



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

**INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS  
PARÁMETROS PRINCIPALES QUE SE APLICAN EN EL  
FUNCIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA  
ELECTRÓGENA, ASÍ COMO SU MANTENIMIENTO PRINCIPAL  
Y GUÍA DE SEGURIDAD PARA SU USO**

**Ismael de Jesús Miranda Mancilla**  
**Asesorado por: Ing. Oscar Horacio Licardie Chang**

**Guatemala, noviembre de 2008**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS  
PARÁMETROS PRINCIPALES QUE SE APLICAN EN EL  
FUNCIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA  
ELECTRÓGENA, ASÍ COMO SU MANTENIMIENTO PRINCIPAL  
Y GUÍA DE SEGURIDAD PARA SU USO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ISMAEL DE JESÚS MIRANDA MANCILLA**  
ASESORADO POR EL ING. OSCAR HORACIO LICARDIE CHANG

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas



**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS  
PARÁMETROS PRINCIPALES QUE SE APLICAN EN EL  
FUNCIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA  
ELECTRÓGENA, ASÍ COMO SU MANTENIMIENTO PRINCIPAL  
Y GUÍA DE SEGURIDAD PARA SU USO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica , con fecha 05 de mayo de 2006.

Ismael de Jesús Miranda Mancilla



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por ser el creador de todo lo que tenemos y por darme la bendición de cumplir las metas que me he propuesto.

### **MIS PADRES**

Especialmente a Rosa Mariela Mancilla, que Dios la bendiga, por su esfuerzo, dedicación, ejemplo y por brindarme el apoyo para lograr este éxito.

### **MIS FAMILIARES**

Por el tiempo que he compartido con ellos, así como los consejos y el cariño recibido especialmente a Margarita Beltetón, Efraín Mancilla, Manuela Marroquín y Faustino Miranda †.

### **MI ASESOR**

Por compartir sus conocimientos desinteresadamente.

### **MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**

Por que sé que puedo contar con ellos en cualquier momento.

### **LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

Por formar mi conocimiento en sus aulas y llevar un sueño a la realidad.

### **LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELECTRICA**

Por brindarme la oportunidad y permitirme ser un profesional mas.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Ing. Oscar Horacio Licardie Chang**

Por su apoyo y por compartir desinteresadamente sus valiosos conocimientos, en la realización del presente trabajo de graduación.

**Ing. Guillermo Bedoya Barrios**

Por su apoyo, autorización y excelente supervisión en la realización del presente trabajo de graduación.

**Al personal de la empresa GENTRAC**

Por la colaboración para realizar este trabajo y su valioso conocimiento técnico.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XVII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXI</b>
<b>1. FASE DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Tecnologías utilizadas por la empresa	1
1.1.1. Análisis y diagnósticos	1
1.1.1.1. Análisis de desgaste	2
1.1.1.2. Pruebas químicas y físicas	3
1.1.1.3. Análisis de las condiciones del aceite	3
1.1.2. Equipo especial para mediciones	4
1.1.2.1. Pruebas de aislamiento	5
1.1.3. Equipo para transportar maquinaria	6
<b>2. CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL FUNCIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE UN EQUIPO ELECTRÓGENO</b>	<b>7</b>
2.1. Funcionamiento	7
2.1.1. Descripción general	9
2.1.1.1. Motor diesel	10
2.1.1.2. Sistema eléctrico del motor	11
2.1.1.3. Sistema de refrigeración	11
2.1.1.4. Alternador	12
2.1.1.5. Depósito de combustible y bastidor	12

2.1.1.6.	Aislante de la vibración	13
2.1.1.7.	Silenciador y sistema de escape	13
2.1.1.8.	Sistema de control de identificación	14
2.1.1.9.	Interruptor automático de salida	14
2.2.	Instalación	15
2.2.1.	Emplazamiento	16
2.2.2.	Cimientos y aislamiento de la vibración	17
2.3.	Ruido	18
2.3.1.	Ondas sonoras	18
2.3.2.	Control de ruido	19
2.3.2.1.	Ruido mecánico	19
2.3.3.	Ruido de admisión	20
2.3.4.	Ruido de escape	20
2.4.	Sistema de admisión de aire	20
2.4.1.	Filtros de aire	21
2.4.2.	Prefiltros	21
2.4.3.	Canalización	22
2.5.	Sistema de escape	23
2.5.1.	Múltiple	23
2.5.2.	Tubería	24
2.5.3.	Contrapresión de escape	25
2.5.4.	Conexiones libres	26
2.5.5.	Limpieza	26
2.6.	Ventilación	27
2.7.	Enfriamiento	30
2.7.1.	Consideración del motor	30
2.7.2.	Sistema de enfriamiento	33
2.7.3.	Tipos de enfriamiento	34
2.7.3.1.	Radiador	34

2.7.3.2. Ventilador de radiador	35
2.8. Sistema de combustible	36
2.8.1. Almacenamiento a granel	36
2.9. Selección de combustible	38
2.9.1. Requisitos del motor	38
2.10. Sistema de arranque	40
2.10.1. Eléctrico	40
2.10.1.1. Baterías	40
2.10.1.2. Cargador de baterías	42
2.10.1.3. Tamaño de los cables	42
2.10.2. Arranque neumático	44
2.10.3. Arranque y parada automática	45
2.10.3.1. Arranque a los diez segundos	46
2.10.4. Auxiliar de arranque	46
2.10.4.1. Calentadores del agua de la camisa	46
2.10.4.2. Arranque de llama	47
2.10.4.3. Éter	47
2.10.4.4. Calentadores de aceite	47
2.10.5. Consideraciones de altitud, temperatura y humedad	47
2.11. Sistemas contra incendios	49
2.11.1. Inspección, mantenimiento y pruebas con NPFA 25	49
2.11.2. Pruebas de aceptación de sistemas contra incendio	50
2.11.3. Prueba periódica de sistemas contra incendios	51
<b>3. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	<b>53</b>
3.1. Criterios del grupo electrógeno en función de la carga	53
3.2. Dimensiones del grupo electrógeno	53
3.2.1. Potencia y Factor de Potencia	54
3.2.2. Requisitos de carga en kw y kVA	57

3.2.2.1.	Generadores en función del tamaño del motor	57
3.2.2.2.	Tamaño y selección del motor	58
3.2.2.3.	Factor de carga del motor o grupo electrógeno	58
3.2.2.4.	Tamaño y selección del generador	59
3.3.	Consideraciones de los equipos	59
3.3.1.	Motores	59
3.3.1.1.	Jaula de ardilla	60
3.3.1.2.	Rotor devanado (Anillo colector)	61
3.3.1.3.	Síncronos	61
3.3.1.4.	Motores de corriente continua	61
3.3.1.5.	Sistemas de rectificación controlados por silicona (SCR)	62
3.3.1.6.	Carga de arranque del motor	63
3.3.1.7.	Par motor	64
3.3.1.8.	Par de arranque	65
3.3.1.9.	Par de aceleración	65
3.3.1.10.	Par sincrónico	65
3.3.1.11.	Par máximo	65
3.3.1.12.	Potencia regenerativa	65
3.3.1.13.	Voltaje de arranque del motor	66
3.4.	Técnicas de arranque	67
3.4.1.	Arranque a voltaje máximo	67
3.4.2.	Arranque a voltaje reducido	68
3.4.3.	Autotransformador – abierto	68
3.4.4.	Autotransformador – cerrado	69
3.4.5.	Reactor - resistor	70
3.4.6.	Devanado parcial	70
3.4.7.	Estrella triángulo	70
3.4.8.	Estado sólido	70
3.4.9.	Iluminación	71

3.4.10. Transformadores	72
3.5. Consideraciones de aplicación	72
3.5.1. Grupos electrógenos múltiples	72
3.5.2. Funcionamiento en paralelo	73
3.5.3. Compensación del regulador	74
3.5.4. Cargas de equilibrio en las fases disponibles	75
3.6. Grupo electrógeno de reserva	75
3.7. Regulador	76
3.8. Configuración de fases	77
3.9. Amperios nominales	79
3.10. Números de polos / velocidad Sincrónica	79
<b>4. CARACTERÍSTICAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>81</b>
4.1. Descripción general	81
4.1.1. Construcción / componentes principales	81
4.1.2. Método de operación del alternador	82
4.2. Corriente de falla	82
4.3. Grupos electrógenos de un solo cojinete	84
4.3.1. Consideraciones de diseño NEMA-IEC	84
4.3.2. Consideraciones NEMA aumento de temperatura	85
4.3.3. Sobrecarga máxima momentánea	85
4.3.4. Factor de desviación máxima	86
4.3.5. Factor de influencia telefónica TIF	86
4.3.6. Requisitos de corto circuito	87
4.3.7. Exceso de velocidad	87
4.3.8. Contenidos de armónicas	87
4.3.9. Equipo de conmutación	91
4.3.10. Arranque – parada	91
4.3.11. Panel de arranque	91

4.3.12.	Dispositivos de parada	92
4.3.13.	Tipos de paneles de control	92
4.3.14.	Fusibles disyuntores	93
4.3.15.	Criterios de selección	94
<b>5.</b>	<b>SECCIÓN DE SEGURIDAD</b>	<b>99</b>
5.1.	Aspectos importantes sobre seguridad	99
5.2.	Seguridad	100
5.2.1.	Etiquetas y avisos de advertencia	100
5.2.2.	Instalación	100
5.2.3.	Generalidades	101
5.2.4.	Accesorios de subida al equipo	104
5.2.4.1.	Preparativos para el remolque	104
5.2.4.2.	Aparcamiento	105
5.2.4.3.	Almacenaje	106
5.2.5.	Prevención de incendios o explosiones	106
5.2.6.	Prevencciones de descargas eléctricas	110
5.2.7.	Prevención de quemaduras	112
5.2.8.	Preparativos para el arranque	113
5.2.8.1.	Arranque	113
5.2.9.	Parada	116
<b>6.</b>	<b>SECCIÓN DE MANTENIMIENTO Y CORRECCIÓN DE FALLAS</b>	<b>119</b>
6.1.	Mantenimiento correctivo	119
6.1.1.	Correctivo contingente	119
6.1.2.	Correctivo programable	120
6.2.	Mantenimiento preventivo	120
6.2.1.	Mantenimiento predictivo	120
6.2.2.	Mantenimiento periódico	121

6.2.3. Mantenimiento analítico	121
6.2.4. Mantenimiento progresivo	121
6.2.5. Mantenimiento técnico	122
6.3. Mantenimiento general del equipo	122
6.3.1. Mantenimiento preventivo del equipo	124
6.3.1.1. Diariamente o en cada puesta en marcha	124
6.3.1.2. Cada dos semanas	124
6.3.1.3. Cada mes	125
6.3.1.4. Cada seis meses o 250 horas	125
6.3.1.5. Mantenimiento preventivo del alternador	125
6.4. Mantenimiento del alternador	126
6.4.1. Desmontaje del alternador	126
6.5. Mantenimiento del motor	128
6.5.1. Descripción general	128
6.5.1.1. Sistema de refrigeración	128
6.5.1.2. Regulación del motor	128
6.5.1.3. Sistema de combustible	129
6.5.1.4. Sistema de escape	129
6.5.1.5. Válvula mariposa de aire	129
6.5.1.6. Radiador	130
6.5.1.7. Limpieza exterior	131
6.5.1.8. Limpieza interior	131
6.5.1.9. Desmontaje del motor	132
6.6. Tipos de fallas más comunes y soluciones	133
6.7. Práctica de mantenimiento	144
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>151</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>153</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>155</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>157</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Toma de muestra de aceite	1
2.	Análisis de una muestra de aceite mediante un espectrómetro de absorción atómica.	2
3.	Prueba de chisporroteo	3
4.	Probador de destello	3
5.	Análisis infrarrojo	4
6.	Prueba con banco de carga	5
7.	Conexión de banco de carga	5
8.	Panel de banco de carga	5
9.	Toma de temperatura	5
10.	Prueba de aislamiento del rotor	6
11.	Prueba de aislamiento del estator	6
12.	Transporte de un grupo electrógeno	6
13.	Onda trifásica de corriente alterna	8
14.	Proceso de conversión de energía	9
15.	Placa de datos	10
16.	Vista de motor diesel 1	10
17.	Vista de motor diesel 2	10
18.	Motor de arranque	11
19.	Conexión de baterías	11
20.	Cargador de baterías	11
21.	Radiador	11

22.	Alternador vista 1	12
23.	Alternador vista 2	12
24.	Almacenamiento de combustible	12
25.	Aislador para el movimiento	13
26.	Silenciador y sistema de escape	13
27.	Diversos tipos de paneles de control	14
28.	Interruptor automático de salida	14
29.	Vista de un grupo electrógeno	15
30.	Sala de máquinas	18
31.	Ventilación	18
32.	Diagrama de transferencia	18
33.	Detalle interno 1	18
34.	Detalle interno 2	18
35.	Filtro de aire	21
36.	Prefiltro de aire	22
37.	Tabla para selección del conductor	43
38.	Curva de carga mensual en kW mostrando una variación entre estaciones	54
39.	Prueba de aislamiento	145
40.	Preparación para entrega 1	146
41.	Preparación para entrega 2	146
42.	Mantenimiento de alternador	147
43.	Grupo electrógeno Desacoplado del estribo	147
44.	Panel de Control	146
45.	Mantenimiento del motor	148
46.	Equipo para medir compresiones del motor	148
47.	Vista final del grupo electrógeno reparado	148

## TABLAS

I. Relación, distancia vrs intensidad del sonido	18
II. Criterios de ruido para zonas típicas	19
III. Temperatura en función de la potencia	41
IV. Factor de Potencia de cargas típicas de C.A.	56
V. Diseños de motores, según NEMA	60
VI. Relación, temperatura ambiente vrs reducción del aumento de temperatura en °C	85
VII. Factor de influencia telefónica	86
VIII. Cuadro de cargas Eléctricas	96



## GLOSARIO

<b>Anillos rozantes</b>	Son anillos metálicos que circundan el eje de la máquina pero se encuentran aislados de él.
<b>A P I</b>	Asociación Internacional de Petróleos.
<b>A S M E</b>	Sociedad Americana para Ingenieros Mecánicos.
<b>A S T M</b>	Asociación de Estándares de Mediciones y Pruebas.
<b>Bastidor.</b>	Armazón de madera o metal que sirve de soporte otros elementos, armazón que soporta una maquinaria, un automóvil, entre otros.
<b>C A</b>	Corriente Alterna.
<b>Cavitación</b>	Efecto producido por la hélice cuando gira a una velocidad excesiva, dando lugar a la formación de burbujas de aire en la cara activa de la hélice que producen vibraciones, pérdida de velocidad y corrosiones.
<b>C C</b>	Corriente Continua.
<b>Coquización</b>	Paso de la metalurgia. Es combustible luego reductor del mineral. (Es un carbón mineral).
<b>dB</b>	Decibeles medida para la audición. .

<b>D I N</b>	Instituto de Normas Alemanas.
<b>Escobilla</b>	Es un bloque de un compuesto de carbón grafitado que conduce la electricidad libremente y que tiene muy baja fricción para no desgastarse con el anillo rozante.
<b>Espectrofotómetro / absorción atómica.</b>	Equipo para controlar la proporción de desgaste de un componente determinado identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite.
<b>F S C</b>	Solenoides de Control de Combustible.
<b>Fuelle de escape</b>	Accesorio que se encuentran al final del turbocompresor.
<b>Grupo electrógeno</b>	Es llamado así al conjunto de: un motor mecánico accionado por combustible, acoplado por unos discos flexibles a un alternador para producir energía eléctrica.
<b>Guardas</b>	Accesorios de máquinas, las cuales están diseñadas para proteger cables, equipos, sistemas eléctricos etc.
<b>Hz</b>	Hertz o Hertzio, medida para la frecuencia.
<b>IEC</b>	Comisión Electrónica Internacional.
<b>kPa</b>	Kilo Pascales, medida de presión.
<b>kVA</b>	Kilo Voltio Amperios, medida para la potencia Aparente.
<b>kW</b>	Kilo Watts, medida para la potencia real.

<b>Lastre</b>	Material pesado como hierro o piedras que se coloca sobre el fondo del buque para mantener la estabilidad.
<b>Manguitos protectores</b>	Son aislantes de temperaturas puede utilizarse en los cables de los devanados o en paredes para proteger una salida de aire.
<b>M S H A</b>	Agencia de Seguridad e Higiene en las Minas.
<b>N E M A</b>	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.
<b>N T B</b>	Número Total de Base.
<b>Orejetas de izar</b>	Son accesorios los cuales están diseñados para soportar el peso de un equipo al momento de levantarlo.
<b>P C I</b>	Placa de Circuito Impreso.
<b>S C R</b>	Rectificador Controlado por Silicona.
<b>Sinergia:</b>	Es la integración de elementos que da como resultado algo más grande que la simple suma de éstos, es decir, cuando dos o más elementos se unen sinérgicamente crean un resultado que aprovecha y maximiza las cualidades de cada uno de los elementos.



## RESUMEN

El funcionamiento de los grupos electrógenos es importante para lograr un funcionamiento continuo de la energía eléctrica en lugares que se pueda presentar alguna anomalía con el servicio correspondiente. A continuación presentamos los aspectos más relevantes del proyecto: Mantener el alineamiento entre el motor y el generador para evitar daños, debido a la vibración, se recomienda instalar conexiones flexibles cerca de la salida de escape del motor, también es importante, aislar del motor el peso de las tuberías del escape.

En cuanto a la ventilación debemos considerar: que siempre se debe disponer de aire frío para el filtro de aire del motor, expulsar el aire introducido en el sistema por llenado, fugas y combustión del motor. La presencia de aire en el sistema causa dificultades en el arranque y la marcha irregular del motor.

Este equipo tiene dos tipos de sistema de arranque, *Neumático* y *Eléctrico*. El aceite de lubricación pesado impone la máxima carga en el motor de arranque. Los generadores influyen en el comportamiento del motor, pero principalmente son los responsables de convertir la energía del motor en (kVA). Normalmente los grupos electrógenos se suministran con un generador que corresponde a la capacidad de potencia del motor. Al igual que los motores, los generadores deben cumplir con las demandas de carga. Los motores eléctricos de CA representan cargas inductoras con un factor de potencia en retardo comprendido entre 0.5 y 0.95, dependiendo del tamaño, del tipo y de la carga.

Los motores es la otra parte que conforma este grupo, debemos considerar que necesitan corriente de arranque de dos a ocho veces mayores que la corriente normal. Los motores sincrónicos arrancan como motores de inducción de modo que debe disponerse de una capacidad de sistema suficiente para satisfacer las demandas de corriente de arranque. Los motores, cargados o sin cargar, absorben una corriente varias veces mayor que la corriente nominal a plena carga. Aunque los motores sin cargar producen una elevada corriente de llegada (kVA de arranque) en los generadores durante el arranque, la carga en kW del motor normalmente es pequeña.

Al comparar las corrientes de arranque entre los motores con carga y sin carga se indica que los motores cargados durante un tiempo prolongado precisan una corriente elevada. Las cargas de los motores se establecen para determinar si el generador y el motor tienen los kVA y kW adecuados respectivamente. La carga del motor es el par requerido por la carga. Un motor impulsa el generador que, a su vez suministra corriente al motor que se pretende arrancar.

El motor del grupo electrógeno funciona de forma continua y el aumento súbito de corriente causado al arrancar el motor del equipo se aísla del resto de la carga. El grupo electrógeno debe tener una capacidad de kVA de arranque de motor suficiente para limitar la caída de voltaje.

El regulador del generador debe ser compatible con el grupo de motor / generador. A medida que el motor reduce la velocidad debido a una aplicación súbita de carga, el voltaje se reduce para aliviar carga del motor. Las velocidades, temperaturas y carga del motor son los mejores indicadores de su rendimiento.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Realizar un proyecto en el cual se reúnan los conceptos más importantes para el funcionamiento, reparación y mantenimiento adecuado de un grupo electrógeno; llevando a cabo los siguientes pasos: Investigación, evaluación y recapitulación de los aspectos técnicos utilizados al momento de trabajar con grupos electrógenos.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Enumerar los sistemas, partes y funcionamiento que interactúan en un equipo generador, al momento de ponerse en funcionamiento.
2. Tener con el conocimiento de los componentes de un grupo electrógeno la capacidad para la selección de una planta eléctrica, sabiendo el funcionamiento de sus diversas características.
3. Desarrollar un informe de los tipos de fallas más comunes en los equipos electrógenos, así como los pasos para solucionarlas.
4. Presentar un listado de las normas básicas de seguridad al momento de realizar el servicio, mantenimiento o puesta en marcha de un generador para reducir al máximo daños personales.

5. Elaborar con base a temas que se investigaron, evaluaron y practicaron un documento, en el cual permita tener un acceso fácil y práctico para la investigación posterior de dichos equipos.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación propone a la empresa Corporación General de tractores GENTRAC, un asistente para realizar buenas prácticas al momento de trabajar con grupos electrógenos, por que cuenta con la información necesaria para realizar las diversas pruebas y los aspectos más importantes que se deben tomar en consideración para que el funcionamiento sea adecuado.

El proyecto se desarrolló de la siguiente manera: primero se realizó una investigación del funcionamiento de los equipos generadoras, para familiarizarse con ellos. Luego se aprendió el proceso de preparación para entrega, mantenimiento de alternadores y motores, así como la corrección de fallas dependiendo de las características de cada equipo, las personas que realizan estas tareas deben contar con la capacidad suficiente para realizar estas reparaciones, así como las medidas de precaución adecuadas, herramientas y equipo en buen estado.

La información que se presenta a continuación es de mucha utilidad para los estudiantes de Ingeniería, así como para la empresa GENTRAC, porque contiene los aspectos más importantes y generales del funcionamiento de equipos electrógenos, que están clasificados en la rama de conversión de energía electromecánica.

En la actualidad existen diversidad de modelos para grupos electrógenos, los cuales van cambiado para facilitar su uso y mantenimiento, debido a esta situación fue necesario que el proyecto se realizara mencionando aspectos generales de estos grupos, porque básicamente el principio, mantenimiento y aplicación de normas de seguridad son aplicadas en la mayoría de equipos de generación son las mismas.

El primer capítulo describe aspectos relacionados con la tecnología que utiliza la empresa, equipos especiales para la medición, información técnica. El segundo capítulo hace mención al funcionamiento de los grupos electrógenos así como la guía de instalación de estos. El tercer capítulo está basado en la generación de energía eléctrica y consideraciones del motor para su elección. El cuarto capítulo contiene información acerca de las características de los generadores. El quinto capítulo está enfocado en las normas de seguridad de que se deben saber y practicar en caso de que se presente cualquier tipo de accidente para evitar pérdidas humanas. El sexto y último capítulo presenta, información relacionada con los tipos de mantenimiento existentes, un programa de mantenimiento para grupos electrógenos y una localización de fallas con procedimientos y alternativas para solucionarlas.

También se agregan, imágenes para entender mejor el proyecto así como una serie de anexos en los cuales podemos mencionar: Hoja de datos técnicos para las pruebas de un grupo electrógeno, información económica de servicios, las partes que componen un grupo electrógeno, etc. Espero que esta información sea de mucha utilidad para las personas que necesiten información acerca de equipos Electrógeno.





# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 Tecnologías utilizadas por la empresa

El procedimiento que se realiza para verificar que el funcionamiento de los grupos electrógenos sea el más adecuado y garantice el trabajo, tiene varias pruebas de calidad de análisis, tanto en el funcionamiento individual así como el equipo completo, mencionamos dichos procedimientos.

### 1.1.1 Análisis y diagnóstico

*El Análisis Periódico de Aceite* consiste de una serie de pruebas a identificar y medir la contaminación y degradación de una muestra de aceite. Tres son las pruebas básicas.

- Análisis de desgaste.
- Pruebas químicas y físicas.
- Análisis de las condiciones del aceite.

Figura1. Toma de muestra de aceite



### 1.1.1.1 Análisis de desgaste.

El análisis de desgaste se realiza mediante un Espectrofotómetro de Absorción atómica. Esencialmente, la prueba controla la proporción de desgaste de un componente determinado identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite. Basados en datos previos de concentraciones normales, se establecen los límites máximos de elementos de desgaste. Después de haber tomado tres muestras de aceite, se pueden establecer líneas de tendencia de los distintos elementos de desgaste de un motor determinado. A su vez se pueden identificar las posibles fallas cuando las líneas de tendencia se desvían del patrón establecido. El análisis de desgaste se limita a detectar el desgaste de los componentes y la contaminación gradual con tierra. Las fallas debidas a fatiga del componente, pérdida imprevista de tierra, se producen rápidamente para predecir mediante este tipo de prueba.

Figura 2. Análisis de una muestra de aceite mediante un Espectrómetro de Absorción Atómica.



### 1.1.1.2 Pruebas químicas y físicas.

Las pruebas químicas y físicas detectan el agua, el combustible y el anticongelante en el aceite y determinan cuándo su concentración excede los límites establecidos. La presencia y la cantidad aproximada de agua y se detectan mediante *La Prueba de Chisporroteo*. Se coloca una gota de aceite en una plancha caliente a una temperatura controlada de 110° C (230° F).

La aparición de burbujas es una indicación positiva de agua en el aceite (es aceptable una presencia de agua entre el 0.1% al 0.5%). Se determina la presencia de combustible, mediante el probador de destello. Este probador está calibrado para determinar el porcentaje de combustible diluido. La presencia de anticongelante se determina mediante una prueba química. (Cualquier indicación positiva es inaceptable).

Figura 3. Prueba de Chisporroteo.



Figura 4. Probador de destello.



### 1.1.1.3 Análisis de las condiciones del aceite

Las condiciones del aceite se determinan, mediante el análisis infrarrojo. Esta prueba determina y mide la cantidad de contaminantes como hollín y azufre, y productos de oxidación y nitración. Aunque también puede detectar agua y anticongelante en el aceite, para poder hacer un diagnóstico preciso el análisis infrarrojo debe ir acompañado siempre por el análisis de desgaste y las pruebas químicas y físicas.

También se puede utilizar el análisis infrarrojo par reducir, mantener o prolongar los intervalos de cambio de aceite según las condiciones y aplicaciones en particular.

Figura 5. Análisis infrarrojo.



### 1.1.2 Equipos especiales para mediciones

Antes de hacer funcionar un grupo electrógeno, es necesario hacer varias pruebas para comprobar su buen funcionamiento, se tiene un *Banco de Carga Resistivo* con una potencia máxima de 1000 kW, para las diferentes potencias que están diseñados los equipos, así realizar una prueba al 100% de carga, en estas pruebas se evalúan fugas de cualquier tipo como aceite, combustible, refrigerante, también medición de temperatura en el motor, alternador y radiador, por otra parte se chequea si soporta la carga para la cual esta diseñada. Las pruebas tienen un período de 2 a 3 horas donde constantemente se están monitoreando las magnitudes del voltaje en las tres fases, amperaje, frecuencia, potencia, el tiempo de uso la máquina, evaluamos el estado físico y el voltaje de baterías, presión de aceite así como las mangueras o conductores de este, funcionamiento de ventilador del radiador, cargador para la batería, sistemas de protección, generación de voltaje adecuado. Para que los valores sean precisos se utilizan: multímetro, amperímetro, medidor de temperatura digital, en algunos casos equipo de cómputo, medidor de presiones de gases.

Para dejar constancia de este trabajo se lleva una hoja de control (ver anexo), donde se evalúan los parámetros mencionados en intervalos de 30 minutos, por último se toma una muestra de aceite del motor la cual es analizada con los métodos anteriormente descritos.

Figura 6. Prueba con Banco de carga.



Figura 7. Conexión de Banco de carga.



Figura 8. Panel de Banco de carga.



Figura 9. Toma de Temperatura.



### 1.1.2.1 Prueba de aislamiento

Antes de poner en marcha el grupo electrógeno cuando haya estado mucho tiempo sin uso se debe comprobar la resistencia de aislamiento de los devanados del alternador. El procedimiento es el siguiente. El Regulador Automático de Voltaje debe de desconectarse y los diodos giratorios deben cortocircuitarse por medio de conexiones provisionales o desconectarse. También deben desconectarse los cableados de control. Debe utilizarse un megometro de 500 voltios, o un instrumento similar, los datos observados se tabulan en una tabla que se muestra en el anexo, desconectar cualquier conductor de forma a tierra conectado entre el neutro y tierra y comprobar que el aislamiento sea mayor de 5 M $\Omega$  a tierra.

Si la resistencia de aislamiento fuese inferior a 5 M $\Omega$ , el devanado debe corregirse de la manera siguiente; primero se hace una limpieza especial con DG90 (líquido especial para equipos eléctricos) se elimina la humedad colocando el estator y el rotor en un

horno, este horno aplica un calor utilizando reflectores (sealbean) de 150 watts luego de un tiempo, que puede variar de tres días a una semana se vuelven a tomar la mediciones de aislamiento, se recomienda barnizar el estator, rotor, excitatriz para la proteger del calentamiento de los devanados.

Figura 10. Prueba de Aislamiento del rotor



Figura 11. Prueba de Aislamiento del alternador



### 1.1.3 Equipo para transportar maquinaria

La empresa cuenta con una flota de camiones, grúas y plataformas para transportar las diferentes máquinas que han sido rentadas, vendidas o terminadas según sea su trabajo, todas cuentan con unas normas de seguridad que enfocaremos detenidamente en la sección de seguridad de accesorios de subida al equipo.

Figura 12. Transporte de un grupo electrógeno



## 2. CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL FUNCIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE UN EQUIPO ELECTRÓGENO

### 2.1. Funcionamiento

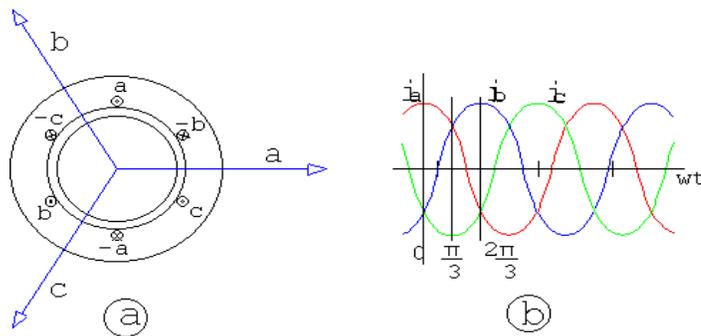
Un generador simple sin conmutador producirá una corriente eléctrica que cambia de sentido a medida que gira la armadura. Este tipo de corriente alterna es ventajosa para la transmisión de potencia eléctrica, por lo que la mayoría de los generadores eléctricos son de este tipo. Un generador de corriente alterna se diferencia de uno de corriente continua en sólo dos aspectos: los extremos de la bobina de su armadura están sacados a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador en lugar de los conmutadores, y las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí. Los generadores de corriente alterna de baja velocidad se fabrican hasta con 100 polos, para mejorar su eficiencia y lograr con facilidad la frecuencia deseada. La frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna es igual a la mitad del producto del número de polos por el número de revoluciones por segundo de la armadura.

$$f_i = \frac{\text{No. Polos} \times \text{RPSarmadura}}{2}$$

A veces, es preferible generar un voltaje tan alto como sea posible, pero las armaduras rotatorias no son prácticas en este tipo de aplicaciones, debido a que pueden producirse chispas entre las escobillas y los anillos colectores, ya que pueden producirse fallos mecánicos que podrían causar cortocircuitos, por eso los alternadores se construyen con una armadura fija en la que gira un rotor compuesto de un número de imanes de campo, la corriente que se genera mediante los alternadores aumenta hasta un pico, cae hasta cero, desciende hasta un pico negativo y sube otra vez a cero varias veces

por segundo, dependiendo de la frecuencia para la que esté diseñada la máquina. Este tipo de corriente se conoce como corriente alterna monofásica. Sin embargo, si la armadura la componen dos bobinas, montadas a  $90^\circ$  una de otra, y con conexiones externas separadas, se producirán dos ondas de corriente, una de las cuales estará en su máximo cuando la otra sea cero. Este tipo de corriente se denomina corriente alterna bifásica. Si se agrupan tres bobinas de armadura en ángulos de  $120^\circ$ , se producirá corriente en forma de onda triple, conocida como corriente alterna trifásica. Se puede obtener un número mayor de fases incrementando el número de bobinas en la armadura, pero en la práctica de la ingeniería eléctrica moderna se usa sobre todo la corriente alterna trifásica.

Figura13. Onda trifásica de corriente alterna.



Estos equipos son generadores de campo giratorio, de corriente alterna. La principal función de un generador es suministrar energía eléctrica para operar cargas eléctricas críticas, compatible, que la fuente de energía de la empresa eléctrica, no ha cubierto o ha caído a un nivel aceptable. El campo giratorio del generador esta conectado directamente e impulsado por un motor con combustible mediante discos flexibles, como sigue:

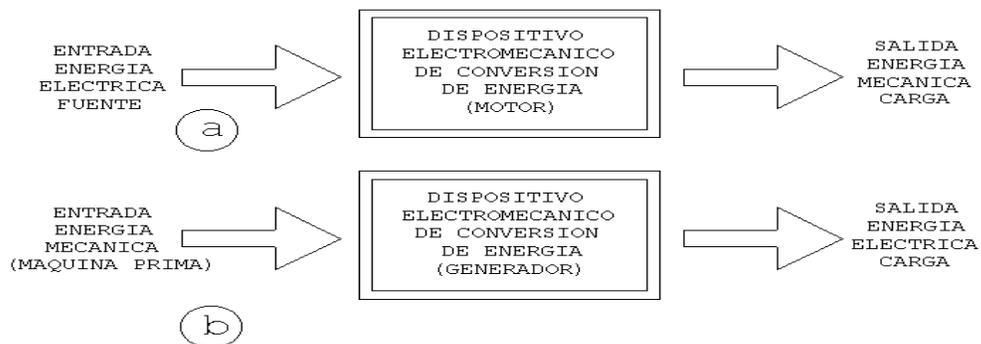
- Las unidades con Rotor de 2 Polos son impulsadas a velocidades nominales de 3600 rpm para suministrar a frecuencias nominales de 60 Hz o a 3000 rpm para una frecuencia de 50 Hz.

- Las unidades con rotor de 4 polos son impulsadas a velocidades nominales de 1800 rpm para suministrar a frecuencias nominales de 60 Hz, o 1500 para una frecuencia de 50 Hz.

Es importante tener en cuenta los valores nominales de voltaje CA, capacidades nominales de vatiaje y amperaje, fase nominal, etc. La fórmula para la conversión de energía es la siguiente.

**Energía** = energía mecánica + incremento en la energía + pérdidas de energía eléctrica de salida almacenada en el campo acoplador.

Figura 14. Proceso de conversión de energía.



### 2.1.1. Descripción general

Un grupo electrógeno fue diseñado como una unidad autónoma para proporcionar un rendimiento y fiabilidad excelente. Cada equipo lleva una Placa de Datos normalmente fijada en el albergue del alternador. Esta placa contiene la información necesaria para identificar la máquina, así como sus características de operación. Esta dicha placa se incluye, el modelo, el número de serie, las características de salida tales como voltaje, fase, y frecuencia, régimen de salida en kVA y kW y tipo de clasificación nominal (base de la clasificación).

El modelo y la serie identifican particularmente al grupo electrógeno y es de mucha importancia en un futuro para selección de un repuestos, control de servicios de mantenimiento e historial de la máquina.

Figura 15. Placa de datos.



#### 2.1.1.1. Motor diesel

El motor que acciona el grupo electrógeno es un motor diesel de tipo industrial de gran rendimiento de 4 ó 2 tiempos e ignición por compresión, dotado de todos los accesorios que le proporcionan un fiable suministro de potencia. Los accesorios incluyen, entre otros, un filtro seco de aire tipo cartucho, un turbocompresor instalado en ciertos motores y un preciso regulador de velocidad que puede ser mecánico o electrónico.

Figura 16. Vista de motor diesel 1.



Figura 17. Vista de motor diesel 2.



### 2.1.1.2. Sistema eléctrico del motor

El sistema eléctrico del motor es negativo a masa y de 12 o de 24 voltios CC dependiendo del tamaño del grupo, incluye un motor de arranque eléctrico, una batería de corriente directa que puede ser de 12 voltios o un arreglo de dos o mas batería para formar 24 voltios tal sea el caso, un soporte de batería que puede colocarse en el suelo al lado del grupo en el caso de grupos electrógenos de mayor tamaño y un alternador para carga de la batería. La mayoría de los grupos van equipados con acumulador de plomo.

Figura 18. Motor /arranque. Figura19. Conexión/Baterías. Figura 20. Cargador / Baterías



### 2.1.1.3. Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración del motor está compuesto por un radiador, un ventilador de gran capacidad y un termostato. El alternador tiene un ventilador interno para enfriar sus componentes. El aire es empujado a través del radiador, por consiguiente, el aire de refrigeración es aspirado a lo largo del alternador, luego a lo largo del motor y por ultimo empujado a través del radiador.

Figura 21. Radiador.



#### 2.1.1.4. Alternador

La energía eléctrica se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras construido de un material altamente resistente, auto excitado, autorregulado, y sin escobillas, acoplado con precisión a la salida del grupo electrógeno. En el alternador se halla montada una caja metálica de bornes, especial para revisión de conexiones o cambio de las mismas dependiendo los voltajes que se desean utilizar.

Figura 22. Alternador vista 1



Figura 23. Alternador vista 2



#### 2.1.1.5. Depósito de combustible y bastidor

El motor y el alternador están acoplados y montados sobre un bastidor de acero de gran resistencia. A excepción de los grupos más grandes, este bastidor incluye un depósito de combustible con una capacidad de aproximadamente 8 horas de funcionamiento a toda carga. Se puede acoplar un depósito de mayor capacidad que proporciona unas 24 horas de funcionamiento. Cuando no se incluye un depósito en el bastidor, debe instalarse un depósito independiente.

Figura 24. Almacenamiento de combustible.



### **2.1.1.6. Aislante de la vibración**

El grupo electrógeno cuenta con aisladores de vibración, diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el motor a los cimientos sobre los que esta instalado el equipo. Estos aisladores están colocados entre la base del motor / alternador y el bastidor. Alternativamente, en modelos de mayor tamaño, el conjunto motor /alternador está rígidamente montado sobre el bastidor y los aisladores de vibración.

Figura 25. Aislador para el movimiento



### **2.1.1.7. Silenciador y sistema de escape**

El silenciador de escape es un accesorio muy importante, por que con este se puede orientar la salida de los gases que produce el equipo cuando esta funcionando también se disminuye la temperatura del ambiente. El silenciador y el sistema de escape reducen la emisión de ruidos producidos por el motor, conduciendo los gases de escape hacia salidas que no produzcan peligro.

Figura 26. Silenciador y sistema de escape



### 2.1.1.8. Sistema de control de identificación

Existen diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. Entre los diversos controles tenemos el voltímetro CC, conmutador selector del voltímetro CA, amperímetro CA, conmutador selector de amperímetro CC, frecuencímetro, contador de horas de funcionamiento, indicador de temperatura de agua del motor, voltímetro CC, de la batería, manómetro de aceite del motor, luces de aviso de fallos.

Figura 27. Diversos tipos de paneles de control.



### 2.1.1.9. Interruptor automático de salida

Para proteger el alternador, se instala un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno. Este interruptor va montado en una caja de acero. En algunos casos el interruptor automático de salida puede ir incorporado en el sistema automático de transferencia o en el panel de control.

Figura 28. Interruptor automático de salida



El motor y el alternador están acoplados y montados sobre un bastidor de acero de gran resistencia

Figura 29. Vista de un grupo electrógeno



## 2.2. Instalación

Para la instalación de un grupo electrógeno, la ventilación de un motor es un factor muy importante. Los requerimientos generales para el arreglo, los espacios requeridos y el peso entre los pisos es determinado bajo las condiciones de los componentes de las plantas que serán acomodados, su relación, función, operación y mantenimiento requeridos para esos componentes. Además es necesario tener en cuenta una expansión futura, de esto dependerá el tamaño del cuarto.

A continuación se presentan los factores más importantes para la instalación:

### *Planta mecánica Diesel*

Motor diesel, bombas para combustible, bamba para lubricación de aceite, enfriador de agua, separadores,, sistema de escape de gas, tanque combustible, radiador, deposito de aceite, filtros, precalentadores, motores diesel auxiliares.

### *Planta Eléctrica*

Alternadores, estación de transformadores, paneles de control, paneles de interruptores.

### *Servicios Técnicos y equipo de construcción*

Ventilación, aire acondicionado, instalaciones sanitarias, suministro de agua, sistema de drenaje, servicios eléctricos, protección de iluminación, tierras, sistemas de comunicación.

Las funciones principales de una cimentación son:

- Soportar el peso total de soporte de un grupo Electrógeno.
- Mantener el alineamiento entre el motor, el generador y los equipos de accesorios.
- Aislar las vibraciones de los grupos electrógenos de las estructuras circundantes.

#### **2.2.1. Emplazamiento**

El emplazamiento es la parte más importante de la instalación y es la selección el lugar donde se va a colocar el grupo electrógeno. Para determinar su emplazamiento los factores más importantes son:

- Ventilación adecuada.
- Protección contra los agentes naturales tales como lluvia, desprendimientos ocasionados por el viento, inundaciones, luz directa del sol, temperaturas de congelación o calor excesivo.
- Protección contra la exposición de elementos que pueden estar en el aire tales como polvo abrasivo o conductor, partículas de fibras, humo, neblina de lubricantes vapores, gases de escape del motor u otros contaminantes.
- Protección contra impactos producidos por objetos que puedan caer tales como árboles, postes, vehículos a motor o carretillas elevadoras.

- Espacio alrededor del grupo electrógeno para disipación del calor y acceso para revisiones. Por lo menos un metro alrededor del grupo electrógeno y por lo menos a una altura de 2 metros por encima del mismo.
- Acceso para introducir todo el grupo electrógeno en el local. Las salidas y entradas de aire pueden ser desmontables para proporcionar un punto de acceso.
- Acceso limitado a personal no autorizado. Si fuese necesario emplazar el grupo electrógeno fuera del edificio, este debe estar encerrado en una cabina que estanque al agua o cabina tipo contenedor disponible para todos los grupos. Estas cabinas también son útiles para instalaciones provisionales dentro o fuera del edificio.

### **2.2.2. Cimientos y aislamiento de la vibración**

El grupo electrógeno en un principio puede estar montado sobre un bastidor rígido que alinea con precisión al alternador y el motor, solo es necesario sujetarlo por medio de pernos a una superficie preparada adecuadamente.

**Cimientos:** El mejor cimiento para el grupo generador es un bloque de hormigón armado. Proporciona un soporte rígido que evitará la deflexión y la vibración. El cimiento debe tener un grosor de 150 a 200 mm y por lo menos ser tan ancho y largo como el grupo electrógeno. El terreno o superficie situado debajo del cimiento debe prepararse adecuadamente y debe ser capaz de aguantar estructuralmente el peso del bloque de hormigón y del grupo electrógeno. (Si el generador se instala en una planta superior, la estructura del edificio debe ser capaz de aguantar el peso del grupo electrógeno más el del combustible y el de los accesorios). Si de vez en cuando el suelo quedase húmedo, como sucede en una sala de calderas, el bloque de cemento debe quedar por encima del nivel del suelo. Esto proporcionará una superficie seca para el grupo generador y para los operarios que lo conectan, revisan y operan. También reducirá la acción corrosiva sobre el bastidor.

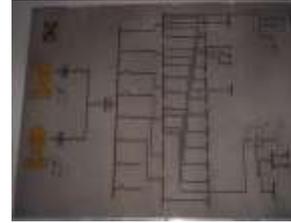
Figura 30. Sala de máquina Figura 31. Ventilación Figura 32. Diagrama de transferencia



Figura 33. Detalle interno 1



Figura 34. Detalle interno.



## 2.3. Ruido

### 2.3.1. Ondas sonoras

A medida que se emiten las ondas sonoras, disminuye su intensidad. Al duplicarse la distancia recorrida, se reduce a la mitad la amplitud de las ondas. Esta regla se aplica si el primer punto de medición es al menos dos o tres veces la dimensión más grande de la fuente del ruido, aproximadamente un metro.

Tabla I Relación, distancia vrs intensidad del sonido

DISTANCIA	INTENSIDAD DEL SONIDO
X	100%
2X	50%
4X	25%

Las ondas sonoras que inciden en un micrófono producen voltajes proporcionales a las presiones del sonido. Las señales miden la amplitud o la intensidad de las ondas de presión sonoras. La amplitud y la frecuencia son las únicas propiedades sonoras que se pueden medir utilizando técnicas ordinarias. El oído humano oye, sin sufrir daños, niveles

de presión de 100,000 veces más intenso que el nivel mínimo detectable. Los instrumentos de medición de ruido abarcan una gama extraordinaria y se miden en decibelios (dB).

### 2.3.2. Control de ruido

El ruido se transmite por el aire o por las estructuras. El ruido transmitido por las estructuras son vibraciones, típicamente las que soporta el motor. Los métodos de control de ruido son diferentes para cada una de estas dos fuentes. Los criterios de ruido para zonas típicas se muestran continuación:

Tabla II Criterios de ruido para zonas típicas

<b>Bandas de octava en ciclos por segundo</b>	<b>31.5</b>	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>800</b>
Hospital muy crítico o zona residencial	71	63	44	37	35	34	33	33	33
Noche, residencial	73	69	52	44	39	38	38	38	38
Día, residencial	76	71	59	50	44	43	43	43	43
Comercial	81	75	65	58	54	50	47	44	43
Industrial y comercial	81	77	71	64	60	58	56	55	54
Industrial	87	85	81	75	71	70	68	66	66
Riesgo de daños en los oídos.	112	108	100	95	94	94	94	94	94

#### 2.3.2.1. Ruido mecánico

Las reducciones modestas de ruidos son consecuencia de la atención prestada a las fuentes de ruidos, es decir, reducciones de velocidades de ventiladores, revestimiento de zonas de moldeo y canalización de caudales de aire. Excepto en el caso de atenuación de más de 10 dB (A), las unidades deben estar totalmente aisladas. Un método eficaz consiste en utilizar bloques de hormigón llenos de arena para alojar el grupo electrógeno. Además, la unidad debe disponer de las técnicas de aislamiento de vibraciones. Los motores completamente cerrados no son prácticos debido a las aberturas requeridas para

tubos, conductos y ventilación. Los recintos cerrados con numerosas aberturas raramente atenúan más de 20 dB(A). Se pueden construir bóvedas especiales para hospitales, debidamente seguras y con la facilidad de tener el acceso para prestar un servicio en un futuro.

### **2.3.3. Ruido de admisión**

La atenuación del ruido de admisión se logra por medio de elementos de filtro de aire o silenciadores de admisión.

### **2.3.4. Ruido de escape**

El ruido de escape normalmente se trasmite por el aire. La atenuación del ruido de escape se logra usando un silenciador capaz de reducir el ruido de escape aproximado de 15 dB(A) cuando se mide a 3.3 m (10 pies) perpendicular a la salida de escape. La ubicación cerca del motor reduce al mínimo la transmisión del sonido a los tubos de escape. Como el número de cilindros y las velocidades del motor producen diversas frecuencias de escape.

## **2.4. Sistema de admisión de aire**

Los motores diesel requieren aproximadamente 0.09 m<sup>3</sup>/min (3.2 pies<sup>3</sup>/min) de aire por hp al freno para la combustión, o 17 lb de aire por cada libra de combustible. El caudal de aire de admisión volumétrico (V) y másico (M) tienen las siguientes relaciones generales:

$$V \text{ (m}^3\text{/min)} = 0.01486 \times M \text{ (kg/hr),}$$

$$V \text{ (pies}^3\text{/min)} = 0.2382 \times M \text{ (lb/hr).}$$

Los motores de combustible pesado requieren un caudal del aire de admisión un 40% mayor que los que consumen combustible destilados.

#### **2.4.1. Filtros de aire**

El aire de la combustión debe estar limpio y frío. Los filtros de aire secos montados en el motor son más eficaces que los tipos de baño en aceite y eliminan el 99.5% del polvo fino del filtro de aire. Los filtros limpios presentan poca restricción de modo que la restricción total de aire, incluido los conductos, no deben exceder de 1.2 kPa.

Los indicadores de servicio de los filtros de aire señalan un cambio de filtro cuando se produce una restricción de 6.2 kPa. Los conductos deben tener una fuerza suficiente para resistir restricciones mínimas de 12.5 kPa, o también es la capacidad estructural del filtro de aire del grupo electrógeno principal.

Figura 35. Filtro de aire.



#### **2.4.2. Prefiltros**

Los prefiltros se adaptan a los filtros de aire normales para ampliar los períodos de servicio de los filtros. Imponen restricciones adicionales de 0.25 a 0.75 kPa pero prolongan unas tres veces más la duración de los filtros normales. Los prefiltros convencionales se aproximan a una eficiencia del 70%, mientras que los prefiltros aumentados de escape tienen una eficiencia del 92%. Estos prolongan adicionalmente la

duración de los elementos de los filtros y no requieren mantenimiento. Los filtros de aire de servicio pesado proporcionan la misma protección períodos de cambio de los filtros. Los períodos de servicio aumentan de seis a siete veces que los filtros normales.

**Se recomienda: que Los motores no deben operarse sin filtros de aire en ninguna circunstancia.**

Figura 36. Prefiltro de aire.



### **2.4.3. Canalización**

Cuando sea necesario canalizar para obtener un aire más frío o más limpio, los filtros deben permanecer en el motor para impedir el paso de polvo perjudicial al motor a través de las juntas de los conductos. Cuando los filtros de aire tengan que montarse a distancia, es muy importante que todas las juntas sean estancas al aire para impedir la ingestión de suciedad. Preste atención especial al tendido y al soporte de los conductos de admisión de aire, en casos en que se utilicen puentes grúa para efectuar el servicio de los motores. Proporcione un soporte adecuado para los conductos de modo que el peso no sea soportado por el filtro de aire en los filtros de aire montados en el motor, o por el turbocompresor en los filtros de aire montados a distancia.

Se debe impedir las transmisiones abruptas en el conducto de admisión para proporcionar el paso de aire más suave posible. Mantenga la pérdida total de presión del conducto (restricción) por debajo de 0.5 kPa, a fin de prolongar al máximo la duración del filtro. Cualquier restricción adicional reducirá la duración del filtro.

## **2.5. Sistema de escape**

Los sistemas de escape recogen los gases de escape de los cilindros del motor y los descarga tan rápido y silenciosamente como es posible. Una consideración de diseño principal del sistema de escape es reducir al mínimo la contrapresión, ya que las restricciones del gas de escape causan pérdidas de rendimiento y aumentos de temperatura.

### **2.5.1. Múltiple**

Los múltiples de escape del motor recogen los gases de escape de cada cilindro y los envían a una salida de escape. El múltiple estimula una contrapresión mínima y la turbulencia de los gases. Los múltiples secos son normalmente equipos normales pero pueden ser reemplazados por múltiples enfriados por agua, protegidas por agua o protegidos por agua y enfriados por aire. El múltiple opcional protege al operador contra el contacto del metal caliente pero no es particularmente eficaz en la reducción del calor radiado. La Agencia de Seguridad e Higiene en las Minas MSHA, requiere múltiples enfriados por agua para mantener las temperaturas de la superficie del motor por debajo de los 200°C (392°F).

El tipo de enfriado por agua posee conductos que permiten el paso de refrigerante de las camisas del motor por el múltiple, eliminando así el calor que de otra manera es transportado por el gas de escape. La eliminación del calor al agua de la camisa aumentará de un 20% a un 40% mientras que las pérdidas de energía calorífica de escape pueden causar una menor capacidad de altitud. Los múltiples protegidos por agua y los protegidos por agua y enfriados por el aire disponen de una camisa o protector auxiliar. El agua del motor circula por el protector pero no hace contacto directo con el múltiple interior. La protección del agua permite que el aire circule entre las envueltas interior y exterior. Agregando poco a la carga de enfriamiento del agua de la camisa y no afectando

el rendimiento del motor. Los múltiples protegidos por agua y enfriados por aire atrapan el agua, el agua de la camisa y el rendimiento del motor se ven afectados.

### **2.5.2. Tubería**

Las características físicas de la sala de equipos determinan las disposiciones de los sistemas de escape. Se favorecen configuraciones con contrapresiones mínimas. Las tuberías deben diseñarse teniendo en cuenta el servicio del motor. En muchos casos, se usará un puente grúa para efectuar el servicio de los componentes más pesados del motor. Instale las tuberías a una distancia mínima de 229 mm (9 pulg) de materiales combustibles. La radiación de calor se impide forrando los tubos de escape con un aislamiento adecuado de alta temperatura o instalando tramos de aislamiento prefabricados sobre tubos. Las tuberías de escape que atraviesen paredes o techos de madera requieren manguitos protectores de metal 305 mm mayores que el diámetro de la tubería. Extienda los tubos verticales de escape para prevenir el calor, los humos y los olores. Los tubos de escape tampoco deben estar cerca del sistema del motor o del cárter. Los filtros de aire, los turbocompresores o los posefriadores del motor obstruidos con productos de escape pueden causar roturas prematuras. Las salidas de tubo cortadas en ángulos de 30° a 45° reducirán la turbulencia y el ruido del gas. Las tapas para la lluvia abiertas por la presión de escape impedirán la entrada de agua.

Los tramos largos de tuberías de escape requieren purgadores para drenar el condensado. Los purgadores instalados en el punto más bajo de la tubería cerca de la salida de escape impedirán que el agua de lluvia entre en el motor. Incline las tuberías de escape del motor al purgador, a fin que se drene el condensado. La ubicación del silenciador afecta en gran medida la capacidad de silenciamiento. La ubicación cerca del motor reduce al mínimo la transmisión de sonido a la tubería de escape. Las mayores temperaturas de escape cerca del motor también reducen la acumulación de carbón en el silenciador. El condensado se elimina por medio de un drenaje. Aunque económicamente

resulte tentador no es aceptable un sistema de escape común para instalaciones múltiples. Los sistemas de escape combinados con calderas u otros motores permiten que los motores en marcha envíen gases de escape dentro de los motores que no estén en marcha. El vapor de agua creado durante la combustión se condensará en los motores fríos y causará daños rápidamente en el motor. No es recomendable la instalación de válvulas en los conductos que separen los escapes de los motores. Las altas temperaturas cambian los asientos de las válvulas produciendo fugas. Se han usado con éxito ventiladores de tiro de escape en conductos de escape combinados, pero la mayoría opera solo siempre que haya presentes gases de escape. Para impedir la autorrotación de las aspas del turbocompresor (sin lubricación), los ventiladores no deben ser operables cuando se pare el motor.

### **2.5.3. Contrapresión de escape**

Las restricciones de escape excesivas pueden causar pérdidas de rendimiento, particularmente en el consumo de combustible y la temperatura de escape. La caída de presión del sistema de escape no debe exceder de 6.7 kPa o de agua para la mayoría de los motores. Los rendimientos de los motores diesel 3600 de gas de aspiración natural se verán afectados a más de 2.5 kPa.

De sobrepasarse este límite en los motores 3600 se aumentará el consumo de combustible aproximadamente en un 0.8% por cada 2.5 kPa de contrapresión por encima del límite. Los motores que consumen combustible pesado tienen un límite de contrapresión absoluta de 2.5 kPa para evitar temperaturas excesivas de la válvula de escape. La caída de presión incluye pérdidas debidas a tuberías, silenciador y tapa para la lluvia y se mide en un tramo recto de tubo de 3 a 5 diámetros desde el último cambio de transición después de la salida del turbocompresor.

#### **2.5.4. Conexiones libres**

Los tubos de escape están aislados del motor por medio de conexiones flexibles, es necesario instalar las conexiones flexibles cerca de la salida de escape del motor. Las conexiones de escape flexibles tienen tres funciones principales:

- Aislar del motor el peso de las tuberías del escape.
- Aliviar los componentes de escape de las fatigas vibratorias excesivas.
- Permitir el desplazamiento relativo de los componentes de escape.

Esto puede deberse a la expansión y a la contracción debido a los cambios de temperatura, por procesos de deformación que tienen lugar durante toda la vida útil de cualquier estructura, o pares de reacción cuando el grupo electrógeno está montado sobre aisladores tipo resorte. Estire preliminarmente el fuelle de escape durante la instalación para permitir la dilatación térmica. Se pueden soldar por puntos cuatro flejes pequeños entre las dos bridas de los extremos para mantener el fuelle de escape del motor en una posición rígida durante la instalación de las tuberías de escape. Esto impedirá que se instale el fuelle en una posición flexionada. Ponga una etiqueta de advertencia en el fuelle indicando que se deben eliminar los flejes de soldadura antes de arrancar el motor.

#### **2.5.5. Limpieza**

Instale una plancha de cierre identificable para impedir que caigan residuos en el turbocompresor durante la instalación. La tapa de transporte puede usarse para este fin. Instálela directamente encima de la caja de la turbina. Ponga una etiqueta de advertencia en la plancha indicando que debe quitarse antes de arrancar el motor. El calor de escape debe descargarse sin causar incomodidades al personal ni perjuicios a los edificios o a los equipos. Coloque la descarga de escape lejos de las admisiones del aire de ventilación para impedir la reentrada de humos y malos olores. Es aceptable dirigir las emisiones de

escape delante de un ventilador soplador de radiador, pero evite la obstrucción prematura del núcleo del radiador impidiendo el paso de los gases de escape por el radiador.

## 2.6. Ventilación

Del combustible consumido por un motor diesel se pierde del seis al diez por ciento en forma de calor radiado al aire circundante. Además, el calor debido a las ineficacias del generador y de las tuberías de escape puede igualar fácilmente el calor radiado por el motor. Las elevadas temperaturas resultantes en la sala de motores influyen en forma negativa en el personal de mantenimiento, en los equipos de conmutación y en el rendimiento del grupo electrógeno. Las instalaciones que utilizan radiadores montados a distancia o en el motor pueden proporcionar un caudal de aire suficiente para la ventilación, pero se deben comparar los requisitos del caudal de aire de ventilación con las capacidades del ventilador del radiador.

Idealmente, debe circular aire limpio, frío y seco alrededor de los equipos de conmutación, por la parte trasera del generador, a través del motor y descargarse por el radiador. Siempre se debe disponer de aire frío para el filtro de aire del motor. Ubique los orificios de admisión de aire para proporcionar la máxima cantidad de aire de enfriamiento al grupo electrógeno, y evite la presencia de aire caliente estancado en otras áreas. Los grupos electrógenos múltiples necesitan aberturas y ventiladores adicionales. Las unidades que no usen radiadores requieren un tiro de aire forzado. Las aberturas del aire de admisión deben estar bajas, cerca de la parte trasera del motor. Las aberturas de salida deben estar colocadas en posición alta, en la pared opuesta. La ventilación de la sala de motores puede estimarse por medio de:

$$V = \frac{H}{D \times C_p \times \Delta T}$$

Siendo:

V = Aire de ventilación (m<sup>3</sup>/min )

H = Calor radiado (kW) (Btu/min)

D = Densidad del aire a 38°C (100°F)

(1.099 kg/m<sup>3</sup>) (0.070 lb/pie<sup>3</sup>)

Cp = Calor específico del aire

(0.017 kW·min/kg·K) (0.24 Btu/°F)

Las cortinas de aire, que envuelven totalmente el grupo electrógeno, ventilan sin exponer la sala de equipos a altas velocidades de aire. El calor radiado se elimina con aproximadamente la mitad del caudal de aire. Un aumento de temperatura de 7° a 10°C (15° a 20°F) es un objetivo razonable para las salas de motores. Sin embargo, en climas fríos esto puede causar incomodidades debidas a la circulación de aire frío. Limite el caudal solamente si se dispone de aire de combustión del motor y se el agua de la camisa del motor esta enfriada de forma adecuada.

La presión de encendido hace que pasen pequeñas cantidades de gases de combustión al cárter por los anillos de los pistones. La presión resultante del cárter se alivia para mantener el control de aceite y conservar los sellos. Los motores tienen respiraderos en el cárter que descargan los humos de escape a un caudal de 0.028-0.042m<sup>3</sup> (1 a 1.5 pie<sup>3</sup>)/hp-hr. Conecte por medio de una tubería la salida del respiradero a un respiradero de ventilación al aire libre y utilice una pierna de goteo para recoger el condensado.

Con esto se impide que los humos se acumulen en la sala de equipos y obstruyan los filtros de aire de admisión del motor y los núcleos del radiador. Pocas horas de operación de las aplicaciones de reserva exigen un mínimo los filtros de aire, de modo que los humos pueden descargarse inmediatamente delante del filtro. Aunque acorta los períodos de servicio, el filtro elimina sin necesidad de tuberías ni respiraderos adicionales.

La evacuación de los humos de cada motor debe disponer de tubos de descarga separados, los motores de combustión interna para instalaciones fijas, cuales quiera que sean sus características de diseño y tipo de combustible empleado, constituyen un foco de alto riesgo de explosión y fuego en la industria. Los escapes de combustibles, lubricantes; la temperatura alcanzada por algunas de sus partes (tubos de escapes); la presencia de componentes eléctricos, entre otros son factores que le categorizan como alto riesgo.

Evite lugares bajos que permitan la acumulación de condensado y bloquee el conducto de humos. La presión permisible del cárter a plena carga es de más de 0.25 kPa. De acuerdo a la NFPA 92 A (2000), los propósitos de los sistemas de control de humo incluyen:

- Impedir al humo entrar a los medios de egreso, escaleras, áreas de refugio, huecos de ascensores o áreas similares (manteniendo un medio sostenible para evacuaciones).
- Impedir la migración del humo fuera del compartimiento fuente.
- Mantener un medio sostenible fuera del compartimiento fuente para el personal de emergencia.
- Proteger la vida y reducir el daño a la propiedad.

ANSI / ASHRAE 149-2000 “Laboratory Methods of Testing Fans Used to Exhaust Smoke in Smoke Management Systems” establece los regímenes de funcionamiento de ventiladores para ambas temperaturas ambiente y temperaturas elevadas de modo de permitir a los diseñadores seleccionar un ventilador al tiempo de conocer como este funcionará durante ambas operaciones normal y extracción de humo.

## **2.7. Enfriamiento**

Al igual que con los motores de combustión interna, estos motores producen calor como subproducto de la combustión. Por regla general, del 20% al 40% de la entrada de energía de un motor debe ser eliminada por el sistema de enfriamiento.

Los sistemas básicos usados para eliminar este calor son: el posefriador, el enfriador de aceite, el enfriador de combustible y los circuitos de agua de la camisa. Cada uno de estos sistemas tienen unos requisitos específicos que deben cumplirse para diseñar un buen sistema de enfriamiento.

### **2.7.1. Consideración del motor**

Antes de diseñar un sistema de enfriamiento, se debe saber cuánto calor es eliminado por cada uno de los circuitos de enfriamiento. La guía siguiente ayudará a interpretar y aplicar los datos de eliminación de calor. Balance térmico: el calor absorbido por el motor es igual a la suma del calor y del trabajo producido.

#### **Fórmula:**

**Calor total absorbido = trabajo producido + calor de escape total + radiación + agua de la camisa + enfriador de aceite + posefriador.**

- El calor total absorbido puede calcularse multiplicando las Btu/hp/hr por la potencia producida para obtener las Btu/hr.
- El trabajo de salida es el trabajo total desarrollado. Se expresa en Btu/min siendo  $1 \text{ hp} = 42.4 \text{ Btu/min}$ .
- El calor de escape total es el calor total disponible en el escape cuando los gases se enfrían de la temperatura del tubo de escape vertical a las condiciones normales de

25°C (77°F). Los valores indicados son valores caloríficos y no incluye el calor de vaporización.

- La radiación es la cantidad de calor desprendida de la superficie del motor a la sala de motores o ambiente circundante.
- El calor del agua de la camisa es la cantidad total de calor absorbida por el sistema de enfriamiento del motor. La eliminación de calor del posenfriador y del enfriador de aceite se incluyen normalmente en esta cifra a menos que se especifique lo contrario.
- La eliminación de calor del posenfriador dada en condiciones normales de 25°C (77°F) y 150 m (500 pies) de altitud. Esta eliminación de calor aumenta para mayores temperaturas ambientales y mayores altitudes. Se requiere una temperatura de salida constante del posenfriador.
- A medida que aumenta la temperatura del aire que entra en el posenfriador, también aumenta el calor que debe eliminarse. A medida que disminuye la presión del aire, el turbocompresor imparte más energía al aire de entrada para elevarlo a la presión de refuerzo necesaria.
- De no tener en cuenta estos factores de forma adecuada se puede producir la parada o la falla del motor.
- El calor recuperable del escape no constituye un componente separado de la ecuación de balance térmico, pero es el número normal usado en los cálculos de recuperación de calor. Representa el calor disponible al enfriar los gases de escape de la temperatura del tubo de escape vertical de 177°C (350°F).
- El caudal de los gases de escape es el caudal a la presión normal y a la temperatura del tubo vertical de escape.

En todos los cálculos en que se utilizan datos del motor, existe una banda de tolerancia o una desviación de la norma. Al usar el balance térmico, se debe utilizar la tolerancia siguiente:

Trabajo producido	± 3 %
Calor producido	± 5 %
Escape total	± 0 %
Escape recuperable	± 10 %
Agua de la camisa	± 5 %
Posenfriador	± 10 %
Combustible (diesel)	± 10 %
Radiación	± 25 %

Los motores mencionados están diseñados para operar con una diferencia de temperatura del agua de la camisa menor que 8.3°C (15°F) medida a través del motor a plena carga. De no utilizarse un conjunto suministrado de fábrica, haga corresponder la resistencia máxima del sistema de enfriamiento con la bomba del agua de la camisa del motor para proporcionar el caudal correcto necesario para obtener la diferencia de temperatura deseada ( $\Delta T$ ). Se deben observar los siguientes límites combinados de presión estática y dinámica para los componentes del motor, de lo contrario se pueden dañar sus componentes.

Núcleo del posenfriador	276 kPa
Bloque del motor	276 kPa
Entradas de la bomba	carga estática máxima de 173 kPa.
Salida del motor	carga total máxima de 196 kPa

El posenfriamiento de circuitos separados elimina el posenfriador del circuito del agua de la camisa y enfría el posenfriador de una fuente independiente. Mientras que la temperatura del agua de la camisa al posenfriador se aproxima a 88°C (190°F), se dispone de una fuente separada que proporciona agua mucho más fría, permitiendo reducir aun más la temperatura de carga del aire y mejorar el rendimiento del motor.

El posefriamiento de circuitos separados es necesario en todos los motores de gas con turbocompresor y en sistemas de agua de camisa de alta temperatura usados en aplicaciones de recuperación de calor.

Se prefiere un circuito de enfriamiento cerrado, es decir, cambiador de calor o radiador, para controlar la calidad de agua. Si se suministra de un sistema abierto, tal como una torre de enfriamiento, un estanque, el núcleo del posefriador y las tuberías asociadas no deben corroerse y deben poder limpiarse. Es importante tratar el agua de la torre de enfriamiento con inhibidores de corrosión y proteger el agua contra la congelación.

### **2.7.2. Sistema de enfriamiento**

Los sistemas de enfriamiento del motor deben:

- Eliminar el calor del agua de la camisa y del circuito auxiliar si lo tiene, a la máxima carga del motor a la temperatura ambiental y altitud más elevada.
- Permitir el llenado sin atrapar aire (llenado falso).
- Proporcionar una presión suficiente para impedir la cavitación de la bomba.
- Expulsar el aire introducido en el sistema por llenado, fugas y combustión del motor.
- Mantener una temperatura de operación mínima necesaria.

La función del termostato consiste en controlar la temperatura de operación mínima del motor. Si no se mantiene la temperatura de operación mínima, se pueden producir problemas graves de mantenimiento. Todos los sistemas de enfriamiento deben disponer de un método para mantener la temperatura de operación mínima. En muchas aplicaciones tal vez sea necesario utilizar termostato de mayores temperaturas para mantener la temperatura de operación mínima deseada.

Los sistemas de enfriamiento de entrada regulada están diseñados para proporcionar una temperatura uniforme al agua de entrada de la camisa, al posenfriador y al enfriador de aceite. Esto se hace colocando la bombilla de detección del termostato en el caudal de entrada al motor. El termostato equilibra después el caudal de derivación (agua caliente procedente directamente del motor) con el agua fría de ciertos dispositivos de intercambio de calor, es decir, radiador, cambiador de calor, etc. Un problema común en los sistemas de enfriamiento de entrada controlada y un radiador, es que el núcleo del radiador detecte la presión completa de la bomba, esta presión normalmente excede la presión estructural de un radiador de tubos soldados. Así pues, normalmente no se usan los sistemas de entrada controlada con un radiador.

### **2.7.3. Tipos de enfriamiento**

#### **2.7.3.1. Radiador**

El enfriamiento por medio de un radiador es el método más común y más fiable usado para enfriar motores. Al igual que con todos los sistemas de enfriamiento, el radiador se diseña normalmente para eliminar un 15 % más que el calor máximo que se necesita eliminar a plena carga. De esta forma se tienen en cuenta las condiciones de sobrecarga y el deterioro del sistema. Los radiadores normalmente tienen tanques superiores para el llenado y la expansión del refrigerante del motor. Los sistemas ampliados que usan refrigerante adicional pueden requerir tanques de expansión agrandados. La altitud afecta el tamaño del radiador. Se requiere un mayor caudal de aire a mayores altitudes para mantener una capacidad de enfriamiento equivalente al nivel del mar. Reduzca el rendimiento del radiador 1.4°C por m (2.5°F por 1000 pies) de elevación para compensar las menores densidades del aire.

Los conductos del radiador deben ser mayores que el núcleo del radiador. Los conductos de entrada de aire deben ser 1.5 veces mayores que los conductos de salida de aire. Cuando se usan persianas, aumente el tamaño de los conductos un 25% debido a las restricciones del conjunto de persianas. Si se usan filtros de ventana común, el tamaño de la abertura puede aumentar un 40%. Si se usan persianas móviles, especifique las que utilicen fuerza mecánica; las persianas neumáticas y eléctricas son satisfactorias. No se recomienda el uso de persianas que se abran debido a la presión de descarga del ventilador del radiador. La lluvia, el hielo y la nieve pueden hacerlas inoperativas durante períodos cortos y provocar una parada no deseada del motor por recalentamiento.

### **2.7.3.2. Ventilador de radiador**

La densidad del aire, las restricciones de caudal y la velocidad afectan el rendimiento de los ventiladores, limitando posiblemente las capacidades de temperatura ambiente del radiador. Cuando se use un radiador montado en el motor y se instale el grupo electrógeno en una sala, se puede usar un ventilador soplador y un conducto de radiador al exterior. Los conductos que dirigen el aire del radiador al exterior impiden la recirculación y las altas temperaturas de los equipos. Ciertos grupos electrógenos tienen, como norma, bridas de conducto de radiador para facilitar la instalación. La longitud del conducto es corta y directa para reducir al mínimo la contrapresión, con una restricción de entrada y salida total en el ventilador del radiador de menos de 635 mm (0.25 pulg) de agua.

Asegúrese de que la descarga caliente del radiador no recircule a su entrada o a la entrada de otro radiador. Los radiadores deben colocarse de modo que los gases de escape del motor y los gases de ventilación del cárter no sean absorbidos en la entrada de aire del radiador. Los recintos cerrados atrapan el calor radiado y la dirigen por el radiador disminuyendo su capacidad de enfriamiento de 8° a 10°C (15 a 18°F). Incluso con las puertas abiertas, los radiadores pueden perder 6°C (10°F).

## **2.8. Sistema de combustible**

### **2.8.1. Almacenamiento a granel**

Los sistemas de suministro de combustible aseguran un suministro continuo de combustible limpio. El combustible a granel se almacena normalmente en tanques grandes y se transfiere a tanques más pequeños (tanques de uso diario) próximos a los motores por medio de bombas impulsadas por motores eléctricos.

Los tanques de almacenamiento de gran capacidad permiten compras a granel y reducen al mínimo la contaminación de polvo. El mantenimiento de tanques llenos reduce la condensación, particularmente si el combustible se usa con poca frecuencia. El combustible diesel tiende a oxidarse formando gomas y resinas durante el almacenamiento a largo plazo. La presencia de agua en el combustible ofrece un medio para el crecimiento bacteriano que puede causar el taponamiento del filtro de combustible. El combustible tiene una duración de almacenamiento de aproximadamente un año, aunque esto puede variar mucho dependiendo de la cantidad inicial, de los niveles de contaminante y de las condiciones de almacenamiento. El intercambio periódico de combustible y la filtración/tratamiento para eliminar agua, incrustaciones y crecimiento bacteriano prolongará la duración del combustible. Los tanques pueden estar por encima o por debajo del nivel del terreno, pero un alto nivel de combustible generalmente no debe exceder la altura de los inyectores del motor.

Coloque los tubos de llenado del tanque de almacenamiento de modo que las operaciones de llenado resulten cómodas y seguras. Los respiraderos alivian la presión de aire creada durante el llenado e impiden la formación de vacío a medida que se consume combustible. Periódicamente se extrae agua y sedimentos del tanque y los contaminantes pueden concentrarse redondeando el fondo del tanque e inclinándolo unos 2 grados hacia el orificio del drenaje. Tenga en cuenta la sedimentación del terreno al instalar tanques

de modo que las llaves de drenaje permanezcan bajas. Evite la sedimentación estacional enterrando los tanques por debajo de las líneas de penetración de la helada. Se prefieren tanques de acero que contengan cobre, pero los tanques y las conexiones de hierro negro son satisfactorias. Trate de no usar conexiones o tanques galvanizados ya que las reacciones con las impurezas del combustible obstruirán los filtros de combustible. Si no se emplean tanques de consumo diario, los tanques a granel deben proporcionar un suministro de combustible listo a la bomba de transferencia montada en el motor. El uso de válvulas de cierre en la tubería de suministro puede introducir aire en el sistema durante la parada y causar un arranque dificultoso. El sistema de control del motor proporciona opciones adecuadas de parada pero, si se especifica un solenoide de parada en la tubería de suministro, debe programarse para que se cierre después de que el motor deje de girar.

La tubería de suministro que transporta combustible a la bomba de transferencia de combustible y la tubería de retorno que transporta el exceso de combustible al tanque no son más pequeñas que las conexiones del motor. Si el tanque de combustible alimenta múltiples motores de más de 9 m (30 pies) del motor, o las temperaturas son bajas, la instalación de tuberías de suministro y retorno de combustible de mayor diámetro aseguran un caudal adecuado. Las tuberías y las conexiones están selladas para impedir la contaminación de aire o polvo, la presencia de aire en el sistema causa dificultades en el arranque y la marcha irregular del motor. Las tuberías de suministro son tubos de hierro negro o de cobre. No se deben usar tubos galvanizados o aleaciones de zinc. La tubería de rebose del tanque de consumo diario ( si no se usa un tanque de esta clase, la tubería de retorno de combustible del motor) tiene un diámetro mayor que la tubería de llenado.

La tubería de retorno entra por la parte superior del tanque sin válvulas de cierre, esto permite el paso libre de aire e impide la formación de un vacío en el sistema de combustible, las tuberías de succión eliminan el combustible a unos 50 mm (2 pulg) por encima del fondo del tanque y del extremo del tanque opuesto a la tubería de retorno.

No se usa cemento de unión que se vea afectado por combustible. Y las conexiones se hacen sin empaquetaduras. Las tuberías de combustible flexibles entre la fuente del tanque de combustible (tanque de almacenamiento a granel o de consumo diario) y la entrada y el retorno de combustible del motor aíslan las vibraciones.

## **2.9. Selección de combustible**

### **2.9.1. Requisitos del motor**

El combustible normalmente recomendado para los grupos electrógenos diesel es combustible diesel para calderas No. 2 o No. 2D. Cuando se usa este combustible para calefacción, se recomienda utilizar tanques comunes de almacenamiento para calderas y grupos electrógenos. Además de reducir los costos de instalación, esta configuración reduce los costos de combustible por compras en cantidad y reduce al mínimo el deterioro del combustible. Entre las especificaciones de combustibles que cumplen con los requisitos anteriores se incluyen las siguientes:

- ASTM D396 Combustible No 1 y No 2 (combustible de quemador)
- ASTM D975 Combustible diesel No 1-D y No 2.D
- BS2869 Combustible de motor clase A1, A2, B1, B2.
- DIN 51601 Combustible diesel
- DIN 51603 Aceite de calefacción EL

La información adicional siguiente describe características de los combustibles y su relación con rendimiento del motor.

- *Número de cetano*: Índice de calidad de encendido determinado al comparar con combustibles usados como normas para números de cetano altos y bajos

- *Azufre:* Límite a un 0.4 % sin reducir las períodos de cambio de aceite, el mayor contenido de azufre requiere el uso de aceites de números altos de base total (NTB) o el acortamiento de los períodos de cambio de aceite.
- *Gravedad:* Índice ponderal de un volumen medido de combustible, las clasificaciones API menores de combustible indican un combustible más pesado con un mayor contenido calorífico.
- *Viscosidad:* Medida de tiempo a la resistencia al flujo, las altas viscosidades producen una mala atomización del combustible, disminuyendo así la eficiencia de la combustión. La baja viscosidad tal vez no proporcione la lubricación adecuada a los componentes del sistema de combustible.
- *Destilación:* Esto implica el calentamiento de crudo a temperaturas relativamente altas. El vapor extraído a varias temperaturas produce combustibles a diferentes tipos. Los combustibles más ligeros, tales como la gasolina, se extraen primero y el combustible más pesado al final.
- *Punto de inflamación:* El combustible de temperatura más baja desprenderá suficientemente vapor para inflamarse cuando se aplique una llama.
- *Punto de fluidez:* Temperatura mínima de combustible a la que fluirá el fluido.
- *Agua y sedimentos:* Porcentaje de volumen de agua y materias extrañas eliminadas por centrifugación.
- *Residuos de carbón:* Porcentaje en peso de carbón seco que queda cuando se quema el combustible hasta que no quede líquido.
- *Cenizas:* Porcentaje en peso de suciedad, polvo, arena y otras materias extrañas que queden después de la combustión.
- *Corrosión:* Tira de cobre pulida que se sumerge en combustible durante tres horas a 50°C (122°F). Se rechazan los combustibles que produzcan un descolorido más que ligero.

El cliente debe pedir un combustible destilado pesado a medida que lo permitan las condiciones del motor y de temperatura. Los costos de combustible pueden representar aproximadamente el 80% de los costos de operación totales para motores que funcionen muchas horas por año..

## **2.10. Sistema de arranque**

Este equipo tiene dos tipos de sistema de arranque, *Neumático* y *Eléctrico*. La opción de sistema depende de la disponibilidad de la fuente de energía, el espacio para el almacenamiento de energía y la facilidad de recarga de los bancos de energía. La capacidad de arranque de un motor diesel viene afectada principalmente por la temperatura ambiental y la viscosidad del aceite lubricante. El diesel se basa en el calor de compresión para inflamar el combustible, con el calor resultante de la velocidad de arranque y el tiempo de arranque, a temperaturas frías se requieren períodos de arranque más largos para producir temperaturas de encendido. El aceite de lubricación pesado impone la máxima carga en el motor de arranque. El tipo de aceite y la temperatura alteran considerablemente la viscosidad. El aceite SAE 30 se aproxima en consistencia a la grasa por debajo de 0° C.

### **2.10.1. Eléctrico**

El arranque eléctrico es el más cómodo de usar, el más económico y el más adaptable para control remoto y automatización.

#### **2.10.1.1. Baterías**

Las baterías proporcionan energía suficiente para arrancar motores durante un tiempo y con una rapidez suficiente para arrancar. Las baterías de tipo de plomo son comunes, tienen capacidades de salida alta y un costo inicial mínimo, las baterías de

níquel-cadmio están diseñadas para una larga duración y pueden disponer de placas gruesas que disminuyen la alta capacidad de descarga. Dos de las consideraciones a tomar en cuenta para seleccionar la capacidad apropiada de la batería son:

- La temperatura mínima a la que puede arrancarse el motor.
- La carga parásita impuesta en el motor. Una buena regla general consiste en seleccionar un grupo de baterías que proporcione al menos cuatro períodos de arranque 30 segundos (total de arranque 2 minutos).

*Nota:* No se debe tratar de arrancar un motor de forma continua durante más de 30 segundos, ya que se pueden recalentar los motores de arranque.

Las temperaturas ambientales afectan considerablemente el rendimiento de las baterías y las eficiencias de carga. Mantenga una temperatura máxima de 32°C (90°F) para asegurar una salida nominal. El impacto de las temperaturas más frías se describe en la tabla siguiente.

Tabla III Temperatura en función de la Potencia.

<b>Temperatura en función de la potencia</b>		
<b>27°C (80°F)</b>		
<b>°C</b>	<b>°F</b>	<b>Salida nominal en Amp-hora</b>
28	80	100
0	65	65
-18	40	40

Las baterías deben estar alejadas de fuentes de llamas o chispas y estar aisladas de las vibraciones. Colóquelas a nivel en un material no conductor y protéjalas contra las salpicaduras y la suciedad, además use tramos de cable cortos sin tensar y reduzca a un mínimo las caídas de voltaje poniendo las baterías cerca del motor de arranque, desconecte el cargador de baterías al quitar o conectar los cables de batería. Los equipos

de estado sólido, es decir, el regulador electrónico, los interruptores de velocidad, pueden resultar dañados si se someten a la salida completa del cargador.

### **2.10.1.2. Cargador de baterías**

Entre los cargadores de batería están los cargadores de goteo estos son diseñados para un servicio continuo en baterías descargadas se cierran automáticamente a corrientes de miliamperios cuando las baterías están totalmente cargadas, se usan en aplicaciones que exigen una duración máxima de la batería entre estos cargadores se incluyen dispositivos de regulación de línea y carga, dispositivos limitadores de corriente, que permiten cargas continuas a la salida nominal. Tanto los cargadores por goteo como los cargadores de carga equilibrada requieren una fuente de corriente alterna cuando no esta funcionando el motor. Los cargadores deben poder limitar las corrientes máximas durante los ciclos de arranque o tener un relé para desconectar durante los ciclos de arranque. En los casos en que se usen alternadores y cargadores de baterías impulsados por motor, el relé de desconexión normalmente desconecta el cargador de la batería durante el arranque y el funcionamiento del motor.

### **2.10.1.3. Tamaño de los cables**

El circuito de arranque entre la batería y el motor de arranque, y el circuito de control entre la batería, el interruptor y el solenoide del motor, deben estar comprendidos entre los límites máximos de resistencia.

No se permite toda esta resistencia para cables. Las conexiones y los contactores, excepto el contactor del solenoide del motor, se incluyen en la resistencia permisible total.

- Contactores (relés, solenoide, interruptores) 0.0002 ohmios.
- Conexiones (conectores de cada serie) 0.0001 ohmios.

La resistencia fija de las conexiones y los contactores vienen determinada por el tendido de los cables. La resistencia fija (Rf) restada de resistencia total (Rt) es igual a la resistencia permisible del cable (Rc):

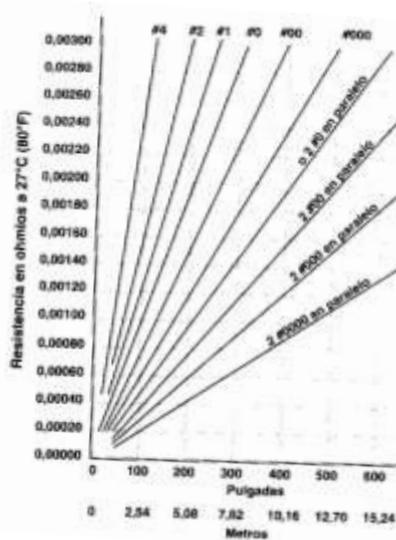
$$R_c = R_t - R_f$$

Ejemplo:

Sistema.....24 voltios  
 Tipo de motor de arranque.....Servicio pesado  
 Resistencia máxima permisible.....0.002  
 Menos resistencia fija -  
 6 conexiones a 0.00001.....0.00006 ohmios  
 Resistencia restante para el cable.....0.00194  
 Longitud del cable de la batería.....144 pulgadas

Una vez determinadas la longitud del cable y la resistencia fija, seleccione el tamaño del cable usando la tabla que se muestra a continuación. Use solo alambre de cobre completamente trenzado.

Figura 37. Selección del conductor



El tamaño del cable debe ser No.1 para cumplir con los requisitos de longitud y resistencia del cable. Para determinar la resistencia fija en el circuito en paralelo, solamente se cuentan las conexiones en serie en un lado del circuito en paralelo

### **2.10.2. Arranque neumático**

El arranque neumático, ya sea manual o automático, es una opción segura, el par motor disponible de los motores neumáticos acelera el motor al doble de la velocidad de arranque en aproximadamente la mitad de tiempo requerido por los motores de arranque eléctrico. El aire comprimido de una fuente de 758 a 1723 kPa se regula a 758 kPa y se conecta al motor neumático. Estas presiones son necesarias en el regulador. Se deben tener en cuenta caídas de presión en las tuberías de aire que van de la fuente de aire al regulador. El aire comprimido puede proceder de receptores neumáticos y del aire de la planta. La presión de una válvula de retención entre el aire de la planta y el receptor asegura que la falla del aire de la planta no agotará el suministro de reserva. Los compresores de aire son impulsados por motores de gasolina y motores eléctricos conectados a la fuente de energía de emergencia.

Los motores en tándem o compuestos usan dos motores y válvulas solenoides. Las válvulas están a igual distancia de sus motores respectivos para la conexión coordinada del motor. Cuando un solo solenoide controla el aire que llega a ambos motores, las tuberías entre la válvula y cada motor deben tener una misma longitud. Los tubos de suministro del motor neumático son cortos, directos y al menos de igual diámetro que la abertura de admisión del motor. Se prefiere usar tubos de hierro negro y debe ser soportado para evitar tensiones en el compresor. Se requieren conexiones flexibles entre el motor y las tuberías. Los depósitos de una mezcla de aceite y agua que se acumulen en el receptor y en las tuberías son eliminados por medio de purgadores instalados a intervalos en las tuberías. Las tuberías están inclinadas hacia estos purgadores.

Los sistemas de arranque neumáticos pueden congelarse a bajas temperaturas ambientales. El vapor de agua en el aire comprimido se congela durante la expansión a temperaturas inferiores a 0°C (32°F). La presencia de un secador en la salida del compresor o de una pequeña cantidad de alcohol en el tanque de aire del motor de arranque impide el congelamiento. Los receptores de aire deben cumplir con las especificaciones ASME estar equipados con una válvula y un indicador de seguridad. Compruebe con frecuencia las válvulas de seguridad para impedir que se agarroten. El tamaño de los receptores debe estar diseñado para un número especificado de arranques. El tamaño de los receptores se estima por medio de:

$$Rc = \frac{Ns (Ar \times Ap)}{Rp - 7824 \text{ o } 90}$$

Siendo:

Rc = Capacidad del receptor (m<sup>3</sup>) (pie<sup>3</sup>).

Ns = Número de arranques

Rp = Presión del receptor (kPa) (lb/pulg<sup>2</sup>)

At = Requisito de aire libre pro arranque (m<sup>3</sup>) (pie<sup>3</sup>)

Ap = Presión atmosférica (kPa) (lb absolutas/pulg<sup>2</sup>)

90 = (724 kPa) lb absolutas / pulg<sup>2</sup> mínimo

### 2.10.3. Arranque y parada automática

Los sistemas de arranque y para automáticos son principalmente motores sin atender que deben arrancar automáticamente, aceptar la carga, operar la carga y para automáticamente cuando cese la demanda.

### **2.10.3.1. Arranque a los diez segundos**

A menudo se requiere un arranque de diez segundos debido a la aplicación o a la regulación local. El arranque en diez segundos es obtenido normalmente por distribuidores con atención especial a los diversos sistemas. Los requisitos para el arranque automático en 10 segundos:

- El aire de combustión debe estar a un mínimo de 21°C (70°F).
- Los calentadores del agua de la camisa mantienen una temperatura mínima del agua de 32°C (90°F).
- Baterías completamente cargadas para proporcionar 60 segundos de arranque continuo, o suministro de aire completo.
- Combustible disponible inmediatamente.

### **2.10.4. Auxiliar de arranque**

Los auxiliares de arranque para temperaturas inferiores a 20°C (70°F) reducen el tiempo de arranque y aseguran arranques seguros.

#### **2.10.4.1. Calentadores del agua de la camisa**

Los calentadores del agua de la camisa se usan en los sistemas de arranque manuales y automáticos, pero son esenciales para el arranque automático a temperaturas inferiores a 20°C (70°F). Los calentadores preacondicionan los motores para un arranque rápido manteniendo la temperatura del agua de la camisa durante los períodos de parada. Los calentadores dobles se usan en motores grandes en “V” para asegurar la circulación, estos controlan termostáticamente la temperatura del agua de la camisa cercana a 30°C (90°F) para promocionar los arranques rápidos. Las mayores temperaturas aceleran el envejecimiento de las empaquetaduras y de los materiales de caucho.

#### **2.10.4.2. Arranque de llama**

Las bujías incandescentes se proyectan en el múltiple de admisión de aire e inflaman una pequeña cantidad de combustible diesel durante el arranque manual la llama se mantiene hasta que logren condiciones de vacío uniformes.

#### **2.10.4.3. Éter**

Los auxiliares de arranque a base de éter están limitados a sistemas de arranque manuales y se usan raramente en grupos electrógenos. El éter es muy volátil con un punto de inflamación bajo. Al introducirse en el aire de admisión, inflama la mezcla a bajas temperaturas de los cilindros, las cápsulas de alta presión es el método de inyección más seguro y más eficiente.

#### **2.10.4.4. Calentadores de aceite**

Normalmente no se recomiendan elementos calefactores en contacto directo con aceite lubricante debido al peligro de coquización del aceite si se especifica, las temperaturas exteriores del calentador no debe exceder de 150°C (300°F) y tiene máximas densidades térmicas de 0.02 W/mm<sup>2</sup> (13 W/pul<sup>2</sup>).

#### **2.10.5. Consideraciones de altitud, temperatura y humedad**

Los extremos climáticos afectan considerablemente los grupos electrógenos. La altitud, la presión barométrica y la temperatura están relacionadas directamente con la densidad del aire, la densidad del aire de combustión del motor disminuye al aumentar la temperatura y la altitud. Los motores con turbocompresor toleran mejor estas condiciones, pero se deben revisar las capacidades de cada motor. Las altitudes elevadas indican generalmente bajas temperaturas, por lo que se deben evitar las devaluaciones de

potencia transportando el aire exterior frío directamente a los filtros de aire del motor. Sin embargo, al arrancar automáticamente, las combinaciones de altitud elevada y aire frío producen un exceso de combustible y dificultades en la aceleración a la velocidad de operación.

La duración del generador se acorta por enfriamiento inadecuado, aunque en un ambiente hostil, tal como una altitud y un calor elevados, normalmente devalúa el rendimiento del motor más que el del generador, se deben determinar las capacidades del generador. Los generadores pueden tener un tamaño ligeramente mayor que el normal debido a los equipos auxiliares motorizados, es decir, ventiladores de radiador, compresores.

El aislamiento de los devanados de los generadores es resistente a la humedad pero la exposición constante a una humedad elevada romperá con el tiempo el aislamiento y acortará su duración, la suciedad y la sal amenazan aun más los devanados al retener y absorber la humedad del aire, los calentamientos unitarios ofrecen el mejor método para prevenir la condensación y deben especificarse para cualquier aplicación de elevada humedad. Los sistemas de aislamiento especiales también contribuyen a resistir los ambientes rigurosos, los radiadores se ven afectados tanto en los lados del agua como del aire, las temperaturas frías requieren anticongelante, que disminuye el rendimiento del radiador durante la operación en climas templados, las elevadas altitudes también disminuyen el caudal de aire y devalúan la capacidad del radiador.

Los calentadores del agua de la camisa son necesarios para un arranque automático, las persianas del radiador controladas termostáticamente estimulan una operación templada de la sala de motores, las correas trapeciales, las mangueras, los cables y otros productos deben resistir el frío extremo, el rendimiento de las baterías disminuye considerablemente en tiempo de frío la capacidad total de la batería debe aumentar tres veces para aproximarse al rendimiento de temperatura normal. El aire

templado o las tiras de resistencias eléctricas mantienen las temperaturas apropiadas así como los calentadores de serpentín que utilizan refrigerante de motor.

No se recomienda calentar con gases de escape de motor debido a la presencia de contaminación. Los motores de arranque hidráulicos o de gasolina pueden resultar prácticos en instalaciones específicas, los motores de arranque hidráulicos proporcionan un par elevado a velocidades relativamente altas, están completamente sellados y no son susceptibles a la humedad de condensación por otra parte los motores de arranque de gasolina arrancan inmediatamente en tiempo frío pero no pueden usarse en aplicaciones de arranque automáticas.

## **2.11 Sistemas contra incendios**

Es de suma importancia contar con un sistema contra incendios que se apegue a las normas internacionales, para poder garantizar un servicio seguro y confiable, un sistema debe contar con los siguientes aspectos:

- Análisis de riesgos de incendio.
- Auditorías hidráulicas.
- Diseño de sistemas.
- Cálculos de rociadores
- Análisis de medios de evacuación y protecciones pasivas.
- Ingeniería básica.
- Especificaciones de riesgo y protección con rociadores

### **2.11.1 Inspección, mantenimiento y pruebas con NFPA 25**

Si usted cuenta con un sistema contra incendio y no le da el mantenimiento que requiere, no podrá tener la confianza de que vaya a funcionar en una emergencia, o que vaya a sufrir deterioros prematuros. NFPA 25 Es un estándar desarrollado para conseguir esa

confiabilidad de su equipo de protección contra incendio. Establece los procedimientos y la frecuencia con que se deben realizar.

Contempla componentes de su Sistema como pueden ser:

- Tanque de agua contra incendio
- Equipo de bombeo, sus controladores y accesorios
- Redes Hidráulicas de hidrantes y de alimentación a sistemas
- Sistemas de rociadores automáticos ( Sprinklers)
- Sistemas de diluvio
- Sistemas de espuma
- Estaciones de manguera

### **2.11.2 Pruebas de aceptación de sistemas contra incendio**

Cada vez que la instalación de un sistema contra incendio, nuevo o modificado, es terminada, nosotros presenciamos pruebas de aceptación para tener la seguridad de que este operando correctamente. Nuestro personal visita el lugar para confirmar que los sistemas hayan sido instalados de acuerdo con los Estándares de Aceptación Industriales. Una vez que se hayan completado las pruebas de aceptación, nosotros le proporcionaremos documentación que indique los resultados de las pruebas presenciadas.

- Pruebas de desempeño de bombas contra incendio.
- Pruebas de operación de sistemas de diluvio.
- Pruebas de válvulas de alarma.
- Pruebas de sistemas de espumas.
- Pruebas hidrostáticas.
- Flushing de tuberías interiores y exteriores.

### **2.11.3 Pruebas periódicas de sistemas contra incendio**

Las pruebas periódicas de los sistemas contra incendio evalúan su habilidad para proporcionar la protección para la cual estos fueron diseñados. Nosotros debemos de realizar estas pruebas para asegurar que funcionen óptimamente. Las guías para las pruebas son las requeridas por la NFPA 25.

Para un buen mantenimiento de sistemas automáticos contra incendio se deben conocer las necesidades específicas del área y poder basarnos de acuerdo con las normas y estándares preestablecidos, las mas importantes para este caso son:

- Capacitación en sitio de personal de mantenimiento y brigadas en sistemas contra incendio.
- Conocimiento del estándar NFPA 13 y del estándar NFPA 25 para rociadores automáticos.
- Conocimiento del estándar NFPA 20 y del estándar NFPA 25 para equipos de bombeo
- Conocimiento del estándar NFPA 11 y NFPA30 Y NFPA 25 para sistemas de espumas para protección de líquidos inflamables.
- Conocimientos básicos de materiales peligrosos y seguridad contra el fuego.



### **3. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

#### **3.1. Criterios del grupo electrógeno en función de la carga**

La energía eléctrica por su uso cada día es muy importante, las fuentes de emergencia o de reserva normalmente se conforman al suministro normal de la red, pero estas restricciones no se imponen con las plantas generadoras de energía. Se debe tomar en cuenta los niveles de frecuencia, voltaje, amperaje, potencia y el tipo de distribución para aumentar al máximo la seguridad, fiabilidad y la eficiencia de operación del sistema.

La capacidad del motor y del generador se considera primero de forma individual, también en forma colectiva al seleccionar los grupos electrógenos. Como es de nuestro conocimiento, los motores producen potencia (o kW) a la vez que controlan la velocidad o la frecuencia, los generadores influyen en el comportamiento del motor, pero principalmente son los responsables de convertir la energía del motor en (kVA).

#### **3.2. Dimensiones del grupo electrógeno**

Cuando los grupos electrógenos suministran energía de reserva, se proporcionan circuitos separados para cargas críticas o de emergencia estas cargas deben satisfacerse totalmente cuando falle la energía normal, los grupos electrógenos de reserva tienen las dimensiones de la carga total conectada al circuito de emergencia.

La relación de la carga real a la carga conectada es el factor de demanda esta relación cambia con el tiempo, el tamaño de la carga conectada viene determinado sumando los valores nominales de la placa de identificación de todos los equipos conectados. Se debe establecer la duración de la carga para seleccionar y operar el sistema con la máxima eficiencia, los perfiles de carga cronológico y de duración son los

que mejor se adaptan a este fin. La curva de carga cronológica diaria muestra la demanda de carga durante el día, que establece la demanda máxima diaria y ayuda a seleccionar el tamaño del motor, también es útil en la programación de unidades para operar de forma económica. Las curvas de duración reorganizan las curvas cronológicas y resumen la carga diaria. Dichas curvas se trazan para una semana, un mes, una estación o un año.

Figura 38 Curva de carga mensual en kW mostrando una variación entre estaciones



### 3.2.1. Potencia y Factor de Potencia

La potencia de los circuitos de C.A., viene determinada de forma muy parecida a los circuitos de CC, siempre y cuando la corriente y el voltaje estén en fase, para cargas puramente resistivas, la potencia en vatios se calcula multiplicando el voltaje eficaz por la intensidad eficaz en amperios. Cuando hay presentes elementos inductores o capacitivos en la carga, el producto del voltaje por la intensidad deja de dar una indicación real de la potencia consumida en la realidad, en dichos casos, se debe aplicar un factor de corrección, conocido como el factor de potencia de la carga. La potencia aparente es el

producto de voltaje por la corriente, expresadas en voltios-amperios. La potencia real se expresa en vatios. El factor de potencia viene definido como la relación entre la potencia real y la potencia aparente.

$$\text{Factor de Potencia} = \frac{\text{Potencia Real (Vatios)}}{\text{Potencia Aparente (V*A)}}$$

En circuitos magnéticos, la intensidad va retrasada con respecto al voltaje, podemos expresar el factor de potencia como el coseno del ángulo adelanto o de retraso del voltaje. Si la corriente esta retrasada  $60^\circ$  con respecto al voltaje en un circuito inductor, el factor de potencia será 0.5 que es el valor del coseno de  $60^\circ$ . Si la fase de la corriente en una carga esta adelantada con respecto a la fase del voltaje, se dice que la carga tiene un factor de potencia en adelanto. Si esta retrasado, tiene un factor de potencia en retardo. Si el voltaje y la intensidad están en fase, el circuito tiene un factor de potencia unitario. Se recomienda reducir la circulación de corriente tanto como sea posible al suministrar potencia a la carga. Con un factor de potencia de 1.0 la intensidad para una carga de potencia dada se reduce al mínimo. La capacidad completa del equipo puede utilizarse para proporcionar potencia útil a la carga.

Cundo la carga consista principalmente en motores eléctricos grandes, talvez no resulte práctico lograr un factor de potencia unitario, el generador debe estar diseñado para resistir cargas que tengan factores de potencia bajos, el exceso de corriente que circula por un circuito con un factor de potencia menor que la unidad se conoce como el componente reactivo de la corriente total, la parte de la potencia aparente debida a este componente reactivo son los denominados voltio-amperios reactivos. Representan el vector diferencial entre la potencia aparente y la potencia real. NEMA sugiere un factor de potencia de 0.8 para generadores normales nominales. Las aplicaciones comerciales combinan cargas de motor con cargas de calentamiento e iluminación, de modo que se puede suponer un factor de potencia de 0.8 a 0.9. El factor de potencia de cargas comunes se muestra.

Tabla IV Factor de Potencia de cargas típicas de C.A.

**FACTOR DE POTENCIA DE CARGAS TÍPICAS DE CA**

<b>Factor de Potencia unitario (o casi unitario)</b>		<b>Factor de potencia en retardo</b>		<b>Factor de potencia en adelanto</b>
Carga Aproximada	Factor de Potencia	Carga	Factor de Potencia Aproximado	Carga
Lámparas incandescentes  el factor de potencia de circuitos de lámparas funcionando a partir de Transformadores reductores. será algo inferior a la unidad	1.0	Motores de inducción Carga y velocidad nominales fase dividida menor que 1 hp fase dividida 1 hp a 10 hp	0,55 a 0,75 0,75 a 0,85	Motores sincrónicos  Se diseñan para valores nominales de factor de potencia unitario, 0.9 y 0.8
Lámparas fluorescentes (Con capacitor integrado)	0.95 a 0.97	Polifásico, jaula de ardilla alta velocidad, 1 hp a 10 hp alta velocidad, 10 y mayores Baja velocidad	0,75 a 0,90 0,85 a 0,92 0,70 a 0,85	Condensadores sincrónicos factor de potencia en adelan- to casi cero. Prácticamente su totalidad en kV.A reactivo.
Dispositivos de calentamiento de resistor	1.0	Rotor Arrollado	0,80 a 0,90	
Motores sincrónicos Funcionan al fp., en ade- lanto a cargas parciales. también están contruidos para la operación con fp. Adelanto	1.0	Grupos de Motores de inducción	0,50 a 0,90	Capacitores (factor de poten- cia en adelanto cero). Salida en adelanto prácticamente en su totalidad en kVA reactivos.
Convertidores giratorios	1.0	Soldadores Tipos motor generador Tipos transformador  Hornos de arco Hornos de Inducción	0,5 a 0,60 0,5 a 0,70  0.80 a 0.90 0,60 a 0,70	

### 3.2.2. Requisitos de carga en kW y kVA

Al seleccionar el grupo electrógeno del tamaño correcto para una carga dada, los requisitos de carga en kVA son el factor más importante. El grupo electrógeno debe tener una capacidad suficiente para suministrar las máximas condiciones de carga después de haber tomado de cuenta el factor de potencia. También debe tener una capacidad de reserva para permitir el arranque del motor y para una cierta expansión futura en la carga donde se indique. Una práctica normal es que el grupo electrógeno tenga una capacidad de un 20 a 25% mayor para las condiciones de carga máximas reales. Se supone que las cargas monofásicas estarán equilibradas de forma uniforme en las fases de un grupo electrógeno trifásico. Si no se puede lograr esto, tal vez sea necesario un generador de mayor capacidad para la carga adicional de kVA en las fases que transportan circuitos de una sola fase.

#### 3.2.2.1. Generadores en función del tamaño del motor

Normalmente, los grupos electrógenos se suministran con un generador que corresponde a la capacidad de potencia del motor. Cuando los factores de potencia sean bajos, tal vez resulte ventajoso seleccionar un generador de sobre medida en vez de especificar el grupo electrógeno inmediatamente mayor. Como la potencia de salida del motor esta relacionada con los kW y no necesariamente con los kVA para una potencia dada del motor, un generador normal podrá tolerar un mayor valor de kVA reactivo debido a su mayor capacidad de transporte de corriente. Los rendimientos del motor y del generador están relacionados por:

$$e_k W = pf \times kVA$$

$$b_k W = \frac{e_k W}{eff}$$

kVA = Potencia del generador en kVA

fp = Factor de potencia de la carga conectada

ekW = Potencia eléctrica

bkW = Potencia del motor.

Eff = Eficiencia del generador.

### **3.2.2.2. Tamaño y selección del motor**

El tamaño de los motores depende de la potencia real en kW necesaria para satisfacer las necesidades de la instalación. El generador, por otra parte, debe tener capacidad para la máxima potencia aparente medida en kVA. Existen varias formas de identificar la potencia real. Se puede calcular sumando los valores nominales de las placas de identificación de los equipos que vayan a ser impulsados por el generador. Si se hace esto, también se deben sumar las eficiencias de los equipos. La potencia real puede determinarse realizando un análisis de carga en la instalación.

### **3.2.2.3. Factor de carga del motor o grupo electrógeno**

El factor de carga de un grupo electrógeno es la suma de los productos siguientes;

**% del tiempo x % de la carga.**

Siendo % del tiempo = tiempo a la carga específica/tiempo de operación total.

% de carga = carga específica / carga nominal.

El tiempo de marcha en vacío prolongado y el tiempo durante el cual no está operando el grupo electrógeno no entra en el cálculo del factor de potencia.

#### **3.2.2.4. Tamaño y selección del generador**

Al igual que los motores, los generadores deben cumplir con las demandas de carga. Mientras los motores proporcionan potencia (kW) y controlan la frecuencia, los generadores influyen en los kVA y el control de voltaje

### **3.3. Consideraciones de los equipos**

Las variaciones permisibles de voltaje y frecuencia dependen del tipo de equipo conectado en línea. Los contactores de arranque del motor pueden abrirse si el voltaje desciende por debajo del 65% del valor nominal. Las caídas de voltajes menores que el 30% a veces son comercialmente aceptables.

#### **3.3.1. Motores**

Los motores eléctricos de CA representan cargas inductoras con un factor de potencia en retardo comprendido entre 0.5 y 0.95, dependiendo del tamaño, del tipo y de la carga. Las excepciones son los motores sincrónicos que tienen factores de potencia unitarios o en adelanto, dependiendo de la excitación, los motores necesitan corriente de arranque de dos a ocho veces mayores que la corriente normal. Las precargas en los motores no varían las máximas corrientes de arranque, pero determinan el tiempo necesario para que los motores logren la velocidad y la corriente nominales y descendan nuevamente el valor de funcionamiento normal. Si los motores están excesivamente cargados, tal vez no arranquen o pueden funcionar a una velocidad reducida, se consideran tanto la corriente de arranque como la de funcionamiento al analizar los kVA totales requeridos.

### 3.3.1.1. Jaula de ardilla

La mayoría de los motores trifásicos son del tipo jaula de ardilla. La Asociación de Fabricantes Eléctricos de EE.UU. (NEMA) utiliza dos métodos de clasificación - diseño y código. Las placas de identificación de los motores normalmente indican ambas cosas. Los diseños NEMA más comunes se indican la tabla siguiente:

Tabla V Diseño de motores según NEMA

DISEÑO	RENDIMIENTO	USOS TÍPICOS
A	Corriente de arranque 6 a 7 x nominal Par de arranque, 150% del nominal	Fines Generales.
B	Corriente de arranque, 5.5 a 6 x nominal Par de arranque, 150% del nominal	Fines generales, ventiladores, sopladores. compresores (que arranquen cargados), Bombas centrifugas, generadores.
C	Jaula de ardilla doble Corriente de arranque, 5.5 a 6 x nominal Par de arranque, 225% del nominal (alto)	Compresores alternativos (que arranquen sin carga), transportadores, elevadores, (de corriente de arranque elevada) trituradoras (que arranquen cargadas), bombas de positivo.
D	Alta resistencia Corriente de arranque, 5.5 a 6 x nominal Par de arranque, 275% del nominal (alto) alto deslizamiento, no son para servicio continuo	Astilladotas, prensas troqueladoras, tornos y grúas.
F	Corriente de arranque 3.5 a 3.75 x nominal Par de arranque, 125% del nominal	Limitados a motores mayores de 30 hp.

### **3.3.1.2. Rotor devanado (Anillo colector)**

Los motores de rotor devanado utilizan anillos colectores para conectar los devanados del rotor a un resistor externo controlado por interruptor para la regulación de la corriente de arranque, normalmente estos motores se arrancan a un factor de potencia próximo a la unidad, la corriente de arranque se limita al 130% de la corriente de operación nominal. Se aplican a equipos que arranquen con cargas pesadas, o para operar a velocidad variable.

### **3.3.1.3. Síncronos**

Los motores sincrónicos mantienen una velocidad constante, sincronizada con la frecuencia de la línea de alimentación. Raramente tienen tamaños de menos de 40 hp. El factor de potencia del motor sincrónico es una función de la carga y de la excitación. Algunos producen factores de potencia en adelanto a plena carga para mejorar el factor de potencia del sistema general. Los motores sincrónicos arrancan como motores de inducción de modo que debe disponerse de una capacidad de sistema suficiente para satisfacer las demandas de corriente de arranque.

### **3.3.1.4. Motores de corriente continua**

Los motores que funcionan con corriente continua se usan donde sea necesario controlar la velocidad o una capacidad de arranque de carga pesada, o en casos en que otros elementos del sistema requieren un fuente de alimentación de corriente continua. Las eficiencias de plena carga varían del 86% al 92%. Los motores de corriente continua no tienen un factor de potencia pero, cuando son impulsados por un generador de corriente alterna a través de un rectificador SCR, la corriente alterna tiene un factor de potencia. Para determinar las cargas de corriente continua en un generador de corriente alterna.

$$\text{Amperios de CC} = \frac{\text{kW de CC} \times 1000}{\text{Voltios de CC}}$$

$$\text{Amperios de CA} = \text{Amperios de CC} \times 0.816$$

$$\text{kVA de CA} = \frac{\text{Voltios de CA} \times \text{Amperios de CC} \times 1.732}{1000}$$

$$\text{Factor de Potencia} = \frac{\text{kW de CC}}{\text{kVA de CA}}$$

### 3.3.1.5. Sistemas de rectificador controlado por silicona (SCR)

Los dispositivos de control SCR permiten un control de velocidad infinita de motores, rectificadores y fuentes de alimentación ininterrumpidas. Al usarse con fuentes de alimentación limitada, tales como grupos electrógenos motorizados, las conmutaciones del SCR producen una fuerte deformación de las ondas de voltaje y corriente, esto influye de forma negativa en el rendimiento de todo el sistema.

Los reguladores del generador pueden interpretar mal la deformación de las formas de onda, produciendo aumentos súbitos de voltaje, los generadores sin escobillas con detectores de voltaje trifásico reducen al mínimo la realimentación de la deformación. Los filtros de reguladores adicionales producen muy pocas mejoras, el escalonamiento de la forma de onda puede causar problemas en otras cargas conectadas a la línea, los dispositivos temporizadores de estado sólido pueden contar mal y los interruptores de paso por cero pueden funcionar mal.

La deformación de la forma de onda de la intensidad puede desarrollar resonancias armónicas en equipos del sistema. Esto calienta los devanados del motor y del generador. Los rectificadores y los sistemas de alimentación ininterrumpida pueden limitar la deformación empleando etapas múltiples de SCR. Al planificar sistemas con dispositivos SCR, el fabricante del control debe saber que se usara una fuente de alimentación limitada (grupo electrógeno). El sistema puede diseñarse para reducir al mínimo los problemas de deformación.

La limitación de las cargas de SCR al 66% de una potencia nominal principal del generador asegura el control del regulador y evita los armónicos causados al recalentarse los devanados del generador. Las aplicaciones que requieren mayores factores de carga deben analizarse de forma individual.

#### **3.3.1.6. Carga de arranque del motor**

Los motores, cargados o sin cargar, absorben una corriente varias veces mayor que la corriente nominal a plena carga, Esto es la corriente con rotor enclavado o los kVA de arranque. Los kVA de arranque pueden calcularse a partir de la corriente con rotor enclavado.

$$\mathbf{kVA \text{ de arranque} = \frac{V \times A \times 1.732}{1000}}$$

Los motores generalmente tienen factores de potencia bajos (0.3 a 0.4) al arrancar. La carga impuesta sobre el motor durante el arranque se calcula mediante.

$$\mathbf{kW = kVA \text{ de arranque} \times fp}$$

La caída de voltaje inicial depende en su mayor parte de los devanados del motor y del generador. La adición de un refuerzo en serie al regulador. O el empleo de un excitador de imán permanente, no disminuirá considerablemente esta caída.

Aunque los motores sin cargar producen una elevada corriente de llegada (kVA de arranque) en los generadores durante el arranque, la carga en kW del motor normalmente es pequeña. Sin embargo, los motores pueden absorber más kW que los kW nominales durante el arranque y la aceleración hasta la velocidad nominal. Los motores conectados directamente a dispositivos centrífugos de gran inercia o compresores alternativos cargados pueden producir fuertes desviaciones de frecuencia y un embalamiento largo del motor. Al comparar las corrientes de arranque entre los motores con carga y sin carga se indica que los motores cargados durante un tiempo prolongado precisan una corriente elevada. Se debe determinar el efecto de los motores cargados tanto en el motor como en el generador, particularmente si los motores grandes tienen altas cargas de inercia y aumentan la carga durante la aceleración (por ejemplo, ventiladores y bombas centrífugas grandes)

### **3.3.1.7. Par motor**

Las cargas de los motores se establecen para determinar si el generador y el motor tienen los kVA y kW adecuados respectivamente. La carga del motor es el par requerido por la carga. Este par en lb / pie (N x m), normalmente esta relacionado con la velocidad. La carga del motor en caballos es igual a:

$$\text{Hp} = \frac{\text{lp-pie} \times \text{rpm}}{5250} \quad \text{O} \quad \frac{\text{Nxm} \times \text{rpm}}{7350}$$

Se deben establecer los siguientes requisitos de par (normalmente expresados como porcentaje del par de funcionamiento).

### **3.3.1.8. Par de arranque**

Par máximo requerido para iniciar el giro (el par disponible es una función del voltaje de los terminales del rotor).

### **3.3.1.9. Par de aceleración**

Diferencia neta a cualquier velocidad entre el par requerido por la carga y el par disponible del motor. El par mínimo del motor debe exceder el par máximo exigido por la carga conectada. El tiempo necesario para lograr la velocidad plena nominal es de máxima importancia. El pequeño par de aceleración normalmente está causado por el voltaje reducido en el motor. El tiempo de aceleración prolongado con alta corriente absorbida acortará la vida útil del motor.

### **3.3.1.10. Par sincrónico**

El par de estado constante desarrollado por un motor sincrónico a la velocidad nominal.

### **3.3.1.11. Par máximo**

Par máximo que requiere una carga de su motor de impulsión.

### **3.3.1.12. Potencia regenerativa**

Ciertas aplicaciones de motores, tales como elevación. Dependen de los motores para el frenado, los motores actúan después como generadores y realimentan el grupo electrógeno, si no hay otras cargas conectadas que absorban esta energía regenerativa, solo se puede depender de la potencia de fricción del motor para frenar.

La potencia de fricción excesiva produce un exceso de velocidad del grupo electrógeno. El potencial regenerativo para una aplicación común, como los elevadores, puede calcular por:

$$\text{kW regenerativo} = \frac{\text{Potencia del motor de elevación} \times 1.8 \times 0.746}{0.9} .$$

Siendo: 0.9 = Eficiencia del motor

1.8 = Factor de desaceleración a plena carga.

0.746 = Conversión de hp a kW

Cuando las combinaciones de carga conectada y potencia de fricción del motor no son suficientes para limitar la energía regenerativa, se pueden agregar grupos de carga, estos se accionan por medio de relés de potencia direccional.

### **3.3.1.13. Voltaje de arranque del motor**

La corriente de llegada al motor produce una caída rápida de voltaje de salida del generador, es aceptable una caída de voltaje del 30%, dependiendo de los equipos que ya estén conectados a la línea. El nivel de caída debe identificarse con un osciloscopio, los medidores o los registradores mecánicos son demasiado lentos para estas mediciones. La mayoría de los motores son identificados por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) o Norma Británica para describir las características de arranque de sus motores.

### **3.4. Técnicas de arranque**

Si el arranque del motor es un problema considere lo siguiente:

- Cambie la secuencia de arranque, arranque primero los motores más grandes, se dispone de más kVA de arranque, aunque no proporcione un mejor tiempo de recuperación de voltaje.
- Use motores de arranque de voltaje reducido, esto disminuye los kVA necesarios para arrancar un motor dado. Si se arranca con carga, recuerde que este método de arranque también reduce el par de arranque.
- Especifique generadores de sobre medida.
- Use motores de rotor devanado, requieren una corriente de arranque menor, pero el precio es alto.
- Proporcione embriagues de modo que los motores arranquen antes de aplicar las cargas, aunque no se reduce la demanda de kVA de arranque, se acorta el intervalo de tiempo de alta demanda de kVA.
- Mejorar el factor de potencia del sistema, esto reduce el requisito de que el grupo electrógeno produzca kVA reactivos, poniendo a disposición más kVA para el arranque.
- Use un motor grupo electrógeno. Un motor impulsa el generador que, a su vez suministra corriente al motor que se vaya a arrancar, este sistema se aplica en el servicio de elevadores, el motor grupo electrógeno funciona de forma continua y el aumento súbito de corriente causado al arrancar el motor del equipo se aísla del resto de la carga.

#### **3.4.1. Arranque a voltaje máximo**

El arranque a voltaje máximo, en paralelo es sencillo, económico y se prefiere cuando lo permite la capacidad y el rendimiento del sistema. El voltaje de línea completo

se suministra al motor de forma instantánea cuando se acciona el interruptor del motor, se dispone del par de arranque máximo. El grupo electrógeno debe tener una capacidad de kVA de arranque de motor suficiente para limitar la caída de voltaje. Si no se pueden determinar los valores reales de las corrientes de arranque del motor, a veces se estima un 600% de la corriente nominal a plena carga.

### **3.4.2. Arranque a voltaje reducido**

El arranque a voltaje reducido disminuye el par de arranque del motor., disminuyendo la capacidad de arranque del motor y de lograr una velocidad nominal cuando tiene una carga. También aumenta el tiempo para alcanzar la velocidad máxima de operación. La reducción del par motor se aproxima al cuadrado de la reducción de voltaje. Un motor de arranque con un voltaje reducido con 80% permite que el motor produzca, durante el arranque, solamente un 64% (80% del voltaje - la corriente absorbida varía con el cuadrado del voltaje) del par disponible a plena velocidad.

### **3.4.3. Autotransformador – abierto**

Los autotransformadores de arranque, también llamados autocompensadores, proporcionan un mayor par de arranque por amperio que los otros tipos de motores de arranque de voltaje reducido. Están disponibles para motores de gran tamaño de alto y bajo voltaje. El primario del autotransformador esta conectado a la línea de suministro y a las tomas del motor a bajo voltaje hasta alcanzar la velocidad predeterminada. El autotransformador se desconecta después y el motor se conecta directamente a la línea. La configuración más sencilla es una transferencia de circuito abierto de voltaje reducido a voltaje máximo, pero causa fuertes perturbaciones eléctricas y mecánicas. Los kVA, cuando se conectan directamente a la línea, pueden exceder los kVA de arranque. No se recomienda este método.

#### **3.4.4. Autotransformador – cerrado**

Una alternativa, y un método cada vez más popular, consisten en la transición cerrada. Esta técnica reduce al mínimo el impacto y proporciona un par positivo continuo durante la transferencia a voltaje máximo. Los autotransformadores de arranque están controlados magnéticamente. Tres tomas del secundario del transformador están fijadas al 50%, 65% y 80% del voltaje máximo de la línea. La corriente absorbida por la línea variará con el cuadrado del voltaje en los terminales del motor. De esa forma cuando se conecta a la tercera toma (80%), corriente de la línea será 80%, o el 64% de la corriente de la línea que sería absorbida al voltaje máximo. El motor de arranque requiere aproximadamente 25 kVA por 100 hp del motor como corriente de magnetización. Esto se suma a los kVA de arranque del motor que se está arrancando.

#### **3.4.5. Reactor – resistor**

Los motores de arranque con reactor y con resistor reducen el voltaje en los devanados del estator insertando la resistencia o la reactancia en cada circuito derivado y cortocircuitando cuando el motor alcanza la velocidad de operación. La resistencia adicional impone una carga considerable en el motor. Este método proporciona una aceleración uniforme al eliminar el circuito de arranque sin desconectar momentáneamente el motor de la línea. No obstante, la corriente de la línea es igual a la corriente del devanado del motor, produciendo relaciones de par a kVA inferiores a las de los compensadores de autotransformador. Los motores de arranque con reactor y con resistor proporcionan un arranque de transición cerrado y normalmente son más económicos que los autotransformadores de arranque.

### **3.4.6. Devanado parcial**

Es un motor especial con el estator arrollado con dos o más circuitos en paralelo, se conectan sucesivamente a la línea a medida que aumenta la velocidad del motor, es posible un arranque de transición cerrada y una buena relación de par a kVA pero la técnica no es adecuada para motores pequeños de alta velocidad.

### **3.4.7. Estrella triangulo**

El motor arranca en forma de motor conectado en estrella y funciona conectado en triangulo. El par esta limitado al 33% del par de voltaje máximo.

### **3.4.8. Estado sólido**

El control varía el ángulo de conducción de SCR del 20% al 100%, controlando el voltaje al motor generalmente el 40% al 80%. Algunos tienen una opción de derivación que permite un arranque en paralelo, entre los tipos de control comunes se incluyen los siguientes:

- Rampa de voltaje/tiempo - aumenta el voltaje hasta aplicar el voltaje máximo en los terminales del motor.
- Rampa de límite de corriente – el límite prefijado de corriente del 150% al 450% de la intensidad de plena carga del motor mantiene la corriente constante durante el arranque a un par elevado. Se mantienen kVA constantes y se eliminan los cambios de par súbitos. El paso de voltaje inicial, la rampa de aceleración y el límite de corriente normalmente son ajustables.
- Rampa lineal de velocidad/tiempo – control complejo con realimentación de la velocidad del motor que sigue una rampa de velocidad prescrita a la máxima velocidad y a plena carga.

### 3.4.9. Iluminación

Los valores nominales de las lámparas incandescentes se expresan en voltios y vatios, funcionan con corriente alterna o continua, ya que el factor de potencia es unitario, la corriente absorbida por una lámpara se calcula dividiendo los vatios nominales por el voltaje de entrada especificado.

$$A = \frac{W}{V}$$

Las lámparas incandescentes absorben altas corrientes de entrada y son adecuadas en aplicaciones que requieren destellos o reducción de la intensidad luminosa, operando en grandes gamas de voltaje. Cualquier fluctuación de voltaje afecta el brillo de la lámpara. Los voltajes extremos acortan la duración de los filamentos. Los valores nominales de las lámparas fluorescentes también vienen expresados en voltios y vatios, debido a su transformador de lastre, estas lámparas tienen factores de potencia ligeramente menores (0.95 a 0.97). Cuando alguna de estas dos clases de lámparas opera a partir de transformadores reductores, se debe considerar la contribución del factor de potencia del transformador.

Los compresores alternativos afectan seriamente la calidad de la iluminación. Las pulsaciones del par varían la corriente del motor, produciendo una fluctuación de voltaje suficiente para hacer centellear las luces. Desafortunadamente, esta es una frecuencia a la que los ojos son muy sensibles. Una cifra comúnmente aceptada para los límites de variación de corriente para compresores alternativos motorizados es el 66% de la corriente nominal máxima del motor. Esto limita la potencia nominal de los motores del compresor a aproximadamente el 6% de los kVA nominales del generador, fluctuaciones de luz objetables. Por ejemplo, un motor de 30 hp puede utilizarse en sistemas que no tengan menos de 500 kVA de capacidad de generador en operación.

### **3.4.10. Transformadores**

Los transformadores tienen características inductoras similares a los motores cuando se cargan, con una intensidad de llegada (magnetización) hasta 20 veces mayor que la corriente a plena carga cuando se conecta a una fuente de alimentación infinita, cuando se activan a partir de una fuente limitada tal como un grupo electrógeno, el flujo del transformador aumentara en unos pocos ciclos incluso si no se dispone de la corriente de llegada completa. El efecto sobre el grupo electrógeno puede pasarse por alto pero, si se debe controlar estrechamente la capacidad de kVA de la fuente de alimentación debe incluir el arranque de esta carga de bajo factor de potencia.

## **3.5. Consideraciones de aplicación**

### **3.5.1. Grupos electrógenos múltiples**

En ciertas situaciones, es obligatorio el uso de más de un grupo electrógeno. En otras, puede resultar más económico, en instalaciones críticas en las que la fuente de alimentación principal es un grupo electrógeno, se requiere energía de reserva. Se debe disponer de un segundo grupo electrógeno capaz de asumir cargas críticas en caso de que falle el grupo principal y para usar durante los períodos de mantenimiento fijados por el grupo principal.

Los casos en que las instalaciones de múltiples grupos electrógenos demuestren ser más económicas son aquellos en que se produce una gran variación de carga durante el curso del día, de la semana, del mes o del año. Dicha variación es típica en plantas en que las operaciones se llevan a cabo principalmente durante el día, mientras que por la noche solo hay cargas pequeñas. Cuanto más se aproxime un grupo electrógeno a la carga plena, mayor será la economía por kilovatio producido. Así pues, el uso de una pequeña unidad para alimentar las cargas ligeras a deshoras resultará a menudo en un ahorro de

combustible a largo plazo. En instalaciones en que la carga no varíe hasta los extremos encontrados entre las condiciones diurnas y nocturnas, a veces es ventajoso repartir la carga entre varias unidades pequeñas operando en paralelo. Después se puede parar una o más de las unidades cuando la carga sea más ligera, aproximando así la carga de las otras unidades a la capacidad máxima. Por ejemplo, este tipo de sistema es ventajoso en casos en que la demanda dependa de las estaciones del año.

### **3.5.2. Funcionamiento en paralelo**

Normalmente, los grupos electrógenos idénticos operan en paralelo sin problemas pero, cuando se conectan en paralelo unidades que no son similares, deben considerar los efectos siguientes:

- *Configuración del motor:* La respuesta a las variaciones de carga se verá afectada por el tamaño del motor, el tipo de turbocompresores y regulador y el ajuste. Es posible un desequilibrio temporal de las cargas de kW durante las variaciones de carga pero se estabiliza rápidamente.
- *Diseño del generador -* Las corrientes de circulación y las corrientes armónicas se suman a la corriente de carga básica, aumentando las temperaturas de las bobinas, y causando el disparo de los disyuntores. La corriente de circulación se reduce a un mínimo ajustando bien el regulador. Se debe calcular la interacción armónica entre generadores para determinar la compatibilidad.
- *Diseño del Regulador –* Se puede utilizar una regulación automática de voltaje de diseños diferentes para conectar generadores en paralelo, cuando se conectan en paralelo reguladores de voltaje constante con reguladores del tipo de voltios por herzio, se puede anticipar un desequilibrio durante los cambios de carga transitorios. Al aplicar súbitamente una carga, las unidades de voltaje constante tratan de suministrar el total requerido. A medida que el generador de voltaje constante disminuye la frecuencia, la unidad de voltios por herzio empieza a

repartir la carga. El desequilibrio de carga temporal pasa y la carga en kW se reparte entre los generadores.

### **3.5.3. Compensación del regulador**

Cuando hay dos o más unidades que operan en paralelo, los reguladores deben controlar la excitación de los alternadores de modo que compartan la carga reactiva.

Estas dos formas son:

Compensación de caída reactiva y diferencia de compensación reactiva.

- *La compensación de caída reactiva:* no requiere la interconexión entre reguladores, durante la operación de compensación de caída en paralelo, el voltaje de la barra colectora disminuye a medida que aumenta la carga de factor de potencia en retardo.
- *La Compensación de diferencia reactiva:* requiere la adición de cables de interconexión entre los secundarios del transformador de corriente y permite la operación en paralelo sin la caída de voltaje con carga reactiva. Esta compensación solamente puede usarse cuando todos los transformadores de corriente en paralelo en todos los generadores que suministran energía a la barra colectora están en el circuito de interconexión secundario CT. Debido a este requisito, la operación de compensación de diferencia reactiva no puede usarse cuando un sistema generador este funcionando en paralelo con la red de suministro eléctrico. El voltaje de la red puede variar lo suficiente como para producir una elevada corriente de circulación en un generador conectado en paralelo. Se deben usar controladores kVAR para ajustar el voltaje del generador para corresponder con la red y reducir al mínimo la corriente de circulación.

### **3.5.4. Cargas de equilibrio en las fases disponibles.**

Si el sistema de distribución eléctrica servido por un grupo electrógeno trifásico consiste enteramente en cargas trifásicas, el sistema está equilibrado. Las bobinas que constituyen las tres fases del generador suministran cada una la misma cantidad de corriente a la carga. Si se agregan cargas monofásicas a la carga trifásica, se producirá una condición de desequilibrio a menos que las cargas monofásicas estén igualmente distribuidas entre las tres fases de cada grupo electrógeno.

En muchas aplicaciones, tal vez no resulte práctico equilibrar las cargas monofásicas. Si estas cargas son relativamente pequeñas (10% o menos de la capacidad en kVA del grupo electrógeno trifásico), la carga monofásica desequilibrada no es causa de preocupación siempre que cada una de las cargas monofásicas no exceda los valores nominales del grupo electrógeno.

### **3.6. Grupo electrógeno de reserva**

Al instalar grupos electrógenos de reserva, es necesario evaluar ciertas consideraciones para garantizar de una operación constante y duradera. Entre estas se incluyen:

- Instalación original
- Capacitación del personal de operación
- Funcionamiento y pruebas periódicas de la unidad
- Mantenimiento adecuado.

La aplicación y la instalación adecuadas del grupo electrógeno de reserva aseguran su arranque y carga durante cualquier corte de energía normal. Estos se usan para alimentar cargas eléctricas necesitadas cuando se produce una interrupción de la

fuente normal de alimentación eléctrica. Los cortes de energía eléctrica pueden variar de unos minutos a varios días. El grupo electrógeno normalmente tiene un diseño mayor que el necesario para la carga de funcionamiento real a fin de permitir la aceptación óptima de la carga y la expansión de la misma durante la vida útil de la unidad.

Por lo general, se proporciona un circuito eléctrico separado para cargas de emergencia críticas que debe satisfacerse cuando se interrumpa la corriente normal, las dimensiones de los grupos electrógenos dependen de la carga total conectada del circuito de emergencia. Para hospitales, el Código Eléctrico Nacional (NEC) requiere un grupo electrógeno de tamaño igual a la carga de emergencia total conectada, aun cuando no todo pueda operar al mismo tiempo.

Cuando no se puedan instalar los grupos electrógenos en una sala templada bajo techo, deben estar equipados y ser mantenidos para funcionar a las temperaturas del ambiente exterior. Si la unidad está ubicada en un ambiente muy frío se debe usar el aceite lubricante de densidad correcta y la cantidad de glicol correcta en el refrigerante. Se pueden producir daños si un motor se hace funcionar rápidamente a la velocidad de operación y se conecta a una carga cuando está muy frío. Se dispone de calentadores del agua de la camisa para mantener una temperatura mínima del agua de la camisa de 90°F. Cuando la unidad está en el exterior, o en un lugar donde está sometida a gotas de condensado procedentes del aire, debe estar equipada con una caja cerrada con llave que puede usarse como dispositivo de protección de seguridad.

### **3.7. Regulador**

El regulador del generador debe ser compatible con el equipo, la mayoría de los generadores modernos utilizan reguladores de tipo sólido. Los reguladores de voltaje constante permiten una variación temporal de la excitación del inductor hasta el punto de saturación para mantener el voltaje de la línea y permiten que el motor se sobrecargue

hasta el punto que no se recupere al aplicar cargas en bloques grandes. Los reguladores de voltios por herzio hacen que el voltaje siga la frecuencia de forma proporcional, permitiendo la recuperación el motor con carga en bloques grandes. Las pequeñas variaciones de voltaje producidas con un cambio normal de frecuencia (caída de velocidad) se superan ajustando el control de la ganancia (excitación compuesta aditiva). Por lo tanto, se mantienen los niveles precisos de voltaje durante la operación con carga constante.

Los grupos electrógenos modernos de menos de 2000 kW tienen una inercia baja y frecuentemente resultan muy afectados por las cargas en bloque grandes. Los grupos electrógenos que aceptan cambios súbitos de carga nula a plena carga pueden calarse o activar los disparos de frecuencia insuficiente, esto se evita:

- Haciendo más lenta la respuesta del regulador.
- Cambiando el voltaje proporcional a la frecuencia (voltios por herzio).

A medida que el motor reduce la velocidad debido a una aplicación súbita de carga, el voltaje se reduce para aliviar carga del motor. El voltaje vuelve a su valor normal a medida que el motor recupera la velocidad. Para evitar una respuesta irregular del regulador a la vez que se retiene la capacidad de paso de carga nula a plena carga, los reguladores se compensan en voltios por herzio.

### **3.8. Configuración de fases**

El inducido de un generador puede tener una sola bobina, o puede tener tres bobinas separadas  $120^\circ$  alrededor del bastidor. Este último caso, la salida de las tres bobinas indicará una diferencia de fases, ya que los polos magnéticos de la bobina inductora atraviesan las bobinas del inducido en tiempos diferentes. Los generadores contruidos de esta manera se llaman generadores trifásicos, mientras que los que solo

tiene una bobina de inducido se llama generadores monofásicos. Las máquinas trifásicas son comunes en lugares donde sea necesaria una gran cantidad de energía eléctrica.

Los generadores con una potencia nominal superior a 500 kW tienen por lo general una configuración en estrella. Los generadores con una potencia nominal inferior a 500 kW pueden estar conectados en estrella o en triángulo. Si todos los extremos de los devanados terminan en conexiones accesibles, es posible la reconexión en el campo de estrella a triángulo o de triángulo a estrella. Los terminales de los voltajes cambiarán. Los circuitos monofásicos de CA tienen un voltaje a una frecuencia dada. Estos circuitos se usan para iluminación y cargas de motor de fracciones de hp. Pueden ser bifilares o trifilares.

Bifilar = un neutro, (tierra o masa), una línea.

Trifilar = un neutro, los otros dos de igual voltaje, referido a las líneas.

También es normal encontrar servicios combinados a la entrada de un edificio existente. Un ejemplo consiste en el uso de un servicio monofásico trifilar para cargas de iluminación y un servicio trifásico trifilar para cargas de motor. Determine la distribución de carga en cada una de las tres fases de una instalación dada. También se debe determinar la cantidad de corriente monofásica requerida y la manera en que debe distribuirse en las tres fases disponibles del grupo electrógeno. Si se requiere cualquiera de las tres fases para suministrar una corriente monofásica excesiva, además de la parte de la carga trifásica que transporta, el generador puede estar sobrecargado. Así pues, la conexión de cargas monofásicas tendrá que volver a distribuirse de forma más equilibrada entre las fases disponibles. Si las conexiones existentes hacen que esto no sea práctico, se debe especificar un generador de mayor tamaño para conectar la carga monofásica adicional.

### **3.9. Amperios nominales**

El menor número de amperios indicado en la placa de información de todos los generadores SR4 describe los amperios nominales de la línea (cuando esta conectado el generador) para el alto voltaje indicado. Los amperios nominales de la línea generalmente limitan los kVA nominales de un generador. El producto de los amperios indicados de la línea, el voltaje relacionado de línea a línea y 1.732, es igual a los kVA. Excediéndose de los amperios nominales de la línea se puede acortar la duración del generador debido a una temperatura excesiva de los devanados. La entrada de calor del inducido del generador aumenta con el cuadrado de la corriente. La duplicación de la corriente producirá una entrada de calor aproximadamente cuatro veces mayor. Por regla general, los amperios nominales de la línea indicados no deben excederse para ganar los kVA indicados nominales cuando el nivel de voltaje se reduzca a su ajuste mínimo. No es necesario reducir la carga de amperios de la línea para mantenerse dentro del límite de kVA cuando el nivel de voltaje está en el ajuste máximo.

### **3.10. Números de polos / velocidad Sincrónica**

Los generadores pueden ser de cuatro, seis y ocho polos, que esta relacionado con el número de polos magnéticos producidos en el inductor giratorio. La frecuencia deseada (ciclos por segundo o herzios) determina la velocidad sincrónica en revoluciones por minuto (rpm).

$$\text{Rpm} = \frac{120 \times f}{\text{Número de polos}}$$

Si se desean 50 Hz de un generador tetrapolar, el generador debe girar a 1500 rpm y si se trata de un generador hexapolar a 1000 rpm.



## **4. CARACTERÍSTICAS DE LOS GENERADORES**

### **4.1. Descripción general**

El alternador del grupo electrógeno es del tipo autoexcitado sin escobillas que elimina el mantenimiento relacionado con las escobillas y anillos colectores, el sistema de control consta de un regulador automático de voltaje, circuitos de protección y los instrumentos necesarios para poder controlar la salida del grupo electrógeno

#### **4.1.1. Construcción / componentes principales**

El alternador es completamente autónomo y está diseñado y construido para proporcionar un funcionamiento sin problemas, una facilidad de mantenimiento y una larga vida de servicio. El núcleo del estator está fabricado con láminas de chapas eléctricas de acero con 1% de silicio de baja pérdida. Estas láminas se construyen y sueldan bajo presión constante para proporcionar un núcleo extremadamente rígido resistente a las vibraciones e impulsos de carga. El estator bobinado completamente, después de la impregnación, se embute en la armadura y se fija con pasadores.

Un eje maquinado de alta presión lleva el conjunto rotor que comprende los sistemas del campo inductor de rotación del alternador, el sistema rotor inductor / diodos giratorios y el ventilador de refrigeración. El rotor está mecánicamente enchavetado y soportado sobre el extremo del bobinado para permitir una sobre velocidad de 2250 rpm. El conjunto rotor completo está dinámicamente equilibrado para asegurar un funcionamiento sin vibraciones. En el extremo motriz del conjunto rotor hay un ventilador centrífugo de aluminio fundido que succiona aire de refrigeración a través de las cubiertas

con rejillas / persianas situadas en el extremo no motriz y lo descarga a través de cubiertas similares montadas lateralmente situadas en el extremo motriz.

#### **4.1.2. Método de operación del alternador**

La energía eléctrica producida por el grupo electrógeno proviene de un sistema de bucle cerrado que consiste principalmente en el rotor inductor, el campo de inducción giratorio y el regulador automático de voltaje. El proceso comienza cuando el motor empieza a girar los componentes internos del alternador. El magnetismo remanente en el rotor principal produce un pequeño voltaje alternativo (CA) en el estator principal. El regulador automático de voltaje rectifica este voltaje y lo aplica al estator inductor. Esta corriente continua CC al estator inductor crea un campo magnético que, a su vez induce un voltaje CA en el rotor inductor. Este voltaje CA se convierte otra vez en CC por medio de diodos giratorios.

Cuando este voltaje de corriente continua aparece en el rotor principal, se crea un campo magnético más fuerte que el campo remanente original lo que induce un voltaje mayor en el estator principal. Este mayor voltaje circula a través del sistema induciendo aun un mayor voltaje CC de vuelta al rotor principal. Este ciclo se repite para acumular un voltaje próximo al nivel de salida adecuado del grupo electrógeno. En este punto el regulador automático de voltaje comienza a limitar el voltaje que pasa al estator inductor que a su vez limita la potencia total de salida del alternador. El proceso de acumulación de voltaje tarda menos de un segundo.

#### **4.2. Corriente de falla**

La corriente de falla máxima producida por un sistema puede calcularse en cualquier punto de ese sistema. La capacidad de interrupción de los dispositivos de sobre corriente debe ser mayor que la corriente de falla suministrada donde se aplique el

dispositivo. La corriente de cortocircuito máxima que producen los generadores se ve ligeramente afectada por el diseño del regulador, de modo que solo se pueden considerar propiedades eléctricas del generador. La corriente eficaz de cortocircuito trifásico de primer ciclo, simétrico producida por un generador es:

$$I_{sc} = \frac{I_g}{X''_d}$$

$I_{sc}$  = Corriente de corto circuito

$I_g$  = Intensidad nominal del generador en amperios

$X''_d$  = Reactancia subtransitoria de eje directo por unidad.

Los generadores normalmente producen una intensidad ocho veces mayor que la intensidad nominal en una falla trifásica. Si los generadores están conectados en paralelo, o en paralelo a una barra colectora de la red, los dispositivos de sobrecorriente deben resistir la corriente total de cortocircuito producida por los dispositivos generadores. Los motores sincrónicos y de inducción alimentan una corriente de cortocircuito adicional a la falla a un valor aproximadamente igual a su valor nominal de rotor enclavado. Si se usa un disyuntor, tal vez sea necesario utilizar dispositivos protectores adicionales antes del disyuntor cuando se conecta a la red. Sin influencia exterior, la corriente de cortocircuito producida por el generador disminuye en un plazo de tres a cinco ciclos por debajo de la gama de activación del dispositivo de sobrecorriente.

Mientras el tiempo de recuperación de los contactos del disyuntor puede variar de 11/2 a 3 ciclos, el tiempo de apertura real es menor que 1 ciclo. Esta reacción rápida permite al disyuntor separar la falla del colector. Es necesario coordinar, o seleccionar, todos los dispositivos de sobre corriente en el sistema de distribución como protección contra la falla total del sistema en fallas de cortocircuito. Cuando se requiere esta capacidad, se deben ampliar tanto los dispositivos de sobre corriente como las

características del generador. Los disyuntores o los fusibles deben incluir retardos cortos, los retardos entre la apertura y la recuperación real de la sobre corriente, son el obstáculo principal para la coordinación de disyuntores. Estos retardos también permiten que la corriente circule por un disyuntor hasta que los contactos se recuperen y extingan el arco. En un sistema mal coordinado con varios disyuntores, puede empezar a desengancharse antes de que la falla sea subsanada por el disyuntor más pequeño. Esto puede desactivar todo el sistema.

El generador debe continuar suministrando altos niveles de corriente durante la falla para dar tiempo a coordinar todos los dispositivos protectores. El tiempo real necesario es normalmente menor que tres segundos, pero ciertas especificaciones requieren diez segundos como mínimo para mantener unos niveles de corriente de 300% por encima de la corriente nominal. El generador requiere una opción de refuerzo en serie en el circuito del regulador o un excitador de imán permanente para satisfacer estos requisitos.

### **4.3. Grupos electrógenos de un solo cojinete**

Los rotores de generadores de un solo cojinete están sujetos por detrás por medio de un cojinete en el bastidor del generador, y por delante por el cojinete de bancada del cigüeñal trasero. Se utiliza un acoplamiento de metal flexible para impulsar el generador. El peso soportado por el cojinete del cigüeñal es limitado, debe compararse con la capacidad del motor específico.

#### **4.3.1. Consideraciones de diseño NEMA-IEC**

La mayoría de los generadores siguen los criterios de diseño descritos por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) incluidas las limitaciones de temperatura de varios aislantes de cables.

### 4.3.2. Consideraciones NEMA aumento de temperatura

Al probar generadores a baja altitud que se vayan a aplicar por encima de 1007m (3300pies), las cifras de aumento temperatura anterior deben reducirse un 1% por cada 101 m (330) a una máxima altitud de 3963 m (13000 pies). Los aumentos de temperatura en la tabla siguiente se basan en una temperatura ambiental de referencia de 40° C (104° F). Para que el generador funcione bien a temperaturas ambiente mayores que 40° C (104° F), el aumento de temperatura de los generadores indicado en la siguiente tabla debe reducirse como se indica a continuación.

Tabla VI Relación Temperatura ambiente vrs reducción del aumento de temperatura en °C

Temperatura Ambiente	Reducción del aumento de Temperatura en °C
Por encima de 40 ° C Inducido 50 ° C	10
Por encima de 50 ° C Inducido 60 ° C	20

La vida útil del aislamiento de los cables esta relacionada directamente con la temperatura, pero no pueden usarse para predecir la duración total del generador. Los múltiples subconjuntos que componen el generador tendrán una influencia mucho más considerable en la duración del generador.

### 4.3.3. Sobrecarga máxima momentánea

Los generadores sincrónicos deben poder transportar una sobrecarga de un minuto del 50% de la corriente nominal normal, con el inductor fijado para la excitación de la carga nominal normal.

#### 4.3.4. Factor de desviación máxima

El factor de desviación del circuito abierto, voltaje de terminales de línea a línea de generadores sincrónicos no debe exceder de 0.1.

#### 4.3.5. Factor de influencia telefónica TIF

Este es un criterio desarrollado originalmente por AT&T para medir el efecto potencial de la deformación de la forma de onda y el suministro de CA en la producción de ruido en un sistema telefónico. Es una medida de la calidad de la energía eléctrica, este factor es la suma de todos los ruidos eléctricos (armónicos) producidos por una fuente de electricidad, compensado más fuertemente por aquellas frecuencias que sean más sensibles al oído humano. El oído humano puede detectar una amplia gama de frecuencias, pero es más sensible en la gama de 1000 a 3000 Hz, correspondiente a los armónicos 17 y 49 (impares).

Tabla VII Factor de Influencia Telefónica

,kV.A nominales Del generador	TIF Equilibrado
62.5 a 299	350
300 a 699	250
700 a 4999	150
5000 a 19999	100

La industria de comunicaciones ha establecido límites para el factor de influencia telefónica basándose en la potencia producida por el generador, que varía de 250 en grupos más pequeños a 50 unidades más grandes. Están tratando de impedir que los armónicos ponderados afecten la calidad del montaje transmitido por las líneas telefónicas (estática o zumbidos). La mayoría de los generadores comerciales tiene un factor TIF satisfactorio. Se reconoce generalmente un factor TIF igual a 50 como norma de la industria.

#### **4.3.6. Requisitos de corto circuito**

Un generador sincrónico es capaz de resistir sin daños, un cortocircuito trifásico de 30 segundos en sus terminales al operar a los kVA nominales y factor de potencia nominales, a un exceso de voltaje del 5 %, con excitación fijada.

#### **4.3.7. Exceso de velocidad**

Los generadores sincrónicos de polos salientes deben construirse de modo que resistan un exceso de velocidad del 25% sin daños mecánicos.

#### **4.3.8. Contenidos de armónicas**

Los armónicos son los múltiplos de la frecuencia de forma de onda fundamental producido por el generador. Como los generadores son magnéticamente simétricos, normalmente solo los armónicos impares tienen algún significado. Por ejemplo, una onda generada de 60 Hz, un tercer armónico de 180 Hz, un quinto armónico de 300 Hz, una séptima armónica de 420 Hz. En general cuanto mayor sea el orden del armónico, menor será la magnitud del mismo. Excepto por consideraciones de ruido de interferencia telefónica o de radiofrecuencia, los armónicos mas altos tienen poco significado. Los armónicos producen efectos no deseables en el generador, pero los motores también sufren del exceso de armónicos, los armónicos de magnitudes significativas son el tercero, el quinto y el séptimo pero debido a que los motores trifásicos no tienen una conexión neutra, solamente el quinto, el séptimo y el noveno son de importancia.

Cada uno de estos voltaje armónicos generados están en los devanados, pero una corriente de tercer armónico no circulará por un devanado trifásico conectado en estrella a menos que este conectado el neutro. La corriente del tercer armónico circulará por un devanado del generador conectado en triangulo. Tanto el quinto como el séptimo

armónico circularán por cualquiera de los devanados, ya que se trata de armónicos de la línea. La dificultad principal causada por la corriente de armónicos es el calor generado en el devanado, en el núcleo y en el rotor. Como los valores nominales del generador están limitados por el aumento de temperatura permisible, los armónicos son, en efecto, factores de devaluación, al producir una devaluación, la magnitud de la corriente es de importancia obvia, ya que las pérdidas son proporcionales al cuadrado de la intensidad. Cuando mayor sea la frecuencia mayor serán las pérdidas del núcleo y las pérdidas de cobre debido al efecto pelicular. Los armónicos quinto y séptimo son los responsables debido a que están comprendidos en la gama de 600 Hz.

Otra dificultad causada por los armónicos es la forma de onda. Cuantos más armónicos contenga una onda generada, mayor será la deformación de una onda sinusoidal. Si la deformación es suficientemente grande, puede causar problemas de detección del regulador de voltaje y lecturas inexactas de los instrumentos. La opción de paso de bobina tiene mucho que ver con la generación de armónicos. Un devanado de paso dos tercios elimina la mayor parte del tercer armónico, uno de cuatro quintos elimina el quinto y uno de seis séptimos elimina el séptimo. Desafortunadamente, el paso en la bobina no puede eliminar todos los armónicos simultáneamente. Al eliminarse uno, otros aumentan.

$$\text{Paso} = \frac{\text{Número de ranuras del núcleo}}{\frac{\text{Número de ranuras}}{\text{Número de polos}}}$$

Número de ranuras = Número de ranuras en núcleo -1; es decir, 1 en 15 = 14 ranuras,

El paso en la bobina es solo un elemento para la determinación del contenido de armónicos de voltaje. La reducción del tercer armónico en la onda de flujo se logra conformando la cabeza polar. La cabeza polar esta conformada para hacer que el entrehierro sea más largo en las puntas de los polos que en el centro del polo. El ancho de

la cabeza polar en proporción al centro del polo constituye un factor para el control de armónicos. Los generadores en mención tienen voltajes de tercer armónicos debido a que la posición de los polos y la forma de la cabeza de la pieza polar se han hecho proporcionales a fin de producir un flujo bajo de tercer armónico. Si no existe el tercero o se ha reducido a un mínimo, no es necesario suprimirse con un paso de devanado de dos tercios. Se puede emplear un paso más racional, como de cinco sextos, para reducir el quinto y el séptimo armónicos.

Como se ha indicado, las corrientes de tercer armónico no tienen trayectoria excepto en los generadores conectados en triángulo o en neutros tetrafilares conectados en estrella. Los terceros armónicos se eliminan por medio de una conexión trifilar en estrella. Escogiendo bien el paso del devanado, por ejemplo, cinco sextos, el quinto y el sexto armónicos son muy bajos. Por lo tanto, un generador trifilar conectado en estrella de paso cinco sextos está tan libre de armónicos como lo pueda estar un devanado normal. El tercer armónico se elimina, mientras que el quinto y el séptimo armónico tienen valores bajos.

Según se observó anteriormente, la corriente del tercer armónico circulará en un neutro conectado en estrella. Esto normalmente tiene poca importancia desde el punto de vista de la producción de calor o de devaluación, ya que esta corriente se divide de tres formas en la máquina conectada en estrella. Una corriente neutra igual al 30% de la corriente nominal tendrá  $30/3 = 10\%$  de corriente de devanado de fase del tercer armónico. Las pérdidas adicionales del inducido constituyen otro 1%. La corriente neutra de tercer armónico puede ser perjudicial para los diseñadores de los equipos de conmutación. Es posible que el voltaje de línea a neutro no pueda leerse debidamente excepto en instrumentos de lectura de valores eficaces verdaderos. Y los relés protectores tal vez no reaccionen de forma apropiada.

La cantidad de corriente neutra del tercer armónico entre generadores conectados en paralelo depende de la diferencia de voltajes de tercer armónico generados y de la reactancia entre ellos. Dos máquinas con voltajes de tercer armónico iguales (altos o bajos) no tendrán una corriente de tercer armónico en el neutro.

Esto se puede expresar.

$$I_{3T} = \frac{V_{3'} - V_{3''}}{3(X_{01} + X_{02} + X_L)}$$

$I_{3T}$  = Corriente total de tercer armónico

$V_{3'}$  = Contenido de tercer armónico del primer generador, en voltios

$V_{3''}$  = Contenido de tercer armónico del segundo generador.

3 = Factor de tercer armónico

$X_{01}$  = Reactancia de secuencia cero del primer generador, a la frecuencia nominal.

$X_{02}$  = Reactancia de secuencia cero del segundo generador, a la frecuencia nominal.

$X_L$  = Reactancia inductora de línea conectora en la frecuencia nominal.

Si los voltajes del tercer armónico no son iguales, circulará una corriente de tercer armónico. Cuando menor sea la reactancia de secuencia cero, mayor será la corriente de circulación. Es inherente para un devanado de paso dos tercios tener una reactancia de secuencia cero mucho menor que las máquinas de mayor paso. La diferencia de voltaje es la que causa corrientes de circulación neutras.

Ambos generadores contribuyen. No existe ventaja en un devanado de paso dos tercios al conectar generadores en paralelo. Al conectar en paralelo con las líneas de la red, el devanado de paso dos tercios puede ser una desventaja debido a la baja reactancia de secuencia cero.

#### **4.3.9. Equipo de conmutación**

El diseño de los equipos de conmutación para cualquier instalación depende de consideraciones técnicas y económicas. El contenido de los equipos de conmutación puede variar desde solo componentes de alto voltaje a controles y anuncio.

#### **4.3.10. Arranque – parada**

La complejidad de los controles de arranque – parada, varían según la aplicación y conocimientos del personal de operación. Existen dos categorías generales de controles – manuales y automáticos. Los operadores deben determinar el tiempo apropiado para desconectar el motor de arranque en los sistemas manuales. La lógica del arranque se usa para detectar el arranque del motor a menos que el operador este físicamente cerca del motor durante el arranque. En los sistemas automáticos, el panel de arranque dispone de esta capacidad. Los sistemas de control manual requieren controles relativamente sencillos.

#### **4.3.11. Panel de arranque**

Los paneles de arranque son los circuitos lógicos, o la inteligencia, de los sistemas de arranque, pueden montarse en la unidad, en la pared u otro equipo de conmutación. Cuando recibe una señal, el panel de arranque conecta el motor de arranque del motor, se desconecta cuando arranca el motor y supervisa las condiciones críticas de operación del motor. Debe incluir un sistema de anuncio para las señales visuales y audibles. También, permite arrancar el motor en un momento dado, puede incluir temporizadores para permitir ciclos de arranque más cortos con períodos de reposos entre ciclos. Los períodos sencillos de arranque no deben durar más de 30 segundos. Los temporizadores de arranque cíclicos se pueden ajustar generalmente para dar 10 segundos de arranque con descansos de 10 segundos entre ciclos y un máximo de cinco períodos de arranque.

Las ventajas del arranque cíclico en los motores diesel son cuestionables. Generalmente, los motores diesel arrancan en el primer período de arranque o no arrancan. Los intentos adicionales de arranque descargan las baterías de arranque de forma innecesaria.

#### **4.3.12. Dispositivos de parada**

La protección mínima para cualquier grupo electrógeno incluye baja presión de aceite lubricante, elevada temperatura del agua y paradas debidas a un exceso de velocidad, si se arrancan a distancia, se recomiendan indicaciones de nivel y caudal de agua del motor, tanto para advertencias como para paradas. Se puede supervisar cualquier función de operación del equipo, dependiendo de los requisitos individuales de instalación. Los paneles de arranque pueden incluir alarmas que junto con los sensores montados en el motor, supervisan las condiciones de operación en proceso de deterioro antes de la parada. Las prealarmas se usan de forma eficaz en instalaciones críticas para indicar las condiciones en proceso de deterioro antes de la parada. Esto permite al personal de operación que remedie el problema e impida una parada innecesaria. Los circuitos de sincronización de enfriamiento permiten operaciones sin carga durante un mínimo de dos minutos antes de la parada normal. Es necesario efectuar un estudio de coordinación de relés protectores para asegurar la compatibilidad del sistema y la protección del generador.

#### **4.3.13. Tipos de paneles de control**

Los paneles de control normalmente incluyen instrumentación y controles de motor/generador para la operación manual y automática. Según el tamaño y complejidad, los paneles de control pueden montarse en el grupo electrógeno o montarse a distancia en paredes o pisos, los paneles verticales montados en el piso o montados en la pared dejan espacio para controles y componentes complejos que transporten mayores corrientes.

Una zona de trabajo mínima de 1 m (3 pies) permitirá el acceso a la parte trasera del equipo de conmutación, mientras que deben hacerse preparativos para la entrada y la salida de cables de alimentación y control.

El equipo de conmutación a distancia ofrece ventajas si está ubicado en una zona separada, aunque el equipo de conmutación opera en salas de motores, la duración de servicio se prolonga considerablemente montado en una sala limpia, seca y bien ventilada con una temperatura máxima de 30°C (85°F). También es ventajoso filtrar el aire de entrada y mantener la sala bajo una ligera presión de aire para estimular la limpieza. Los disparos por bobinas en derivación permiten el disparo de disyuntores a distancia por operadores o señales de alarma. El cierre de los disyuntores a distancia se logra añadiendo operadores de motor adicionales por otros con dispositivos de energía almacenados.

Las conexiones a tierra parciales pueden causar una corriente suficientemente grande como para causar daños incluso si es inferior a la corriente nominal de los dispositivos protectores. Como protección contra esta falla, se usan dispositivos de protección de conexiones accidentales a tierra, que detectan corrientes anormales y despejan el circuito por medio del disparo de la bobina en derivación del disyuntor. Los relés de las conexiones accidentales a tierra responden a corrientes de 50 a 400 amperios, dependiendo de las características de carga del circuito de distribución. Se deben evitar disparos de interferencia de cambios normales en la corriente de carga. Las cargas de SCR incompatibles con los dispositivos protectores de conexiones accidentales a tierra pueden causar disparo.

#### **4.3.14. Fusibles disyuntores**

Los requisitos para cada sistema eléctrico deben analizarse para determinar la protección de sobrecorriente más adecuada para la aplicación. No solamente el sistema

debe estar seguro en todas las condiciones de servicio, sino que debe asegurar también la continuidad del servicio. La selección y la combinación inteligentes de fusibles y disyuntores producirán sistemas de máxima seguridad con cortes de energía mínimos. Cada uno de los dispositivos protectores ofrece muchos diseños y dispone de capacidades de solapamiento. La comparación siguiente se ha hecho solamente en dispositivos básicos. Los fusibles se consideran un elemento doble con altas capacidades de interrupción. Los disyuntores son de tipo de caja moldeada, tripolares y termo magnéticos.

#### **4.3.15. Criterios de selección**

El siguiente procedimiento le permitirá tener una idea aproximada de la capacidad que deberá tener un grupo electrógeno. Cuando existe la necesidad de contar con estos equipos ya sea para asegurar el suministro de electricidad ante una falla del suministro normal en nuestro lugar de residencia o de trabajo, o bien rebajar nuestro costo de consumo de energía, esto le permitirá tener una idea aproximada de la capacidad que deberá tener el grupo electrógeno.

¿Que debe seguir funcionando en caso de cortes de energía programados o inesperados?

Se debe definir:

¿Qué máquinas o equipos deben seguir funcionando siempre?

En este punto, y si se contemplan motores eléctricos, una buena aproximación es considerar como regla general que la "corriente de partida" es igual a 3 veces la corriente nominal o de trabajo si el motor es partida estrella triangulo, 6 veces la corriente nominal o de trabajo si el motor es partida directa; en el caso de ascensores los motores eléctricos pueden ser con variadores de frecuencia, la corriente de partida se puede estimar en 2,5 veces la corriente nominal o de trabajo. 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 partida.

¿Qué zonas deben continuar con iluminación básica?

Se deberá calcular en base a la cantidad total de fuentes lumínicas, multiplicado por el consumo expresado en Watts de cada una de ellas, y el total se dividirá por 1.000, para obtener kilowatts.

Teniendo las respuestas a las preguntas anteriores, se tendrá una idea gruesa del tamaño del equipo.

¿Quién dimensiona exactamente el grupo electrógeno?

La determinación del tamaño o capacidad del grupo electrógeno y su configuración, son parte de un proyecto eléctrico, mecánico y obras civiles, el cual definirá:

- a. Potencia necesaria para cubrir mis necesidades presentes y futuras.
- b. Elementos que debe incorporar el equipo (arranque manual o automático, operación en paralelo con otros equipos o con la red pública, insonorización, estanques de combustible auxiliar, calefactores, etc.)
- c. Normativas legales a cumplir (eléctrica, ruido, emisión de gases y partículas).
- d. Lugar donde serán instalados el o los equipos (bajo techo, intemperie, elevación sobre el nivel del mar, ambientes polvorientos, etc.).

Un ejemplo de cómo estimar la potencia de un grupo electrógeno para un edificio de departamentos de 12 pisos con lo siguientes equipos a respaldar:

1 Ascensor de 15 kW, partida con variador de frecuencia (VF), 380V.

2 bombas de agua; 10 HP c/u, partida estrella-triángulo (E-T), 380V.

1 bomba caldera; 5 HP partida directa (DOL), 380V  
 1 escala presurizada para incendios; 15 HP, partida directa (E-T), 380V.  
 Iluminación pasillos comunes; 5,5 kW (55 fuentes de 100 W c/u), 220V.  
 Iluminación Hall de acceso; 1,5 kW (15 fuentes de 100 W c/u), 220V.  
 Portón acceso vehículos; 0,5 kW, partida directa (DOL), 220V.

A continuación haremos el cuadro de cargas y se definirán las potencias de partida de cada equipo. Para este caso veremos la peor condición para el cálculo del grupo electrógeno, uno con ascensor y otro con la escala presurizada, ambos no funcionan en forma simultánea. Recordar que este cálculo es una estimación, la potencia final del grupo electrógeno definitivo no será mayor al que calcularemos pero si podría ser menor. En cálculos más exactos se deben considerar factores como tipo de cargas lineales o no lineales, factores de uso, simultaneidad de las partidas.

Tabla VII Cuadro de Cargas Eléctricas

**CUADRO DE CARGAS**

Equipo	Potencia Nominal (kW)	Tensión (v)	Potencia equivalente 380 V (kW)	Tipo de partida	Factor de partida	Potencia de partida (kW)
Ascensor	15	380	15	VF	2.5	37,5
Bba. Agua	7.5	380	7,5	E-T	3	22.5
Bba. Agua	7.5	380	7.5	E-T	3	22.5
Bba. Caldera	3,7	380	3.7	DOL	6	22.2
Escala presurizada	11,2	380	11.2	E-T	3	33,6
Iluminación pasillos	5,5	220	1.9	/	1	1,9
Iluminación Hall	1,5	220	0.5	/	1	0,5
Portón	0.5	220	0,5	DOL	6	3
Total con ascensor		TOTAL	36.6			
Total con escalera Presurizada		TOTAL	32.8			
Total potencia de partida con ascensor (kW)						110.1
Total pot de partida con escala presurizada (kW)						106.2

La peor condición es con el ascensor funcionando, es decir 110,1 kW; esta potencia es la máxima transitoria que podría eventualmente solicitarse al generador el cual tiene un factor de potencia de 0,8 (valor para todos los alternadores AC estándar), tenemos que:

$$\text{kVA} = \text{kW} / 0,8$$

Por lo tanto, la potencia aparente (kVA) del generador será de

$$110,1 / 0,8 = 137,6 \text{ kVA},$$

potencia máxima transitoria solicitada al grupo electrógeno considerando que todos los equipos arranquen simultáneamente, sin embargo la potencia cuando todos los equipos estén funcionando será de

$$36,6 / 0,8 = 45,8 \text{ kVA}.$$

Definir la potencia que debe tener el grupo electrógeno será en función de factores de simultaneidad y de uso que aplican los proyectistas eléctricos, para este caso una buena aproximación es aplicar un factor de 0,8 a la potencia máxima calculada es decir

$$137,6 * 0,8 = 110 \text{ kVA}$$

Esta será la potencia Stand-By o emergencia que deberá tener el grupo electrógeno. Sin embargo si se pudiera hacer una secuencia de partidas de los equipos un equipo arrancando a la vez, la condición mas critica para el grupo electrógeno será cuando todos los equipos estén funcionando y arranque el ascensor, la potencia máxima solicitada será de:

$$(36,6 \text{ kW} - 15 \text{ kW}) + 37,5 = 59,1 \text{ kW}$$

La potencia aparente para este caso será:

$$59,1 / 0,8 = 73,9 \text{ kVA.}$$

La diferencia que resulta considerando arranque simultáneo de todos los equipos, 110 kVA versus 73,9 kVA, obtenido con arranque de los equipos en forma secuenciada. Con este valor de potencia el cliente ya puede comenzar una evaluación preliminar técnico-económica de su necesidad de respaldo de energía.

En resumen, para la selección de un grupo electrógeno se debe considerar:

- Definir que equipos se conectaran al grupo electrógeno.
- Dimensionar el grupo electrógeno en función de los equipos que se conectarán.
- Seleccionar el proveedor adecuado.

## **5. SECCIÓN DE SEGURIDAD**

### **5.1. Aspectos importantes sobre seguridad**

La mayoría de los accidentes que ocurren durante la operación, mantenimiento y reparaciones del equipo son consecuencia de negligencia al momento de tomar precauciones y reglas de seguridad básicas, con un poco de cuidado se pueden evitar serios daños, además se debe permanecer alerta para advertir posibles peligros.

También se debe tener la instrucción, la habilidad y las herramientas necesarias para desempeñar adecuadamente estas funciones. La operación, la lubricación, el mantenimiento y las reparaciones incorrectas de estos equipos pueden ser peligrosas y resultar graves accidentes.

Antes de operar, lubricar, dar servicio o reparar uno de estos equipos, es necesario leer y comprender todas las advertencias y precauciones relativas a la seguridad. Entre los signos que se presentan sobre seguridad se tienen diversas formas de llamar la atención ya sea con letreros, signos, o estampas para facilitar el uso adecuado.

El grupo electrógeno está diseñado de tal modo que es una máquina segura siempre que se utilice de modo correcto. Pero la seguridad está en las personas que instalan, usan y dan mantenimiento al equipo, es necesario tomar en cuenta ciertas precauciones para reducir al mínimo los accidentes

## **5.2. Seguridad**

### **5.2.1. Etiquetas y avisos de advertencia**

- Leer e interpretar todas las precauciones y advertencias de seguridad antes de poner en funcionamiento el grupo electrógeno.
- Si no se observan las instrucciones, procedimientos y precauciones de seguridad indicados aumenta la posibilidad de producirse un accidente o lesión.
- No poner nunca en funcionamiento el grupo electrógeno si no esta en condiciones de seguridad.
- Si el grupo electrógeno se encuentra en situación de falta de seguridad colocar avisos de peligro y desconectar el cable del polo negativo (-) de la batería para que no se pueda poner en marcha hasta eliminar la falta de seguridad.
- Desconectar el cable del polo negativo (-) de la batería antes de proceder a cualquier reparación o limpieza en el equipo.
- Instalar y operar el equipo electrógeno observando siempre las correspondientes especificaciones, estándares u otros requisitos dependiendo del lugar donde se ubique el equipo.

### **5.2.2. Instalación**

- Efectuar las conexiones eléctricas de acuerdo con las especificaciones, estándares u otros requisitos eléctricos. Esto incluye los requisitos de toma a tierra y pérdidas a masa/tierra.
- Para los grupos electrógenos fijos con sistemas de combustible externos, cerciorarse de que estos sistemas estén instalados de acuerdo con las correspondientes especificaciones, estándares u otros requisitos.
- Los gases de escape del motor implican un riesgo para el personal, dichos gases del motor de los grupos electrógenos instalados en interiores deben conducirse al

exterior por medio de una tubería a prueba de fugas que cumpla las correspondientes especificaciones, estándares u otros requisitos. Asegurar que todas las tuberías, silenciadores de escape caliente y turbocompresores estén limpios de cualquier producto o material combustible y estén equipados con protecciones para el personal según las normas de seguridad. Asegurar que la salida de los gases de escape no representen peligro.

- No elevar nunca el grupo electrógeno por medio de las orejetas de izar situadas en el motor o en el alternador.
- Asegurar que el equipo de elevación y la estructura de soporte estén en buenas condiciones y tengan la capacidad adecuada para soportar el peso.
- Cuando el grupo electrógeno este suspendido en el aire, mantener todo el personal alejado del mismo.
- Cuando se remolque un grupo electrógeno móvil, observar todas las especificaciones, estándar, normas o leyes de tráfico, como aquellas referentes a las especificaciones del equipo requerido y a las velocidades máxima y mínima, revisar que los frenos, si están instalados estén en buenas condiciones.
- No permitir que nadie vaya montado dentro o sobre el grupo electrógeno móvil, que nadie permanezca de pie o vaya montado en la barra de remolque o ande entre el grupo electrógeno y el vehículo remolcador
- No instalar o utilizar el grupo electrógeno en cualquier ambiente o lugar clasificado como peligroso a menos que el mismo se haya designado expresamente para este ambiente.

### **5.2.3. Generalidades**

Solamente se puede lograr una operación eficaz y segura del equipo eléctrico si el mismo se instala, opera y se mantiene correctamente.

- No se permita el acceso al equipo de personal no autorizado o sin entrenamiento.

- No usar ropa suelta o alhajas al trabajar con dicho equipo.
- Detenga el motor antes de efectuar ajustes o reparaciones en este o en el generador salvo una especificación diferente.
- Colocar una etiqueta de “NO OPERAR” el interruptor de arranque, perilla de arranque de aire y/o sistemas de arranque remoto.
- Asegurarse que el sistema de arranque remoto no este conectado en el equipo al cual se le esta efectuando el servicio.
- Desconecte y coloque una cinta al cable de conexión a tierra de la batería o coloque el interruptor automático de arranque-parada en la posición STOP antes de trabajar en el equipo para impedir el arranque accidental.
- Para evitar daños, instale protecciones a todos los ejes de accionamiento, poleas y cualquier otro componente con piezas giratorias expuestas.
- Utilice siempre herramientas que se encuentren en buen estado y asegúrese de efectuar cualquier tarea de servicio, retire todas las herramientas, cables eléctricos y todo otro elemento suelto del motor antes del arranque.
- Las velocidades, temperaturas y carga del motor son los mejores indicadores de su rendimiento. Se debe confiar en los instrumentos, registrar y comparar las lecturas para detectar posibles anomalías.
- Use un casco para la cabeza, máscara para el rostro, ropa, protectores de oídos, zapatos, respirador u otros elementos protectores cuando sea necesario.
- Al emplear aire a presión, utilice siempre equipo de seguridad aprobado.
- Si se trabaja dentro de una sala de motores cerrada con los motores funcionando, utilice dispositivos de protección para los oídos para evitar lesiones a los mismos.
- El motor del generador consume oxígeno y emite gas mortífero de monóxido de carbono a través de su sistema de escape, si se respira en suficientes concentraciones este gas peligroso, puede causar pérdida del conocimiento, o incluso la muerte, el peligro del envenenamiento por monóxido de carbono se reduce grandemente cuando se instala el generador al aire libre.

- El grupo electrógeno debe ser conectado a la carga solamente por electricistas completamente calificados autorizados para dicho trabajo y de acuerdo con las especificaciones y estándares eléctricos
- Asegurar que el grupo electrógeno, tanto fijo como móvil, tenga una toma a tierra efectiva de acuerdo con las normas pertinentes antes de ponerlo en marcha.
- Antes de conectar o desconectar las conexiones de carga, de debe parar el grupo electrógeno y desconectar el terminal negativo (-) de la batería.
- No intentar conectar o desconectar las conexiones de carga si se permanece sobre agua o sobre un terreno húmedo o fangoso.
- No tocar las partes activadas eléctricamente del grupo electrógeno y/o cables o conductores de interconexión con cualquier parte del cuerpo o con cualquier objeto conductor de la electricidad que no este debidamente aislado.
- Volver a colocar la tapa de la caja de bornes del grupo electrógeno una vez finalizada la conexión o desconexión de la carga, no operar el grupo electrógeno sin la tapa firmemente colocada en la caja.
- Conectar el grupo electrógeno solamente a cargas y/o sistemas eléctricos compatibles con sus características eléctricas y que estén dentro de su capacidad nominal.
- Asegurar que se desconecte la energía eléctrica del equipo eléctrico que se vaya a revisar.
- Mantener todo el equipo eléctrico seco y limpio. Reemplazar los cables cuyo aislamiento este deteriorado, cortado, rozado o degradado. Reemplazar los bornes gastados, descoloridos o corroídos. Mantener los bornes limpios y bien ajustados.
- Aislar todas las conexiones y cables desconectados.
- En los incendios provocados por electricidad, utilizar solamente extintores de la clase BC o ABC. (entre la clasificación de extintores se mencionan las clases A, B, C, las cuales son utilizados para papeles y maderas A, combustibles y lubricantes B, por ultimo incendios por cortos eléctricos C).

#### **5.2.4. Accesorios de subida al equipo**

- Algunos motores en instalaciones permanentes pueden requerir el uso de equipo de ascenso para proporcionar acceso para efectuar operaciones de mantenimiento de rutina.
- Mantenga todos los equipos de ascenso, escaleras, escalones y plataformas limpias y libres de superficies resbaladizas y elementos que puedan provocar tropiezos.
- Asegure el equipo de ascenso de tal modo que no se mueva ni se caiga durante su uso.
- Nunca salte desde una plataforma, escalera o escalón elevado.

##### **5.2.4.1. Preparativos para el remolque**

- Inspeccionar todos los componentes de acoplamiento del vehículo remolcador y del grupo electrógeno por si existiesen defectos tales como desgaste excesivo, corrosión, grietas, metal doblado o falta de pernos.
- Asegurar que el vehículo remolcador tenga la capacidad nominal para arrastrar una carga de por lo menos el peso del grupo electrógeno móvil mas un 10% del mismo como factor de seguridad.
- Acoplar el remolcador al remolque y asegurar que el dispositivo de acoplamiento este fijado, cerrado y enclavado, conectar los cables de remolque para las luces intermitentes, de frenos, etc.
- Enganchar las cadenas, si van provistas, cruzándolas bajo la barra de remolque y fijándolas en el vehículo remolcador. Si esta instalado, conectar el cable de seguridad de “rotura de enganches”.
- Retirar totalmente el gato de husillo, si va incorporado, y fijarlo con el pasador o dispositivo de anclaje.
- Enclavar la rueda de dirección delantera, si va incorporada, en su posición totalmente levantada.

- Asegurar que los gatos estabilizadores posteriores, si van incorporados, queden en su posición hacia arriba y enclavados.
- Inspeccionar el estado de las ruedas y su presión.
- Comprobar que todas las luces posteriores funcionen correctamente y que todos los faros estén limpios.
- Asegurar que los cables de carga y puesta a tierra estén desconectados y que todas las ventanas, puertas de acceso y tapas de cajas de herramientas estén cerradas.
- Asegurar que todas las tuberías externas de combustible estén desconectadas.
- Soltar los frenos de aparcamiento del remolque, si están incorporados, y retirar los bloques o cuñas que pudieran estar bajo las ruedas.

Remolque: cuando se remolque un grupo electrógeno móvil, debe tenerse en cuenta que el grupo puede tener casi el mismo peso o pesar más que el vehículo remolcador por lo que la facilidad de maniobra y la distancia de frenado se verán afectados.

- Evitar pendientes de 15° (27%) y baches, piedras u otros obstáculos así como también terrenos blandos o inestables.
- Antes de dar marcha atrás, asegurar que detrás y debajo del grupo electrógeno no existan obstáculos.

#### **5.2.4.2. Aparcamiento**

- Aparcar el grupo electrógeno en una zona nivelada y seca que pueda soportar su peso. Si ha de colocarse en una pendiente, aparcarlo atravesado a la pendiente para que no tienda a deslizarse hacia abajo.
- No aparcar el grupo en pendientes superiores a 15° (27%). Accionar el freno de aparcamiento y poner cuñas a ambos lados de todas las ruedas.

- Bajar el gato de husillo delantero, rueda orientable y / o los gatos estabilizadores posteriores, si van incorporados.
- Desenganchar las cadenas del vehículo remolcador, si van incorporados, desenchufar las conexiones eléctricas, desacoplar el dispositivo de acoplamiento y retirar el vehículo remolcador del grupo electrógeno.

### **5.2.4.3. Almacenaje**

- El almacenaje durante un largo período de tiempo puede tener efectos perjudiciales tanto en el motor como en el alternador, estos efectos pueden minimizarse preparando y almacenando adecuadamente el grupo electrógeno.
- Almacenaje del Motor. El motor debe pasar por un proceso de preservación que incluye la limpieza del motor y la sustitución de los líquidos por nuevos o por líquidos preservantes.
- Almacenaje del Alternador: cuando se almacena un alternador, la humedad tiende a depositarse en los devanados. Para minimizar la condensación, almacenar el grupo electrógeno en una zona de almacenaje seca. Si es posible, utilizar calentadores del aire ambiente para mantener secos los devanados.
- Almacenaje de la batería: cuando se almacene la batería, deben recargarse cada 12 semanas (8 semanas en climas tropicales) hasta alcanzar la carga total.

### **5.2.5. Prevención de incendios o explosiones**

Los combustibles y humos asociados con los grupos generadores pueden ser inflamables y potencialmente explosivos. La manipulación correcta y adecuada de estos productos reduce drásticamente el riesgo de incendio o explosión.

Sin embargo, para completar la seguridad deben mantenerse cerca del grupo electrógeno extintores, de incendios totalmente cargados de las clases BC y ABC. El personal debe saber como manejarlos.

- Asegurar la adecuada ventilación en la sala donde este instalado el grupo electrógeno.
- Mantener una buena limpieza de sala, el suelo de la misma y el propio grupo electrógeno, limpiar inmediatamente cualquier derrame de combustible, aceite, líquido electrolito o refrigerante.
- No almacenar nunca líquidos inflamables cerca del motor.
- Almacenar los trapos impregnados en aceite en recipientes metálicos cerrados.
- No fumar o dejar que salten chispas, se produzcan llamas u otras fuentes de ignición cerca del combustible o de las baterías, los vapores de combustibles son explosivos. El hidrógeno producido por la carga de baterías también es explosivo.
- Desconectar la corriente del cargador de baterías antes de efectuar o suprimir conexiones desde la batería.
- Mantener los objetos conductores a tierra, tales como herramientas, lejos de las partes eléctricas expuestas, tales como bornes, a fin de evitar la formación de arcos eléctricos.
- Evitar rellenar el depósito de combustible mientras el motor este funcionando.
- No intentar operar el grupo electrógeno teniendo conocimiento de la existencia de fugas en el sistema de combustible.
- La acumulación excesiva de gases no quemados en el sistema de escape puede crear unas condiciones potencialmente explosivas. Esta acumulación puede ocurrir después de repetidos intentos fallidos en el arranque del motor, comprobación de la válvula mariposa del aire o parada caliente del motor.
- Abrir los tapones de purga del sistema de escape, si van instalados, y dejar que los gases se disipen antes de volver a intentar arrancar el grupo electrógeno.
- NFPA 70: Código Eléctrico Nacional Tenemos Ámbito de aplicación.

- Cubiertos. Este código se refiere a la instalación de conductores eléctricos, equipos y pistas, señalización y comunicaciones conductores, equipos y pistas, y cables de fibra óptica y pistas para las siguientes actividades:
  - Públicas y privadas locales, incluidos los edificios, estructuras, casas móviles, vehículos de recreo, edificios y demás artefactos flotantes
  - Jardines, lotes, estacionamientos, carnavales, industriales y subestaciones
  - Instalaciones de conductores y equipos que se conectan con el suministro de electricidad
  - Las instalaciones utilizadas por la eléctrica, tales como edificios de oficinas, Almacenes, garajes, talleres mecánicos, recreativas y edificios, que no son parte integrante de una planta de generación, subestación, o centro de control.
  
- No tratados. Este código no cubre los siguientes:
  - Las instalaciones de buques, embarcaciones flotantes que no sean edificios, material rodante ferroviario, aeronaves, vehículos automotores o que no sean casas móviles y vehículos recreativos. FPN:
  - Las instalaciones subterráneas en las minas y auto-propulsados móvil explotación minera a cielo abierto maquinaria y sus eléctrica del cable flexible.
  - Instalaciones de ferrocarriles para la generación, transformación, transmisión o distribución de energía utilizados exclusivamente para el funcionamiento del material rodante o instalaciones utilizadas exclusivamente para señalización y comunicaciones fines.
  - Instalaciones de equipo de comunicaciones bajo el control exclusivo de los servicios públicos de comunicaciones situados al aire libre o en la

construcción de los espacios utilizados exclusivamente para estas instalaciones.

- Las instalaciones bajo el control exclusivo de una línea eléctrica, para los que dichas instalaciones.
  
- Están ubicados en las servidumbres que establece la ley o derechos de vía designado por o reconocido por comisiones de servicio público, u otras agencias reguladoras que tenga jurisdicción para conocer de dichas instalaciones, Está en propiedad o arrendado por la eléctrica a los efectos de las comunicaciones, medición, la generación, control, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica.
- Ejemplos de empresas de servicios públicos pueden incluir las entidades que normalmente son designados o gubernamentales reconocidas por la ley o reglamento de servicio público / utilidad y comisiones que instalar, operar y mantener el suministro eléctrico (como la generación, transmisión, o los sistemas de distribución), sistemas de comunicación (como teléfono, televisión por cable, Internet, satélite, o servicios de datos). Utilidades puede estar sujeto al cumplimiento de los códigos y las normas que cubren sus actividades reguladas como gubernamentales adoptadas en el marco de la ley o el reglamento. Se puede encontrar información adicional a través de consulta con los órganos gubernamentales, tales como comisiones de regulación estatal, la Federal Comisión Reguladora de Energía y la Comisión Federal de Comunicaciones. La autoridad que tenga jurisdicción para la aplicación de este Código podrán conceder excepciones para la instalación de conductores y equipos que no están bajo el control exclusivo de las centrales eléctricas y se utilizan para conectar el suministro de electricidad para el sistema de servicio de conductores de entrada de los locales sirvió, siempre que dichas instalaciones están fuera de un edificio o dejar sin efecto de inmediato dentro de un edificio de pared.

### 5.2.6. Prevenciones de descargas eléctricas

Primeros auxilios en caso de sacudida eléctrica:

- No tocar la víctima con las manos desnudas hasta que se haya desconectado la fuente de electricidad.
- Si es posible, cerrar el suministro de energía eléctrica.
- De lo contrario, desenchufar el cable o alejarlo del cuerpo de la víctima.
- Si esto no es posible, colocarse sobre un material aislante seco y arrastrar a la víctima lejos del cable, preferiblemente por medio de un material aislante tal como madera.
- Si la víctima respira, colocarla en la posición de recuperación descrita más abajo.
- Si la víctima está inconsciente, llevar a cabo los siguientes procedimientos de reanimación.

Abrir el paso del aire.

- Echar hacia atrás la cabeza de la víctima y levantarle la barbilla.
- Retirar cualquier objeto que se encuentre en la boca o en la garganta (tales como prótesis dentales, tabaco o chicle).

Respiración

- Comprobar si la víctima respira observando el movimiento del pecho, auscultándola o sintiendo su aliento.

Circulación.

- Comprobar si existe pulso en el cuello de la víctima.

Si la víctima no respira pero tiene pulso:

- Con los dedos pulgar e índice, pinzar firmemente la nariz de la víctima.
- Aspirar profundamente y con los propios labios sellar los de la víctima.
- Soplar lentamente en la boca de la víctima observando como se eleva su pecho. Retirar los labios y dejar que el pecho descienda completamente, repitiendo esta operación 10 veces por minuto.
- Si se ha de abandonar la víctima para buscar ayuda, efectuar primeramente la operación anterior 10 veces y volver lo antes posible para continuar con la respiración boca a boca.
- Compruebe el pulso cada 10 respiraciones.
- Cuando la víctima recupere la respiración, colocarla en la posición de recuperación descrita al final de esta sección.

Si la víctima no respira y no tiene pulso.

- Pedir asistencia médica.

Efectuar dos respiraciones y comenzar la compresión pectoral del modo siguiente.

- Colocar la parte inferior de la palma de la mano a una distancia de la unión de la caja torácica con el esternón.
- Colocar la otra mano sobre la primera y entrelazar los dedos.
- Manteniendo los brazos extendidos, empujar hacia abajo 4-5 cms. (1.5-2 pulg.) 15 veces seguidas a un régimen de 80 por minuto.
- Repetir el ciclo (2 respiraciones, 15 compresiones) hasta que llegue la asistencia médica.
- Si el estado de la víctima mejora, comprobar el pulso y continuar con las respiraciones. Comprobar el pulso cada 10 respiraciones.

- Cuando la víctima recupere la respiración, colocarla en la posición de recuperación descrita a continuación.

#### Posición de Recuperación

- Colocar la víctima de lado.
- Mantener la cabeza ladeada con la mandíbula hacia delante para mantener el paso del aire.
- Asegurar que la víctima no pueda girar hacia adelante o hacia atrás.
- Comprobar regularmente la respiración y el pulso. Si cesa la respiración o el pulso. Proceder como se describe más arriba.

***Recomendación:*** *No proporcionar líquidos a la víctima hasta que este consciente. Esto puede ser causa de ahogamiento, si la víctima no se encuentra recuperada por completo.*

#### **5.2.7. Prevención de quemaduras**

- Asegúrese de que la sala de motores tenga ventilación adecuada.
- Mantenga limpia la sala de motores y el piso.
- Observe las indicaciones de *NO FUMAR*. No fume cerca de las baterías, el gas de hidrógeno generado por las baterías bajo carga es explosivo, mantenga las baterías en una zona bien ventilada.
- El combustible es extremadamente inflamable y sus vapores son explosivos. Inspecciones frecuentemente para ver si hay pérdidas de combustible y corrija cualquier pérdida inmediatamente.
- Nunca almacene líquidos inflamables cerca del motor.
- Guarde los paños engrasados en recipientes metálicos cubiertos.
- Disponga siempre de un extintor de incendios y sepa como usarlo, inspecciónelo y manténgalo en la forma recomendada en su placa o rótulo de instrucciones.

- No emplee extintores de incendio con tetracloruro de carbono. Los gases son tóxicos y el líquido produce un efecto deteriorante sobre el aislamiento.

### **5.2.8. Preparativos para el arranque**

- No haga arrancar el motor ni mueva ninguno de los controles si hay colocada una etiqueta de advertencia.
- Asegúrese de que nadie este trabajando en el motor ni con componentes accionados por el motor ni cerca de ellos, antes de hacerlo arrancar.
- Haga arrancar y opere el motor en una zona bien ventilada, si es necesario operar en un área cerrada, ventile los vapores de escape al exterior.

#### **5.2.8.1. Arranque**

##### Arranque/Parada inicial – Panel de Arranque Manual

Debe de utilizarse el siguiente procedimiento cuando se arranque por primera vez un equipo, o cuando se ha estado fuera de servicio durante cierto tiempo debido a trabajos de mantenimiento.

*Es bueno saber que: El grupo electrógeno se puede parar en cualquier momento girando el Conmutador de Arranque Manual a la posición “O” (desconectado).*

- Efectuar las comprobaciones para el arranque (antes mencionadas).
- Conectar la batería al motor, primero el polo positivo y luego el polo negativo.
- Cebear el sistema de aceite de lubricación, desconectando primero un cable del solenoide o del actuador de combustible. Esto evita que el motor se ponga en marcha.

- Después hacer girar el motor situando el conmutador de Arranque Manual en la posición  (arranque) durante 5 a 7 segundos. Volver a situar el Conmutador de Arranque Manual en la posición “Desconectado” (“O”).
- Repetir los intentos de arranque 4 veces como máximo, si fuese necesario, hasta que se registre una presión en el manómetro.
- En el caso de que no se haya registrado presión al cabo de 4 intentos de arranque, investigar las causas de la falta de presión de aceite antes de intentar arrancar otra vez el motor.
- Volver a conectar el cable del solenoide o del actuador de combustible.

***Tener cuidado con:*** Girar excesivamente el motor con un sistema de combustible no cebado puede causar una acumulación de gases de combustible no quemados en el sistema de escape que podrían ser potencialmente explosivos.

- Cebado el sistema de combustible utilizando la bomba manual de cebado y purgar el aire atrapado en el filtro de combustible.
- Arranque: Gire el conmutador de Arranque Manual de la posición “O” pasando por la posición “T” (conectado) hasta la posición de precalentamiento.
- Mantener el conmutador durante 7 segundos para precalentar el aire de inducción, después de este lapso de tiempo seguir girando el conmutador hasta llegar a la posición  para hacer girar el motor.
- Cuando el motor se ponga en marcha, soltar inmediatamente el conmutador para que regrese a la posición de conectado.
- En caso que el motor no arranque, no girar el motor durante más de 5 a 7 segundos. Dejar pasar 10 segundos y siempre girar el Conmutadora la posición Desconectado (posición “O”) entre cada intento de arranque, si después de 4 intentos, el motor no se ha puesto en marcha, determinar la causa de la falla.

***Es importante saber:*** que en el sistema de escape se pueden acumular gases después de varios intentos fallidos de arranque. Desenroscar los tapones situados en los codos del tubo de escape o tubos cortos para que se disipen los gases. Una vez haya desaparecido todo signo de combustible no quemado (humo Blanco) y los demás problemas causantes del fallo en el arranque, volver a colocar los tapones y repetir el procedimiento.

Cuando el motor se haya puesto en marcha.

- Después de aproximadamente 1 minuto, para el grupo electrógeno situando el conmutador de arranque manual en la posición “Desconectado” (“O”).
- Quitar la tapa del radiador y esperar 5 minutos para que el sistema se estabilice y deje escapar el aire que pudiera estar atrapado.
- Volver a comprobar el nivel de líquido refrigerante y rellenar si fuese necesario.

***Se hace saber que:*** Un sistema de refrigeración recién llenado puede tener burbujas de aire que deben eliminarse poniendo el motor en funcionamiento durante un corto período de tiempo después de cual se ha de rellenar el sistema antes de poner el motor en funcionamiento durante períodos largos de tiempo.

- Volver a poner en marcha el motor siguiendo el procedimiento mencionado anteriormente.
- Verificar si se producen ruidos o vibraciones anormales.
- Comprobar si existen fugas de fluidos o fugas en el sistema de escape.
- Verificar el Panel de Control para ver si esta activado algún indicador de funcionamiento anormal, como: temperatura alta o presión de aceite baja. La presión de aceite debe estar dentro de los parámetros normales 10 segundos después de ponerse en marcha el motor.
- Comprobar el voltaje de salida y la frecuencia en el panel de control. El voltaje esta fijado en fabrica y debería indicar el valor nominal. La frecuencia sin carga es

aproximadamente 52 Hz para las unidades de 50 Hz, y de aproximadamente de 62 para las unidades de 60 Hz.

- El ajuste preciso se consigue variando el reglaje del potenciómetro de velocidad en el panel de control, si está instalado.
- El ajuste aproximado se consigue variando el reglaje de un potenciómetro montado dentro del regulador automático de voltaje instalado en la caja de bornes del alternador.

*Se debe tener cuidado con:* No cerrar el interruptor automático de salida durante la comprobación de la sucesión de fase si los cables de carga ya se han conectado.

- Cuando el grupo electrógeno proporciona voltaje, comprobar la sucesión de fase del grupo, conectando un indicador de sucesión de fase en los bornes del lado del generador del interruptor automático de salida.
- PARADA: Para parar el grupo electrógeno girar el conmutador a la posición “O” (desconectado).

*Es muy importante:* Desconectar siempre el interruptor automático de salida, para el grupo electrógeno y desconectar el cable negativo (-) de la batería antes de conectar o desconectar los cables de carga.

- Ahora ya pueden conectar los cables de carga al grupo electrógeno en preparación a la operación normal.

### **5.2.9. Parada**

- Pare el motor de acuerdo con las instrucciones de “Parada del Motor” para impedir el sobrecalentamiento y desgaste acelerado de los componentes del motor.

- Utilice el botón de Parada de Emergencia solamente en caso necesario. No haga arrancar el motor hasta que el problema que ocasionó la parada de emergencia haya sido localizado y corregido.
- Durante la puesta en marcha inicial y revisión general, prepárese para PARAR el motor en caso de producirse un exceso de velocidad. Esto puede lograrse cortando el suministro de combustible y el aire al motor.
- Si se debe conectar el generador a un sistema de distribución de la red eléctrica, este debe aislarse del sistema de distribución de la siguiente manera:
  - a. Abriendo el interruptor principal en caso de un generador portátil conectado provisoriamente al sistema.
  - b. Utilizando un interruptor de dos posiciones de contacto (transferencia) en caso de una conexión permanente al sistema.

No hacerlo puede causar daños personales o muerte por descarga eléctrica.



## **6. SECCIÓN DE MANTENIMIENTO Y CORRECCIÓN DE FALLAS**

Se considera que mantenimiento es la serie de trabajo que hay que ejecutar en algún equipo planta o método a fin de conservarlo y preste un buen servicio para lo que esta diseñado, la clave de una larga vida del grupo electrógeno es un buen programa de mantenimiento. El objetivo es la conservación ante todo el servicio que están suministrando los equipos, instalaciones etc., y no como erróneamente se ha creído el mantenimiento esta obligado a la conservación de tales elementos. Para realizar las actividades antes mencionadas el mantenimiento se divide en dos ramas: *Mantenimiento Correctivo* y *Mantenimiento Preventivo*.

### **6.1. Mantenimiento correctivo.**

Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada, este tipo de mantenimiento se divide a su vez en dos ramas: *Correctivo Contingente* y *Correctivo Programable*.

#### **6.1.1. Correctivo contingente**

Se refiere a las actividades que se realizan en forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo, por cualquier causa, y tenemos que actuar de forma emergente y, en el mejor de los casos, bajo un plan contingente.

### **6.1.2. Correctivo programable**

El mantenimiento correctivo programable se refiere a las actividades que se desarrollan en los equipos o máquinas que están proporcionando un servicio trivial y éste, aunque necesario, no es indispensable para dar una buena calidad de servicio, por lo que es mejor programar su atención, por cuestiones económicas.

## **6.2. Mantenimiento preventivo**

Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, y el objetivo que persigue es el de garantizar que la calidad de servicio que éstos proporcionan, continúe dentro de los límites establecidos. Este tipo de mantenimiento siempre es programable y existen muchos procedimientos para llevarlo a cabo, pero un análisis de estos nos proporcionan cinco tipos bien definidos, los cuales siguen un orden de acuerdo con su grado de fiabilidad, la cual se relaciona en razón directa con su costo: *predictivo*, *periódico*, *analítico*, *progresivo* y *técnico*.

### **6.2.1. Mantenimiento predictivo**

Se define como un sistema permanente de diagnóstico que permite detectar con anticipación la posible pérdida de calidad del servicio que esté entregando un equipo. Por esta razón se tiene la oportunidad de hacer con el tiempo cualquier clase de mantenimiento preventivo y, atendándolo adecuadamente, nunca se pierde la calidad del servicio esperado. Para este tipo de mantenimiento, los trabajos por efectuar proceden de un diagnóstico permanente que se deriva de inspecciones continuas utilizando transductores (captadores y sensores), los cuales tiene la capacidad de cambiar cualquier tipo de energía (lumínica, sonora, ultrasónica, vibratoria, etc.) en señales de energía eléctrica, las cuales son enviadas a una unidad electrónica procesadora que analiza e informa del buen o mal estado de funcionamiento de la maquinaria en cuestión. En esta

forma si el procesador registra un mal funcionamiento en el recurso sujeto a mantenimiento predictivo, hace un diagnóstico de fiabilidad y predice la fiabilidad de una falla catastrófica, es decir, que el servicio se salga de la calidad esperada.

### **6.2.2. Mantenimiento periódico**

Es el procedimiento de mantenimiento preventivo de atención periódica, rutinaria, con el fin de aplicar los trabajos después de determinadas horas de funcionamiento del equipo, en que se le hacen pruebas y se cambian algunas partes por término de vida útil o fuera de especificación.

### **6.2.3. Mantenimiento analítico**

Se basa en un análisis profundo de la información proporcionada por captores y sensores dispuestos en los sitios más convenientes de los recursos vitales e importantes de la empresa, de tal manera que por medio de un programa de visitas, pueden ser inspeccionados con la frecuencia necesaria para anotar los datos y las lecturas resultantes, las cuales revisa un analista combinándolas con la información que, para el efecto, tiene en el banco de datos relativos al recurso, tal como el tiempo en que ha estado trabajando sin que produzca falla, la carga de trabajo a que ha estado sujeto, las condiciones de ambiente en donde está instalado y tipos de falla que ha sufrido, etc. Con esta información está en posibilidad de aplicar los conocimientos de ingeniería con seguridad para calcular la probabilidad que tiene un recurso de sufrir alguna falla.

### **6.2.4. Mantenimiento progresivo**

Consiste en atender al recurso por partes, progresando en su atención cada vez que se tiene oportunidad de contar con un tiempo ocioso de éste. En éste tipo de

mantenimiento, aunque es menos costoso que todos, también es el que menor fiabilidad proporciona.

#### **6.2.5. Mantenimiento técnico**

El mantenimiento técnico es una combinación de los criterios establecidos para el mantenimiento periódico y progresivo; es decir, mientras en el mantenimiento periódico se tiene necesidad de contar con que el recurso tenga un tiempo ocioso suficiente para repararlo, o en su defecto, tener un recurso de reserva; y en el mantenimiento progresivo se está prácticamente a la expectativa de tiempos ociosos cortos, que coincidan aproximadamente con nuestras fechas programadas, en el mantenimiento técnico se atiende el recurso por partes progresando en él cada fecha programada, la cual está calculada por un analista auxiliándose de la información necesaria para conocer el grado de fiabilidad del equipo y poder deducir el “tiempo a fallar” de cada etapa, con lo cual su programación o rutina de atención obligaría a atender al recurso un poco antes del tiempo mencionado.

#### **6.3. Mantenimiento general del equipo**

En general, el grupo electrógeno debe mantenerse limpio. No permitir que se acumulen líquidos o capas de aceite sobre cualquier superficie material acústico, si va instalado. No utilizar disolventes inflamables para la limpieza. Cualquier material acústico con recubrimiento protector que haya sido rasgado o perforado debe reemplazarse inmediatamente para evitar la acumulación de líquidos o capas de aceite dentro del material. Los programas a continuación se deben realizar según el intervalo que ocurra primero (horas o meses).

- **A** Todos los días o cada 8 horas.
- **B** Cada 450 horas o cada 6 meses.
- **C** Cada 900 horas o cada 12 meses.
- **D** Cada 3,600 horas o cada 24 horas.

- **E** Cada 4950 horas.
- **F** Cada 6,750 a 7,500 horas.
- **G** Anualmente.

## **OPERACIÓN**

Comprobar la cantidad de refrigerante (A)

Comprobar si hay suciedad en el intercambiador de calor y en el radiador de refrigerante (A)

Sustituir el cartucho del filtro de Refrigerante (3) (C)

Cambiar el refrigerante (4) (D)

Comprobar el estado de la correa de accionamiento (B)

Drenar el agua del prefiltro de combustible (1) (A)

Sustituir el cartucho del filtro de combustible y sustituir el colador de combustible (C)

Asegúrese de que se comprueben los inyectores (2) (F)

Asegúrese de que se compruebe la velocidad de ralenti y se ajuste si es preciso (2) (B)

Comprobar la cantidad de aceite en el cárter (A)

Comprobar la presión del aceite lubricante en el indicador (1) (A)

Cambiar el aceite lubricante del motor (5) (B)

Sustituir el cartucho del filtro del aceite lubricante (B)

Limpiar o sustituir el elemento del filtro de aire (B)

Asegúrese de que se compruebe el juego de válvulas del motor y de que se ajuste si es necesario (2) (E)

Asegúrese de que se limpie la carcasa del compresor y el impulsor del turbocompresor (F)

Asegúrese de que se revisen el alternador, el motor de arranque. (F)

Examinar el termostato (2) (G)

Examinar el sistema eléctrico (2) (G)

- (1) Si lo hay.
- (2) Por una persona capacitada.
- (3) También si se ha drenado el sistema de refrigerante.
- (4) El sistema se debe lavar a chorro y montar un nuevo cartucho del filtro.
- (5) Los intervalos para cambiar el aceite dependerán del contenido en azufre de combustible

### **6.3.1. Mantenimiento preventivo del equipo**

Los intervalos de mantenimiento preventivo corresponden a unas condiciones de funcionamiento general. Cuando el funcionamiento del motor deba ajustarse a la normativa local, podría ser necesario adaptar los intervalos y procedimientos de mantenimiento para garantizar el funcionamiento correcto del motor. Como parte de un buen mantenimiento preventivo, compruebe si hay fugas o elementos de sujeción sueltos en cada servicio.

#### **6.3.1.1. Diariamente o en cada puesta en marcha**

Para los grupos de emergencia, estos procedimientos deben efectuarse semanalmente. Como base diaria, deben inspeccionar con la vista todo el grupo antes de poner en marcha, durante la inspección deben efectuarse las comprobaciones antes del arranque.

#### **6.3.1.2. Cada dos semanas**

(Para grupos electrógenos que no hayan funcionado). Efectuar una comprobación de funcionamiento del grupo electrógeno poniéndolo en marcha y dejándolo en funcionamiento durante solo 5 minutos. Los motores diesel no deben estar en funcionamiento a baja carga durante largos periodos de tiempo.

### **6.3.1.3. Cada mes**

(Para grupos electrógenos que no hayan funcionado) llevar a cabo una comprobación funcional y de carga del grupo electrógeno, poniéndolo en marcha y dejándolo funcionar por lo menos con un 50% de la carga durante 1 a 2 horas.

### **6.3.1.4. Cada seis meses o 250 horas**

Repetir los procedimientos diarios además de lo siguiente.

- Verificar todos los dispositivos de seguridad del sistema de control simulando fallos electrónicos.
- Limpiar todos los tapones de la tubería.
- Apretar todas las conexiones del sistema de escape.
- Apretar todas las conexiones eléctricas.
- Efectuar los trabajos de mantenimiento especificados para el motor.
- Poner en marcha el motor y observar el panel de instrumentos para comprobar que todos los instrumentos de medida e indicadores funcionen adecuadamente.
- Si se ha instalado un parachispas, este debería extraerse y limpiarse a fondo para eliminar cualquier acumulación de carbón

### **6.3.1.5. Mantenimiento preventivo del alternador**

No existe un mantenimiento de rutina para el alternador, sin embargo, se recomienda la inspección periódica del estado de los devanados del alternador y su limpieza periódica, se puede realizar una prueba de aislamiento como se mencionó anteriormente.

## **6.4. Mantenimiento del alternador**

Efectuar una prueba de aislamiento de los devanados, antes del arranque inicial, después de que el grupo electrógeno haya estado almacenado durante un tiempo y cada 3 a 6 meses dependiendo de los niveles de humedad (más a menudo en niveles altos de humedad). En zonas de alta humedad, instalar calefactores que funcionen cuando no este funcionando el grupo electrógeno a fin de mantener los devanados secos.

Los filtros de aire, si van instalados, deben inspeccionarse periódicamente dependiendo de las condiciones del lugar, limpiarlos, desmontar los elementos de los filtros, sumergir o limpiar a chorro el elemento con un detergente adecuado hasta que el elemento quede limpio, secar a fondo los elementos antes de volver a montarlos. Además, la unidad alteradora debería limpiarse con regularidad. La frecuencia de tales limpiezas dependerá de las condiciones ambientales del lugar donde este operando el grupo electrógeno. Debe efectuarse el siguiente procedimiento cuando sea necesaria una limpieza: desconectar toda la energía, limpiar el polvo, suciedad, aceite, agua o cualquier otro líquido de las superficies externas de la unidad alternadora y de las persianas o rejillas de ventilación. Estos elementos pueden introducirse en los devanados y causar un sobrecalentamiento o discontinuidad del aislamiento. La mejor manera de limpiar el polvo y suciedad es por medio de un aspirador, no utilizar aire a presión, vapor o agua a presión.

### **6.4.1. Desmontaje del alternador**

*Usted debe:* Llevar a cabo los procedimientos siguientes para desmontar el motor y / o alternador.

- Aislar y desconectar el suministro electrónico al equipo auxiliar, tal como un calentador de agua.

- Aislar el suministro al cargador de batería, desconectar la batería (primero el polo negativo) y si es necesario, retirarla.
- Si el grupo electrógeno esta dotado de cabina, retirar los pernos de fijación de cada lado, desconectar el sistema de escape y a continuación retirar la cabina.
- Aislar y desconectar el panel de control y retirarlo, junto con su soporte, del grupo electrógeno, asegurando que todos los cables hayan sido correctamente identificados para facilitar la reconexión.
- Si se ha de retirar tanto el motor como el alternador pueden elevarse ambos a la vez como una sola unidad utilizando los accesorios de suspensión instalados en el motor y en el alternador. Antes de elevar el conjunto, se deben quitar los pernos que fijan la unidad motor / alternador al bastidor.

El siguiente es el procedimiento para desmontar el alternador.

- Si solo se desmonta el alternador, debe fijarse firmemente el extremo posterior al motor.
- Retirar el cableado.
- Quitar los pernos que sujetan el alternador al bastidor. Aflojar también los pernos del motor.
- Quitar las guardas el ventilador del alternador y sujetar el rotor y el extremo delantero del alternador.
- Asegurar que el rotor este colocado con un polo en la línea interior central. Esto es para evitar daños al cojinete o inductor limitando el movimiento del rotor con respecto al entrehierro.
- Desacoplar el alternador del motor.
- Sujetar el alternador utilizando una eslinga o dispositivo similar y deslizar el alternador completo hacia atrás sobre el bastidor antes de elevarlo.

## **6.5. Mantenimiento del motor**

### **6.5.1. Descripción general**

El motor que acciona el grupo electrógeno es un motor diesel industrial de alto rendimiento que se ha escogido por su operación fiable y eficaz. Está específicamente diseñado y optimizado para su utilización en grupos electrógenos. El motor puede ser del tipo de ignición por compresión de 4 o 2 tiempos con todos los accesorios necesarios para proporcionar un confiable suministro de potencia. Si se lleva a cabo un mantenimiento preventivo regular, el motor diesel continuará proporcionando una potencia fiable durante muchos años.

#### **6.5.1.1. Sistema de refrigeración**

El sistema de refrigeración del motor consta de un radiador, un ventilador de gran capacidad, una bomba de agua accionada mecánicamente y un termostato. El ventilador es del tipo impulsor que encaja el aire a través del radiador. El sistema proporciona refrigeración interna del motor al circular el agua en el radiador. El alternador también lleva incorporado un ventilador que hace circular aire frío dentro de la cabina. El termostato mantiene la temperatura del refrigerante a un nivel adecuado para el funcionamiento eficaz del motor. Es muy importante tener muy en cuenta el flujo de aire alrededor del grupo electrógeno para asegurar una refrigeración adecuada.

#### **6.5.1.2. Regulación del motor**

El regulador del motor es un dispositivo mecánico o electrónico diseñado para mantener una velocidad constante del motor en relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor esta directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la

frecuencia de la potencia de salida. El regulador detecta la velocidad del motor y controla el gasto de combustible. A medida que aumenta la carga del alternador, el regulador irá aumentando el caudal de combustible. Cuando la carga se reduce, el regulador reducirá el caudal de combustible.

#### **6.5.1.3. Sistema de combustible**

En la mayoría de los grupos electrógenos, el sistema de combustible del motor está conectado directamente a un depósito de combustible incorporado en el bastidor. Este depósito está diseñado para proporcionar combustible suficiente para aproximadamente 8 horas de funcionamiento a plena carga a no ser que se haya incorporado un depósito mayor. En este caso es posible conseguir aproximadamente 24 horas de funcionamiento. El depósito diario de bastidor va provisto de accesorios para el rellenado manual o automático desde un tanque grande de almacenaje.

#### **6.5.1.4. Sistema de escape**

Los sistemas de escape están instalados para reducir el nivel de ruido del motor y para dirigir los gases de escape a un lugar donde no representen un peligro. En los equipos más pequeños, el silenciador y tubos de escape están montados directamente en el motor. En motores mayores, el sistema de escape se suministra suelto para su posterior instalación en el lugar.

#### **6.5.1.5. Válvula mariposa de aire**

La válvula mariposa de aire, si va instalada, evita la sobre velocidad debida a la ingestión de gases o humos cortando el suministro de aire. La comprobación del funcionamiento de estas válvulas de entrada de aire no debe efectuarse en motores con carga. Esta comprobación debe efectuarse solamente cuando el motor no esté en

funcionamiento. Si es necesario demostrar que las válvulas de aire se cierran cuando el motor esta funcionando, esto debe hacerse sin carga. El motor no debería en absoluto ponerse otra vez en marcha inmediatamente después.

*Es necesario: Cerrar la válvula mariposa de aire mientras está funcionando el motor puede causar que el aceite pase al sistema de escape. Dicho aceite es muy volátil por lo que el motor deberá estar parado durante un período de tiempo para permitir que los gases se disipen.*

Ayudas para el arranque: No utilizar éter etílico para ayudar al arranque del motor ya que este procedimiento reduciría la vida del motor

#### **6.5.1.6. Radiador**

La corrosión del radiador puede ser una de las causas principales de fallos, esta corrosión viene indicada por aire en el agua. Asegurar siempre que las conexiones de las tuberías no tengan fugas y regularmente purgar el aire desde la parte superior del radiador para mantener el sistema libre de aire.

No dejar los radiadores llenos hasta la mitad ya que en estas condiciones sufren mucho más rápidamente los efectos de la corrosión en los grupos electrógenos que no están en servicio, vaciar completamente el radiador o asegurar que siempre este completamente lleno, los radiadores deberían llenarse con agua destilada o con agua blanda, dosificada con anticorrosivos adecuados.

*Se recomienda que cuando: el líquido refrigerante del radiador esta a una temperatura y presión alta, no trabajar en el radiador o desconectar las tuberías hasta que se haya enfriado, no retirar cualquier guarda de protecciones cuando el ventilador este funcionando.*

### **6.5.1.7. Limpieza exterior**

En condiciones polvorientas o de suciedad las aletas del radiador pueden obstruirse con residuos insectos, etc. Provocando un efecto negativo en el rendimiento del radiador. Para eliminar regularmente los depósitos superficiales utilizar un chorro de vapor a baja presión. Para los depósitos más difíciles será necesario, utilizar un detergente y una manguera de agua caliente a baja presión. Dirigir el chorro de vapor o de agua desde la parte frontal del radiador hacia el ventilador. Si el chorro se dirige desde la otra dirección, o sea desde el ventilador hacia la parte posterior del radiador, se forzarán los depósitos acumulados hacia el interior del radiador. Si se cubre el conjunto motor / alternador durante este proceso, este conjunto se mantendrá limpio. Para los depósitos difíciles que no pueden eliminarse con los métodos anteriores será necesario desmontar el radiador y sumergirlo en una solución alcalina desengrasante caliente durante unos 20 minutos, lavándolo después con una manguera de agua caliente.

### **6.5.1.8. Limpieza interior**

Se pueden formar incrustaciones en el sistema debido, por ejemplo, a juntas con fugas, ha rellenado con agua dura durante largo tiempo o a funcionamiento sin anticorrosivos. Para desincrustar el radiador seguir el procedimiento siguiente:

- Vaciar el sistema, desconectar y tapan las conexiones de las tuberías que van al motor.
- Preparar una solución al 4% de disolvente ácido inhibido en agua. Añadir el ácido al agua y nunca al revés.
- Mezclar la solución durante varios minutos y después calentarla hasta 49° C (120°F).

- Verter lentamente la solución en el radiador a través del tapón o un ramal del colector. Se producirá una efervescencia. Cuando la efervescencia cese, llenar el radiador completamente con la solución caliente.
- Dejar reposar durante varios minutos; después vaciar el disolvente en su recipiente original a través del colector interior o tapón de drenaje.
- Examinar los colectores. Si aun existen incrustaciones, repetir el proceso indicado anteriormente pero con una solución al 8%.

Después de limpiar la incrustación, la solución ácida tiene que neutralizarse del modo siguiente:

- Llenar el recipiente de mezcla con agua clara, calentar hasta alcanzar el punto de ebullición y a continuación añadir 0.5 Kg., de sosa cristalizada por cada 20 litros de agua.
- Llenar el radiador con esta solución y después vaciar el radiador vertiendo la solución, en su recipiente original.
- Limpiar el radiador de esta manera varias veces y finalmente dejar el radiador lleno por lo menos durante una hora.
- Vaciar el radiador completamente y lavarlo con agua clara caliente.
- Antes de poner el radiador otra vez en servicio, llenarlo con agua y efectuar una prueba de presión a por lo menos dos veces la presión de trabajo.
- Examinar cuidadosamente el radiador para comprobar si existen fugas que permanecían ocultas debido a las incrustaciones.
- Antes de volver a poner en servio el radiador, el refrigerante debe dosificarse con un anticorrosivo adecuado y / o proporción correcta de anticongelamiento.

#### **6.5.1.9. Desmontaje del motor**

Si solo se tiene que desmontar el motor se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Se debe desmontarse primero el cableado del motor.

- Si el alternador solo tiene un juego de pies, entonces el extremo delantero del alternador debe fijarse firmemente antes de desmontar el motor.
- Quitar los pernos que fijan el motor al bastidor, también es aconsejable aflojar los pernos de montaje del alternador.
- Desmontar las guardas de protección del ventilador del alternador.
- Sujetar el conjunto rotor por medio de una eslinga o bloques de madera teniendo cuidado de no dañar el ventilador.
- Quitar los pernos situados entre el acoplamiento flexible y el volante del motor.
- Sujetar el extremo posterior del motor utilizando una grúa móvil o dispositivo similar.
- Quitar los pernos del albergue de acoplamiento.
- En este momento se puede mover el motor hacia delante hasta que quede apartado del alternador y luego levantarlo.

#### **6.6. Tipos de fallas más comunes y soluciones.**

A continuación se presenta una sección práctica que se realizó en las instalaciones de GENTRAC, con la colaboración del Departamento de Servicios especialmente el taller de electricidad y taller de buses; usando para ello aparatos, herramientas, repuestos, equipo especial para la medición y calibración para los grupos electrógenos que esta empresa proporciona. Es necesario que el personal que realiza estas actividades, esté capacitado para dichas labores, también debe contar con equipo de protección adecuado, (este es brindado por la empresa), como: ropa resistente a ácidos, lubricantes o combustibles, también cierta temperatura y que sea de un material fresco, (se utiliza uniforme azul, pantalón y camisa debidamente identificado; por que en situaciones diversas los trabajadores suelen realizar trabajos fuera de las instalaciones de la empresa), zapatos con protección delantera con suela antideslizante; para prevenir accidentes con equipos pesados, para los ojos se recomiendan gafas protectoras (Obscuras o claras dependiendo la situación) contra esquirlas, aceites, luz solar, polvo, y otros contaminantes que puedan lastimar el ojo. Se usa

un casco que resiste golpes y protege gran parte de la cabeza. Se utilizan guantes de asbesto el cual protege las manos de ácidos, temperaturas altas, exposición a altos voltajes o corrientes, también se proporcionan protectores de oídos, debido a que el ruido que se produce cuando una planta generadora esta en funcionamiento es demasiado alto y muy dañino.

Detallamos los problemas más comunes que se puedan dar en un grupo electrógeno; así como los pasos para lograr solucionar estos inconvenientes.

### *Fallo*

El motor no a arranca.

### *Síntoma*

El motor no gira cuando se le envía una señal de arranque, ya sea manual por medio del conmutador de control.

### *Solución*

1. Comprobar que todos los botones de parada de emergencia estén liberados. Si no se utiliza parada remota, asegurar que los terminales de parada remota este unidos.
2. Comprobar que el conmutador de control no esté en la posición desconectado.
3. Comprobar que no existan luces de aviso de fallo iluminadas. Rearmar, si fuese necesario, después de subsanar el fallo indicado.
4. Comprobar que el voltaje de batería en el panel de control. Si no se registra voltaje alguno, comprobar los fusibles. Si se registra voltaje pero es bajo, recargar las baterías con un cargador externo y volver a conectar la batería.
5. Comprobar el suministro al solenoide de accionamiento del motor de arranque conectar un voltímetro CC entre esta conexión y el terminal negativo de la batería.
6. Intentar arrancar el motor manualmente girando el conmutador de control a la posición en marcha (run), si el voltímetro registra un voltaje, el motor de arranque o el solenoide tienen fallos y deben cambiarse.

7. Si no se registra voltaje, verificar el cableado del panel para ver si hay conexiones sueltas o cables rotos o cortocircuitados.
8. Si el cableado no esta dañado, cambiar la PCI.

#### *Fallo*

El motor no arranca.

#### *Síntoma*

El motor gira pero no se pone en marcha o el motor arranca pero se para después de 20 segundos. Fallo en el sistema de arranque.

#### *Solución*

1. Comprobar el nivel de combustible.
2. Comprobar que los botones de emergencia situados en el exterior de la cabina, no estén apretados.
3. Comprobar el cableado del solenoide de control de combustible FCS y el voltaje en el FCS.
4. Comprobar los fusibles F1, F2, F3, situados en la placa lateral del alternador.
5. Comprobar las tuberías y el filtro de combustible para ver si hay obstrucciones.
6. Si sale humo blanco del escape, el combustible entre en el motor pero este no se pone en marcha.
7. Si la temperatura ambiente es baja, asegurar que se utilice el precalentamiento si va instalado.
8. Comprobar la salida de la PCI al FSC. Si no se registra señal, cambiar la PCI.

#### *Fallo*

El motor se detiene debido a alta temperatura del motor o bajo nivel de refrigerante

#### *Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de “Alta Temperatura del Motor.

#### *Solución*

1. Comprobar que el motor no esté sobrecargado.
2. Comprobar si hay obstrucciones en el radiador.
3. Comprobar la tensión de la correa del ventilador.

4. Verificar que la temperatura ambiente este dentro de los límites diseñados para el grupo electrógeno.
5. Después de que el motor se haya enfriado, comprobar el nivel de refrigerante. No añadir gran cantidad de agua fría cuando el motor esté caliente ya que podrían producirse serios daños.
6. Enfriar el motor poniéndolo en marcha y dejándolo funcionar sin carga durante 10 minutos con el interruptor Automático de Salida en la posición de desconectado.

*Fallo*

El motor se detiene debido a “Baja Presión de Aceite”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Baja presión de Aceite”.

*Solución*

1. Comprobar el nivel de aceite.
2. Comprobar el interruptor de presión de aceite con un instrumento de verificación, cambiarlo si esta defectuoso.

*Fallo*

El motor se detiene debido a “Sobre Velocidad”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de “Sobre Velocidad”

*Solución*

1. Comprobar si se ha movido la palanca de ajuste del regulador de velocidad. Si es necesario, ajustar de nuevo.
2. Si se trata de un regulador electrónico, comprobar si el acoplamiento se mueve libremente. Si es necesario, ajustar.
3. Cambiar la PCI.

*Fallo*

El motor se detiene debido a alta “Temperatura del Aceite”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Alta Temperatura del Aceite”

### *Solución*

1. Ver la guía de localización y eliminación de averías en “El motor se para debido a alta temperatura del motor” para ver si el sistema de refrigeración funciona de modo correcto.
2. Después de que se han llevado a cabo los procedimientos adecuados de mantenimiento.
3. Comprobar el nivel de Aceite.
4. Verificar que se han llevado a cabo los procedimientos adecuados de mantenimiento.

### *Fallo*

El motor se detiene debido a “Bajo Nivel de Refrigerante”.

### *Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Bajo Nivel de Refrigerante”.

### *Solución*

1. Dejar que el motor se enfríe.
2. Comprobar el nivel de refrigerante. Rellenar, según se requiera, con la mezcla correcta de refrigerante. No añadir gran cantidad de agua fría cuando el motor este caliente ya que podrían producirse serios daños.
3. Comprobar si el radiador, motor y tuberías tiene fugas.

### *Fallo*

El motor se detiene debido a “Bajo Nivel de Combustible”.

### *Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Bajo Nivel De Combustible”.

### *Solución*

1. Comprobar el nivel de combustible del depósito de uso diario. Rellenar, si fuese necesario.
2. Comprobar el funcionamiento del sistema de transvase de combustible si va instalado.

### *Fallo*

El motor se detiene debido a “Alto Voltaje”.

### *Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Alto Voltaje”

### *Solución*

1. Quitar la carga del alternador desconectando el interruptor automático de salida (palanca hacia abajo), rearmar el fallo girando el conmutador de Control a la posición de parada y volver a arrancar el motor.
2. Comprobar el voltaje que indican los instrumentos del panel. Si el voltaje es normal asegurar que la carga no sea capacitiva (el equipo de corrección del factor de potencia podría inducir una carga capacitiva).

### *Fallo*

El motor se detiene debido a “Baja Velocidad”.

### *Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Baja Velocidad”.

### *Solución*

1. Comprobar que no se haya sobrecargado el motor.
2. Comprobar que el motor recibe el adecuado suministro de combustible
3. Comprobar si se ha movido la palanca de ajuste del regulador de velocidad. Si es necesario, ajustar de nuevo.
4. En caso de regulador electrónico, comprobar si el acoplamiento se mueve libremente. Si es necesario, ajustar.
5. Apagar la luz de aviso de fallo girando el conmutador de control a la posición “Parada” y volver arrancar el motor.
6. Asegurar que el alternador funcione con el voltaje correcto comprobando los instrumentos del panel.
7. Con el motor en marcha, ajustar la velocidad correcta por medio del control del regulador del motor.

### *Fallo*

El motor se detiene debido a “Pérdida a Masa”.

### *Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Pérdida a Masa”.

### *Solución*

1. Comprobar todos los cables y cableado par ver si tienen conexiones defectuosas o pérdidas a tierra.
2. Comprobar los devanados del alternador.

### *Falla*

El motor se detiene debido a “Bajo Voltaje”.

### *Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Bajo Voltaje”.

### *Solución*

1. Quitar la carga del alternador desconectando el interruptor automático de salida (palanca hacia abajo), rearmar el fallo girando el conmutador de Control a la posición Parada y volver a arrancar el motor.
2. Comprobar el voltaje que indican los instrumentos del panel. Si el voltaje es normal, verificar las características de la carga (por ejemplo, asegurar que no exista sobrecarga). Si el voltaje permanece alto y no puede ajustarse a su nivel normal.

### *Falla*

El motor se detiene debido a “Alto Voltaje / Bajo Voltaje”.

### *Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Alto Voltaje / Bajo Voltaje.”

### *Solución*

1. Quitar la carga del alternador desconectando el interruptor automático de salida (palanca hacia abajo), rearmar el fallo girando el conmutador de Control a la posición Parada y volver a arrancar el motor.

2. Comprobar el voltaje que indican los instrumentos del panel. Si el voltaje es normal, verificar las características de la carga (por ejemplo, no capacitiva y que no exista sobrecarga).
3. Si el voltaje permanece alto o bajo y no puede ajustarse a su nivel normal utilizando el potenciómetro de ajuste de voltaje, si va instalado, comprobar el voltaje en los bornes del alternador con un instrumento independiente. Si el voltaje es correcto comprobar el cableado.
4. Comprobar AVR (regulador de voltaje).

*Fallo*

El motor se detiene debido a “Derivación a Tierra”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de aviso de fallo de “Derivación a Tierra”.

*Solución*

1. Comprobar el fallo en los cables de salida y en el cableado.
2. No volver a arrancar el grupo electrógeno hasta que se haya localizado el fallo.

*Falla*

Alarma de “No en Selector Automático”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de alarma de “No en Selector Automático”.

*Solución*

1. Comprobar que el Conmutador de Control esté en Automático.
2. verificar que el Botones de Parada de Emergencia no estén apretados.
3. Comprobar que el interruptor Automático de salida este conectado (palanca hacia arriba).

*Falla*

Alarma de “Bajo Voltaje de la Batería”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de alarma de “Bajo Voltaje de la Batería”.

*Solución*

1. Verificar que el voltaje de la batería sea por lo menos de 12 voltios para sistemas de 12 voltios y de por lo menos de 24 voltios para sistemas de 24 voltios.
2. Si el voltaje es bajo y el grupo electrógeno no esta funcionando, recargar la batería conectando un cargador de batería independiente, una vez desconectada la batería, o poner en marcha el motor.
3. Si el voltaje es bajo y el grupo electrógeno está funcionando, el alternador de carga de la batería no esta cargando. Para el grupo y comprobar la tensión de la correa del ventilador.
4. Si la tensión de la correa es correcta, comprobar el alternador de la carga de la batería.
5. Si la batería no mantiene la carga, cambiar la batería.

*Fallo*

Alarma de “Aproximándose Alta Temperatura del Motor”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de alarma de “Aproximándose Alta Temperatura del Motor”.

*Solución*

1. Comprobar que el motor no esté sobrecargado.
2. Verificar que el radiador y el sistema de ventilación no tengan obstrucciones.
3. Comprobar que la temperatura ambiente está dentro de los límites diseñados para el grupo electrógeno.
4. Si los 3 puntos anteriores son correctos, reducir la carga y parar el grupo electrógeno tan pronto como sea posible. Comprobar la tensión de la correa del ventilador.

*Fallo*

Alarma de “Aproximándose Baja Presión de Aceite”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de alarma de “Aproximándose Baja Presión de Aceite.”

*Solución*

1. Con el motor parado, comprobar lo antes posible el nivel de aceite.

2. Si es necesario rellenar para completar el nivel adecuado.
3. Comprobar que la temperatura ambiente esta dentro de los límites diseñados para el grupo electrógeno.
4. Si los 3 puntos anteriores son correctos, reducir la carga y parar el grupo electrógeno tan pronto como sea posible. Comprobar la tensión de la correa del ventilador.

*Fallo*

Alarma de fallo en el “Cargador de Baterías”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de alarma de “Fallo en el Cargador de Baterías.”

*Solución*

1. Comprobar que el cargador lento este enchufado a la corriente.
2. Efectuar las mismas comprobaciones que para la alarma de bajo voltaje de batería.

*Fallo*

Alarma de “Baja Temperatura del Refrigerante”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de alarma de “Baja Temperatura del Refrigerante.”

*Solución*

1. Comprobar que los calentadores de inmersión estén conectados y funcionando.

*Falla*

Alarma de “Bajo Nivel de Combustible”.

*Síntoma*

Se ilumina la luz de alarma de “Bajo Nivel de Combustible.”

*Solución*

1. Comprobar el nivel de combustible del depósito de uso diario.
2. Si es necesario, rellenar.
3. Comprobar el funcionamiento el sistema de transvase de combustible.

### *Fallo*

No se produce voltaje cuando el grupo electrógeno está funcionando.

### *Síntoma*

No se registra voltaje en el voltímetro CC.

### *Solución*

1. Verificar que el interruptor selector del voltímetro no este en la posición “Desconectado”.
2. Comprobar los fusibles F1, F2 y F3 que normalmente están situados en la caja de bornes del alternador.
3. Comprobar el voltaje en los terminales del alternador con un instrumento independiente.
4. Si el voltaje es correcto, comprobar el cableado entre el alternador y el panel. Comprobar el voltímetro. Cambiarlo si fuera necesario.

### *Fallo*

El Grupo Electrógeno no trabaja con carga.

### *Síntoma*

El Grupo Electrógeno esta en marcha pero la carga no recibe energía.

### *Solución*

1. .Comprobar que el Interruptor Automático de Salida este en la posición de CONECTADO (palanca hacia arriba).
2. Comprobar que el grupo electrógeno esta produciendo corriente alterna (AC). Si no es así chequear fallo anterior.

### *Fallo*

El Grupo Electrógeno no se para manualmente.

### *Síntoma*

El Grupo electrógeno esta en marcha pero la carga no recibe energía.

1. Comprobar la posición del Conmutador Manual o del Conmutador de Control, según sea el caso.
2. Comprobar que el grupo electrógeno esta produciendo corriente alterna (AC).

### *Fallo*

El Grupo Electrógeno no se para manualmente.

### *Síntoma*

El Grupo Electrógeno no se detiene después de eliminar la señal remota de arranque.

### *Solución*

1. Esperar 5 minutos para asegurar que ha transcurrido el periodo de enfriamiento.
2. Verificar que el grupo electrógeno se para cuando se pulsa el Botón de Parada de Emergencia o cuando el Conmutador de Control se coloca n la posición de Desconectado (Off).
3. Si el grupo electrógeno no se para en el punto 2 de arriba, comprobar el solenoide de control de combustible (FCS). Cambiarlo si fuese necesario.

## **6.7. Práctica de mantenimiento**

El mantenimiento que reciben los grupos electrógenos, puede realizarse de varias maneras como se mencionó, a continuación se presenta una sección de estos procedimientos:

**Mantenimiento de un alternador:** primero se evalúa el nivel de humedad por medio de un megohmetro como se detalla en el capítulo 1, se debe desacoplar el alternador del grupo electrógeno y luego el rotor principal del estator, se toman los datos en un formato que se presenta en el anexo, luego se coloca en un horno especial utilizando reflectores (sealbean) de 150 Watts. Luego de cierto tiempo; puede variar dependiendo del grado de humedad, se realiza nuevamente la prueba para revisar la cantidad de humedad, esperando

que los valores se reduzcan. Esto se puede complementar con un barnizado en los devanados del alternador.

Figura 39. Prueba de aislamiento; se desacopla el alternador del equipo electrógeno luego cada parte del alternador es revisada por separado.



**Preparación para entrega de un equipo nuevo:** Primero el grupo electrógeno es llevado a las instalaciones del taller de Electricidad, donde es recibido por el supervisor; luego se anota el modelo y serie del equipo, estos datos aparecen en las placas de datos, para llevar un control de la maquinaria que se esta trabajando, luego, se realiza la conexión correspondiente de acuerdo al voltaje solicitado por el cliente, entre los voltajes más solicitados tenemos: 208 V CA , 220 V CA, 240 V CA y 440 V CA 460 V CA y 480 V CA, la conexión se deben ajustar fuertemente las tuercas que sujetan las salidas del generador hacia la bornera que se encuentra montada sobre este, para evitar falso contacto que puede producir calentamiento excesivo en las líneas del alternador; dependiendo el regulador de voltaje que tenga el equipo se realizan los cambios necesarios, puede ser solo un ajuste de cables, programación digital, o cambio de parámetro por computadora, después, se llevan las baterías al departamento de repuestos para activarlas. Luego se realizan las siguientes revisiones: Nivel de combustible, nivel de refrigerante del radiador, nivel de aceite del motor, se ajustan los tornillos y guardas, tensión de las fajas. Luego con las baterías cargadas se procede a: primer arranque para ajustar el voltaje deseado, se observan los parámetros de frecuencia y voltaje, en cada fase; así como se verifican las protecciones con que cuentan los equipo tales como; presión de aceite, alta temperatura, paro de emergencia, sobrevelocidad, problema en el arranque. Luego se hace una prueba de banco de carga, donde se conecta un banco resistivo para evaluar las condiciones del

equipo durante un tiempo de dos horas a plena carga, en este procedimiento se monitorean valores de voltaje, amperaje, potencia, frecuencia, temperatura del motor, generador y radiador, nivel de combustible, presión de aceite, hace una inspección general para determinar si existen fugas de cualquier tipo, todas la mediciones realizadas se dejan detalladas en una hoja de prueba de banco de carga como se muestra en el anexo. Por último, se toma una muestra de aceite,

Figura 40. Preparación para entrega 1: placa de datos, conexión de bornera, conexión de regulador de voltaje, suministro de combustible



Figura 41. Preparación para entrega 2: Monitoreo general de la planta, parámetros del panel de control, banco de carga para la prueba de potencia y toma de muestra de aceite.



**Mantenimiento de un grupo electrógeno**, el problema del equipo, no soportaba el 100% de la potencia nominal, otro problema era la oscilación del motor. Para la reparación de estas fallas primero se hizo una prueba de banco de carga, para determinar con exactitud la falla reportada por el cliente, luego de constatar que ese era el problema, se le hizo mantenimiento al alternador de la manera siguiente: Primero se identificó el voltaje de la conexión, se le hicieron pruebas a los diodos, los cables del alternador, conexión del

panel, para asegurarse que lo eléctrico estaba en buen estado, también se probó el regulador de voltaje, el alternador se desacoplo para realizarle una prueba de aislamiento, luego una limpieza exterior e interior para colocarlo en el horno para secar la humedad, luego se vuelve hacer una prueba de aislamiento y por ultimo se barniza para concluir el mantenimiento del alternador por ultimo los cables se ajustan con cinchos plásticos para evitar cortos circuitos entre dos o mas líneas.

Figura 42. Mantenimiento de alternador: Transformadores de corriente, conexión de voltaje, placa de diodos y alternador barnizado.



Figura 43. Grupo electrógeno  
Desacoplado del estribo

Figura 44. Panel de Control



Luego se hizo un trabajo en el motor (este motor está compuesto de 6 cilindros y cada cilindro tiene dos parejas de válvulas de admisión y de escape), se midieron las compresiones de gases del motor, para evaluar el estado del mismo y el rango en el cual debe estar es de 1 a 1.5 pulgadas de agua, luego se revisó la bomba de inyección, y los inyectores, la primera evaluación dio como resultado que estos componentes estaban en

buen estado, pero se aprovechó para darles una limpieza. Luego se desacopló nuevamente el motor (con los pasos mencionados en el desacople para el motor), para examinar los anillos, estos estaban en mal estado, también se notó que estaba en malas condiciones las tejas de biela, y por último se cambió el empaque de la culata.

Figura 45. Mantenimiento del motor: El motor es analizado, luego se hacen los cambios, calibraciones o reparaciones necesarias.

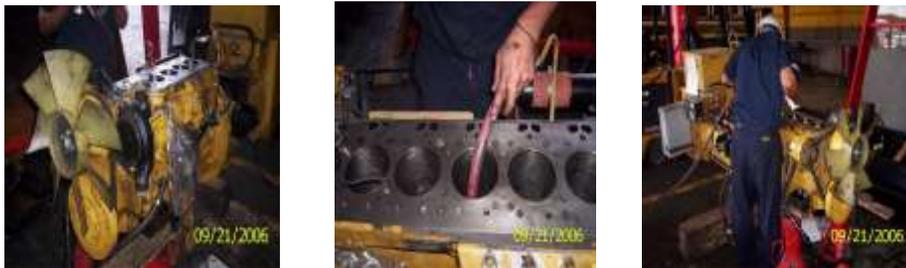


Figura 46. Equipo para medir compresiones del motor.



Figura 47. Vista final del grupo electrógeno reparado.



Después de realizar estas evaluaciones y reparaciones en el equipo, se probó con el banco de carga para chequear si los problemas de oscilación del motor y determinar cuanta carga soportaba.

Entre los trabajos que se realizan frecuentemente a los grupos electrógenos están:

- Cambios de voltajes en la conexión el alternador, para equipos que pertenecen al departamento de Flota de Renta.
- Preparación para entrega. Esta práctica se realiza a equipos nuevos que algún cliente a comprado, dejando constancia de su buen funcionamiento.
- Evaluaciones de elementos que conforman el sistema de arranque, motor de arranque, cargador para baterías,
- Mantenimientos de Alternadores y Motores mecánicos.
- Corrección de oscilación de frecuencia.
- Problemas para generar voltaje.



## CONCLUSIONES

1. Conocer del funcionamiento de un equipo generador de energía eléctrica, es de mucha importancia a nuestro nivel; debido a que estamos en gran contacto con estos equipos, es por ello que damos los aspectos más importantes para este caso.
2. Los equipos electrógenos que se evaluaron son de distintos modelos y series, pero el funcionamiento, mantenimiento y precauciones para su uso son generales, por eso no nos enfocamos en una determinada clase de equipo generador.
3. Las características que influyen en funcionamiento de un motor y de un alternador, deben ser de nuestro conocimiento para la selección correcta de una planta eléctrica, dependiendo de la carga que se necesita, el tipo de servicio, las condiciones del lugar.
4. Es importante capacitar de la mejor manera al personal que está en constante contacto con estos grupos electrógenos, tanto en el la forma de trabajar con estos equipos, así como las normas de seguridad básicas que se deben tener, para evitar daños personales o que se reduzcan de la mejor manera.

5. Los procedimientos que se realizan para un mantenimiento o pruebas para un arranque inicial de un grupo electrógenos, se deben llevar a cabo de la mejor manera, para garantizar el servicio prestado. Teniendo un equipo de medición adecuado, herramientas en buen estado y lo más importante la protección adecuada del personal para realizar estos trabajos.

## RECOMENDACIONES

A Corporación General de Tractores S.A. GENTRAC.

1. Brindar una capacitación constante al personal del Departamento de Servicios, por que en el mercado industrial hay muchas variaciones entre los modelos de los equipos; así se logrará reducir el tiempo de reparación o adaptación con nuevas tecnología, esto con la idea de prestar un mejor servicio al cliente.
2. Hacer conciencia de la importancia que tiene para la Gerencia Servicios el funcionamiento y reparación correcta en cada máquina, así como la información de anomalías observadas por parte del personal operativo, ya que los equipos dependen de la buena práctica para resolver fallas.
3. Lograr la construcción de un lugar apropiado, con las instalaciones adecuadas que incluyan: buena ventilación, drenajes, equipo de limpieza, equipo de prevención de incendios, conexiones para los voltajes necesarios, iluminación, para probar grupos electrógenos nuevos sin necesidad de atrasos al momento de trasportar de un lugar a otro, dichos equipos.
4. Realizar periódicamente sesiones entre el personal de cada área, para orientarse en un mismo sentido, esto para lograr cumplir metas, que beneficiarán a la empresa, pero principalmente a los trabajadores.

5. Llevar un control de las actividades cada mes en donde se incluyan las ganancias, pérdidas, eficiencias de trabajadores y otros aspectos a calificar para lograr personal de mejor nivel.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Stephen Chapman, **Máquinas Eléctricas**. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill, Colombia 1993. 768 p.p.
2. Gourishankar, Vembu. **Conversión de Energía Electromecánica**. Alfa Omega. Colombia 1995. 638 p.p.
3. Fitzgerald A. E, Kingsley C, Umans S. **Máquinas Eléctricas**. McGraw-Hill. México 1999. 587 p.p.
4. Fitzgerald A. E, Kingsley C, Cusco. **Máquinas Eléctricas**, Hispano Europea, Barcelona 1978.
5. **Lab-Volt**. Manuales de Prácticas de Laboratorio “Circuitos de Potencia y Transformadores” y “Motores y Generadores CC/CA”.
6. Villanueva, Enrique Dounce. **La Productividad en el Mantenimiento Industrial** 5ª. Edición México. Compañía Editorial Continental. 2003. 350 p.p.
7. Wark, Keneth. **Termodinámica**. Segunda Edición, McGraw-Hill 1991.
8. Olympian, **Technical Operation and Manitenance Manual**, impreso en Reino Unido, 50 p.p,
9. Caterpillar. **Motor Para Grupos Electrógenos 3412C**, impreso en EEUU por Caterpillar 115 p.p,

10. Perkins. **Manual de Usuario Serie 1300**, Impreso en Inglaterra por Perkins Engines Company Limited 48 p.p,
11. Caterpillar, **Grupos Electr6genos, Gu1a de Aplicaci3n**, Impreso en EEUU por Caterpillar 132 p.p.
12. Caterpillar, **Grupos Electr6genos, Manual de Instalaci3n**, Impreso en EEUU por Caterpillar 68 p.p.
13. <http://www.sigloxxi.com.gt/noticias/22905>
14. <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=935&itemID=22665&URL=International/C%F3digos%20y%20Normas%20de%20la%20NFPA/Proceso%20de%20Desarrollo%20del%20C%F3digo%20de%20la%20NFPA/Propuestas%20y%20Comentarios%20para%20las%20Normas%20NFPA&cookie%5Ftest=1>
15. <http://www.catalogonfpa.org/1302E.htm>
16. <http://www.capacitacionnfpa.com/assets/pdf/bombasnfpa.pdf>
17. <http://www.capacitacionnfpa.com/assets/pdf/sprinklernfpa.pdf>

## **ANEXOS**



## PRUEBA DE AISLAMIENTO

### NOTAS:

ANTES DE PROBAR EL AISLAMIENTO DEL GENERADOR ASEGURESE DE TENER EL SIGUIENTE EQUIPO.  
1.- MEDIDOR DE AISLAMIENTO (1425055)

### PASOS A SEGUIR

- 1.- Tome el generador fuera de servicio.
- 2.- Visualmente inspeccione si existe humedad en el generador. Si existe humedad, no desarrolle la prueba de aislamiento. Seque la unidad refiriéndose a la Instrucción Especial SEHS9124 "Limpieza y secado de generadores eléctricos"
- 3.- Inspeccione la instalación. Determine el equipo que será probado por el medidor de aislamiento.
- 4.- Descargue la capacitancia del bobinado.
- 5.- Desconecte "T0" de la tierra.
- 6.- Desconecte los cables de las líneas de ensayo "20", "22" y "24".
- 7.- Conecte la línea roja del medidor a la carcasa del generador o componente a medir.
- 8.- Conecte la línea negra del medidor a la línea a medir.
- 9.- Para unidades que son de 600 Voltios o menos, fije el voltaje a 500 Voltios en el medidor. Para unidades que esta arriba de 600 voltios, fije el voltaje en el medidor en 1000 Voltios.
- 10.- Utilice el método de medición de resistencia 30/60 segundos.
  - 10.1 Aplique voltaje
  - 10.2 Observe la lectura en 30 segundos. Observe la lectura a 60 segundos.
  - 10.3 La lectura de 60 segundos deberá de ser corregida por temperatura.
  - 10.4 Registre la temperatura.
  - 10.5 Registre la humedad.
  - 10.6 Remueva el voltaje.
- 11.- Evalúe las lecturas. El valor actual de resistencia podría variar grandemente entre generadores. Por esta razón, las condiciones de aislamiento deberán ser evaluadas. Base esta evaluación comparando las lecturas de 60 segundos y la lecturas con fechas previas. Estas dos lecturas deben de ser evaluadas bajo iguales condiciones. Si la lectura de resistencia de 60 segundos tiene un 50 % de reducción de la lectura previa. El aislamiento podría haber absorbido mucha humedad.

### Mediciones

Bruscha de aislamiento

GENIRAC		30 seg.	60 seg.	Temp. Ambiente	Factor de Corrección	Resistencia corregida Mohm	Minimo especif. Mohm	Resistencia en Ohms	Resistencia Correg. En Ohms	Resultado
Estator principal										
T1 a masa										
T2 a masa										
T3 a masa										
T4 a masa										
T5 a masa										
T6 a masa										
T7 a masa										
T8 a masa										
T9 a masa										
T10 a masa										
T11 a masa										
T12 a masa										
Promedio										
Rotor principal										
L1-L2 a masa										
Rotor excitatriz										
L1 a masa										
L2 a masa										
L3 a masa										
Estator excitatriz										
F1-F2 a masa										
Imán permanente										
26 a masa										
28 a masa										
30 a masa										

Approx. Insulation Resistance Variation  
with Temperature (IEEE 43-1974)

Prueba de aislamiento

Efectuado por: \_\_\_\_\_

**PRUEBAS CON CARGA**  
Departamento de Servicios

CLIENTE	O.T.:	Seg.	FECHA
MECANICO	#.		

MODELO	SERIE	ARREGLO	VOLTAJE:	KVA:	KW:
			# DE PUNTAS:		TIPO DE REG.:

PLANTA ELECTRICA	<input type="checkbox"/> STAND-BY	<input type="checkbox"/> PRIME	HOROMETRO	INICIAL	FINAL
	<input type="checkbox"/> PRIME + 10	<input type="checkbox"/> CONTINUO	CONTROL PANEL	TIPO	SERIE

ESTADO DE LA PLANTA ELECTRICA	TIEMPO (MIN)	VELOC. (R.P.M.)	FREC. (Hz.)	AMPERAJE			VOLTAJE			POT (KW.)	TEMPERATURAS (C.F.)			PRES. (PSI)
				L1	L2	L3	L1-L2	L2-L3	L3-L4		GEN	MOT	TURBO	

SIN CARGA															
BAJA RPM															
ALTA RPM															
% DE CARGA															
AMPERAJE															
50%															
75%															
100%															
110%															
75%															
50%															
SIN CARGA ENFRIAMIENTO															

OBSERVACIONES:

## ETIQUETAS PARA ADVERTENCIA O SEÑALES DE PELIGRO PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

### HAZARD LABEL LEGEND

Some or all of these hazard warning labels will appear on your generating set:



DO NOT TAMPER WITH  
UNLESS YOU HAVE  
READ THE  
INSTRUCTION  
MANUAL



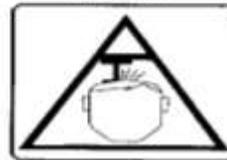
USE FAN GUARDS



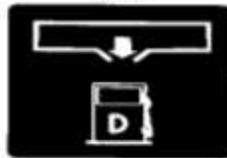
ELECTRIC SHOCK  
HAZARD



HOT EXHAUST  
GAS



LOW OVERHEAD  
OBJECTS



DIESEL FUEL  
SUPPLY LINE



RATED SPEED



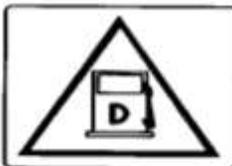
NO NAKED FLAMES



WEAR EAR  
PROTECTION



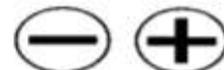
EMERGENCY/  
PANIC EXIT



DIESEL FUEL  
WARNING



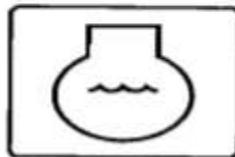
HOT SURFACES



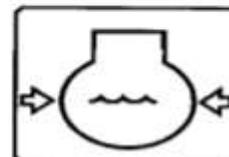
ELECTRIC TERMINALS



PROTECTIVE EARTH  
(GROUND)

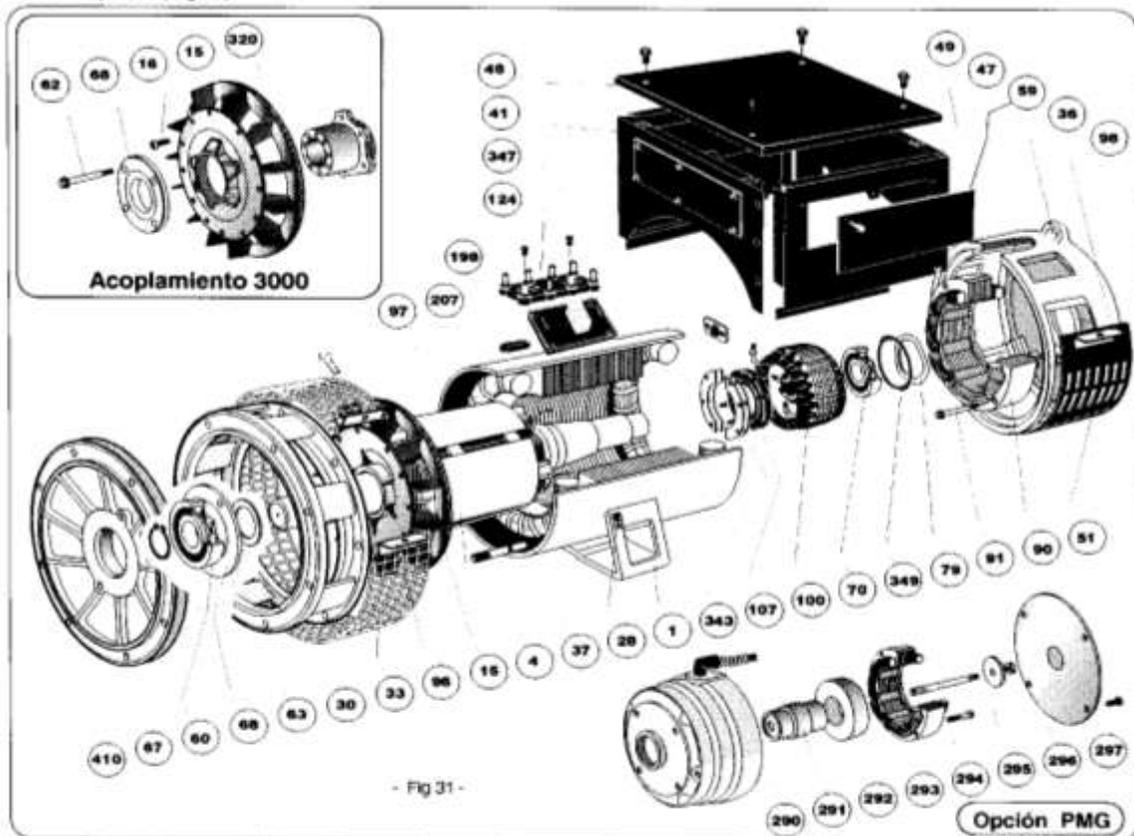


ENGINE COOLANT



ENGINE COOLANT  
PRESSURE

**DESPIECE, NOMENCLATURA Y PARTES DE UN ALTERNADOR  
PIEZAS DE MANTENIMIENTO**

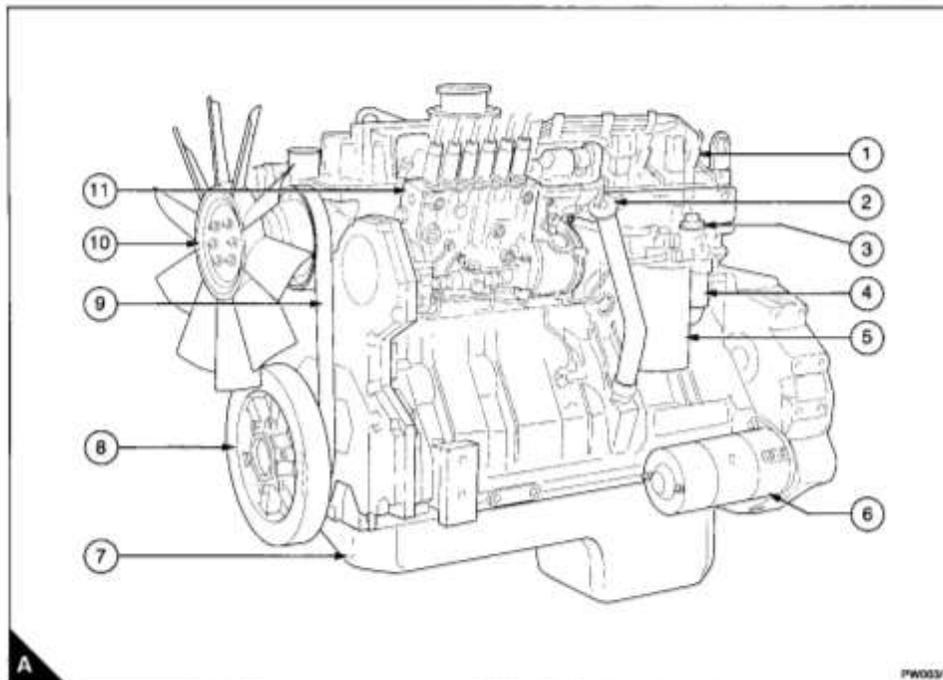


Ref.	Cant.	Descripción	Ref.	Cant.	Descripción
1	1	Conjunto estátor	91	4	Tornillo de fijación de inductor
4	1	Conjunto rotor	97	1	Escuadra de fijación macho
15	1	Turbina	98	3	Escuadra de fijación
16	6	Tornillo de fijación	100	1	Inducido de excitatriz
28	1	Bomba de masa	107	1	Soporte de conjunto de diodos
30	1	Palier lado acoplamiento	124	1	Regleta de bornas
33	1	Rejilla de salida de aire	198	1	Regulador
36	1	Palier lado excitatriz	207	1	Junta amortiguadora del regulador
37	4	Espárrago de fijación	290	1	Cárter de PMG
41	1	Parte anterior de la capota	291	1	Árbol adaptador
47	1	Parte posterior de la capota	292	1	Rotor magnético
48	1	Parte superior de la capota	293	1	Estátor
49	20	Tornillo de fijación	294	2	Tornillo de fijación
51	1	Rejilla de entrada de aire	295	1	Espárrago de montaje
59	3	Tapa de inspección	296	1	Arandela de apoyo + tuerca
60	1	Rodamiento anterior	297	1	Cubierta de cierre
62	2 / 4	Tornillo de fijación de tapa	320	1	Manguito
63	1	Arandela de apoyo	343	1	Conjunto puente de diodos
67	1	Anillo de seguridad	347	1	Varistor
68	1	Tapa interior	349	1	Junta tórica
70	1	Rodamiento posterior	410	1	Tapa palier
79	1	Arandela de precarga			
90	1	Inductor de excitatriz			

## Emplazamiento de los componentes del motor

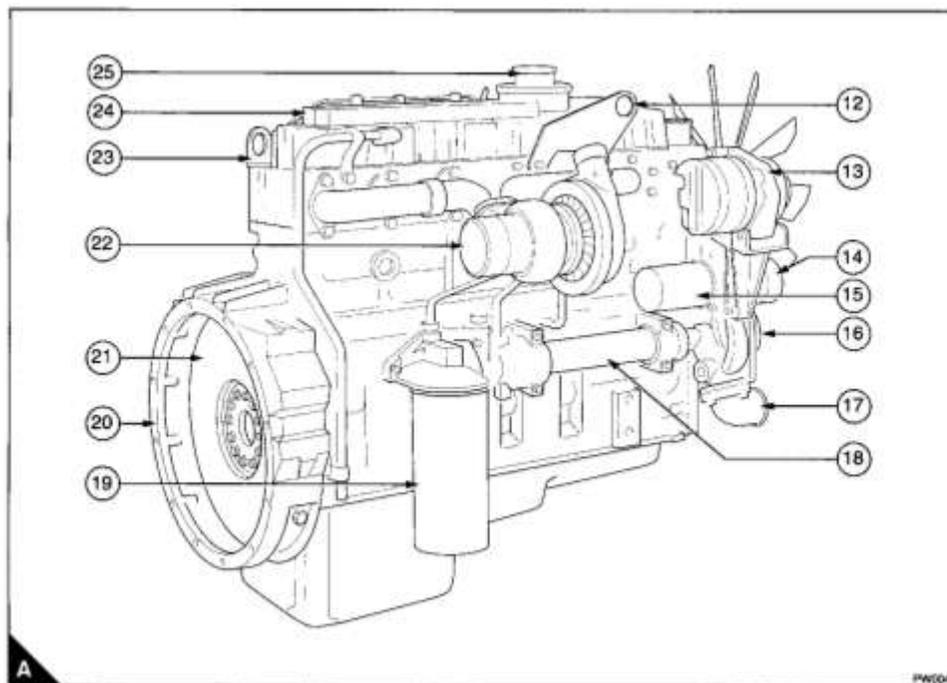
### Vista delantera y lateral izquierda (A)

- |  |  |
|--|--|
| 1 Inyector   | 7 Cárter de aceite lubricante del motor    |
| 2 Varilla de medida y tubo de llenado de aceite lubricante | 8 Amortiguador de vibraciones del cigüeñal |
| 3 Bomba cebadora de combustible                            | 9 Correa de accionamiento                  |
| 4 Colador de combustible                                   | 10 Ventilador                              |
| 5 Cartucho del filtro de combustible                       | 11 Bomba de inyección de combustible       |
| 6 Motor de arranque  |  |



### Vista trasera y lateral derecha (A)

- |  |  |
|--|--|
| 12 Soporte alizador delantero                    | 19 Cartucho del filtro de aceite lubricante  |
| 13 Alternador                                    | 20 Caja del volante                          |
| 14 Tensor de la correa de accionamiento          | 21 Volante                                   |
| 15 Cartucho del filtro de refrigerante/inhibidor | 22 Turbocompresor                            |
| 16 Bomba de refrigerante                         | 23 Soporte alizador trasero                  |
| 17 Conexión de entrada de refrigerante           | 24 Tapa de balancines y colector de admisión |
| 18 Enfriador de aceite lubricante                | 25 Conexión de entrada de aire               |



## ASPECTO ECONÓMICO

### PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA EL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS

<b>EVALUAR PLANTA ELÉCTRICA</b>	
Tarifa Fija Mano de Obra	2,544.00
<b>REMOVER E INSTALAR BOMBA DE INYECCIÓN.</b>	
Tarifa Fija Mano de Obra	954.00
Tarifa Fija de Repuestos	200.00
<b>REPARAR BOMBA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE</b>	
Tarifa Fija Misceláneos	6778.00
<b>REMOVER E INSTALAR INYECTORES DE COMBUSTIBLE</b>	
Tarifa Fija Mano de Obra	477.00
<b>REPARAR INYECTORES DE COMBUSTIBLE</b>	
Tarifa Fija Mano de Obra	600.00
<b>SERVICIO DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR</b>	
Tarifa Fija Mano de Obra	1,272.00
Tarifa Fija de Repuestos	3,400.00
<b>SERVICIO DE MANTENIMIENTO DEL GENERADOR</b>	
Tarifa Fija Mano de Obra	3,816.00
Tarifa Fija Misceláneos	2,000.00
<b>REMOVER E INSTALAR RADIADOR</b>	
Tarifa Fija Mano de Obra	636.00
<b>REPARAR RADIADOR</b>	
Tarifa Fija Miscelaneos	800.00
<b>TOTAL QUETZALES</b>	<b>23,477.58</b>

MODELO 3208		SERIE 30A05336		PRADERA ZONA 10			
ARR.		MENSUAL		ACTUALIZADO ENERO 2006			
<b>CONCEPTOS VIAJE</b>							
km. para servicio 250							
Precio km/servicio 250 hrs.	hrs.	Precio km./servicio SPM	km. De servicio SPM				
Q 4.88	35	Q 3.90	120		<b>TOTAL VIAJE Q 638.80</b>		
<b>CONCEPTOS VIÁTICOS</b>							
	<b>DESAYUNO</b>	<b>ALMUERZO</b>	<b>CENA</b>	<b>HOTEL</b>			
<b>PRECIO</b>	Q 30.00	Q 40.00		30	100		
<b>CANTIDAD REQUERIDA</b>		0	1	0	0	<b>TOTAL VIÁTICOS Q 40.00</b>	
<b>CONCEPTOS M O</b>							
PRECIO POR HORA NORMAL SEV. 250 HRS	PRECIO POR HORA NORMAL SPM	# HORAS NORMALES LABORADAS	12 VISITAS (HORAS) LABORADAS SPM		TOTAL MANO DE OBRA		
Q 209.00	Q 145.00	4	0		<b>Q 836.00</b>		
<b>REPUESTOS</b>							
# DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	DESCUENTO 10%	TOTAL	
1R0750	Filtro Combustible	1	Q 177.55	Q 177.55	Q 17.76	Q 159.80	
1R0713	Filtro Lubricante	2	Q 72.00	Q 144.00	Q 14.40	Q 129.60	
7N1225	Elemento	1	Q 448.29	Q 448.29	Q 44.83	Q 403.46	
8N9803	Elemento	1	Q 281.47	Q 254.33	Q 25.43	Q 228.90	
3E9713	Aceite	1	Q 459.70	Q 459.70	Q 45.97	Q 413.73	
1012845	ELC	0	Q 104.74	Q -	Q -	Q -	
						<b>TOTAL REPUESTOS Q 1,335.48</b>	
<b>MISCELANEOS</b>							
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO		TOT. MISCELANEOS			
1	SOS	115		Q 115.00			
						<b>TOTAL Q 2,965.28</b>	

MODELO 3406		SERIE 2WB151712		PRADERA ZONA 10			
ARR.		MENSUAL		ACTUALIZADO ENERO 2006			
<b>CONCEPTOS VIAJE</b>							
precio km/servicio 250 hrs.	km. para servicio 250 hrs.	precio km./servicio SPM	km. De servicio SPM				
Q 4.88	35	Q 3.90	0	<b>TOTAL VIAJE</b>		Q	170.80
<b>CONCEPTOS VIÁTICOS</b>							
	DESAYUNO	ALMUERZO	CENA	HOTEL			
PRECIO	Q 30.00	Q 40.00	30	100			
CANTIDAD REQUERIDA	0	1	1	<b>TOTAL VIÁTICOS</b>		Q	170.00
<b>CONCEPTOS MANO DE OBRA</b>							
PRECIO POR HORA NORMAL SEV. 250 HRS	PRECIO POR HORA NORMAL SPM	# HORAS NORMALES LABORADAS	12 VISITAS (HORAS) LABORADAS SPM	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			
Q 209.00	Q 145.00	5	0			Q	1,045.00
<b>REPUESTOS</b>							
# DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	DESCUENTO 10%	TOTAL	
1R0749	Filtro Combustible	1	Q 246.43	Q 246.43	Q 24.64	Q 221.79	
1R0716	Filtro Lubricante	1	Q 282.06	Q 282.06	Q 28.21	Q 253.85	
4N0015	Elemento	1	Q 1,228.45	Q 1,228.45	Q 122.85	Q 1,105.61	
3E9713	Aceite	2	Q 459.70	Q 919.40	Q 91.94	Q 827.46	
1012845	ELC	0	Q 104.74	Q -	Q -	Q -	
				Q -	Q -	Q -	
						<b>TOTAL REPUESTOS</b>	Q 2,408.71
<b>MISCELANEOS</b>							
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO					
1	SOS	115		<b>TOT. MISCELANEOS</b>		Q	115.00
						<b>TOTAL</b>	Q 3,909.51

MODELO 3412		SERIE 81Z15893		PRADERA ZONA 10			
ARR.		MENSUAL		ACTUALIZADO ENERO 2006			
<b>CONCEPTOS VIAJE</b>							
precio km/servicio 250 hrs.	km.para servicio 250 hrs.	precio km./servicio SPM	km. De servicio SPM				
Q 4.88	35	Q 3.90	0	<b>TOTAL VIAJE Q 170.80</b>			
<b>CONCEPTOS VIÁTICOS</b>		DESAYUNO	ALMUERZO	CENA	HOTEL		
PRECIO	Q 30.00	Q 40.00		40	100		
CANTIDAD REQUERIDA		0	1	1	1	<b>TOTAL VIATICOS Q 180.00</b>	
<b>CONCEPTOS MANO DE OBRA</b>							
PRECIO POR HORA NORMAL SEV. 250 HRS	PRECIO POR HORA NORMAL SPM	# HORAS NORMALES LABORADAS	12 VISITAS (HORAS) LABORADAS SPM	<b>TOTAL MANO DE OBRA Q 1,254.00</b>			
Q 209.00	Q 145.00	6	0				
<b>REPUESTOS</b>							
# DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	DESCUENTO 10%	TOTAL	
1R0749	Filtro Combustible	2	Q 246.43	Q 492.86	Q 49.29	Q 443.57	
1R0716	Filtro Lubricante	2	Q 282.06	Q 564.12	Q 56.41	Q 507.71	
6L4714	Elemento	1	Q 1,256.02	Q 1,256.02	Q 125.60	Q 1,130.42	
8N9803	Elemento	0	Q 254.33	Q -	Q -	Q -	
3E9713	Aceite	4	Q 459.70	Q 1,838.80	Q 183.88	Q 1,654.92	
1012845	ELC	0	Q 104.74	Q -	Q -	Q -	
<b>MISCELANEOS</b>						<b>TOTAL REPUESTOS Q 3,736.62</b>	
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO					
1	SOS	115	<b>TOT. MISCELANEOS Q 115.00</b>				
						<b>TOTAL Q 5,456.42</b>	

**PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

<b>REPUESTOS</b>				
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b># DE PARTE</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
5	Filtro Combustible	1R0756	Q 270,29	Q 1.351,45
3	Filtro Lubricante	1R0726	Q 534,46	Q 1.603,38
2	Filtro de aire	8N6309	Q 1.619,49	Q 3.238,98
2	Filtro hollín o tizne (soot)	8N2555	Q 236,15	Q 472,30
1	Seal oring-fuel	5D5957	Q 182,63	Q 182,63
1	Seal oring-oil	6V3907	Q 224,37	Q 224,37
2	Seal oring-trampa	3J1907	Q 7,75	Q 15,50
2	Trampa de agua	134-6307	Q 196,80	Q 393,60
2	Aceite	3E9712	Q 4.779,90	Q 9.559,80
3	Seal cover valve	206-8894	Q 238,68	Q 716,04
2	ELC premez 50/50	129-2151	Q 736,02	Q 1.472,04
1	hose water in	3N-4911	Q 806,55	Q 806,55
1	hose water out	8N0598	Q 399,99	Q 399,99
1	CALENTADOR	7E-6247	Q 7.068,92	Q 7.068,92
	partes de hose fuel	3N-6504		Q
2	coupling	124-1906	Q 86,62	Q 173,24
38	Hose fuel de 68 Pulg precio/pulg.	122-6872	Q 5,52	Q 209,76
	partes de hose fuel	8N-1186	Q 412,96	Q -
2	coupling	124-1900	Q 49,65	Q 99,30
68	Hose fuel de 68 Pulg precio/pulg.	122-6870	Q 3,28	Q 223,04
2	battery	101-4000	Q 3.499,57	Q 6.999,14
			<b>SEG 02</b>	<b>Q 17.758,05</b>
			<b>SEG 03</b>	<b>Q 9.747,50</b>
			<b>SEG 04</b>	<b>Q 705,34</b>
			<b>SEG 05</b>	<b>Q 6.999,14</b>
			<b>TOTAL REPUESTOS</b>	<b>Q 35.210,03</b>
<b>MISCELÁNEOS</b>				
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL DE MISCELÁNEOS</b>	
X	X	X	Q	400,00
			<b>TOTAL Q.</b>	<b>Q70.820,06</b>

<b>PARA EL CLIENTE:</b>						
<b>CONCEPTOS VIAJE</b>						
Precio po Km.	Km Recorridos	Viajes Realizados				-
Q 4,88	25	5				-
<b>TOTAL VIAJE</b>						<b>Q 610,00</b>
<b>CONCEPTOS VIÁTICOS</b>						
<b>DESAYUNO</b>	<b>ALMUERZO</b>	<b>CENA</b>	<b>HOTEL</b>			-
30	40	30	100			70
30	40	0	0			70
<b>TOTAL VIÁTICOS</b>						<b>Q 140,00</b>
<b>CONCEPTOS MANO DE OBRA</b>						
Precio por	Precio por	Horas	Horas Extras			-
Hora Normal	Hora Extra	Laboradas	Laboradas			-
Q 180,00	Q 209,00	20	0	Servicio de motor y calibración de válvulas	Q	3.600,00
		8	0	Cambio de mangueras y calentador de agua	Q	1.440,00
		2	0	Cambio de mangueras de combustible	Q	360,00
		1	0	Cambio de baterías	Q	180,00
		2	0	Prueba de equipo con carga	Q	360,00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>Q 5.940,00</b>