



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN GRUPO ELECTRÓGENO A GAS NATURAL DE 2000 kW EN LA PLANTA SANTA CLARA DE LA EMPRESA KIMBERLY CLARK PARA DISMINUIR LOS COSTOS EN CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Bach. Enrique Jerson Juarez Vargas

**Asesor:**

Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera

Lima – Perú

2016

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación.....	2
1.2.1. <i>Objetivo General</i> .....	3
1.2.1.1. <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1. Consideraciones para la ubicación .....	4
2.2. Sistema de ventilación .....	6
2.2.1. <i>Requerimientos</i> .....	7
2.2.2. <i>Determinando los requerimientos del Flujo de Aire</i> .....	7
2.2.2.1. <i>Determinar el calor emitido al cuarto por el grupo electrógeno</i> .....	7
2.2.2.2. <i>Determinar el calor emitido al cuarto por el silenciador y la tubería de escape</i> .....	8
2.2.2.3. <i>Determinar el calor emitido al cuarto por otras fuentes de calor</i> .....	9
2.2.2.4. <i>Calcular el Calor Total Emitido al Cuarto de Todas las Fuentes</i> .....	9
2.2.2.5. <i>Determinar la Máxima Elevación de Temperatura Aceptable del Cuarto</i> .....	10
2.2.2.6. <i>Determinar el Flujo de Aire Requerido para la Combustión</i> .....	11
2.2.2.7. <i>Determinar el Flujo de Aire Requerido por el Alternador</i> .....	11
2.2.2.8. <i>Calcular el flujo de Aire Total Requerido a través del Cuarto del Grupo Electrónico</i> .....	11
2.2.3. <i>Calculando el Área de Flujo Efectiva de Entrada/Salida</i> .....	12
2.3. Sistema de enfriamiento .....	12
2.3.1. <i>Requerimientos</i> .....	13
2.3.2. <i>Tipos de Sistemas de Enfriamiento</i> .....	13
2.3.3. <i>Sistemas de Enfriamiento Suministrados de Planta</i> .....	14
2.3.4. <i>Radiador montado en el Conjunto</i> .....	15
2.3.5. <i>Radiador Remoto</i> .....	15

2.3.6.	Refrigerante .....	16
2.4.	Sistema de combustible (Gas Natural) .....	17
2.4.1.	Gas Natural.....	17
2.4.2.	Gas Natural de línea.....	18
2.4.3.	Análisis del Combustible.....	18
2.5.	Sistema de escape.....	19
2.5.1.	Cálculos para el sistema de escape.....	21
2.6.	Cimentación, Montaje y Asilamiento de Vibración.....	21
2.6.1.	Piso de Concreto .....	22
2.6.2.	Cimentación de Aislamiento de la Vibración .....	23
2.6.3.	Aisladores de Vibración.....	24
2.7.	Ruido y su tratamiento .....	26
2.7.1.	Ruido del Grupo Electrónico .....	27
2.7.2.	Reducir el Ruido Transmitido por la Estructura.....	28
2.7.3.	Reducir el Ruido del Aire.....	28
2.7.4.	Casetas Atenuadoras de Sonido.....	29
2.7.5.	Desempeño del Silenciador de Escape.....	29
2.8.	Diseño Eléctrico .....	29
2.8.1.	Lineamientos Generales.....	30
2.8.2.	Sistemas de Bajo Voltaje.....	31
2.8.3.	Sistemas de Medio o Alto Voltaje.....	33
2.8.4.	Generadores Sencillos y Paralelos .....	34
2.8.5.	Riesgos de Operación en Paralelo.....	35
2.8.6.	Generador y Servicio público en Paralelo (Carga Base).....	35
2.8.7.	Conductores de Corriente Alterna (CA).....	36
2.8.8.	Aterrizado del equipo.....	36
2.9.	Definición de términos básicos .....	37
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO.....</b>		<b>39</b>
3.1.	Historia .....	40
3.2.	Organización .....	40
3.3.	Información del Proyecto .....	41
3.3.1.	Datos del Grupo Electrónico .....	42
3.4.	Diseño Mecánico de la Instalación .....	43
3.4.1.	Calculando el flujo de aire en la caseta del Generador.....	43
3.4.2.	Sistema de enfriamiento del motor.....	47
3.4.2.1.	Objetivos del sistema de enfriamiento .....	47
3.4.2.2.	Enfriamiento C2000N6C .....	48
3.4.3.	Calculando el sistema de Gas Natural .....	49
3.4.3.1.	Tipo de gas disponible .....	49
3.4.3.2.	Análisis de la Cromatografía del Gas Natural.....	50
3.4.3.3.	Accesorios en la Línea de Gas – Tren de Gas.....	51
3.4.3.4.	Suministro de Gas.....	52
3.4.4.	Contrapresión de escape .....	53
3.4.4.1.	Calculamos la Contrapresión.....	53
3.4.5.	Cimentación.....	57

3.4.5.1.	<i>Losa de Cimentación</i>	57
3.4.5.2.	<i>Calculo de la Losa de Cimentación</i>	57
3.4.5.3.	<i>Trabajo de empresa especializada</i>	58
3.4.5.4.	<i>Aisladores de Vibración (AVM)</i>	60
3.4.6.	<i>Tratamiento del Ruido</i>	61
3.4.6.1.	<i>Caseta Acústica</i>	61
3.4.7.	<i>Diseño Eléctrico</i>	63
3.4.7.1.	<i>Circuitos Auxiliares</i>	65
3.4.8.	<i>Misceláneos</i>	66
3.4.9.	<i>Cronograma de instalación</i>	67
3.4.10.	<i>Costos de Instalación</i>	68
3.4.11.	<i>Costos de operación</i>	68
3.4.12.	<i>Ahorro en la Generación Eléctrica</i>	69
<b>CAPÍTULO 4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>70</b>
4.1.	Sistemas periféricos del grupo electrógeno	70
4.2.	Costos de instalación	72
4.3.	Costos operativos	72
4.4.	Ahorro en Energía Eléctrica	72
<b>CAPÍTULO 5.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>73</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>74</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>75</b>
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>76</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1-1 Etapas del Proyecto.....	2
Tabla n.º 2-1 Calor Estimado Irrradiado de Tubería de Escape y Silenciadores .....	9
Tabla n.º 2-2 Propiedades de Mezcla de Anticongelante .....	17
Tabla n.º 2-3 Porcentajes máximos permisibles de los Gases Constituyentes antes de disminuir la Potencia de Motores Turbocargados .....	19
Tabla n.º 3-1 Dimensión de Tubo de Hierro Cédula 40 para Gas Natural.....	52
Tabla n.º 3-2 Área de aberturas transversales.....	54
Tabla n.º 3-3 Longitudes equivalentes de conexiones de Tubo en Pies (Metros) .....	55
Tabla n.º 3-4 Contrapresión Total de todos los componentes .....	56
Tabla n.º 3-5 Peso y Medida de Componentes.....	58
Tabla n.º 3-6 Resultado de medición de Ruido.....	62
Tabla n.º 3-7 Costo de kW/h por instalación y mantenimiento.....	68
Tabla n.º 3-8 Costo de kW/h por consumo de gas.....	68
Tabla n.º 3-9 Costo de kW/h concesionario .....	69
Tabla n.º 3-10 Ahorro en Generación Eléctrica.....	69
Tabla n.º 4-1 Ahorro en Generación Eléctrica.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Instalación típica en interior de un Grupo Electrónico.....	6
Figura 2-2 Calor Emitido al cuarto por el Grupo Electrónico (QGS).....	8
Figura 2-3 Calor Emitido al cuarto por el silenciador y la tubería de escape.....	8
Figura 2-4 Temperaturas del cuarto y el ambiente máximas aceptables .....	10
Figura 2-5 Balance de calor de Grupo Electrónico típico .....	13
Figura 2-6 2P2L Flujo de Refrigerante con Termostato Cerrado.....	14
Figura 2-7 Radiador montado en Patín suministrado en Planta .....	15
Figura 2-8 Radiadores Remotos .....	16
Figura 2-9 Sistema de Escape Típico con Aislamiento térmico.....	20
Figura 2-10 Medida Anti-Vibración para un Grupo Electrónico – Manguera Flexible .....	22
Figura 2-11 Cimentación Típica de Asilamiento de la vibración .....	23
Figura 2-12 Aislador Típico de Resorte de Acero .....	25
Figura 2-13 Generador montado en Aisladores de Vibración Tipo Resorte .....	25
Figura 2-14 Niveles Típicos de Ruido .....	26
Figura 2-15 Diagrama unifilar típico de Distribución Eléctrica .....	30
Figura 2-16 Conjunto Generador con Cargas Comunes .....	31
Figura 2-17 Conjuntos Generadores Múltiples con Cargas Comunes .....	32
Figura 2-18 Aplicación Standby de Conjunto Generador Sencillo.....	32
Figura 2-19 Sistema de Generador MV/HV Sencillo para Potencia Primaria.....	33
Figura 2-20 Generadores en Paralelo.....	34
Figura 3-1 Organigrama Product Support Group (PSG) Distribuidora Cummins Perú .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura 3-2 Grupo Electrónico C2000N6C Cummins Power Generation.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-3 Diseño de Tubo de Escape .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-4 Disposición de ventanas de ingreso de aire .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-5 Imagen real de las ventanas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-6 Circuitos LT y HT motor QSV91 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-7 Bomba de Refrigerante motor QSV91.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-8 Radiador Remoto del sistema de refrigeración .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-9 Número de Metano Gas Natural de Línea - Kimberly Clark.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura 3-10 Tren de Gas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-11 Tubería de Gas Natural .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-12 Contrapresión de los gases de escape del silenciador vs. Velocidad de los Gases .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-13 Contrapresión de Escape en Diámetros de Tubo en Pulgadas (mm).....	56

Figura 3-14 Losa de Cimentación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-15 Losa de Cimentación - Vista Superior .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-16 Losa de Cimentación - Imagen Real .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-17 Disposición de Aisladores de Vibración.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-18 Disposición Final de los AVM .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-19 Puntos de medición de Ruido .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-20 Revestimiento con Lana de Roca y Plancha Perforada .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-21 Conductor libre de Halógeno .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-22 Canaleta de cables fuera del contenedor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-23 Interruptor principal ABB de 4000 A. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-24 Carga de Circuitos Auxiliares .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-25 Tanque de reposición de aceite.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-26 Sistema Contraincendios .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3-27 Costos de Instalación.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 4-1 Reporte de comisionamiento .....	70

## RESUMEN

Actualmente todas las empresas, sin excepción, buscan la manera de disminuir sus costos operativos, uno de los puntos clave para este fin es buscar fuentes de energía alternativas y confiables.

En la mayoría de procesos productivos, por no decir todos, la energía eléctrica es la fuente de energía que está presente de manera directa o indirecta para el funcionamiento de maquinarias y equipos, sea cual fuese el origen de la industria.

Por consiguiente, tener una fuente de energía alternativa se ha convertido en uno de los objetivos principales de las empresas, siendo Kimberly Clark una de estas empresas. Entonces surge la interrogante ¿de qué manera podemos mejorar los costos de la energía eléctrica?

Dentro de las alternativas con las que contamos actualmente, tenemos los grupos electrógenos que funcionan con motores de combustión interna con combustibles alternativos gaseosos, siendo estos altamente solicitados por su actual disponibilidad, precio y que son menos contaminantes que los combustibles líquidos, de los que se cuentan, el Gas Natural, GLP, Gas de digestor, por mencionar algunos.

Teniendo esta necesidad, la empresa Kimberly Clark optó por la adquisición de un grupo electrógeno de 2000kW a Gas Natural de la marca "Cummins Power Generation".

La intención del presente trabajo es brindar los lineamientos fundamentales para la instalación de un Grupo Electrónico basados en las recomendaciones del fabricante y bajo la normativa legal del país para que el equipo pueda operar de manera óptima en la puesta en servicio y durante toda su vida útil.

Todas las etapas del proyecto son: Diseño, Instalación, Pre-Comisionamiento, Comisionamiento, Puesta en Marcha, Operación y Mantenimiento. En este trabajo solo se detallará la etapa de Diseño de Instalación.

Finalmente, se pudo determinar que el costo operativo de generar electricidad con un Grupo Electrónico a Gas Natural es más barato que consumir del concesionario local.



## ABSTRACT

Currently all companies, without exception, are looking for ways to reduce their operating costs, one of the key points for this purpose is to look for alternative and reliable sources of energy.

In most production processes, not to mention all, electric energy is the source of energy that is present directly or indirectly for the operation of machinery and equipment, whatever the origin of the industry.

Therefore, having an alternative energy source has become one of the main objectives of the companies, being Kimberly Clark one of these companies. Then the question arises: how can we improve the costs of electricity?

Among the alternatives, we currently have, we have the generators that run on internal combustion engines with gaseous alternative fuels, which are highly requested for their current availability, price and are less polluting than liquid fuels, which are Natural Gas, LPG, Digester Gas, to mention a few. Having this need, the Kimberly Clark Company opted for the acquisition of a 2000kW generator set to Gas Natural of the "Cummins Power Generation" brand.

The intention of the present work is to provide the fundamental guidelines for the installation of a Generator Set based on the manufacturer's recommendations and under the legal regulations of the country so that the equipment can operate in an optimal way in the commissioning and throughout its useful life.

All stages of the project are: Design, Installation, Pre-Commissioning, Commissioning, Commissioning, Operation and Maintenance. In this work, only the stage of Installation Design will be detailed.

Finally, it was possible to determine that the operating cost of generating electricity with a Natural Gas Generating Group is cheaper than consuming from the local concessionaire.

**Nota de acceso:**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.**

## REFERENCIAS

- Delgado Leiva, E. (1979). *Sistemas Eléctrico de Emergencia* (Tesis pre Grado) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Pozo Cruz, L. (2012). *Captación y tratamiento del gas asociado al petróleo de los campos: Cuyabeno-Sansahuari, y VHR para su utilización como combustible en el sistema de generación eléctrica* (Tesis de Maestría) Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Cummins Power Generation (2010). *Manual de Aplicación Conjuntos Generadores enfriados con Líquido*, USA: CPG.
- Cummins Power Generation (2012). *Manual de Aplicación Paralelismo*, USA: CPG.
- Zermino, F. (28 de noviembre de 2014). *Ruido-Daño a la Salud de los trabajadores*. En Blog: Tu Seguridad en el Trabajo. Recuperado de <https://tuseguridadeneltrabajo.blogspot.com/2014/11/higiene-en-el-trabajo-ruido.html>
- Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (2009). *Soluciones de Aislamiento Acústico*. Madrid. Andimat.
- Decreto Supremo N° 085-2003 – PCM. *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad para Ruido* (octubre 24, 2003). Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2014/07/D.S.-N%C2%B0-085-2003-PCM-Reglamento-de-Est%C3%A1ndares-Nacionales-de-Calidad-Ambiental-para-Ruido.pdf>
- Resolución Ministerial N° 175-2008 – MEM/DM. Código Nacional de Electricidad – Utilización (abril 11, 2008). Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/rm175-2008.pdf>
- Aumentan las reservas probadas de gas natural en Camisea. (16 de noviembre de 2016). Gestión. Recuperado de <http://gestion.pe/noticia/299258/aumentan-reservas-probadas-gas-natural-camisea>
- AVL LIST GmbH. (2000). *AVL methane* (Versión 3.2) [software de computo]. Hans-List-Platz 1 Graz, Austria.