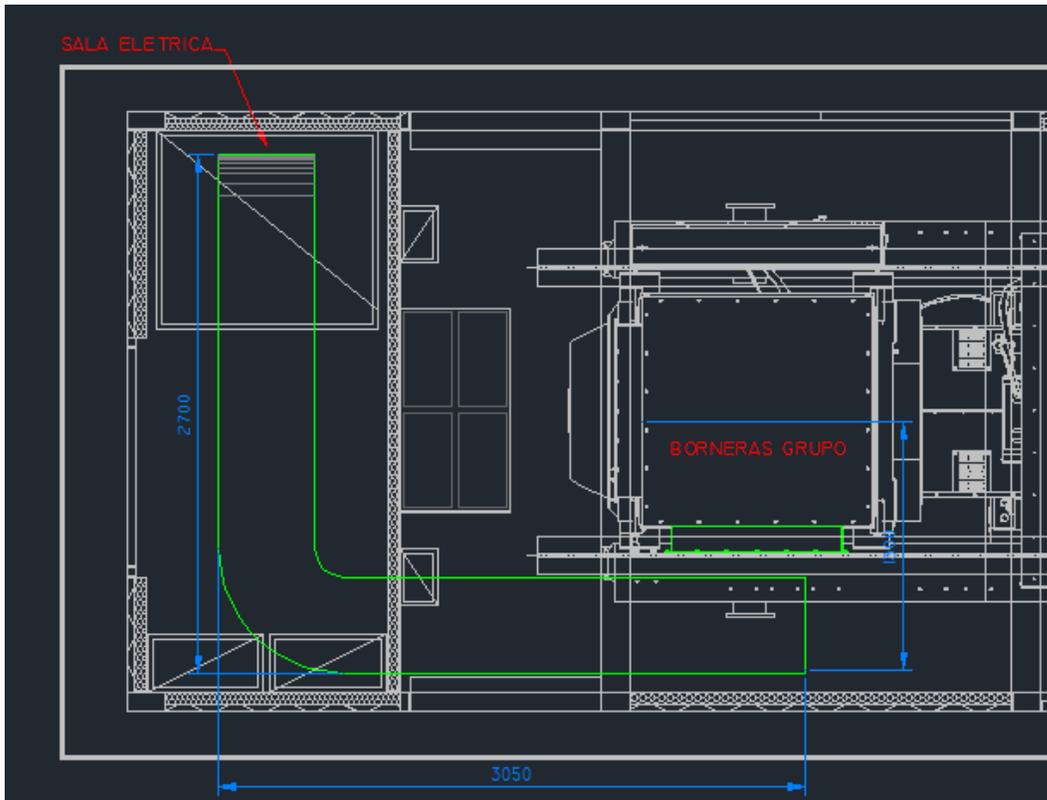


Figura N° 22 – Sala eléctrica del contenedor

Imagen propia de plano C2000N6

Nuestro sistema eléctrico, es diferente al de los otros dos grupos electrógenos de la Minera Volcan, debido a que todo el sistema es Anti explosión, contando con:

- ✓ Sistema de Parada en el Exterior del Contenedor.
- ✓ Tuberías y cajas pases de tipo rugoso.
- ✓ SCI anti explosión.
- ✓ Detectores de humo en sala de generación y sala de eléctrica.
- ✓ Alarma exterior.

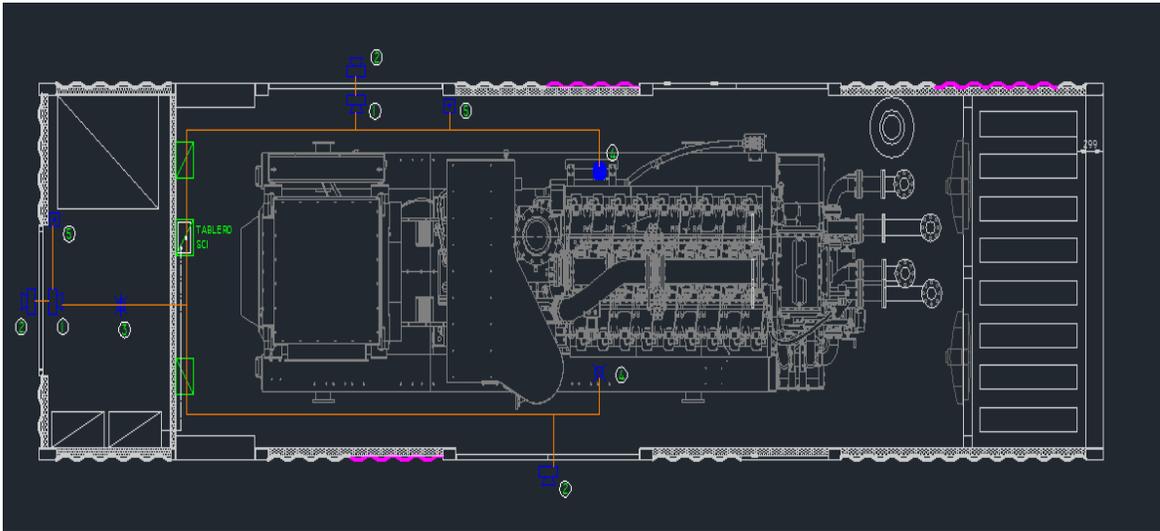


Figura N° 23 – Sistema contra incendio del generador
 Imagen propia de plano C2000N6

El diagrama unifilar del área de producción y la del Generador es:

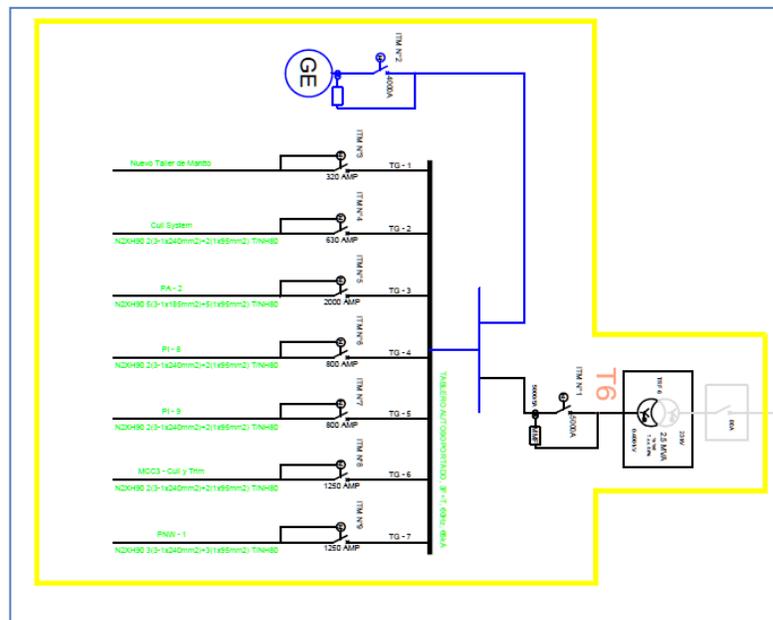


Figura N° 24 – Diagrama Unifilar del área de producción
 Imagen propia

Conectado para actuar en el caso de una falla o falta de suministro de energía pública.

Para nuestro grupo electrógeno, la llave ITM General es de 4800 Amperios tipo barra de Cobre independiente al Alternador, conectado por cable de fuerza como se muestra en la figura N° 25

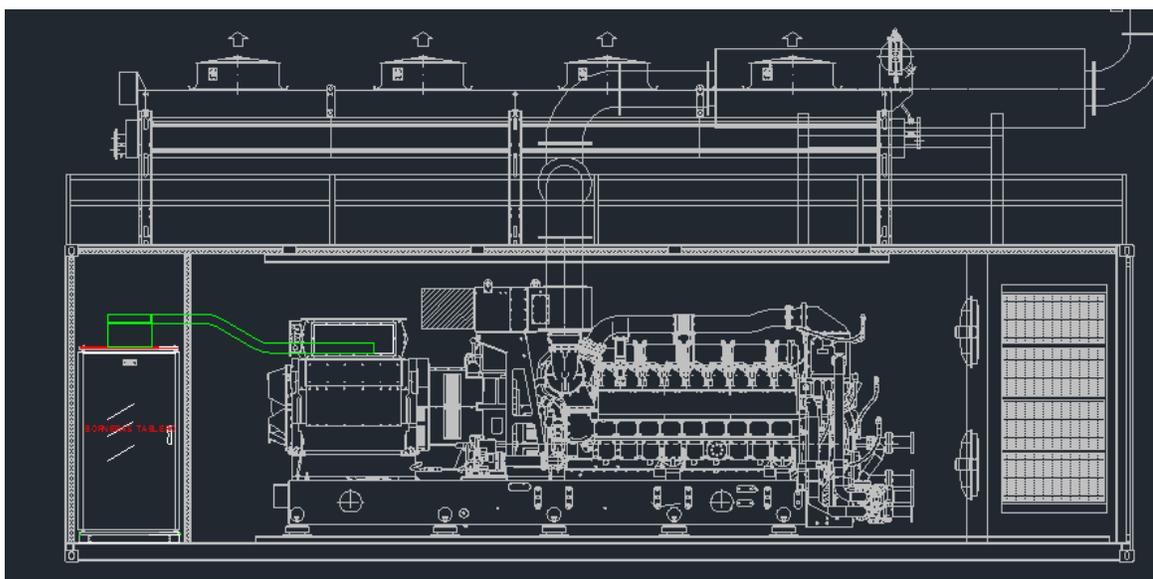


Figura N°25 – Ubicación de ITM General

Imagen propia de plano C2000N6

El calcula para la elección de cables de fuerza de dio de la siguiente manera:

Datos de Generador:

Potencia: 2000 kW

Voltaje: 480 voltios

F. P. 0.8

Por la siguiente Formula:

$$Potencia: V \times I \times \cos\phi \text{ kW} \quad (06)$$

Para hallar la Intensidad, despejamos (06):

$$Intensidad: \frac{Potencia}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} \quad (07)$$

Reemplazando, tenemos que la Intensidad es:

$$Intensidad: \frac{2000 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8}$$

$$Intensidad: 3,798.38 \text{ Amp}$$

Damos un 25% de protección, según el código nacional de electricidad:

$$Intensidad: 3,798.38 \times 1.25 = 4,747.975 \text{ Amp} \approx 4,800 \text{ Amp}$$

Calculando la cantidad de ternas:

Tenemos 4 barras de salida, R S T + Neutro, si elegimos la opción de 8 ternas por fase.

Tenemos:

$$Amp = \frac{4800}{8} = 600 \text{ Amp por Terna de 8.}$$

Lo más recomendable para este tipo de trabajo eléctrico, es elegir el cable FREETOX N2XOH 0.6/1 kV 3-1xSeccion. Es de clase 2, su aislamiento es de Polietileno reticulado XLPE.

Principalmente se caracteriza por:

- ✓ El aislamiento permite mayor capacidad de corriente.
- ✓ Mínimas pérdidas eléctricas, reducción un 85% de pérdidas a comparación de otros cables.
- ✓ El aislamiento tiene alta resistencia a ambientes abiertos.
- ✓ La cubierta exterior no propaga el incendio.
- ✓ Tiene baja emisión de humos tóxicos y su composición no tiene Halógeno.

Ahora tendremos que ir a la tabla N° 06 del catálogo de cables, para

Datos Eléctricos FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Triple

Sección [mm ²]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]
4	65	55	55
6	85	65	68
10	115	90	95
16	155	125	125
25	200	160	160
35	240	200	195
50	280	240	230
70	345	305	275
95	415	375	330
120	470	435	380
150	520	510	410
185	590	575	450
240	690	690	525
300	775	790	600
400	895	955	680
500	1010	1100	700

Tabla N° 06 – Calibre de cables de fuerza

Ficha Técnica de cable INDECO.

Podemos decidir que para los 4800 Amperios, el cable N2XOH de 3x8-240 mm + Neutro 1-1x240 mm es el mejor cable eléctrico recomendable para el conexasión del Alternador al ITM General.



Figura N°26 – Montaje de la bandeja eléctrica del alternador al ITM general

Imagen Propia

3.2.8 Sistema de alimentación gas

El sistema general de la alimentación del Generador está constituido por tuberías de 6" de acero inoxidable, según las normas y estándares de calidad, cada soldadura tiene que tener pruebas de tinte penetrantes y pruebas radiográficas al 95% de la soldadura. Parte del sistema, es el montaje de los accesorios suministrados por el fabricante, ver Figura N° 27.

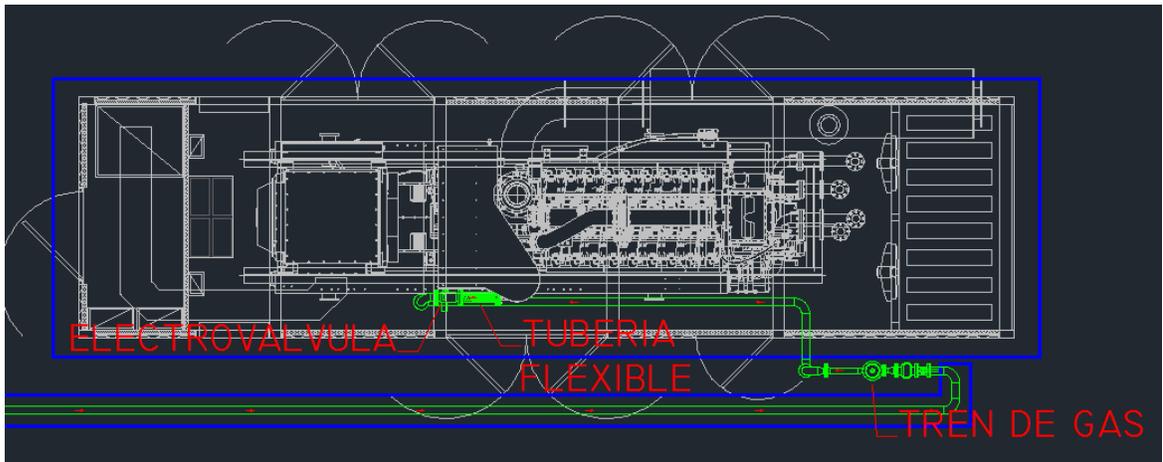


Figura N°27 – Ubicación del Sistema de Gas

Imagen propia de plano C2000N6

3.2.8.1. Electroválvula de doble solenoide

la utilización de esta válvula que tiene doble, solenoide, evita el uso de venteos al exterior como en las válvulas simple.

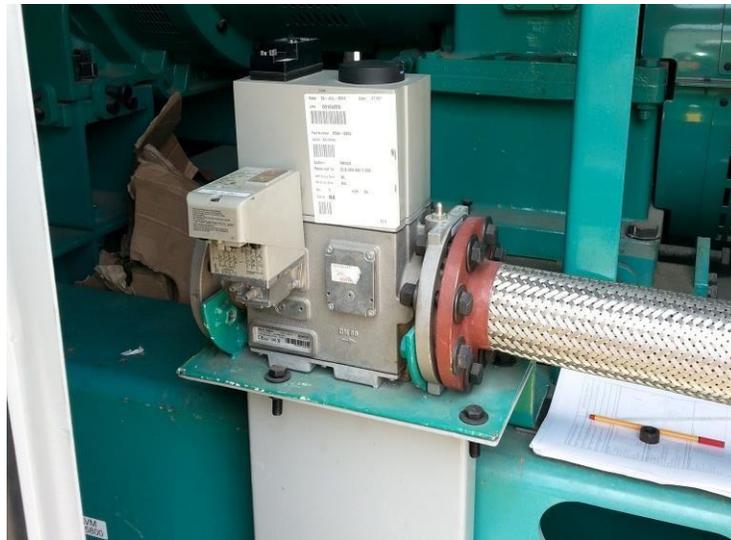


Figura N° 28 – Doble válvula de gas.

Imagen propia

3.2.8.2 Tubería flexible

Tubería de hilos de aluminio y jebe de alta presión, su principal función es absorber las vibraciones del grupo electrógeno y la doble válvula

3.2.8.3 Tren de gas

3.2.8.3.1 Sistema de chequeo de válvula

Impide cualquier tipo de fuga, bloqueando la inyección de aire a presión, funciona conjuntamente con la doble válvula.

3.2.8.3.2 Regulador de presión

Se adapta a la presión de trabajo del fabricante.

3.2.8.3.3 Presostato de seguridad por baja presión

Nos permite localizar problemas en la presión de suministro del equipo y aplicar medidas correctoras.



Figura N° 29 – Tren de gas

Imagen propia

3.2.9 Construcción de losa de concreto

La losa de cimentación que se construyó, debe soportar el peso del equipo y los esfuerzos producidos por el mismo.

3.2.9.1 Calculo de la altura de losa

El bloque fijo de hormigón es un método probado y preferido en algunas circunstancias. En nuestro caso, la base del contenedor asentado sobre neoprene de 1" de espesor.

La altura de la losa la hallamos según la formula (08):

$$D = \frac{W}{d \times B \times L}$$

Manual de Instalación de Grupos Electrónicos CRAM (2004) PSC S.A. Buenos Aires, Argentina – pag. 4.

Donde:

D= Altura del bloque de hormigón [m]

W= Peso total del Contenedor [Kg]

D= Densidad del hormigón [Kg/m³]

L=longitud de la losa

B= ancho del bloque de hormigón [m]

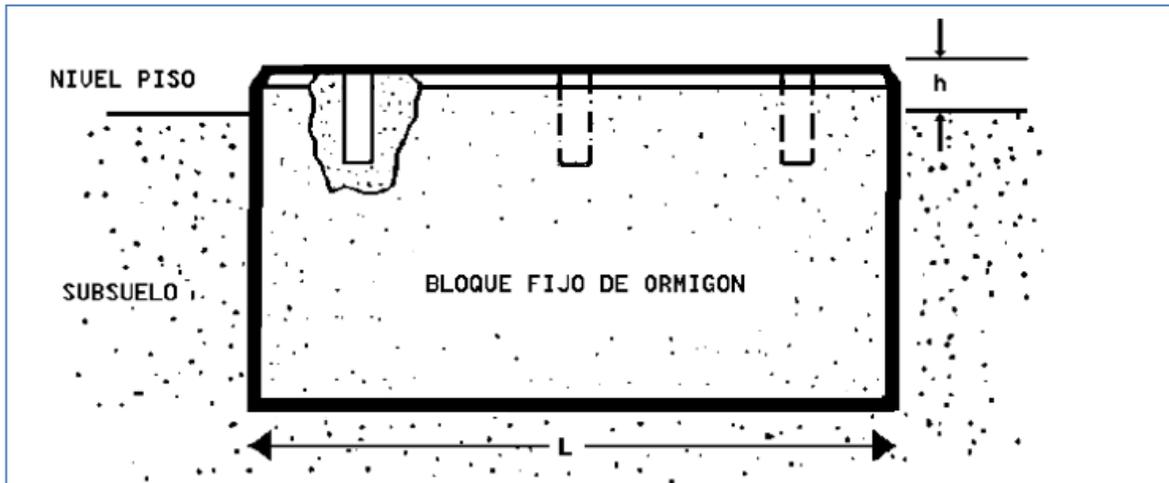


Figura N° 30 – Cálculo de altura de Losa de concreto

Manual de Instalación de Grupos Electrónicos CRAM (2004) PSC S.A. Buenos Aires, Argentina – pag. 4.

Para nuestro caso:

Datos:

- ✓ $W = 45\,000$ [Kg]
- ✓ $D = 3200$ [Kg/m³]
- ✓ $L = 15$ metros
- ✓ $B = 4.5$ metros

Reemplazando:

$$D = \frac{45000}{3200 \times 4.5 \times 15}$$

$D = 0.208 \text{ metros}$

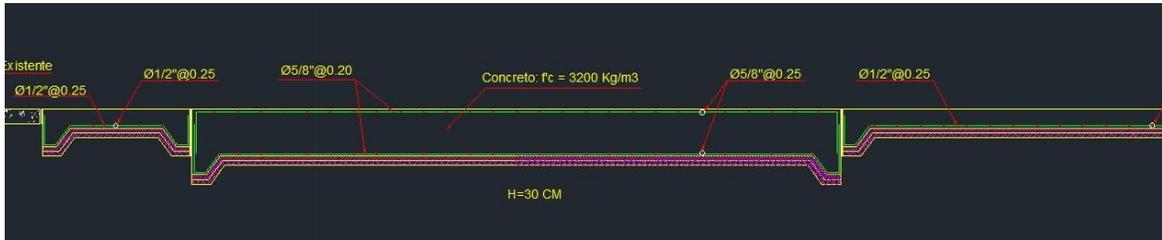


Figura N°31 – Losa de concreto

Imagen propia de plano C2000N6

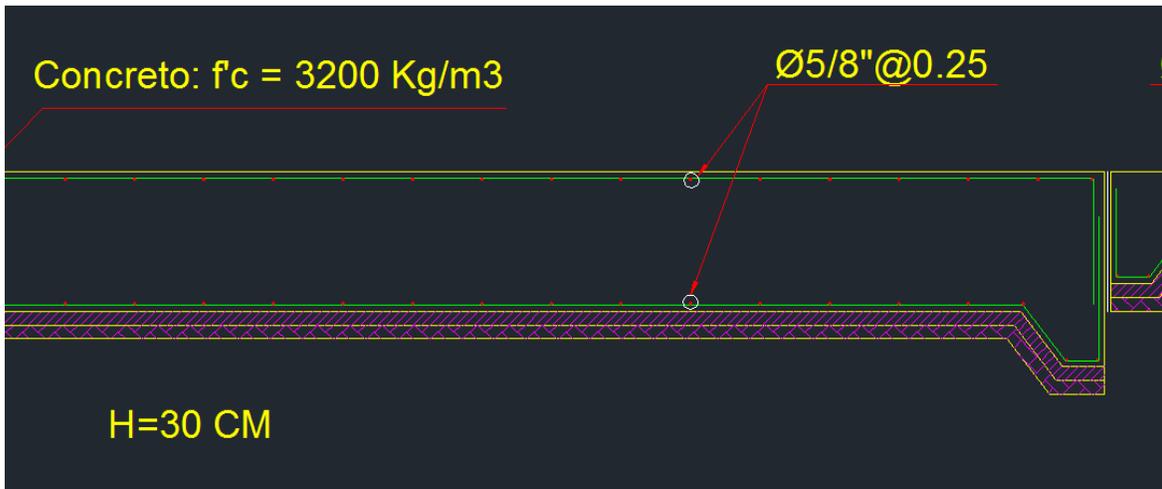


Figura N°32 – Detalle de losa de concreto

Imagen propia

Detalle de características de la losa de cimentación.

- ✓ Barras corrugadas ASTM A-650 (Grado 60) de 5/8" y 1/2" ubicadas tipo malla.

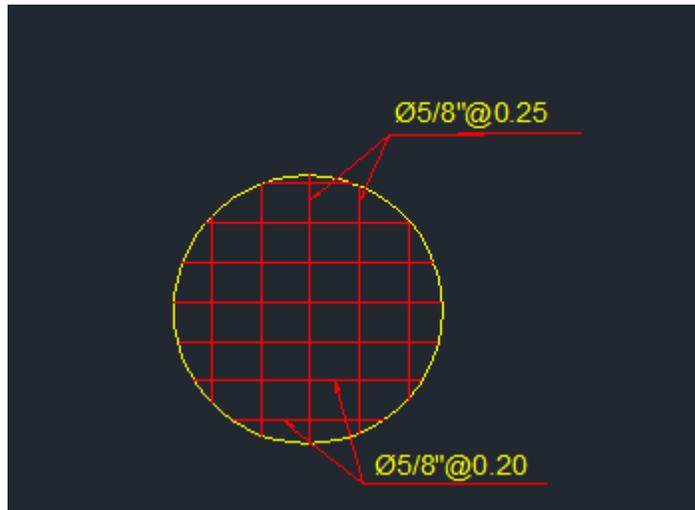


Figura N° 33 – Detalle de barras corrugadas forma de malla de 5/8”

Imagen propia

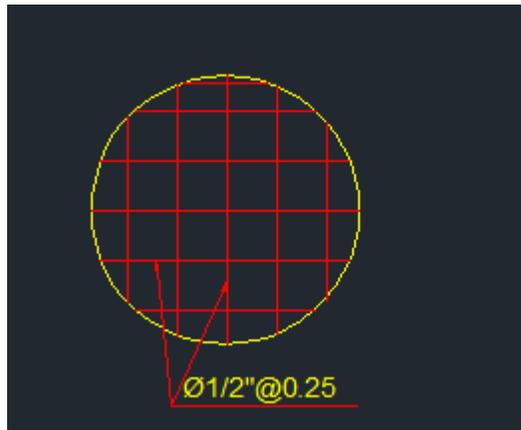


Figura N° 34 – Detalle de barras corrugadas forma de malla de 1/2”

Imagen propia

3.2.10 Traslado, izaje y fijación

Se programó el traslado el día sábado 11 de Julio del 2014 el traslado del contenedor HC y sus accesorios (radiador, silenciador, estructura metálica).

Partiendo a las 4:30 am debido a que esa hora no hay tráfico, se tomó la ruta de la Panamericana Sur (ver Figura N° 35).

En dos tráiler de 60 TN tipo cama baja y otro de 30 TN tipo cama baja.

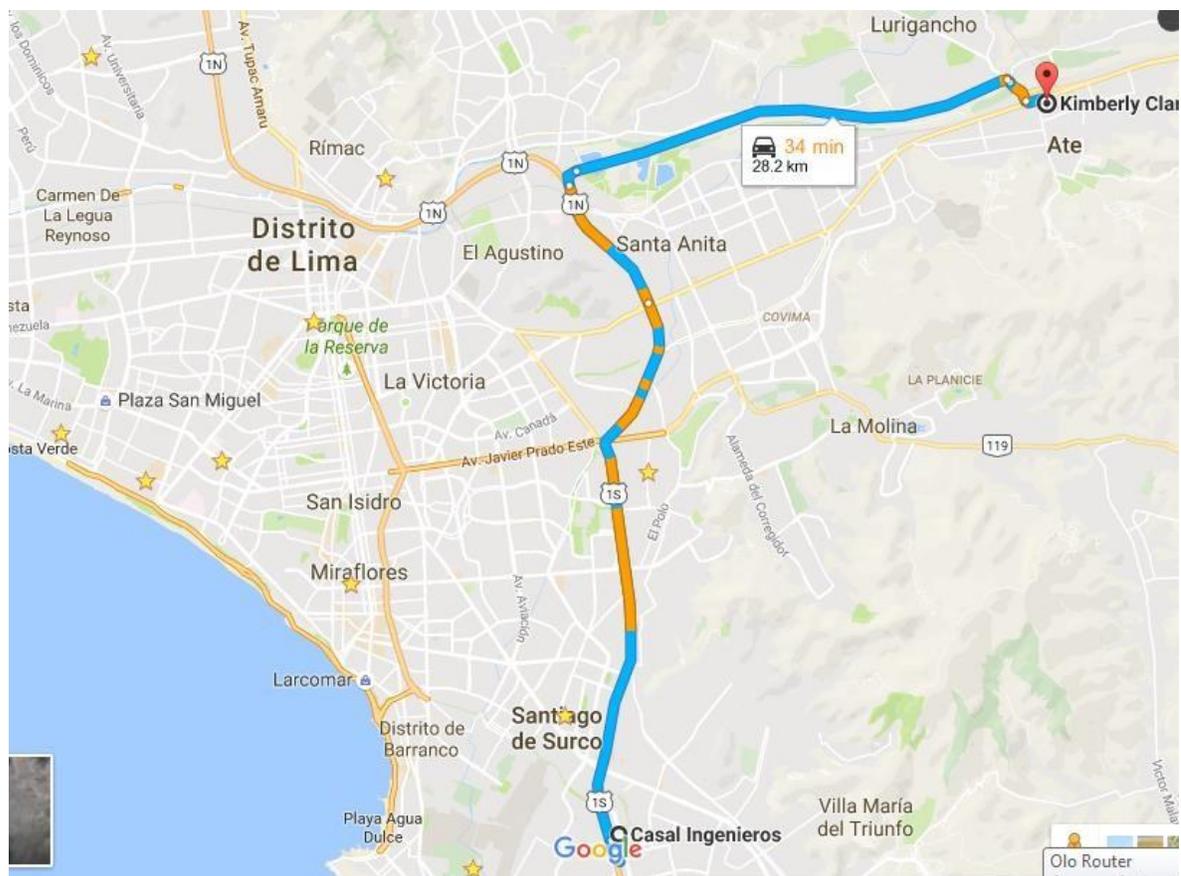


Figura N°35 – Croquis de ruta

Imagen propia

Distancia: 24 Km

Duración del trayecto: sin tráfico 45 minutos



Figura N° 36 - Traslado de generador

Imagen propia

El izaje de contenedor se realizó con dos grúas telescópicas de 30 TN y 35 TN, el procedimiento de descarga fue el siguiente:

1. ubicación de grúas en los dos lados del contenedor, fijación de las fajas, elevación del contenedor por 20 cm en su mismo eje.



Figura N° 37 – Izaje de contenedor

Imagen propia

2. Mientras que se encuentra elevado el contenedor, se procede a avanzar el tráiler y bajar lentamente la carga.



Figura N° 38 – descarga de contenedor

Imagen propia

3. Acto seguido, se ponen dos tortugas de 15 TN c/u en el inicio de la losa de cimentación, haciéndolo coincidir con un extremo del contenedor.

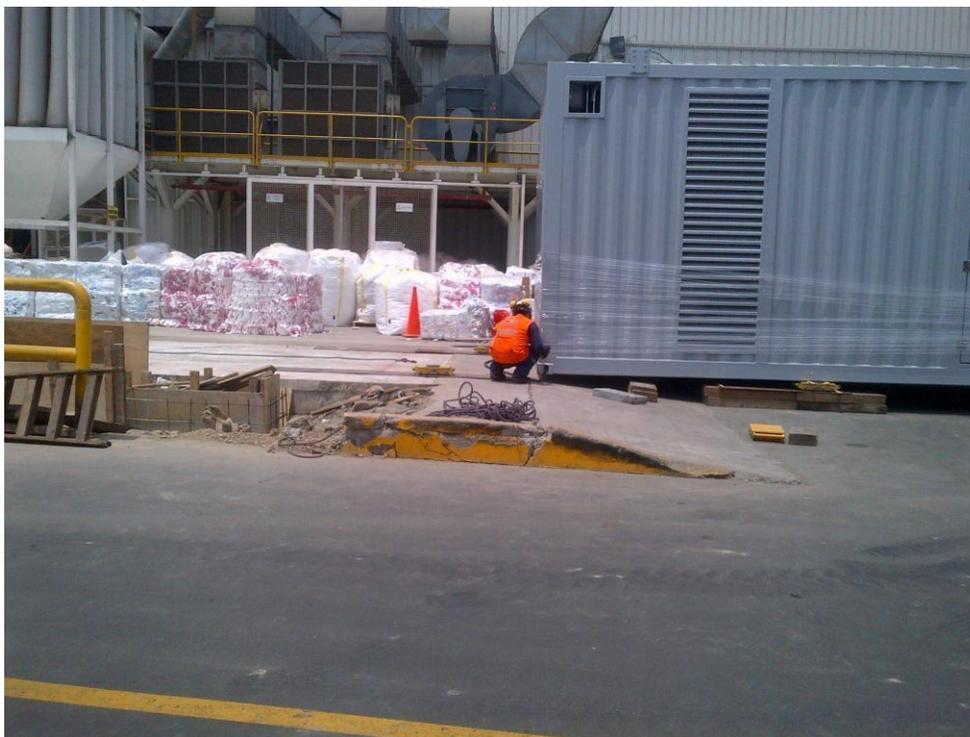


Figura N° 39 – Ubicación de contenedor en su punto final

Imagen propia

4. Con ayuda de una grúa en el extremo final del contenedor, se hace avanzar el poco a poco. El traslado de 13 metros duro 5 horas.
5. Para terminar con la ubicación, se colocó Neoprene de 1" de espesor en todo el perímetro del contenedor y la losa de concreto.



Figura N° 40 – instalación de neoprene

Imagen propia

6. Finalmente terminamos con el izaje del radiador remoto.



Figura N° 41 – Izaje de radiador remoto

Imagen propia



Figura N° 42 – Contenedor en ubicación final

Imagen propia

3.3 Conexión y puesta en marcha

Para la conexión de configuración y servicios auxiliares en el GIB del grupo, nos basamos a su manual de conexión:

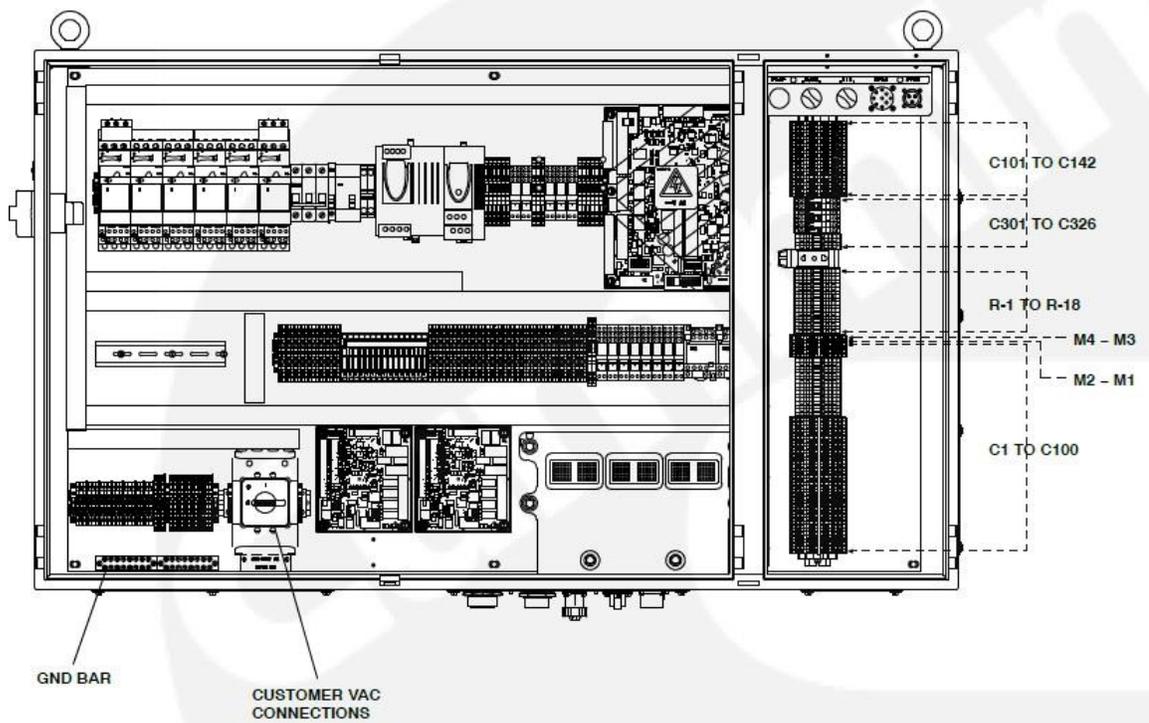


Figura N° 43 – GIB del grupo electrógeno

Ficha Técnica del C2000N6

GIB Customer Connection Application Guide						
Terminal	Description	Function	Circuit	Control/State	Wire Size (Inch)	Wire Size (mm)
C1	LOADS CLOSED WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '3' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C2	LOADS CLOSED WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C3	VENTILATOR FAN TRIP	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C4	VENTILATOR FAN TRIP	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C5	RAIDATOR FAN COMMON TRIP WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C6	RAIDATOR FAN COMMON TRIP WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C7	CUSTOMER INPUT/FAULT N01 WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C8	CUSTOMER INPUT/FAULT N01 WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C9	CUSTOMER INPUT/FAULT N01 SHUTDOWN	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C10	CUSTOMER INPUT/FAULT N01 SHUTDOWN	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C11	CUSTOMER INPUT/FAULT N01 CONTROL SHUTDOWN	CONTROL SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C12	CUSTOMER INPUT/FAULT N01 CONTROL SHUTDOWN	CONTROL SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C13	CUSTOMER INPUT/FAULT N01 SELECTABLE	CONTROL SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C14	CUSTOMER INPUT/FAULT N01 SELECTABLE	CONTROL SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C15	SPARE	-	-	-	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C16	SPARE	IGN	-	-	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C17	START DROBT N1	CONTROLLED STARTUP	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C18	START DROBT N1	CONTROLLED STARTUP	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C19	START INHIBIT N2	CONTROLLED STARTUP	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C20	START INHIBIT N2	CONTROLLED STARTUP	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C21	START INHIBIT N3	CONTROLLED STARTUP	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C22	START INHIBIT N3	CONTROLLED STARTUP	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C23	SPARE	-	-	-	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C24	SPARE	IGN	-	-	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C25	FAULT RESET	SYSTEM RESET	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C26	FAULT RESET	SYSTEM RESET	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C27	REMOTE START	START-UP FUNCTION	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C28	REMOTE START	START-UP FUNCTION	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C29	FIRST START ARBITRATION	START-UP SEQUENCE	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C30	FIRST START ARBITRATION	START-UP SEQUENCE	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C31	START SYSTEM TRIP WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C32	START SYSTEM TRIP WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C33	START TYPE	EMERGENCY START SELECTION	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C34	START TYPE	EMERGENCY START SELECTION	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C35	ISERATE AUTO-ISOLATION	CONTROLLED LOAD SHARE	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C36	ISERATE AUTO-ISOLATION	CONTROLLED LOAD SHARE	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C37	UTILITY CIRCUIT BREAKER POSITION (A)	LOAD SHARED - RESET 3N PARALLEL WITH UTILITY	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C38	UTILITY CIRCUIT BREAKER POSITION (A)	LOAD SHARED - RESET 3N PARALLEL WITH UTILITY	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C39	UTILITY CIRCUIT BREAKER TRIPPED	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C40	UTILITY CIRCUIT BREAKER TRIPPED	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C41	UTILITY CIRCUIT BREAKER CLOSE (TD) DROBT	CIRCUIT BREAKER CONTROL	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C42	UTILITY CIRCUIT BREAKER CLOSE (TD) DROBT	CIRCUIT BREAKER CONTROL	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C43	GENSET CIRCUIT BREAKER POSITION (A)	GENSET CB POSITION CONFIRMATION	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C44	GENSET CIRCUIT BREAKER POSITION (A)	GENSET CB POSITION CONFIRMATION	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C45	GENSET CIRCUIT BREAKER TRIPPED	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C46	GENSET CIRCUIT BREAKER TRIPPED	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C47	GENSET CIRCUIT BREAKER CLOSE (TD) INHIBIT	CIRCUIT BREAKER CONTROL	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C48	GENSET CIRCUIT BREAKER CLOSE (TD) INHIBIT	CIRCUIT BREAKER CONTROL	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C49	UTILITY SWALE VERIFY	SINGLE/MULTIPLE GENSET SELECTION	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C50	UTILITY SINGLE VERIFY	SINGLE/MULTIPLE GENSET SELECTION	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C51	SYNCHRONIZER ENABLE	ENABLE PCS SYNCHRONIZER (E) HAZD RETURN PLTE H02A	< 25mA	LINK TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C52	SYNCHRONIZER ENABLE	ENABLE PCS SYNCHRONIZER (E) HAZD RETURN PLTE H02A	< 25mA		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C53	LOAD DEMAND STOP	CONTROLLED SHUTDOWN	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C54	LOAD DEMAND STOP	CONTROLLED SHUTDOWN	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C55	RAMP LOAD/UNLOAD	LOAD CONTROL	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C56	RAMP LOAD/UNLOAD	LOAD CONTROL	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C57	TRANSFER IN-HOT	POWER TRANSFER CONTROL	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C58	TRANSFER IN-HOT	POWER TRANSFER CONTROL	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C59	RE-TRANSFER DROBT	POWER TRANSFER CONTROL	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C60	RE-TRANSFER DROBT	POWER TRANSFER CONTROL	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C61	EARTH FAULT SHUTDOWN	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C62	EARTH FAULT SHUTDOWN	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C63	DIFFERENTIAL FAULT SHUTDOWN	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C64	DIFFERENTIAL FAULT SHUTDOWN	SHUTDOWN FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C65	SPARE	-	-	-	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C66	SPARE	IGN	-	-	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C67	LUBE OIL TANK LEVEL WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C68	LUBE OIL TANK LEVEL WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C69	HT COOLANT LEVEL WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C70	HT COOLANT LEVEL WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C71	LT COOLANT LEVEL WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED	CLASS '4' CONTACT CLOSE TO ACTIVATE	0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20
C72	LT COOLANT LEVEL WARNING	WARNING FAULT	24Vdc, BA, FUSED		0.5sqin	3.6sqmm IAWG 20

Figura N°44 – Conexión en GIB

Ficha Técnica del C2000N6

Después del conexionado, se realizó la puesta en marcha, el encendido del Generador, medición de valores de salida y la medición de flujo en el interior.

3.3.1 Datos de la puesta en marcha

Voltaje: 1. 379 voltios

2. 382 voltios

3. 381 voltios

Frecuencia: 58.90 Hz

Amperaje: Fase 1. 0 amperios

Fase 2. 0 amperios

Fase 3. 0 amperios

Potencia: 0 KW

Potencia Reactiva: 0 kva

Potencia Aparente: 0 KVA

Factor de Potencia: 0.8

Carga: 0 vacío.

Temperatura:

T. motor: 55°C

3.3.2 Datos de la prueba de flujo

Se realizó la medición de Flujo de aire, tanto en el interior como en el exterior del contenedor, llegando a la conclusión de que el flujo de trabajo es el normal, establecido en el manual de Instalación.

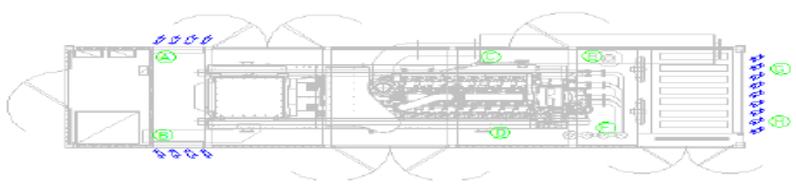
CASAL			
PROTOCOLO DE PRUEBAS			
1. DATOS			
Equipo: Contenedor 40 pies	Obra: Kimberly Clark		
Cliente: Cummins Peru SAC	Fecha:		
Tipo prueba: Medicion de Flujo de Aire			
2. MUESTRAS (Ver plano de referencia)			
	VALOR		VALOR
Punto A	5,3 m/s	Punto E	3 m/s
Punto B	5,5 m/s	Punto F	3,2 m/s
Punto C	3,5 m/s	Punto G	14 m/s
Punto D	3,2 m/s	Punto H	14 m/s
3. REFERENCIAS			
			
4. EQUIPO UTILIZADO			
Tipo:	Anemometro Digital		
Marca:	MASTERCool		
Modelo:	52236		
Rango:	0,4 a 25,0 m/s		
5. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES			
Elaborador por			
Original firmado		Revisado por	
Paul Leon		Fernando Almenara / Juan Almenara	

Imagen propia.

CONCLUSIONES

Se concluye que la implementación de un sistema de respaldo con un grupo electrógeno de 2000 KW satisface el consumo de energía del área de producción de la planta de Kimberly Clark y satisface la problemática de la ausencia del suministro público.

Considerando los códigos, normas, parámetros y plan de mantenimiento preventivo establecidos por el fabricante y el instalador, nos da la confiabilidad de un desempeño continuo y efectivo en área de producción salvaguardando la integridad humana.

BIBLIOGRAFIA

- Manual de Instalación de Grupo electrógeno CRAM PSC SA. Argentina.
- Manuel de Instalación de C2000 N6 CUMMINS edición 6-2012
- National Electrical CODE, NEC 2005 edición 2005
- <http://www.luzplantas.com/historia-del-generator-electrico-parte-i/>
- WOODWARD Installation and Operation manual EGCP-2 Engine Generator (revision B) 2002
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/engrase-motor.htm>
- RAMIIREZ VASQUEZ jose. Máquina de corriente Alterna. Enciclopedia CEAC de electricidad. Cuarta edición. Ediciones CEAC SA España 1982.
- <http://es.slideshare.net/Cesar2705/dimensionamiento-del-grupo-electrogeno>

ANEXOS:

Planos de generador C2000 N6

Planos de los accesorios del generador.

Plano de detalle de fijación

