



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“DISEÑO E INSTALACIÓN DE PLANTAS DE EMERGENCIA
EN CENTRO COMERCIAL PARA ASEGURAR LA
CONTINUIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO”

“TESIS”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO “ELÉCTRICO ELECTRÓNICO”

PRESENTA:
LUIS MIGUEL ORTÍZ SOTO

DIRECTOR DE TESIS:
ING. DAVID VAZQUEZ ORTÍZ



CIUDAD UNIVERSITARIA

SEPTIEMBRE 2013.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias.

A mis Padres y mis Hermanos

A mi linda esposa Diana y mi pequeña bebe Estephany

A mis suegros y Familiares que me apoyaron

A la memoria de mis abuelas y hermanita Elizabeth "†" a quienes llevo en el corazón

Agradecimientos.

A dios y a la virgen maría por haberme dado vida para cumplir esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres a quienes amo y están por sobre todas las cosas, quienes me brindaron el apoyo, la confianza y me impulsaron día a día para conseguir este propósito, que gracias a sus esfuerzos, ejemplos y paciencia hoy estoy culminando una etapa más en mi vida.

A mi linda esposa por el apoyo incondicional y la motivación que me brindo para seguir adelante y conseguir mi propósito al igual que mi bebe quien es nuestra razón de vivir.

A mi director de tesis el Ing. David Vázquez, quien confió y creyó en mí y que gracias a su participación y apoyo hoy estoy cumpliendo con este propósito.

A todos mis sinodales Ing. Hugo Alfredo Grajales, Ing. Cesar Maximiliano López Portillo Alcerreca, Ing. Alejandro Sosa Fuentes, Ing. Guillermo López Monrroy y el Ing. David Vázquez Ortíz, por su tiempo y dedicación a la revisión de mi trabajo.

A mis familiares y amigos, con quienes comparto estos momentos de alegría y felicidad y que también me apoyaron con sus palabras y consejos.

Y principalmente a la más preciada casa de estudios la Universidad Nacional Autónoma de México el alma mater de mi formación. “a ti mi universidad que te llevo en el corazón y siempre portare con orgullo el escudo Azul y Oro”.



Introducción



Introducción

Las Plantas de Emergencia tienen un papel muy importante en la industria, ya que día con día la demanda de energía aumenta y por consiguiente tenemos una saturación en el sistema sobre todo en las horas pico, es por ello que en casos extremos y para no tener grandes daños en los generadores principales las compañías suministradoras bajan la demanda cortando o tirando carga, afectando directamente algunos establecimientos y colonias de menor prestigio.

Para esto es necesario contar con una fuente de energía de emergencia que pueda soportar la carga que demanda dicho inmueble es por ello que en este tema se estudiara el diseño y la instalación de una planta de emergencia enfocada a un lugar de mayor concurrencia como es el caso de un centro comercial, ya que un corte trae consigo pérdidas económicas y desprestigio.

Para ello en los primeros capítulos estudiaremos y comprenderemos el principio de funcionamiento básico de un motor de combustión interna, ya que se propone la instalación de una planta de emergencia que trabaja a base de un motor Diesel

El resultado de obtener energía eléctrica a través de energía mecánica nos indica que se está hablando de un generador de energía eléctrica el cual es calculado y diseñado de acuerdo a las condiciones y características de la carga.

En el capítulo 3 se estudiarán las características de un generador síncrono de corriente alterna para conocer su principio de funcionamiento, las partes que lo componen y las características de dicho equipo bajo carga.



Introducción



En el Capítulo 4 se estudia el sistema de control el cual es indispensable y necesario para poder automatizar el equipo con la red de energía eléctrica normal y respaldar nuestra carga cuando se presente una falla.

En el Capítulo 5 se realiza el estudio de donde se instalara el equipo conjuntamente con un sistema de tierras físicas, el cual es necesario para brindar seguridad y protección tanto a los equipos como a las personas

Por último se realiza un estudio de costo y evaluación de dicho proyecto para su instalación dejando claros los beneficios y la entera satisfacción del cliente para no tan solo recuperar la inversión que se hace sino también contar con un sistema de energía continuo e interrumpible.



Introducción



Objetivo

El objetivo de este tema es realizar el estudio completo de una planta de emergencia, tanto del generador como del motor, así como la coordinación de ambos para generar energía eléctrica, y obtener, con base en sus características, la eficiencia y capacidad para el respaldo necesario.

En este trabajo se determinan los elementos de protección para asegurar el servicio y operación de la misma.

Asimismo se analiza la ubicación segura de la planta y los detalles de la construcción del cuarto y la base donde será mantada la planta de emergencia.



Introducción



Definición del problema

El problema principal es el corte del suministro de energía eléctrica por causas como: actos vandálicos, errores humanos o por el mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones que impida la operación por falta de energía eléctrica.

Los fenómenos naturales también pueden ser causa de un corte inesperado y es por ello que tenemos que considerar un sistema de emergencia que nos permita la continuidad del servicio hasta corregir los daños causados en el sistema.

Considerando lo anterior se debe conocer completamente el sistema de emergencia constituido por la unidad de transferencia y control básicamente, para resolver cualquier problema en caso de presentar una falla.

Existe una variedad de fallas que puede presentar el equipo y es por ello que se debe conocer el funcionamiento en su totalidad así como sus protecciones y fallas en los elementos externos.



Introducción



Método

Estudio de los generadores y motores para determinar cualquier falla en el equipo, así como también conocer y reparar las fallas en el modulo de control.

Programar visitas periódicas para estar verificando la operación del motor-generador así como su mantenimiento preventivo menor y mayor si así lo requiere.

Realizar un levantamiento y un estudio de las cargas que se deben respaldar para dimensionar adecuadamente y respaldar en su totalidad el centro comercial con una planta de emergencia de la capacidad adecuada.



Introducción



Inventario de materias y/o temas a utilizar durante el desarrollo de la Tesis

1. Análisis de circuitos eléctricos
 - ✓ Estudio de cargas.

2. Instalaciones eléctricas industriales.
 - ✓ Planeación de los sistemas eléctricos industriales.
 - ✓ Sistemas de tierra en plantas industriales.
 - ✓ Sistemas de fuerza.
 - ✓ Protección de sistemas eléctricos industriales.
 - ✓ Administración de proyectos eléctricos industriales.

3. Costos y evaluación de proyectos.
 - ✓ Realizar análisis de precios y costos beneficio.

4. Energía e impacto ambiental.
 - ✓ Combustible a utilizar en plantas de emergencia

5. Máquinas Síncronas.
 - ✓ Plantas de emergencia.
 - ✓ Eficiencia de los motores



Introducción



Resultados Esperados.

Los resultados esperados de este tema son conocer y entender el principio de funcionamiento básico tanto de un motor de combustión interna como de un generador de corriente alterna y su conexión mecánica y eléctrica para dar lugar a una planta de emergencia.

Conoceremos la eficiencia de los motores, generadores y se realizaran los cálculos para dimensionar los equipos necesarios o correspondientes a la carga en estudio, de la misma forma nos daremos cuenta de las pérdidas de energía generada así como la energía útil de estos equipos.

Se estudiara el control y la coordinación de protecciones para la identificación de cualquier problema o falla que se pueda presentar en el motor generador y dar diagnostico y solución.

Se tendrá la capacidad de realizar una correcta instalación electromecánica dependiendo del lugar donde se requiera, y la consideración de su propio espacio con fabricación de cuarto para la planta y una base para la colocación de la misma, instalación de amortiguadores para soportar vibración, puerta y ventana louver para una buena admisión de aire que conjunto con el sistema de enfriamiento nos brinda una operación eficiente y sin fallas por calentamiento.

Mantener la continuidad del servicio ya que es fundamental e indispensable la operación de un centro comercial, considerando la cantidad de gente que demanda un buen servicio, y además cuidar el desprestigio del lugar ya que esto traería como consecuencia pérdidas monetarias principalmente.



Indice



Indice

<i>Introducción</i>	<i>I</i>
<i>Objetivo</i>	<i>III</i>
<i>Definición del problema</i>	<i>IV</i>
<i>Método</i>	<i>V</i>
<i>Inventario de materias y/o temas a utilizar durante el desarrollo de la Tesis</i>	<i>VI</i>
<i>Resultados Esperados</i>	<i>VII</i>

Capítulo 1

<i>1. ANTECEDENTES TEÓRICOS</i>	<i>2</i>
<i>1.1 Historia del motor a Diesel</i> :.....	<i>2</i>
<i>1.2 Estudio de las condiciones del Lugar</i>	<i>4</i>
<i>1.3 Determinación de las necesidades energéticas de la carga</i>	<i>5</i>

Capítulo 2

<i>2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA</i>	<i>12</i>
<i>2.1.- Principio de Funcionamiento Básico</i>	<i>12</i>
<i>2.2. Selección de sistema de combustible</i>	<i>15</i>
<i>2.2.1. Tipos de combustibles</i> :.....	<i>15</i>
<i>2.2.2 En que se parece y diferencia un motor a diesel de gasolina</i>	<i>16</i>
<i>2.2.3 Sistemas de Inyección Multipunto</i>	<i>19</i>
<i>2.3 Sistema de Inyección Diesel</i>	<i>21</i>
<i>2.3.1 Bombas en Línea</i>	<i>22</i>
<i>2.3.2 Bomba Manual</i>	<i>23</i>
<i>2.3.3 Bombas Distribuidoras (o Rotativas)</i>	<i>27</i>
<i>2.4 Sistema de Admisión de Aire</i>	<i>29</i>



Indice



2.4.1 Filtros de aire.....	29
2.4.2 Filtros de aire de elemento dual.....	33
2.4.3 Eficiencia de los Filtros de Aire.....	35
2.4.4 Requisitos de diseño del filtro de aire.....	36
2.4.5 Requisitos de flujo de aire de combustión.....	38
2.4.6 Cálculo del flujo de aire de ventilación requerido.....	40
2.4.7 Factor de corrección de radiación de calor atmosférica.....	43
2.4.8 Ventiladores para sistemas de ventilación.....	45
2.5 Sistema de Enfriamiento.....	53
2.5.1 Cómo funciona el sistema de Enfriamiento.....	53
2.5.2 Integridad del Sistema de Enfriamiento.....	59
2.5.3 Sistema de enfriamiento de un motor de Combustión.....	64
2.5.4 Calculo preliminar de los componentes del sistema de enfriamiento.....	67
2.5.5 Cálculo del radiador.....	67
2.5.7 Calculo del Ventilador.....	71
2.5.8 Cálculo de la bomba de agua.....	72
2.6 Sistema de Lubricación.....	76
2.6.1 Objetivo del sistema de lubricación.....	77
2.6.2 Características de un buen lubricante.....	80
2.6.3 Partes del Sistema de Lubricación.....	87
2.7 Sistema Eléctrico.....	90
2.7.1 Concepto de sistema de encendido.....	90
2.7.2 Tipos de Sistema de Encendido.....	91
2.7.3 Elementos que lo componen.....	96
2.7.4 Motores de Encendido por Compresión.....	100
2.8 Sistema de Arranque.....	105
2.8.1 Motor de Arranque.....	105
2.8.2 Finalidad del Sistema de Arranque.....	106



Indice



Capítulo 3

3. GENERADOR SÍNCRONO DE CORRIENTE ALTERNA.....	112
3.1 Principio de Funcionamiento.....	112
3.1.2 Tipos constructivos.....	113
3.2 Características de los generadores síncronos bajo carga.....	117
3.2.1 Regulación de tensión de un generador síncrono.....	121
3.3 Curvas de Capacidad de Un Generador Síncrono.....	123

Capítulo 4

4. SISTEMA DE CONTROL.....	126
4.1 Tipos de Controlador.....	129
4.3 Características de un Sistema de Control.....	133
4.4 Descripción de protecciones.....	136
4.5 Sistema de Transferencia Automática.....	139
4.6 Programación.....	146
4.6.1 Control Gencon II.....	146

Capítulo 5

5. CALCULO DE SISTEMA DE TIERRAS.....	158
5.1 Memoria de cálculo de sistemas de tierras.....	158
5.1.1 Calculo de la Resistencia de la Malla.....	159
5.1.2 Distribución de las Corrientes.....	160
5.1.3 Tensión de paso.....	160
5.1.4 Tensión de Contacto.....	161
5.1.5 Gradiente en la Periferia Interior de la malla.....	161
5.2 Desarrollo del cálculo.....	162



Indice



Capítulo 6

6 COSTOS DEL PROYECTO	168
6.1 Determinación del costo del material a utilizar.	168
6.2 Análisis de precios unitarios del proyecto.	170
6.3 Ajustes y optimización del costo	171
CONCLUSIONES	195
Apéndice A	197
Apéndice B	200
BIBLIOGRAFÍA	207
Sitios de Internet	208



Indice



Indice de figuras

Capítulo 1

<i>Figura 1.1 Rudolf Diesel (1858-1913)</i>	3
<i>Figura 1.2 Carga puramente Resistiva</i>	6
<i>Figura 1.3 Carga Reactiva Inductiva</i>	7
<i>Figura 1.4 Carga Reactiva Capacitiva</i>	7
<i>Figura 1.5 Carga predominantemente Inductiva</i>	8
<i>Figura 1.6 Triangulo de Potencias</i>	9

Capítulo 2

<i>Figura 2.1 Funcionamiento básico del ciclo diésel</i>	13
<i>Figura 2.2 Cálculo de la cilindrada de un motor</i>	14
<i>Figura 2.3 Cámara de combustión Gasolina y Diésel</i>	17
<i>Figura 2.4 Inyectores de Combustible</i>	19
<i>Figura 2.5 Bombas de Inyección Diesel</i>	21
<i>Figura 2.6 Circuito de alimentación de una bomba en Línea</i>	22
<i>Figura 2.7 Estructura Interna de una bomba de alimentación</i>	23
<i>Figura 2.8 Componentes de desgaste de una bomba de Inyección</i>	25
<i>Figura 2.9 Componentes de desgaste de la Bomba Rotativa</i>	28
<i>Figura 2.10 Sistema de Admisión de Aire con Antefiltro</i>	32
<i>Figura 2.11 Turbocompresor y Válvula Waste Gate</i>	34
<i>Figura 2.12 Sistema de Ventilación Tipo 1</i>	46
<i>Figura 2.13 Sistema de Ventilación tipo 2 (ó de patín)</i>	47
<i>Figura 2.14 Sistema de Ventilación tipo 3</i>	49
<i>Figura 2.15 Sistema de Ventilación Tipo 4</i>	50
<i>Figura 2.16 Sistema de Ventilación Incorrecto</i>	51
<i>Figura 2.17 Configuración de Ventilador Impulsado por Motor</i>	52
<i>Figura 2.18 Esquema de un Sistema de Enfriamiento</i>	53



Indice



<i>Figura 2.19 Radiador de Circulación descendente.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 2.20 Radiador de circulación Transversal.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 2.21 Bomba de Agua Con Aditivos Orgánicos.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 2.22 Bomba de Agua Con Aditivos Inorgánicos.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 2.23 Bomba de Agua con Refrigerante Sin Aditivos.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 2.24 Bomba de Agua Sin Refrigerante.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 2.25 Bomba de Agua con poco Refrigerante.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 2.26 Bomba de Agua Sin Refrigerante.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 2.27 Cadena de las Energías de un Motor de Combustión.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 2.28 Aceites Lubricantes de Motor.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 2.29 Sistema Básico de Lubricación.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 2.30 Diagrama del Sistema de Equipo de Combustible.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 2.31 Esquema de un Sistema de Encendido Convencional.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 2.32 Esquema de un Sistema de encendido por Descarga Capacitiva.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 2.33 Sistema de Encendido Transistorizado.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 2.34 Esquema de un Sistema de Encendido Electrónico Integral.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 2.35 Sistema de Encendido DIS (Direct Ignition System).....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 2.36 Elementos de un Alternador Simple.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 2.37 Despiece de un Alternador.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 2.38 Rectificador de Corriente hexadiodo.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 2.39 Elementos que constituyen un Acumulador.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 2.40 Cámara de Inyección Directa.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 2.41 Cámara Arremolinadora o de turbulencia.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 2.42 Cámara de combustión con reserva de Aire.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 2.43 Cámara de combustión con Antecámara de Combustión.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 2.44 Componentes del motor de arranque.....</i>	<i>105</i>



Indice



Capítulo 3

<i>Figura 3.1 Sistema de tensiones trifásicas de un generador trifásico.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 3.2 Conexión Delta – Delta.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 3.3 Conexión Delta - Estrella.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 3.4 Generador conectado en estrella.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 3.5 Esquema del GS bajo carga.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 3.6 Esquema del GS y resta de flujos.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 3.7 Diagrama Fasorial del GS con Carga Inductiva.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 3.8 Esquema del GS y desfasaje de flujos.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 3.9 Diagrama fasorial del GS con Carga Resistiva.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 3.10 Esquema del GS y suma de flujos.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 3.11 Diagrama Fasorial del GS con Carga Capacitiva.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 3.12 Esquema del GS y suma vectorial de flujos.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 3.13 Regulador de Voltaje.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 3.14 Regulador de Velocidad Centrifugo.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 3.15 Diagrama Fasorial de un Generador con F.P. en Atraso.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 3.16 Diagrama Fasorial de un Generador con F.P. en Atraso en Unidades de Potencia.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 3.17 Curvas de capacidad del generador Síncrono.....</i>	<i>124</i>

Capítulo 4

<i>Figura 4.1 Diagrama de un sistema básico de control.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 4.2 Control electrónico Deep Sea.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 4.3 Control electrónico DATAKOM.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 4.4 Control electrónico Presertec.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 4.5 Control EMESA-POWER.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 4.6 Control electrónico FG WILSON.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 4.7 Panel Indicador de parámetros eléctricos.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 4.8 Transferencia por medio de contactores.....</i>	<i>139</i>



Indice



<i>Figura 4.9 Diagrama Básico de Transferencia.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 4.10 Diagrama básico del sistema de control.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 4.11 Diagrama eléctrico automático de un genset.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 4.12 Control GENCON II Vista Frontal.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 4.13 Control GENCON II Vista Trasera.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 4.14 Tarjeta Auxiliar para Microcontrolador.....</i>	<i>151</i>

Capítulo 5

<i>Figura 5.1 Instalación de Sistema enmallado con múltiples electrodos.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 5.2 Conexión soldable Cadwell y Conductor para Sistema de Tierras.....</i>	<i>162</i>

Capítulo 6

<i>Figura 6.1 Software de Precios unitarios NEODATA.....</i>	<i>168</i>
<i>Figura 6.2 Catalogo general de precios unitarios calculados.</i>	<i>169</i>
<i>Figura 6.3 Ficha técnica del desarrollo de un costo unitario.....</i>	<i>170</i>
<i>Figura 6.4 Fabricación de cuarto de planta de emergencia.....</i>	<i>188</i>
<i>Figura 6.5 Instalación de transferencia y soportería de planta de emergencia....</i>	<i>189</i>
<i>Figura 6.6 Instalación de iluminación y contactos en cuarto de planta de emergencia.....</i>	<i>190</i>
<i>Figura 6.7 Instalación de sistema de alimentación de combustible.....</i>	<i>191</i>
<i>Figura 6.8 Instalación de sistema de tierras.....</i>	<i>192</i>
<i>Figura 6.9 Vista general de planta de emergencia y dique de combustible.....</i>	<i>193</i>
<i>Figura 6.10 Vista general de instalación eléctrica terminada.....</i>	<i>194</i>



Indice



Índice de Tablas.

<i>Tabla 1.1 Relación entre Potencia Activa, Aparente y Reactiva.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 2.1 Distribución del tamaño de Partículas de acuerdo a por ciento en peso.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 2.2 Calidad mínima de Agua para uso como refrigerante.....</i>	<i>58</i>

Apéndice.

<i>Tabla A1 Características principales de Plantas de Emergencia.....</i>	<i>200</i>
<i>Tabla A2 Tamaños comerciales de Motores de Combustión, para Generadores en Plantas de Emergencias (Diesel).....</i>	<i>200</i>
<i>Tabla A3 Datos recomendados para el Cálculo de contrapresión en Línea de Escape.....</i>	<i>201</i>
<i>Tabla A4 Tamaño mínimo del Conductor de aterrizaje.....</i>	<i>201</i>
<i>Tabla A5 Área mínima del local en relación con la potencia.....</i>	<i>202</i>
<i>Tabla A6 Fallas y Soluciones de problemas de los grupos electrógenos.....</i>	<i>206</i>



Capítulo 1



Capítulo 1

Antecedentes Teóricos



Capítulo 1



1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

1.1 Historia del motor a Diesel:

El motor diesel fue inventado por Rudolf Diesel en 1895, con el objetivo de hacerlo funcionar utilizando una variedad de combustibles, incluido el aceite.

En 1900, el Dr. Diesel, hizo una demostración de su motor, en la Exhibición Mundial en Paris, y lo hizo funcionar con aceite de cacahuete.

En 1911, El Dr. Diesel declaró lo siguiente: “El motor diésel puede ser utilizado con aceite vegetal y esto ayudará directamente al desarrollo de la agricultura en los países que lo utilicen”.

Los primeros motores diesel construidos en Estados Unidos y Europa, fueron tan fuertes que aún funcionan hoy en día. El Dr. Diesel murió antes que su visión, de ver los motores encendidos por medio de aceite vegetal, fuera una realidad.

En 1913, Diesel estaba discutiendo la posibilidad de convertir un submarino Inglés a motor diesel. Para proseguir con la idea de la transformación de dicho submarino, el Dr. Diesel tomó un barco de su casa en Francia hacia Inglaterra. Durante su viaje, el Dr. Diesel desapareció. Unos días después, su cuerpo fue encontrado flotando en el Canal Inglés. Los medios de comunicación ingleses, se refirieron a lo sucedido como un asesinato de los operativos franceses, quienes estaban trabajando para mantener alejados los motores diesel de los submarinos ingleses. Hoy en día, no es ninguna sorpresa, que en 1905 los franceses ya hubieran convertido sus submarinos a motores diesel.



Capítulo 1



Figura 1.1 Rudolf Diesel (1858-1913)

Diesel nació en París en 1858. Estudió en el Politécnico de Múnich, donde entró en contacto con la Segunda Ley de la Termodinámica y el ciclo de Carnot. Comenzó su carrera como ingeniero de refrigeradores. Durante diez años trabajó en varias calderas y motores solares. En 1893 Rudolf Diesel publicó su idea de crear un motor de combustión dentro de un cilindro, esto fue un año después de que aplicó para su primera patente. Se fundamentó en los trabajos de Nikolaus Otto; sin embargo Diésel perfeccionó el motor de Otto.

Estando en la Universidad de Múnich se maravilló por el ciclo de Carnot y su alta eficiencia; lo que impulsó a Diésel a desarrollar su motor.

El motor de combustión de Diesel fue la base para los motores actuales. Se utilizan en submarinos, barcos, locomotoras, grandes camiones y plantas generadoras de electricidad.

Después de la muerte del Dr. Rudolf Diesel, el motor que lleva su apellido, ha sufrido varios cambios estructurales. La compañía petrolera capitalizó el motor diesel y lo hizo funcionar con un subproducto del petróleo, el cual con el tiempo, lo llamaron diesel. A partir de la utilización del diesel, se olvidó la alternativa del



Capítulo 1



aceite vegetal. La mayor parte de estos motores han sido diseñados para que funcionen con combustibles menos viscosos que el aceite vegetal.

En 1970, unos científicos descubrieron que la viscosidad del aceite vegetal podría disminuir por medio de un proceso de reacción química. El proceso, produce un combustible a base de aceite vegetal, que posee las mismas características que el diésel. Este combustible es denominado biodiesel.

1.2 Estudio de las condiciones del Lugar.

Es muy importante tomar en cuenta ciertos factores que determinan la instalación y eficiencia de las plantas de emergencia, por ello es necesario conocer las condiciones climatológicas, ambientales e incluso geográficas del lugar, para tener una mayor eficiencia y correcta instalación.

Las condiciones elementales a considerar para la instalación y diseño de cada equipó se determina por los siguientes factores:

- Temperatura
- Presión Atmosférica
- Humedad

La temperatura nos afecta directamente en el ciclo de combustión, ya que el volumen de aire que aspira el motor se vuelve menos denso a mayor temperatura, por lo tanto hay menor concentración de oxígeno, y es necesario aspirar mucho más aire para brindar el par motor que se requiere para generar cierta cantidad de energía, además de provocar que la maquina se proteja por sobre temperatura o algún otro factor que repercute en el paro del equipo.



Capítulo 1



Es importante determinar y analizar correctamente el lugar de instalación así como contar con buena ventilación para asegurar una temperatura por debajo de 30 °C (temperatura ambiente), con ello aumentaremos el par motor y obtendremos la potencia para la cual está diseñado el equipo.

Otro factor importante y que va de la mano con la temperatura es la Presión (Altura sobre el nivel del mar), ya que como sabemos a mayor altura menor presión, por lo tanto tendremos el mismo problema de concentración de oxígeno el cual repercute directamente en el funcionamiento de nuestros equipos, por ello es necesario considerar estos factores para el diseño de cada equipo y así obtener el mayor rendimiento posible.

Por otra parte un tercer factor que afecta la operación de estos equipos es la humedad, ya que incrementa el poder antidetonante de la mezcla en la cámara de combustión, en consecuencia un bajo desempeño y potencia de los equipos.

1.3 Determinación de las necesidades energéticas de la carga.

Es de suma importancia conocer la carga que vamos a respaldar, sobre todo si se trata de motores, y o maquinaria que nos afecte directamente a nuestra fuente de generación, algunos factores que pueden ser determinantes son las cargas reactivas, las cuales a su vez se dividen en reactivas capacitivas y reactivas inductivas obteniendo como resultado una menor eficiencia de nuestro generador.

En los circuitos eléctricos la potencia está dada por el producto del voltaje y la corriente, para el caso de los circuitos de corriente alterna se genera un ángulo ϕ dependiendo del tipo de carga que se presenta, también conocido como factor



Capítulo 1



de potencia, la corrección para dicho ángulo es el coseno por el cual hay que multiplicar el producto de la corriente por el voltaje.

$$P = VI \times \cos(\varphi)$$

Donde:

P = Potencia real en Watts (W)

V = Voltaje en Volts (V)

I = Corriente en Amperes (A)

VI = Potencia aparente en Volt Amperes (VA)

φ = Angulo de fase en grados ($^{\circ}$)

A continuación se presentan unas graficas del comportamiento del voltaje y la corriente de acuerdo a la carga:

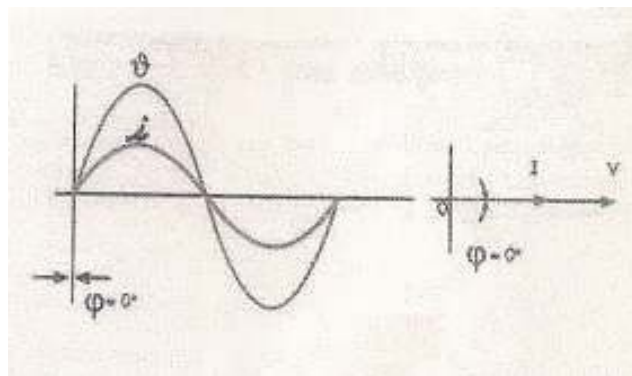


Figura 1.2 Carga puramente Resistiva

Nótese en la Figura 1.2 que el comportamiento del voltaje y la corriente están en fase en una carga Resistiva lo cual implica que la resistencia que opone a la corriente lleva el mismo sentido que el voltaje.



Capítulo 1

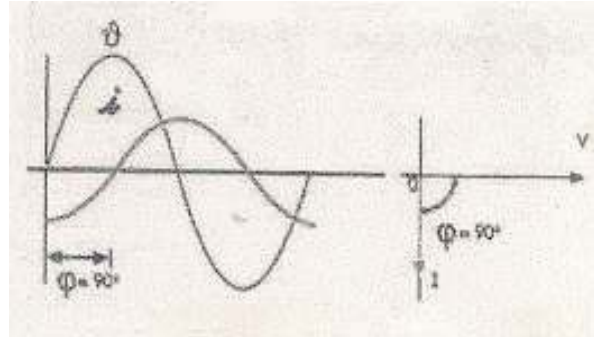


Figura 1.3 Carga Reactiva Inductiva

Nótese en la Figura 1.3 que la corriente está atrasada respecto del voltaje, lo cual implica que en una carga reactiva inductiva la corriente se desfasa 90° respecto del voltaje y la resistencia que opone al paso de la corriente no está en el mismo sentido.

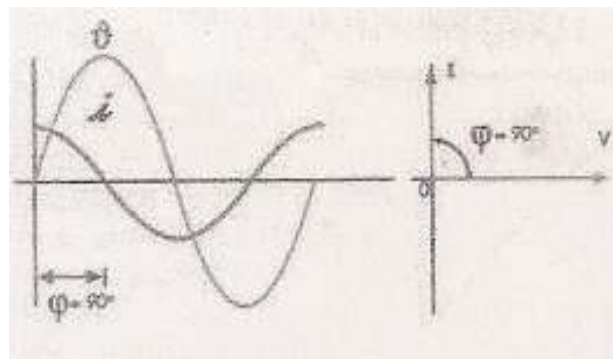


Figura 1.4 Carga Reactiva Capacitiva

Nótese en la Figura 1.4 que para este caso el voltaje se desfasa 90° , o para tener la misma analogía que en la Figura 1.3. La corriente se adelanta 90° respecto del voltaje lo cual implica en ambos casos que la resistencia que se opone al paso de la corriente no va en la misma dirección.



Capítulo 1

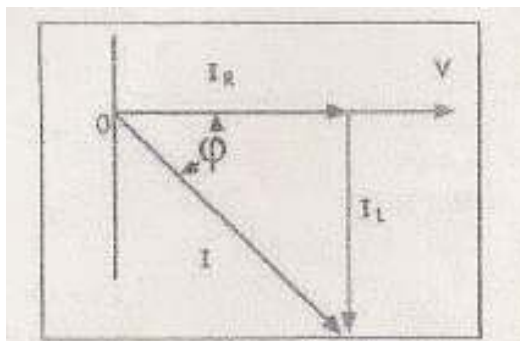


Figura 1.5 Carga predominantemente Inductiva

En la Figura 1.5 se observa la relación de fase, entre el voltaje y la corriente en una carga inductiva.

Como se vio anteriormente existe un desfase pero en este caso es menor a 90° ya que la corriente se divide en 2 componentes: I_R o corriente activa, asociada a la parte resistiva de la carga y en fase con el voltaje, por lo que es capaz de producir un trabajo útil, calor, luz, sonido, etc., e I_L o corriente reactiva asociada a la parte reactiva de la carga, que es la componente que no produce un trabajo físico como tal, mas sin embargo es de gran importancia ya que es la encargada de producir el flujo magnético de los dispositivos de inducción.

Ya que $I_R = I \cos \varphi$, el producto VI_R da como resultado la potencia activa.

El producto VI_L donde $I_L = I \sin \varphi$, es entonces la potencia reactiva, que se representa con la letra Q y se expresa en volt amperes reactivos o VAR.

Como I_R e I_L están desfasadas 90° , lo mismo ocurre con las potencias P y Q asociadas con ellas.



Capítulo 1



Por esta razón para obtener la potencia total, P y Q no se puede sumar directamente, sino en forma vectorial como se muestra en el triángulo de las potencias de la Figura 1.6, se puede observar que la potencia total "S" no es más que la potencia aparente VI .

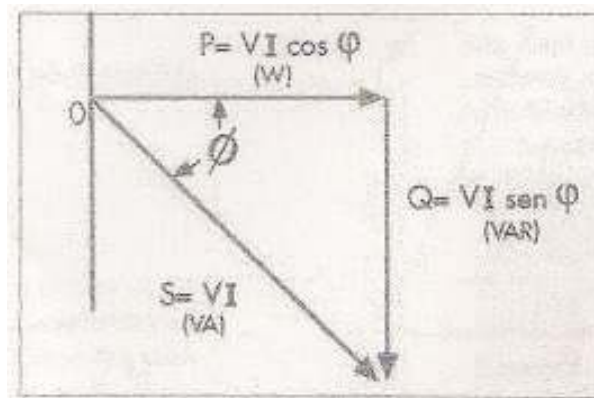


Figura 1.6 Triángulo de Potencias

Del triángulo de potencias se tiene que:

$$FP = \cos \varphi, = P/S, = P/\sqrt{P^2+Q^2},$$

Es decir, el factor de potencia se puede expresar como la relación aritmética de las potencias activa y aparente, y sus unidades son VA, W y VAR respectivamente, para fines prácticos y de acuerdo a las cantidades que se manejan se utilizara KVA, KW y KVAR.

Considerando el triángulo de potencias deducimos las siguientes ecuaciones como se muestra a continuación.



Capítulo 1



Cantidad	Unidad	Monofásico	Trifásico
Potencia Aparente	VA	VI	$1.73 \times VI$
"S"	KVA	$VI/1000$	$(1.73 \times VI)/1000$
Potencia Activa	W	$VI \times FP$	$1.73 \times VI \times FP$
"P"	KW	$(VI \times FP)/1000$	$\frac{1.73 \times VI \times FP}{1000}$
Potencia Reactiva	VAR	$VI \sqrt{1 - FP^2}$	$1.73 \times VI \sqrt{1 - FP^2}$
"Q"	KVAR	$\frac{VI \sqrt{1 - FP^2}}{1000}$	$\frac{1.73 \times VI \sqrt{1 - FP^2}}{1000}$

Tabla 1.1 Relación entre Potencia Activa, Aparente y Reactiva

Por lo tanto, se deduce que para realizar un respaldo con planta de emergencia se debe tomar en cuenta que, y cuales equipos se van a considerar para dimensionar correctamente el equipo de generación que vamos a utilizar para la operación, sin el suministro por parte de la CFE.



Capitulo 2



Capitulo 2

Motor de Combustión Interna



Capítulo 2



2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

2.1.- Principio de Funcionamiento Básico

Un motor de combustión interna, motor a explosión o motor a pistón, es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión.

Los motores Otto y los diésel tienen los mismos elementos principales, (bloque, cigüeñal, biela, pistón, culata, válvulas) y otros específicos de cada uno, como la bomba inyectora de alta presión en los diésel, o antiguamente el carburador en los Otto.

En teoría, el ciclo diésel difiere del ciclo Otto en, que la combustión tiene lugar en este último a volumen constante en lugar de producirse a una presión constante. La mayoría de los motores diésel son asimismo de los ciclos de cuatro tiempos, salvo los de tamaño muy grande, ferroviarios o marinos, que son de dos tiempos. Las fases son diferentes de las de los motores de gasolina.

Ciclo diesel: en la primera carrera, la de admisión, el pistón se desplaza hacia abajo, Figura 2.1a, y absorbe aire hacia la cámara de combustión.

En la segunda carrera, la fase de compresión, en la que el pistón se desplaza hacia arriba Figura 2.1b, el aire se comprime a una parte de su volumen original, lo cual hace que suba su temperatura hasta unos 850 °C. Al final de la fase de compresión se inyecta el combustible a gran presión dentro de la cámara de combustión, produciéndose la inflamación a causa de la alta temperatura del aire.

En la tercera fase, Figura 2.1c, la fase de trabajo, los gases producto de la combustión empujan el pistón hacia fuera, transmitiendo la fuerza longitudinal al cigüeñal a través de la biela, transformándose en fuerza de giro par- motor.

La cuarta fase es, al igual que en los motores Otto, la fase de escape, cuando vuelve el pistón hacia dentro, Figura 2.1d.

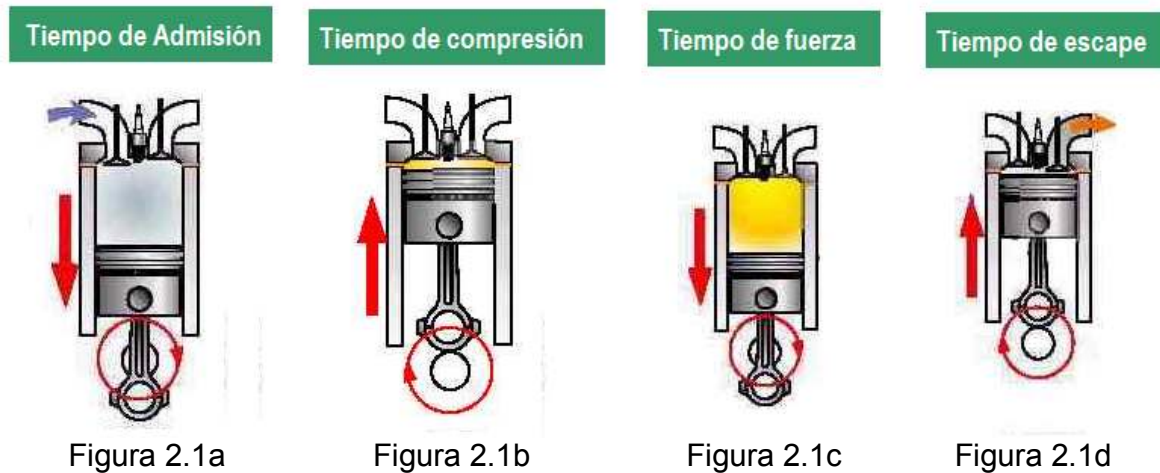


Figura 2.1 Funcionamiento básico del ciclo diésel

Algunos motores diésel utilizan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible al arrancar el motor, así pues hasta alcanzar la temperatura adecuada.

La eficiencia o rendimiento (proporción de la energía del combustible que se transforma en trabajo y no se pierde como calor) de los motores diésel dependen, de los mismos factores que los motores Otto, es decir de las presiones (y por tanto de las temperaturas) inicial y final de la fase de compresión. Por lo tanto es mayor que en los motores de gasolina, llegando a superar el 40% en los grandes motores de dos tiempos de propulsión naval.

Este valor se logra con un grado de compresión de 20 a 1 aproximadamente, contra 9 a 1 en el Otto.

Por ello es necesaria una mayor robustez, y los motores diésel son, por lo general, más pesados que los motores Otto.



Capítulo 2



Esta desventaja se compensa con el mayor rendimiento y el hecho de utilizar combustibles más baratos.

Cilindrada.

Se conoce como cilindrada o desplazamiento a la suma de los volúmenes admitidos por los cilindros de un motor.

Si tomamos en cuenta que el cilindro es un cuerpo geométrico cuyo volumen se obtiene aplicando la fórmula $b \times a$ y que "b" es la superficie de la cabeza del pistón y que "a" es igual a la distancia que existe entre la cabeza del pistón en su punto muerto inferior y la cabeza de cilindros, podemos obtener fácilmente el volumen de un cilindro.

Después, multiplicamos ese número por la cantidad de cilindros que tenga el motor y el resultado constituirá la cilindrada.

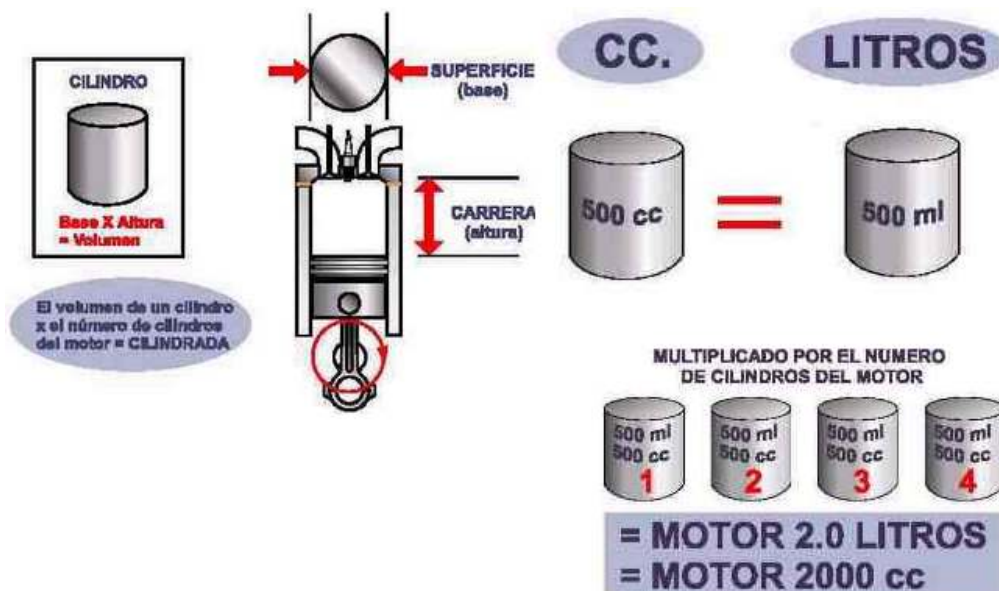


Figura 2.2 Cálculo de la cilindrada de un motor



Capítulo 2



2.2. Selección de sistema de combustible.

Se conoce como combustible a toda sustancia orgánica, que al combinarse con el oxígeno produce una reacción de oxidación con desprendimiento de calor.

El aporte del oxígeno lo realiza el comburente, que habitualmente es el aire ambiente, en algunos casos es aire caliente, en ocasiones aire enriquecido con oxígeno, y hasta oxígeno puro.

2.2.1. Tipos de combustibles:

Entre los combustibles sólidos se incluyen el carbón, la madera y la turba.

El carbón se quema en calderas para calentar agua que puede vaporizarse para mover máquinas a vapor o directamente para producir calor utilizable en usos térmicos (calefacción).

La turba y la madera se utilizan principalmente para la calefacción doméstica e industrial.

Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como el gasóleo, el queroseno o la gasolina (o nafta) y los gaseosos, los cuales son utilizados para motores de combustión interna.

El cometido de cualquier motor es el de producir trabajo mecánico a partir de la energía suministrada. Los motores diesel lo hacen de forma muy eficaz y segura quemando combustible, generalmente petróleo o gasoil que es menos peligroso, volátil y explosivo que la gasolina.



Capítulo 2

El gasóleo, también denominado gasoil¹ o diesel, es un líquido de color blanco o verdoso y de densidad sobre 850 kg/m³ (0,850 g/cm³), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diesel y en calefacción. A diferencia de la gasolina que es una mezcla de hidrocarburos derivada del petróleo que se utiliza también como combustible en motores de combustión interna tiene una densidad de 680 kg/m³ (un 20% menos que el gasoil).

Un litro de gasolina tiene una energía de 34,78 megajulios², aproximadamente un 10% menos que el gasoil, que posee una energía de 38,65 megajulios por litro de carburante.

Los dos motores son de combustión interna y utilizan combustibles muy parecidos. De hecho hay motores de 4 tiempos que queman gasoil de la misma manera que podríamos diseñar un motor diesel que quemara gasolina.

2.2.2 En que se parece y diferencia un motor a diesel de gasolina.

El motor diesel carece de un sistema auxiliar de encendido, es decir de bujías, bobinas, delcos, distribuidores, encendidos electrónicos etc., ya que el combustible se inflama de forma natural al ser inyectado en un cilindro lleno de aire a muy alta temperatura como consecuencia de haber sido comprimido. Esta es realmente la diferencia básica que define a un motor diesel respecto a los demás.

¹ Gasoil. Fracción destilada del petróleo crudo, que se purifica especialmente para eliminar el azufre. Se usa sobre todo en los motores Diesel y como combustible en lugares abiertos.

² La unidad julio se puede definir también como: el trabajo necesario para producir un vatio (watt) de potencia durante un segundo. Es decir, un vatio-segundo (W·s). Esta relación puede además ser utilizada para definir el vatio.



Capítulo 2

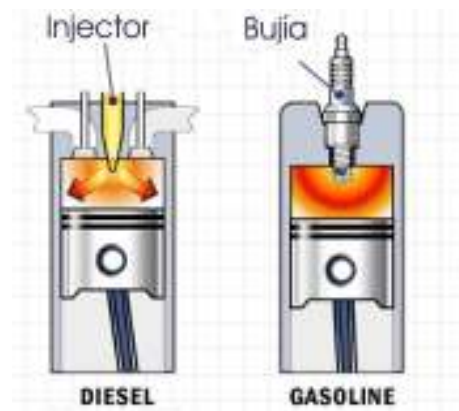


Figura 2.3 Cámara de combustión Gasolina y Diésel

Los motores diesel trabajan con una compresión muy elevada y por esta razón son capaces de poder quemar combustibles menos volátiles como por ejemplo el petróleo o el aceite de palma (bio-diesel).

En un motor diesel el combustible entra en el cilindro a presión cuando el aire ya ha sido comprimido y por tanto está muy caliente a unos 850°C. El combustible se inflama inmediatamente genera una gran cantidad de calor y de gases expandidos por la alta temperatura y por tanto la presión de la combustión desplaza el pistón que transmite la fuerza mecánica al cigüeñal a través de la biela.

La principal ventaja del motor Diesel es su alto rendimiento de combustible, frente a otros motores como son el de gasolina o las turbinas de gas. En los 100 años que han transcurrido desde su invención, se han producido impresionantes avances tecnológicos haciéndolo más económico, ecológico, más potente, seguro, duradero, ligero y silencioso. Además, este tipo de motor ha demostrado ser capaz de funcionar con una gran variedad de combustibles, como los bio-diesel, haciéndolo sumamente versátil.



Capítulo 2



Para obtener el máximo aprovechamiento de la energía del combustible se requiere mezclar con el oxígeno, el cual es obtenido del aire y así generar la combustión.

Tres son los factores que influyen en el fenómeno de combustión y éstos son:

La temperatura.- La temperatura de la cámara de combustión es fundamental para generar una buena combustión.

Generalmente a mayor temperatura se tiene una mejor combustión, sin embargo esto afecta las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) las cuales se incrementan al tener mayores temperaturas.

La turbulencia.- Se refiere a la forma en la cual se mezclan el aire y el combustible. En este sentido los fabricantes han tratado por diferentes medios de incrementar la turbulencia, algunas veces a través del diseño del múltiple de admisión, de la cabeza del pistón, de la forma de la cámara, etc.

El tiempo de residencia.- Se refiere al tiempo que la mezcla aire combustible permanece dentro de la cámara de combustión. En este tiempo, la mezcla aire combustible debería quemarse completamente.

El sistema de combustible tiene varios objetivos; entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

Proporcionar la mezcla adecuada de aire-combustible acorde a las condiciones de operación del motor.

Mezclar el aire y el combustible para el mejor aprovechamiento del combustible.



Capítulo 2



Dosificar el combustible o la mezcla aire-combustible en la cámara de combustión.

Para cumplir con estos objetivos existen diferentes sistemas de combustible entre ellos, se tienen:

Sistema carburado o de admisión natural

Sistemas de inyección { Monopunto }
{ Multipunto }

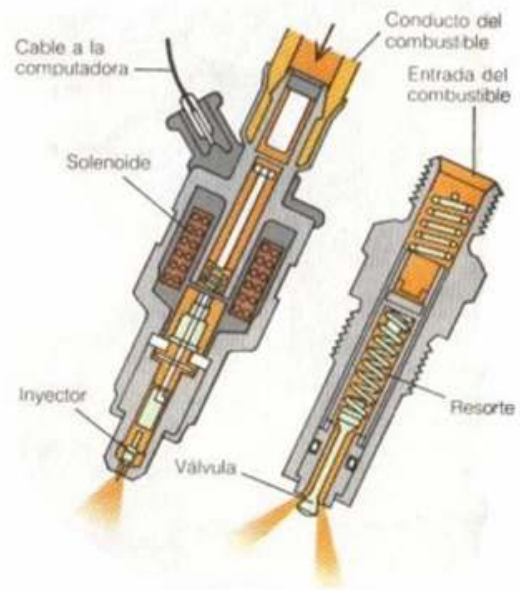


Figura 2.4 Inyectores de Combustible

2.2.3 Sistemas de Inyección Multipunto

Los sistemas de inyección multipunto tienen la característica de que se tiene un inyector para cada cilindro, de tal manera que permiten una mejor dosificación de la mezcla aire combustible. Estos inyectores se colocan generalmente en el puerto de admisión, que es la zona en la cual se encuentra la válvula de admisión antes de la cámara de combustión.



Capítulo 2



Al sistema de Inyección Multipunto lo forman:

- 1.- Tanque o depósito de combustible
- 2.- Filtro de combustible
- 3.- Bomba de combustible
- 4.- Líneas de combustible
- 5.- Regulador de presión
- 6.- Riel de inyectores
- 7.- Inyectores
- 8.- Puerto de admisión
- 9.- Cuerpo de aceleración
- 10.- Válvula de aceleración
- 11.- Línea de retorno
- 12.- Módulo de control electrónico (computadora)
- 13.- Sensores de aire
- 14.- Sensor de posición de la válvula de aceleración
- 15.- Sensor de la posición del cigüeñal
- 16.- Sensor de temperatura del motor
- 17.- Sensor de oxígeno

2.2.4 Sistema de Inyección Monopunto.

Los Sistemas de inyección monopunto como su nombre lo indica se caracterizan por tener un solo inyector el cual está situado en la entrada del aire de admisión, después del filtro del aire, al colector que alimenta a todos los cilindros y justo antes de la posición de la mariposa de gases, Se dice que este sistema sustituyo al carburador en algunos motores que no cumplían con las normas anticontaminantes.

2.3 Sistema de Inyección Diesel.

El rendimiento fiable y económico de los motores Diesel requiere sistemas de inyección que trabajen con elevada precisión ya que con estos sistemas, se inyecta en los cilindros del motor a la presión necesaria y en el momento adecuado el caudal de combustible requerido para que alcance una determinada potencia, para esa finalidad, se utilizan diferentes sistemas de inyección mejor conocidos como “Bombas de Inyección, o Sistemas de Inyección Diesel”



Figura 2.5 Bombas de Inyección Diesel



Capítulo 2



2.3.1 Bombas en Línea.

Las bombas de inyección en línea están instaladas junto al motor, y son accionadas por el mismo.

Cada cilindro del motor está conectado a un elemento de la bomba que están dispuestos en línea, por eso se llama “bomba en línea”.

El combustible diesel sale del tanque aspirado por la bomba alimentadora, pasa a través del filtro, entra en la bomba de inyección y por medio del elemento se bombea para los diferentes cilindros del motor. (Figura 2.6)

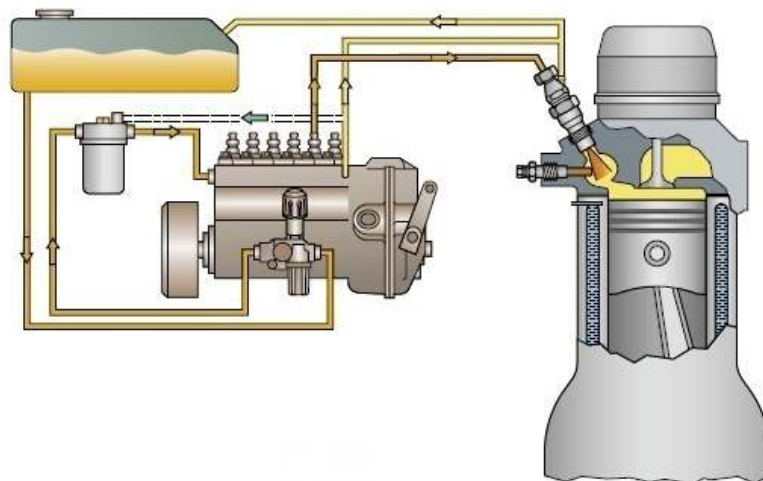


Figura 2.6 Circuito de alimentación de una bomba en Línea

Para motores con bomba de inyección en línea, es necesaria una bomba alimentadora que suministre combustible al circuito bajo presión de aproximadamente 1 bar, garantizando el llenado por completo de los cilindros (elementos) de la bomba de inyección.



Capítulo 2



La bomba alimentadora, juntamente con la bomba de inyección, trabaja durante todo el tiempo de funcionamiento del motor diesel, eso significa que sus componentes sufren desgaste y necesitan reemplazos.

Componentes de desgaste:

1. Perno de Presión
2. Válvula de Retención (lado admisión)
3. Cebado o Bomba Manual
4. Válvula de Retención (lado alimentación)
5. Embolo
6. Pre – Purificador

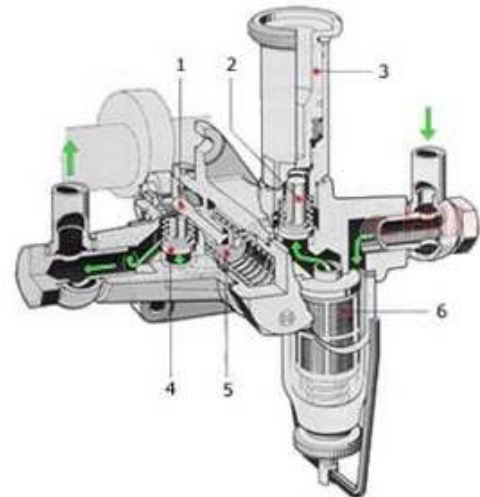


Figura 2.7 Estructura Interna de una bomba de alimentación.

2.3.2 Bomba Manual.

La bomba manual está instalada junto a la bomba alimentadora y sirve para eliminar burbujas de aire del sistema diesel, lo que comúnmente se conoce por “sangrar el sistema diesel”.

El aire puede “entrar” en el sistema, por ejemplo, cuando se realiza el cambio de los filtros de combustible, o cuando se hace el mantenimiento en la bomba de inyección diesel.

Tubos de presión (cañerías).

Los tubos son responsables de conducir el combustible diesel de la bomba a los porta inyectores, a elevada presión.



Capítulo 2



El paso del combustible por el interior del tubo, bajo las elevadas presiones de inyección que alcanzan hasta 1,200 bar, pueden producir un fenómeno que se conoce por cavitación, producido por las burbujas de aire en el interior de la cañería.

La cavitación es una forma de erosión que desgasta internamente el tubo de presión.

La cavitación desprende partículas de metal del tubo y puede obstruir los orificios de los inyectores.

Filtración.

Para que los componentes del sistema de inyección alcancen el desempeño deseable, es necesario que el combustible que se va a inyectar esté completamente libre de impurezas.

Cuanto más limpio esté el combustible, más larga será la durabilidad de los componentes del sistema de inyección, como válvulas, toberas y elementos, además de garantizar la obstrucción de los micro orificios de las toberas y a su vez garantizar la pulverización del combustible para obtener un excelente rendimiento del motor, con mayor potencia y más bajos niveles de emisiones de gases contaminantes, es por ello que la calidad y el periodo de cambio de los filtros son de extrema importancia para la durabilidad y eficiencia del sistema de inyección.

Regulador de Revoluciones.

Los motores diesel tienen un límite de revolución, que es controlable a través de la regulación de alimentación del combustible.

En las bombas de inyección diesel, existe un dispositivo mecánico o electrónico llamado regulador de revolución. Su función es regular la revolución del motor en los diferentes regímenes de funcionamiento.

Como se menciona anteriormente las bombas de alimentación sufren desgaste ya que todo el tiempo están en funcionamiento, las componentes de desgaste y que la constituyen se ilustran en la Figura 2.8

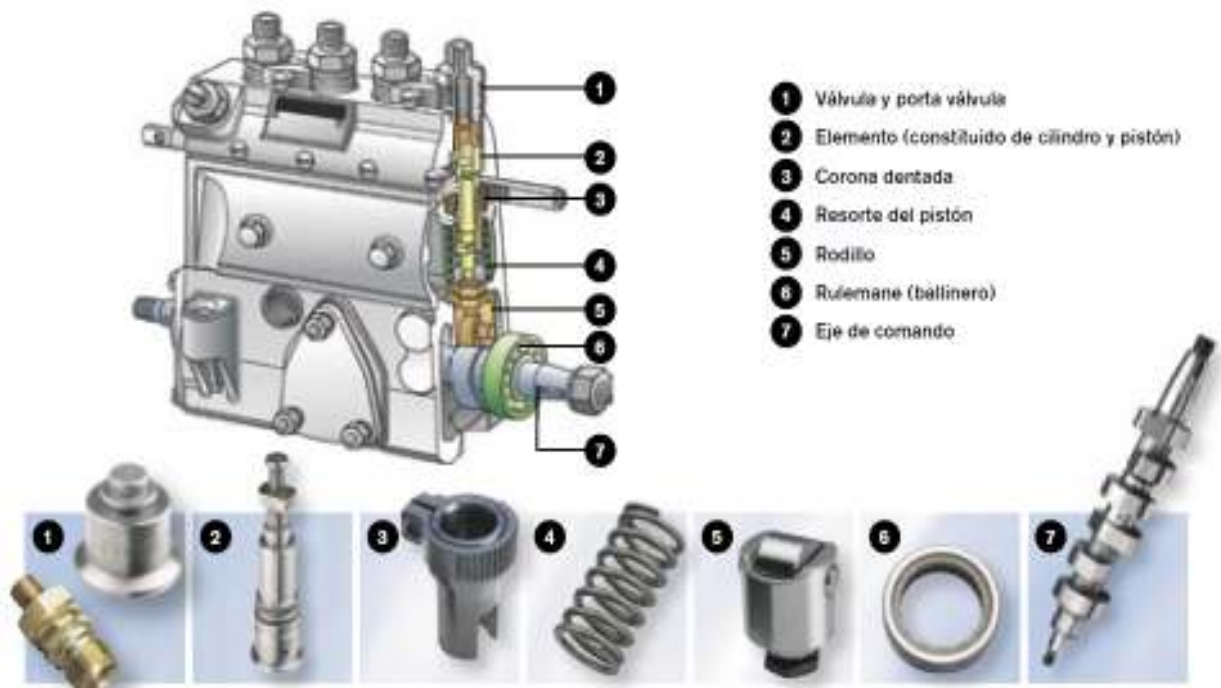


Figura 2.8 Componentes de desgaste de una bomba de Inyección.

Porta Válvulas.

Instalado sobre la carcasa de la bomba, su función es “acomodar” la válvula de presión, haciendo la conexión entre la bomba y la cañería. Cuando presenta problemas, generalmente empieza la fuga (pérdida) del combustible diesel.



Capítulo 2



Válvula de Presión.

Está instalada sobre el elemento, y su función es permitir el paso de combustible del elemento hacia las cañerías de presión, cuando se apaga el motor, la válvula cierra para impedir el retorno de combustible al interior de la bomba, manteniendo la cañería llena, lo que facilita el siguiente arranque.

Es un componente de mucha precisión, que se desgasta con el uso provocando problemas que harán que el motor tarde mucho para arrancar, perjudicando la batería y el motor de arranque.

Elementos.

Las bombas de inyección en línea utilizan un elemento para cada cilindro del motor, dichos elementos están constituidos de cilindro y pistón. El pistón dentro del cilindro, debido a su elevada precisión de mecanización, sella completamente sin necesidad de dispositivos adicionales, como empaquetaduras, anillos O'ring etc.

Para obtener tamaña precisión, las dimensiones mecánicas del cilindro y pistón están alrededor de $0.2 \mu\text{m}$ (micrones), debido a la extremada precisión entre cilindro y pistón, sólo se hace el reemplazo completo.

El curso de cada pistón es fijo, sin embargo, el caudal de combustible se modifica a través del movimiento giratorio del pistón, que se produce por la corona dentada, accionada por la cremallera.

Cuando gira el pistón, a través de la ranura, se modifica el volumen de combustible inyectado, dependiendo de las exigencias del motor.



Capítulo 2



Conjunto porta tobera

Los porta toberas son dispositivos que se encargan de conducir el combustible diesel de la cañería hasta la tobera, permitiendo la inyección.

Tobera (Inyectores)

Las toberas son componentes de extremada precisión, responsables de pulverizar finamente el combustible en la cámara de combustión del motor.

Cuanto mejor es la pulverización, mayor será el rendimiento del motor, en consecuencia se obtiene más economía de combustible con menor emisión de gases contaminantes.

2.3.3 Bombas Distribuidoras (o Rotativas)

Las bombas distribuidoras, también conocidas como rotativas, son bombas que requieren tolerancia y especificaciones muy estrictas para que se obtenga las características de inyección deseadas.

El diseño, el concepto y la apariencia son totalmente diferentes de las conocidas bombas en línea. Principalmente porque se utiliza sólo un pistón para los diversos cilindros del motor.

A través de un sólo orificio, hace el control de la inyección en cada cilindro.

Con el movimiento rotativo del pistón, el orificio coincide con la línea de alta presión conectada a un inyector específico. Ese movimiento coordina la secuencia de inyección.

Diferente de la bomba en línea, las bombas rotativas son lubricadas por el propio combustible dentro de la bomba, esta es una de las razones por lo que se aconseja a cambiar los filtros en el periodo adecuado, ya que así se garantiza mayor durabilidad de los componentes internos de la bomba.

Las bombas rotativas son robustas y permiten muchas reparaciones, pero su vida útil dependerá las reparaciones que sufrió y de la calidad de los componentes utilizados en la reparación.

Las bombas reparadas correctamente, tendrán mayor durabilidad, generando una mejor relación costo/beneficio. (Ver Figura 2.9)

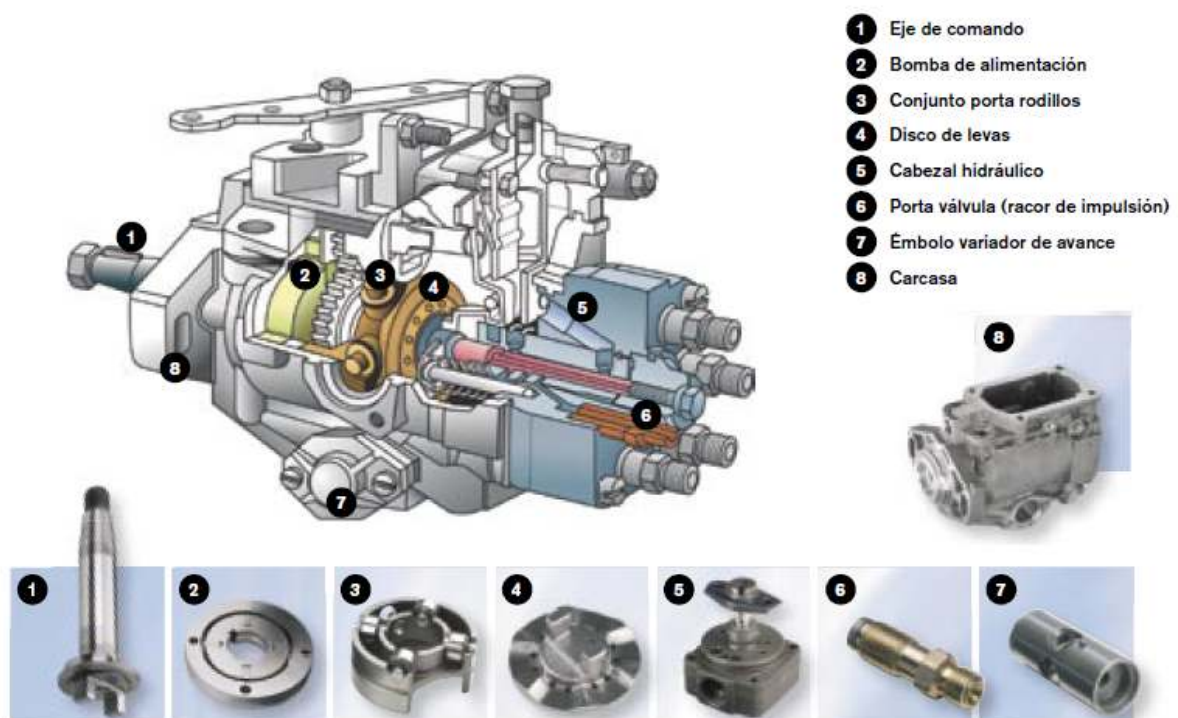


Figura 2.9 Componentes de desgaste de la Bomba Rotativa



Capítulo 2



2.4 Sistema de Admisión de Aire.

Un sistema de admisión de aire bien diseñado proporciona aire fresco y limpio para la combustión y, al mismo tiempo, minimiza la caída de presión de aire de admisión al turbocompresor. Generalmente, esto puede lograrse usando filtros de aire instalados en el motor, pero algunas aplicaciones requieren que el aire de admisión fluya a través de conductos desde el exterior del compartimiento del motor. También pueden haber requisitos especiales de filtración y tendido de conductos para humo, polvo, niebla, temperatura ambiente o incluso altitud.

Estos requisitos deben considerarse cuidadosamente, debido a que la restricción de admisión de aire que acompaña el aumento de la filtración o la instalación de conductos puede hacer que el motor reduzca su potencia y disminuya la vida útil del turbocompresor. No deben excederse los límites de restricción de admisión de aire indicados en la Información de Mercadotecnia Técnica (TMI).

En un diseño óptimo, la temperatura nominal del aire alrededor del sistema de admisión debe estar entre 15° y 32°C (60° a 90°F). La temperatura del aire de admisión no debe exceder los 45°C (113°F) para clasificaciones estándar.

2.4.1 Filtros de aire.

La tierra y los escombros son la fuente principal de desgaste del motor. Por esta razón, son necesarios los filtros de aire para retener la tierra y los escombros contenidos en el aire entrante.

Cualquier pieza móvil del motor puede experimentar desgaste acelerado cuando ingresa tierra en el aire de admisión.



Capítulo 2



Debido a que la admisión de aire es uno de los puntos principales por el que puede ingresar tierra al motor, puede requerirse el reemplazo frecuente de los filtros de aire.

La tierra y residuos ingresan a los conductos del aire de admisión a través de:

- Materiales residuales de la fabricación y armado inicial de los conductos de aire de admisión.
- Cambios de filtros.
- Fugas del sistema de conductos.
- Flujo de aire de admisión

Las pruebas de desgaste del motor han demostrado que las partículas de polvo de tamaño inferior a 1 micrón (0.00004 pulg) tienen poco efecto en el motor. El 99.5% de estas partículas de polvo pasará sin efecto hasta el escape del motor.

Las partículas de polvo con tamaño de 1 a 10 micrones (0.00004 a 0.0004 pulg) tienen un efecto medible en la vida útil del motor. Las partículas de polvo en el aire de admisión mayores que el espesor de la película de aceite del cojinete afectarán seriamente la vida útil del cojinete y del anillo del pistón.

Tener filtros de aire bien diseñados es la manera más eficiente de garantizar que ingrese aire limpio al motor y que las partículas perjudiciales no lleguen a los sistemas del motor.

La eficiencia de los filtros de tipo seco no se ve afectada por la orientación de la instalación. Sin embargo, debe tenerse especial cuidado en la configuración de la caja y las tuberías del filtro para garantizar que la tierra retenida en la caja del filtro no ingresará accidentalmente en el suministro de aire del motor durante el servicio del filtro de aire.



Capítulo 2



Un filtro de aire de montaje vertical, con una tubería de suministro del motor montada en la parte inferior, es especialmente vulnerable para que se presente la anterior situación. Debe usarse un diseño de filtro que incorpore un elemento secundario o de "seguridad", que permanezca en su lugar durante el cambio de filtro principal. Su costo inicial más alto se compensa con una mayor vida útil del filtro.

Filtros de aire estándar

En la mayoría de los modelos de motores, estos filtros de aire están montados en el motor, sin embargo, en algunos motores se suministran por Sistemas de Admisión de Aire.

Filtros de aire para servicio pesado

Los filtros de aire para servicio pesado proporcionan la misma protección que los filtros estándar, pero permiten extender los períodos de cambio de filtros. Dependiendo de la tasa de flujo de aire del motor y del tipo de filtro, los períodos de servicio se pueden extender de seis a siete veces con relación a los de los filtros de aire estándar.

Dependiendo del diseño específico, los filtros de aire de elemento dual también pueden clasificarse como filtros de aire para servicio pesado.

Antefiltros.

El antefiltro realiza una acción de remolino al aire, lo que aplica una acción centrífuga a un porcentaje importante de las partículas de tierra, que pueden recolectarse en un depósito o expulsarse de manera continua o intermitente.



Capítulo 2



El antefiltro aplica una restricción de flujo de 0.25 a 1.5 kPa (1 a 6 pulg H₂O), pero puede prolongar la vida útil del filtro de tres a siete veces. En cualquier aplicación en que el entorno tenga tierra y escombros pesados se recomienda usar un antefiltro.

El aire ingresa al antefiltro donde la tierra y el tamo se separan del aire. Con un leve vacío, la tierra es aspirada directamente a través del silenciador en el flujo de escape sin causar daños al motor. Vea la Figura 2.10

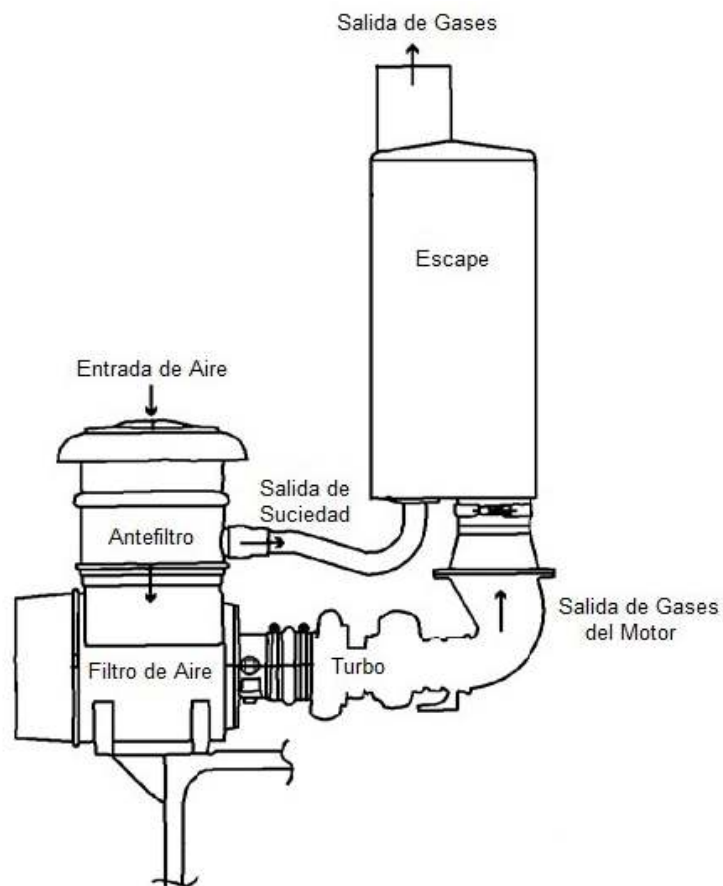


Figura 2.10 Sistema de Admisión de Aire con Antefiltro



Capítulo 2



2.4.2 Filtros de aire de elemento dual

Los filtros de aire de elemento dual pueden usarse para proporcionar protección adicional al motor. Esta configuración usa dos elementos montados en serie.

El filtro secundario permanece en su lugar mientras se proporciona servicio al filtro principal.

Una configuración de elemento dual difiere de una de elemento doble en que se usan dos elementos en paralelo.

Los filtros de aire de elemento dual también están disponibles con una etapa de filtración previa.

Expulsor de escape

Para entornos extremadamente polvorientos donde la tierra y otras partículas hacen que los filtros de aire se obstruyan rápidamente, se ha diseñado un antefiltro mejorado.

Éste es parte integral de un sistema de filtro de aire aspirado de escape que prolonga la vida útil de los elementos del filtro de aire.

Cuando se usa un diseño de caja con persianas, el antefiltro tiene una eficiencia de separación muy alta. Este diseño separa y elimina más del 90% de la tierra y paja de la corriente de aire de admisión.

El polvo restante del aire es retenido por el filtro de aire antes de que ingrese al turbo. Con este sistema, debe tenerse en cuenta la ubicación de la salida del escape y sus áreas aledañas, debido a que podría haber partículas en el escape del motor.



Capítulo 2



Turbocompresor

Un turbocompresor es un sistema de sobrealimentación que usa una turbina centrífuga para accionar mediante un eje coaxial con ella, un compresor centrífugo para comprimir gases.

En los motores sobrealimentados mediante este sistema, el turbocompresor consiste en una turbina accionada por los gases de escape del motor de explosión, en cuyo eje se fija un compresor centrífugo que toma el aire a presión atmosférica después de pasar por el filtro de aire y luego lo comprime para introducirlo en los cilindros a mayor presión que la atmosférica.

Regulación del turbocompresor

En muchos casos, y según el tamaño del turbo, con objeto de limitar el exceso de presión cuando la turbina trabaja a máximas revoluciones existe un dispositivo mecánico de regulación, una válvula de descarga (Waste-gate) que desvía mediante una derivación o Bypass parte o todo de los gases, limitando de esta manera el régimen de la turbina y por tanto del compresor.



Salida del lado de baja presión de la turbina (izquierda) y válvula Waste-Gate en estado de reposo (cerrado)



Lado Compresor, con entrada de aire con el lado de baja presión y conexión de alta presión a la membrana de la "Waste-Gate"

Figura 2.11 Turbocompresor y Válvula Waste Gate



Capítulo 2



La válvula llamada waste-gate evita presiones excesivas que dañen el motor regulando la cantidad de gases de escape a la caracola del turbo directamente hacia el escape mediante la apertura de la válvula, de esa forma a más gases fugados menos presión de turbo, con la válvula cerrada se alcanza la máxima presión del turbo al pasar todos los gases de escape por la caracola.

2.4.3 Eficiencia de los Filtros de Aire.

La selección del filtro de aire proporcionado por el cliente debe basarse en la siguiente prueba de eficiencia del filtro de aire:

Un filtro de aire satisfactorio debe cumplir con la norma ISO 5011 relacionada con la prueba de polvo. El filtro debe tener una eficiencia mínima de 99.5% de acuerdo con lo calculado, siguiendo el código de prueba con adiciones y excepciones, así:

- Flujo de aire corregido en m^3/min a presión de 99.9 kPa y 32.2°C (pies^3/min a presión de 29.6 pulg Hg y 90°F).
- Uso de un alimentador de polvo sónico
- Cantidad de polvo determinada por la clase de servicio ligero.
- El filtro debe secarse y pesarse en un horno a 3°C a 107°C (200°F a 225°F) antes y después de la prueba.
- Uso de polvo fino para filtro de aire (AC)



Capítulo 2



El polvo fino AC se define así:

Tamaño de las partículas (micrones)	% Peso total
0-5	39 ± 2
6-10	18 ± 3
11-20	16 ± 3
21-40	18 ± 3
41-80	9 ± 3

Tabla 2.1 Distribución del tamaño de Partículas de acuerdo a por ciento en peso

Una filtración de 99.5% de polvo fino AC se ha determinado como una combinación práctica de la clase de contaminante que es más probable que ingrese durante el servicio y resultará en la eficiencia esperada del filtro de aire que proporcionará una vida útil óptima del motor.

2.4.4 Requisitos de diseño del filtro de aire

Si se sigue el procedimiento descrito antes, se establecerá suficiente control en la capacidad de filtración del material del filtro de aire probado, pero hay otras variables de diseño que necesitan más control.

Seleccione filtros suministrados por fabricantes que puedan proporcionar el mejor control de calidad.

Diseñe filtros resistentes a daños en el armado inicial o durante la limpieza. Si el sello final y el material del filtro son susceptibles de daño, puede generarse una fuga en el motor.



Capítulo 2



Cálculo de ingreso de polvo para el filtro de aire.

Los motores 3600/G3600 no deben absorber más de 34.5 mg/hora/cilindro de polvo a potencia nominal para lograr una vida útil aceptable del motor.

La absorción de polvo específico para varios motores, filtros de aire y de los entornos puede calcularse usando la siguiente fórmula.

$$D = [V \times d \times (1 - e) \times 60] / n$$

Donde:

D = Absorción de polvo específico en mg/hora/cilindro.

V = Flujo de aire de admisión en pie³/min (cfm).

d = Concentración de polvo en mg/pie³ (La concentración de polvo estimada para aplicaciones residenciales y de ultramar es de 0.001 a 0.002 en mg/pie³. El estimado para aplicaciones industriales y de canales y ríos navegables es 0.002 a 0.05 en mg/pie³).

e = Eficiencia promedio del filtro de aire (siempre < 1.0) (eficiencia estimada de elementos de papel = 0.99, y eficiencia estimada de elementos de material diferente al papel = 0.95).

n = Número de cilindros del motor (4, 6, 8, 12 ó 16)

Ejemplo A

Motor 3606 que opera a 900 rpm en una aplicación EPG con elementos de material diferente al papel.

V = 5,554 pie³/min

d = 0.02 mg/pie³

e = 0.95

n = 6



Capítulo 2



$$D = [V \times d \times (1 - e) \times 60] / n$$

$$D = (5,554 \times 0.02 \times (1 - 0.95) \times 60) / 6$$

$$D = 55.54 \text{ mg/hora/cilindro.}$$

Debido a que el motor no debe absorber más de 34.5 mg/hora/cilindro de polvo para que el motor tenga una vida útil aceptable, este sistema de filtro de aire no puede aceptarse.

Ejemplo B

Usando el mismo motor, pero con elementos de filtro de aire de papel que proporcionan aproximadamente una eficiencia de 0.99 ($e = 0.99$).

$$D = (5,554 \times 0.02 \times (1 - 0.99) \times 60) / 6$$

El ejemplo B equivale a una absorción de polvo de 11.1 mg/hora/cilindro. Este es un sistema de filtro de aire que proporcionará una vida útil aceptable del motor.

2.4.5 Requisitos de flujo de aire de combustión

Los requisitos de flujo de aire de combustión variarán dependiendo del modelo y la clasificación del motor específico. Los datos de flujo de aire específicos se proporcionan en términos de flujo volumétrico [m^3/min (cfm)] y másico [kg/h (lb/h)], en las condiciones de referencia estándar.

Las condiciones de referencia de temperatura y presión se usan para proporcionar una base para la medición coherente de las cantidades de aire de combustión. Sin embargo, es importante observar que las condiciones en unidades métricas e inglesas no son equivalentes. Por ello para condiciones “normales” se usara ISO de 0°C (32°F) y 101.3 kPa (14.7 lb/pulg² de presión absoluta) cuando se



Capítulo 2



proporcionan valores en unidades métricas y las condiciones “estándar” ASME de 25°C (77°F) y 101.3 kPa (14.7 lb/pulg²) cuando se proporcionan valores en unidades del sistema inglés.

Para convertir el flujo de aire másico a flujo de aire volumétrico en las condiciones de referencia, use la siguiente fórmula:

$$M_R/S_R = Q_{-R}$$

Donde:

M_R = Flujo de aire másico en condiciones de referencia (kg/h), (lb/h).

Q_{-R} = Flujo de aire volumétrico en condiciones de referencia (m³/min), (cfm).

S_R = Densidad del aire en las condiciones de referencia (kg/m³), (lb/pie³).

(Densidad del aire = 1.292 kg/m³ (0.0806 lb/pie³)).

Para convertir tanto el flujo de aire másico como el volumétrico de las condiciones de referencia a las condiciones del sitio, use las siguientes fórmulas:

$$(M_R) * (T_S/T_R) = M_S$$

$$(Q_{-R}) * (T_S/T_R) = Q_S$$

Donde:

M_R = Flujo másico en condiciones de referencia (kg/h), (lb/h)

M_S = Flujo másico en condiciones del sitio (kg/h), (lb/h)

Q_{-R} = Flujo de aire en condiciones de referencia (m³/min), (cfm)

Q_S = Flujo de aire en condiciones del sitio (m³/min), (cfm)

T_R = Temperatura del aire en condiciones de referencia (°K), (°R).

T_S = Temperatura del aire en condiciones del sitio (°K), (°R).

°K. = °C + 273.

°R = °F + 460.



Capítulo 2



2.4.6 Cálculo del flujo de aire de ventilación requerido

El aire de ventilación requerido para el cuarto del motor con motores y grupos electrógenos puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$V = \left\{ \frac{H}{D \times C_p \times \Delta T} + \text{Aire de Combustión} \right\} \times F$$

Donde:

V = Aire de ventilación (m³/min), (pie³/min)

H = Radiación de calor, por ejemplo, motor, generador, aux. (Kw), (Btu/min)

D = Densidad del aire a temperatura del aire de 38°C (100°F). La densidad es igual a 1.099 kg/m³ (0.068 lb/pies³)

C_p = Calor específico del aire (0.017 Kw x min/kg x °C), (0.24Btu/LBS/°F)

ΔT = Aumento de temperatura permisible del cuarto del motor (°C), (°F)

(NOTA: La temperatura máxima del cuarto del motor es 120°F)

F = Factor de direccionamiento de flujo basado en el tipo de ventilación.

Nota: Si el aire de combustión se suministra al motor a través de un sistema dedicado de conductos, el "aire de combustión" debe omitirse de la fórmula.

Ejemplo:

El cuarto del motor de un grupo electrógeno tiene una configuración de direccionamiento de flujo de ventilación Tipo 1 y un conducto dedicado para el aire de combustión. Tiene un valor de radiación de calor de 645 Kw (36,680 Btu/min) y un aumento de temperatura permisible del cuarto del motor de 13°C (55°F).

Solución:



Capítulo 2



La ventilación estimada del cuarto del motor requerida para esta configuración será:

$$V = \left\{ \frac{645}{1.099 \times 0.017 \times 13} + 0 \right\} \times 1$$

$$V = 2655.64 \text{ m}^3 / \text{min}$$

$$V = \left\{ \frac{36,680}{0.068 \times 0.24 \times 55} + 0 \right\} \times 1$$

$$V = 40864.52 \text{ pie}^3 / \text{min}$$

La ventilación apropiada depende en gran medida del recorrido del aire de ventilación. Las aplicaciones que involucran factores de carga alta y operación de potencia plena continua requieren de un método riguroso basado en los cálculos clásicos de transferencia de calor, que tienen en cuenta la radiación de calor y el aumento y ajuste de la temperatura permisible del cuarto con un factor de direccionamiento de flujo del aire de ventilación.

Temperatura del cuarto del motor

La principal razón para mantener la temperatura del cuarto del motor en un nivel apropiado es proteger a los diferentes componentes de las temperaturas excesivas.

Los elementos que requieren aire frío son:

- Los componentes eléctricos y electrónicos.
- La entrada del filtro de aire.
- El amortiguador de vibración torsional.



Capítulo 2



- Temperaturas cómodas para el operador del motor o el personal de servicio.
- El generador u otro equipo impulsado.

Un sistema de ventilación del cuarto del motor diseñado apropiadamente mantendrá la temperatura del aire del cuarto del motor entre 8.5° C y 12.5° C (47° F y 54° F) por encima de la temperatura del aire ambiente. Por ejemplo, si la temperatura del cuarto del motor es 24°C (75°F) con el motor apagado, el sistema de ventilación debe mantener la temperatura del cuarto entre 32.5° C (90° F) y 36.5° C (97.5 °F) mientras el motor está en operación.

La temperatura máxima del cuarto del motor no debe ser mayor que 49° C (120° F). Si la temperatura del cuarto del motor no puede mantenerse por debajo de 49° C (120° F), el aire del exterior debe enviarse directamente a los filtros de aire del motor.

Los límites de temperatura del equipo impulsado también deben tenerse en cuenta. Si la temperatura del cuarto del motor excede 40° C (104° F), debe reducirse la potencia del generador de acuerdo con el programa de reducción de potencia del generador y el aire frío exterior debe enviarse directamente al sistema de admisión de aire del generador.

En sitios más grandes con varios motores, las pautas de aumento de temperatura normales entre 8.5° C y 12.5° C (47°F y 54.5°F) para los cuartos del motor pueden requerir velocidades de aire complicado o inalcanzable. Para estos sitios más grandes, puede diseñarse un sistema de ventilación que dé prioridad a los cinco elementos presentados anteriormente y que proporcione un flujo de aire desde abajo hacia arriba, para un aumento de temperatura de 17° C (62° F).



Capítulo 2



2.4.7 Factor de corrección de radiación de calor atmosférica

Los valores de radiación de calor atmosférica publicados en la TMI se basan en las condiciones de célula ambiente entre 25° C y 29° C. Los cuartos del motor pueden diseñarse en condiciones de temperatura ambiente mucho más alta; por consiguiente, en estos casos puede usarse un factor de corrección para determinar la radiación de calor atmosférica.

Los factores de corrección que se definen a continuación se han desarrollado usando los fundamentos de la transferencia de calor y pueden aplicarse a cualquier objeto bajo las mismas condiciones.

Hay dos factores de corrección distintos, uno se usa con el escape y los múltiples del turbo húmedos, y el otro se usa con el escape y los múltiples del turbo secos. La temperatura del revestimiento usado en el cálculo del múltiple seco es de 200° C, valor aproximado del múltiple con envoltura o aislado.

Factor de corrección para el escape y el múltiple del turbo húmedos.

$$WCF = -0.0156 * T_{ER} + 1.4505$$

Donde:

WCF = Factor de corrección húmedo

T_{ER} = Temperatura ambiente del cuarto del motor (°C)

Factor de corrección para el escape y el múltiple del turbo secos.

$$DCF = -0.011 * T_{ER} + 1.3187$$



Capítulo 2



Donde:

DCF = Factor de corrección seco

T_{ER} = Temperatura ambiente del cuarto del motor ($^{\circ}C$)

Para obtener el valor de radiación de calor atmosférica correcto, multiplique el valor TMI por el valor WCF o DCF.

Calor radiante

Se requieren los valores de calor radiante para el motor y el equipo impulsado para calcular el flujo de aire de ventilación requerido.

Motor.

El calor generado por el motor (radiación de calor a la atmósfera) se proporciona, generalmente, con los datos técnicos publicados del motor. Los valores presentados son nominales y se indican las tolerancias. En los cálculos, siempre debe añadirse la tolerancia antes de usar los datos publicados.

Generador

Para instalaciones de grupos electrógenos, el calor irradiado por el generador puede calcularse usando las siguientes fórmulas.

$$HRG (Kw) = P \times \frac{1 - EFF}{EFF}$$

$$HRG (Btu/min) = P \times \frac{1 - EFF}{EFF} \times 56.9$$



Capítulo 2



Donde:

HRG = Calor irradiado por el generador (kW), (Btu/min)

P = Salida del generador a clasificación máxima del motor (ekW)

Eff = % de eficiencia del generador/ 100%

Ejemplo:

Un grupo electrógeno auxiliar 3521B de 975 ekW tiene una eficiencia del generador de 92%. La radiación de calor del generador de este grupo electrógeno puede calcularse así:

Solución:

$P = 975 \text{ ekW}$

$\text{Eficiencia} = 92\%/100\% = 0.92$

$\text{HRG} = 975 \times ((1 - 0.92)/0.92)$

$\text{HRG} = 84.78 \text{ kW}$

$\text{HRG} = 975 \times ((1 - 0.92)/0.92) \times 56.9$

$\text{HRG} = 4,824 \text{ Btu/min}$

2.4.8 Ventiladores para sistemas de ventilación

Excepto para aplicaciones especiales, la ventilación natural es demasiado fuerte por consideraciones prácticas. Los sistemas de ventilación motorizados (asistidos por ventilador) son los que mejor suministran una cantidad adecuada de aire fresco.

Ventilación Tipo 1 (diseño preferido)

El aire exterior es llevado al cuarto del motor a través de un sistema de conductos. Estos conductos deben colocarse entre los motores a nivel del suelo, y el



Capítulo 2



aire de descarga cerca de la parte inferior del motor y el generador, como se muestra en la Figura 2.12

Los ventiladores del aire de escape deben instalarse o canalizarse en el punto más alto del cuarto del motor. Éstos deben estar directamente sobre las fuentes de calor.

Este sistema proporciona la mejor ventilación con la menor cantidad requerida de aire. Además, el flujo ascendente de aire alrededor del motor sirve como un protector que minimiza la cantidad de calor liberado en el cuarto del motor. La temperatura del aire en el conducto de aire de escape será mayor que la temperatura del aire en el cuarto del motor.

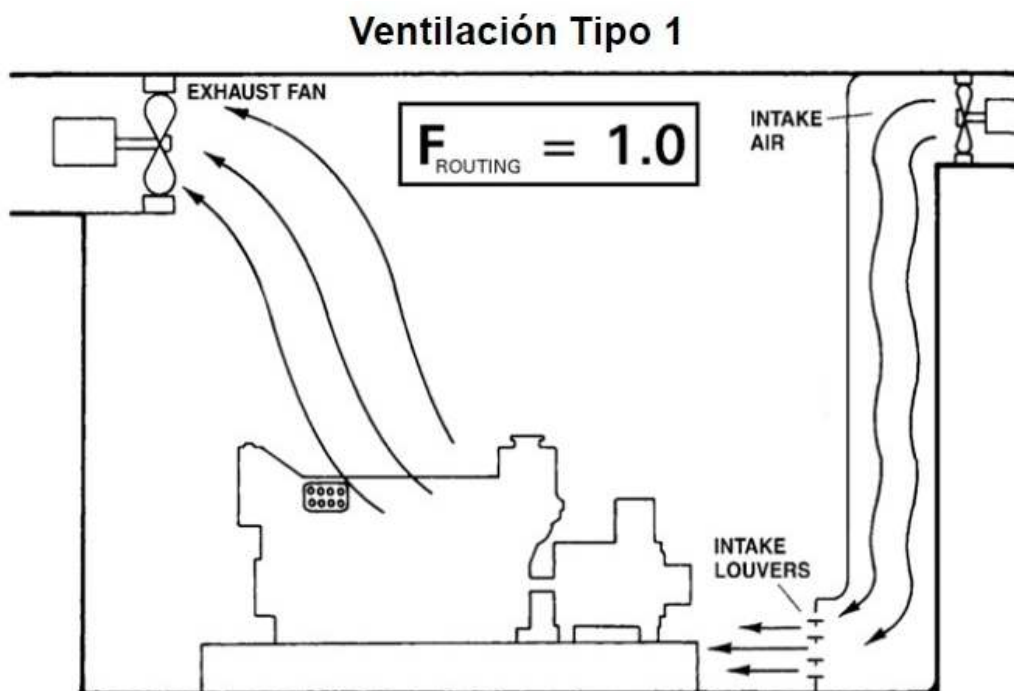


Figura 2.12 Sistema de Ventilación Tipo 1.



Capítulo 2



Ventilación Tipo 2 (diseño de patín)

Un diseño de patín puede preferirse en aplicaciones de campos petrolíferos. De manera similar al sistema Tipo 1, el Tipo 2 toma el aire exterior y lo ingresa al cuarto del motor a través de un sistema de conductos que lo envían entre los motores. Sin embargo, el sistema Tipo 2 envía el flujo de aire por debajo del motor y del generador, de modo que el aire se descarga hacia arriba en los motores y generadores, como se muestra en la Figura 2.13

Los ventiladores del aire de escape deben instalarse o canalizarse en el punto más alto del cuarto del motor. Éstos deben estar directamente sobre las fuentes de calor.

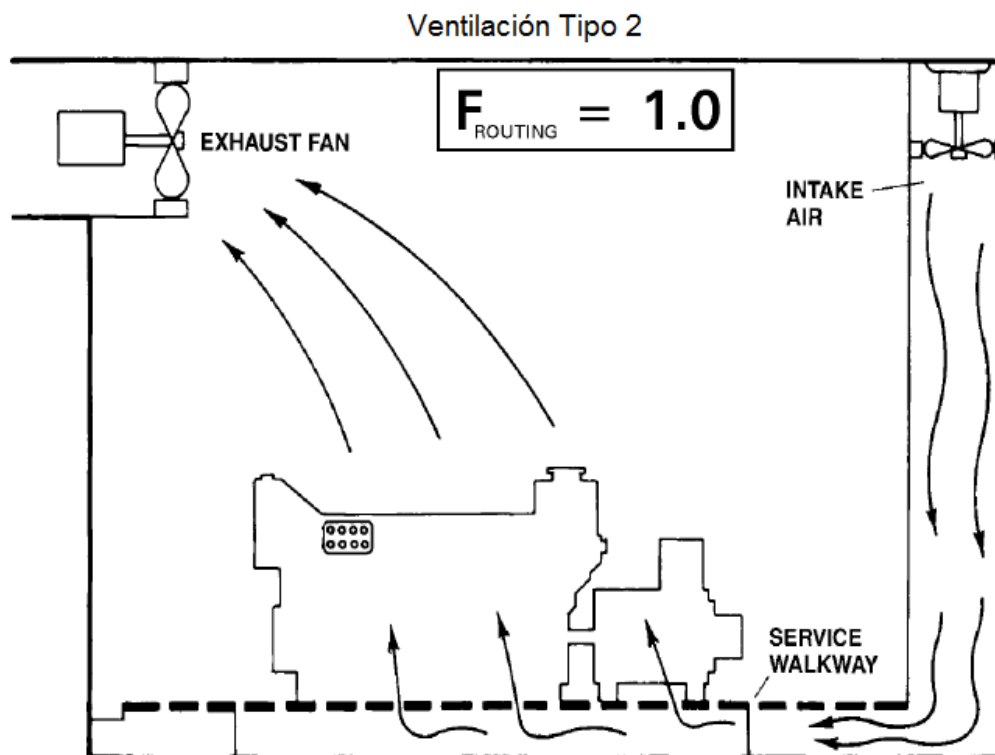


Figura 2.13 Sistema de Ventilación tipo 2 (ó de patín)



Capítulo 2



Este sistema proporciona la mejor ventilación con la menor cantidad requerida de aire. Además, el flujo ascendente de aire alrededor del motor sirve como un protector que minimiza la cantidad de calor liberado en el cuarto del motor. La temperatura del aire del conducto de escape será mayor que la temperatura del aire del cuarto del motor.

Aunque el sistema Tipo 1 proporciona una ventilación eficaz para el motor, no tiene en cuenta las necesidades de ventilación especial del equipo impulsado. Los generadores grandes, configurados con una entrada de aire ubicada en la parte alta del generador, requerirán de una fuente adicional de aire de ventilación.

Ventilación Tipo 3 (diseño alterno)

Si no es posible una ventilación Tipo 1 o Tipo 2, una alternativa es la ventilación Tipo 3. Sin embargo, la configuración de la trayectoria requerirá aproximadamente 50% más de flujo de aire que la de Tipo 1.

Como se muestra en la Figura 2.14, el aire exterior es llevado al cuarto del motor usando ventiladores o conductos de admisión grandes. La entrada se ubica lo más alejado posible de las fuentes de calor y se descarga en el cuarto del motor en la parte más baja posible. El aire fluye luego al cuarto del motor desde los puntos de entrada de aire frío hacia las fuentes de calor del motor y del equipo. Las fuentes de calor incluyen el motor, los componentes de escape expuestos, los generadores y otros dispositivos grandes del equipo.

Los ventiladores del aire de escape deben instalarse o canalizarse en el punto más alto del cuarto del motor. Preferiblemente, éstos deben estar directamente sobre las fuentes de calor.

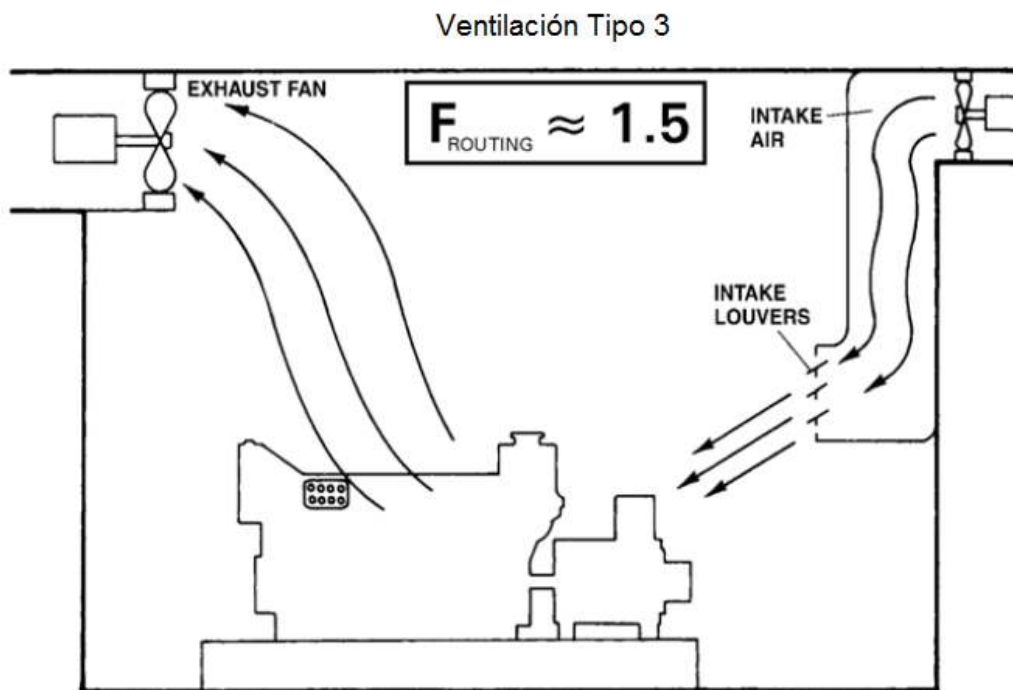


Capítulo 2



El calor del motor se disipará con este sistema, pero una cierta cantidad de calor irradiará y calentará todas las superficies adyacentes del cuarto del motor.

Este sistema trabajará sólo donde las entradas de aire circulan el aire entre los motores, en aplicaciones de dos motores.



Ventilación Tipo 4 (diseño menos eficaz)

Si no son posibles la ventilación Tipo 1, 2 ó 3, puede usarse el siguiente método; sin embargo, proporciona la ventilación menos eficaz y requiere aproximadamente dos y media veces el flujo de aire de la ventilación Tipo 1.



Capítulo 2



Como se muestra en la Figura 2.15, el aire exterior es llevado al cuarto del motor usando los ventiladores de suministro y descargado en las entradas de aire del turbocompresor en los motores.

Los ventiladores de escape y ventilación deben instalarse o canalizarse desde las esquinas del cuarto del motor.

Este sistema mezcla el aire más caliente del cuarto del motor con el aire frío de entrada, aumentando la temperatura de todo el aire del cuarto del motor.

Esto también interfiere con el flujo de convección natural del aire caliente que sube a los ventiladores de escape. Los cuartos del motor pueden ventilarse de esta forma, pero esto requiere ventiladores de gran capacidad para sistemas de ventilación.

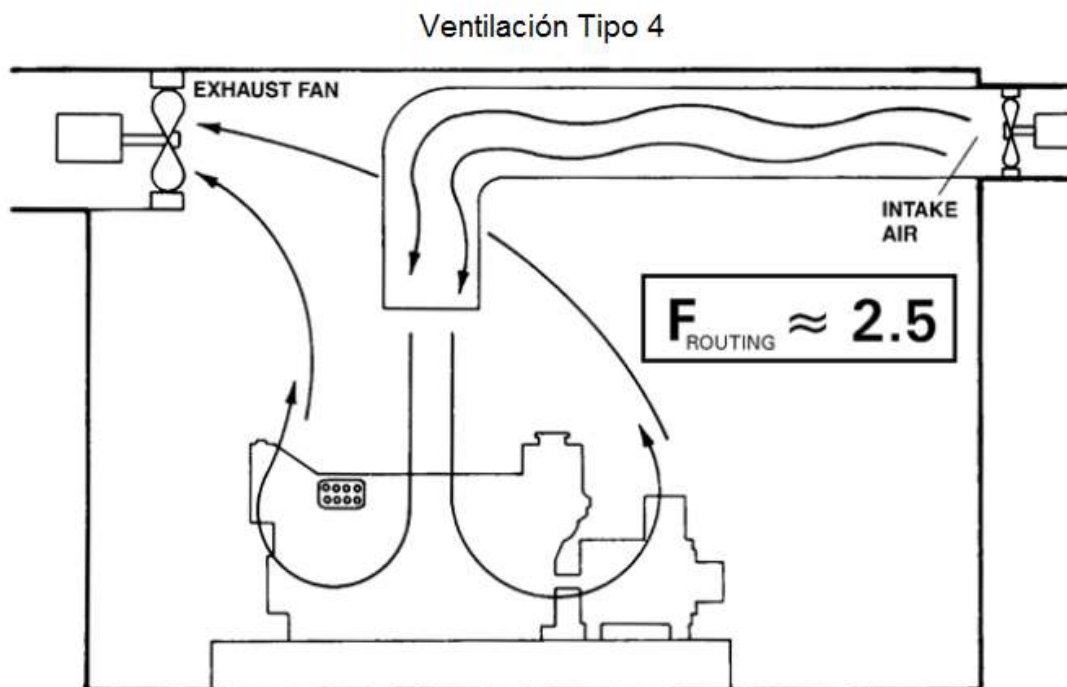


Figura 2.15 Sistema de Ventilación Tipo 4



Capítulo 2



Flujo de aire incorrecto

La Figura 2.16 muestra un método incorrecto para ventilar el calor del cuarto del motor. Aunque el conducto de entrada tiene persianas para dirigir el flujo de aire hacia el motor, el calor en aumento calentará el aire frío antes de que llegue al motor.

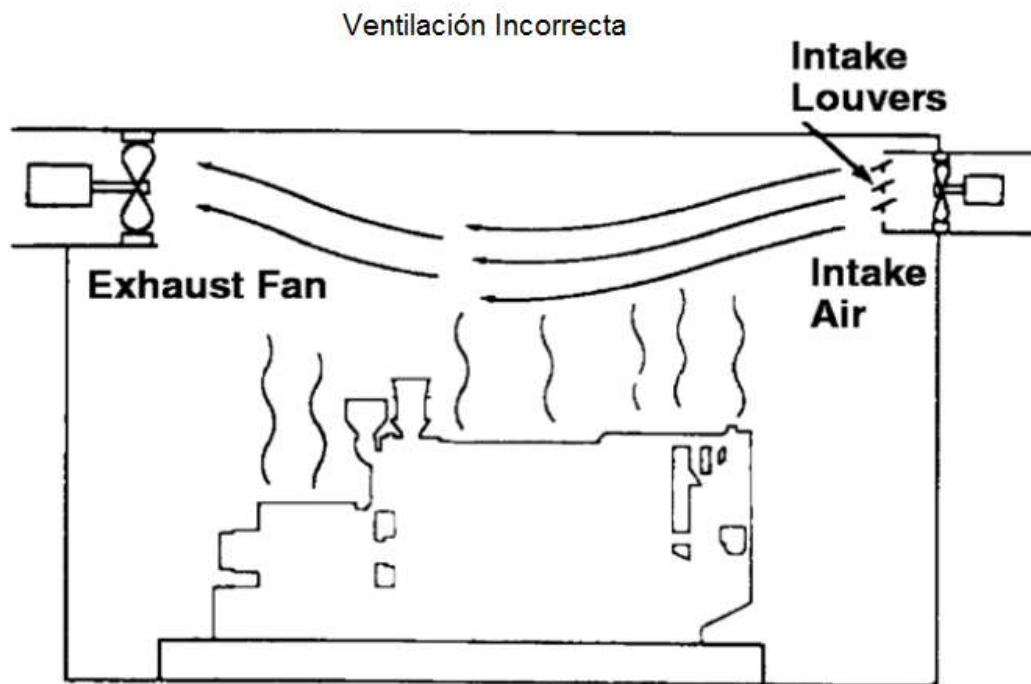


Figura 2.16 Sistema de Ventilación Incorrecto

Trayectoria de aplicación especial

Radiadores montados en el motor

Las aplicaciones con radiadores montados en el motor que usan el aire del cuarto del motor para enfriamiento generalmente proporcionan más flujo de aire del necesario para una ventilación adecuada. Vea la Figura 2.17 El flujo de aire alto combinado con temperaturas ambiente bajas, menores que 21° C (70° F), puede



Capítulo 2



hacer que se condense agua en los componentes expuestos del motor, como las tapas de válvulas. Esto puede resultar en problemas de lubricación y de mantenimiento. Por tanto, deben tenerse consideraciones especiales de instalación en climas fríos.

Pueden usarse dos métodos para evitar este problema.

Los radiadores de montaje remoto y los radiadores montados en el motor con conductos especiales no requieren del aire del cuarto del motor para enfriamiento.

Una ventaja de un sistema como éste, es que el aire usado para enfriar el radiador no es precalentado por el motor, lo que aumenta la capacidad ambiente (o reduce el tamaño) de la unidad. La desventaja es que deben instalarse ventiladores impulsados por motores para proporcionar la ventilación al motor, lo que aumenta el costo total del sistema.

Configuración de Ventilador Impulsado por Motor

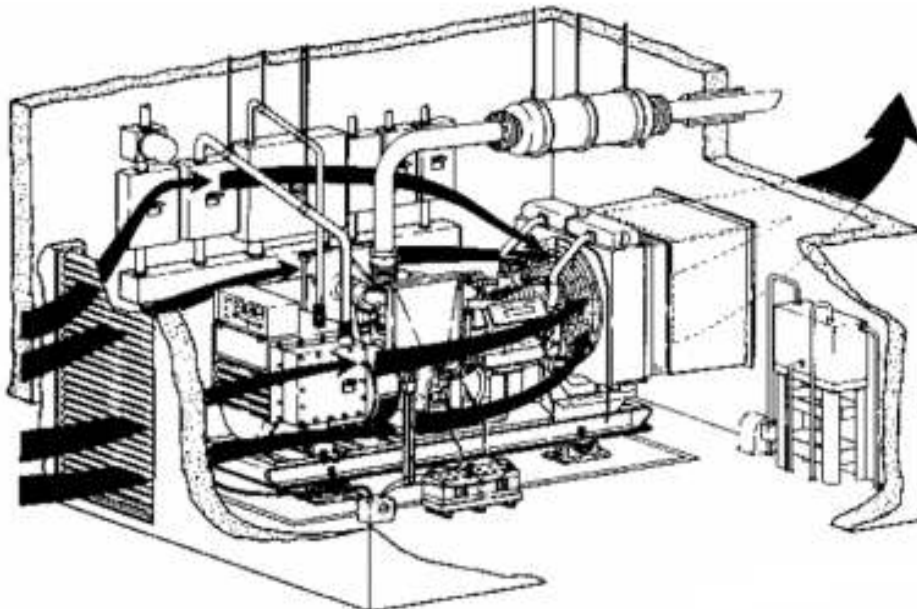


Figura 2.17 Configuración de Ventilador Impulsado por Motor



Capítulo 2



2.5 Sistema de Enfriamiento.

El Sistema de enfriamiento es el de mayor importancia en un Motor a Diesel, ya que el 40% de las fallas del Motor están relacionadas directamente con él. La función del Sistema de Enfriamiento es de regular la temperatura de partes críticas del Motor además debe de proteger las partes involucradas con él.

Partes del Sistema de Enfriamiento:

1. Radiador
2. Tapón de radiador
3. Mangueras
4. Termostato
5. Ventilador
6. Bomba de agua
7. Poleas y bandas
8. Camisas de agua
9. Intercambiador de calor
(De aceite para motores a diesel)
10. Bulbo de temperatura

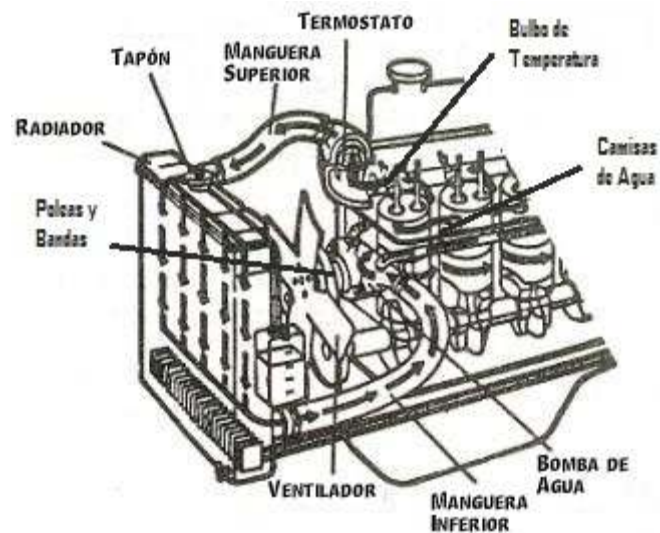


Figura 2.18 Esquema de un Sistema de Enfriamiento

2.5.1 Cómo funciona el sistema de Enfriamiento.

Una banda acoplada a la polea del cigüeñal mueve la polea de la bomba de agua, ésta provoca el movimiento del líquido refrigerante del motor hacia el radiador, en él se hace pasar una corriente de aire movida por el ventilador hacia el líquido



Capítulo 2



refrigerante, lo que le permite bajar su temperatura y, a través de unas mangueras, este líquido retorna hacia el motor para volver a iniciar el ciclo.

El líquido que entra al motor transfiere parte del calor generado en la cámara de combustión removiéndolo de la parte superior del cilindro, de las válvulas de admisión y de escape, y del mismo cilindro a través de las camisas que lo envuelven y que forman parte del monoblock. Este líquido caliente es impulsado por la bomba de agua y enviado hacia el radiador pasando por el termostato concluyendo así el ciclo.

Cuando el motor está por debajo de la temperatura de operación, el termostato bloquea el flujo de agua hacia el radiador, circulando éste solamente por las camisas de agua para elevar la temperatura de manera homogénea hasta un nivel óptimo. En días fríos el termostato permite apenas la circulación de refrigerante suficiente a través del radiador para eliminar el exceso de calor y mantener una temperatura adecuada en el motor. En días calurosos es probable que el termostato esté abierto por completo.

Radiador

El radiador es un permutador térmico que expone un gran volumen de refrigerante caliente a un gran volumen de aire de enfriamiento.

Hay dos tipos básicos de radiadores, los de flujo descendente y los de flujo transversal.

Radiador de Circulación Descendente.

En los radiadores de circulación descendente el agua entra por la parte superior y baja después por una serie de pequeños conductos.

Las delgadas aletas metálicas unidas a estos conductos aumentan la superficie para lograr un mayor enfriamiento. La mayoría de los radiadores son de latón, aunque hay algunos de aluminio.

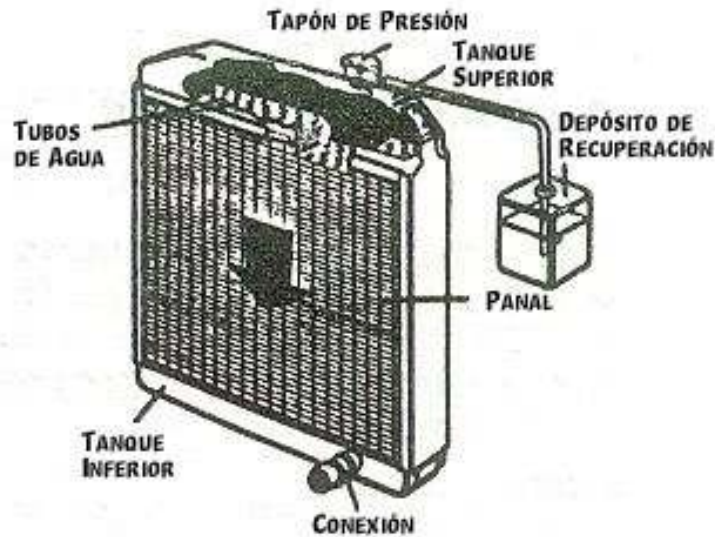


Figura 2.19 Radiador de Circulación descendente

Radiador de circulación transversal

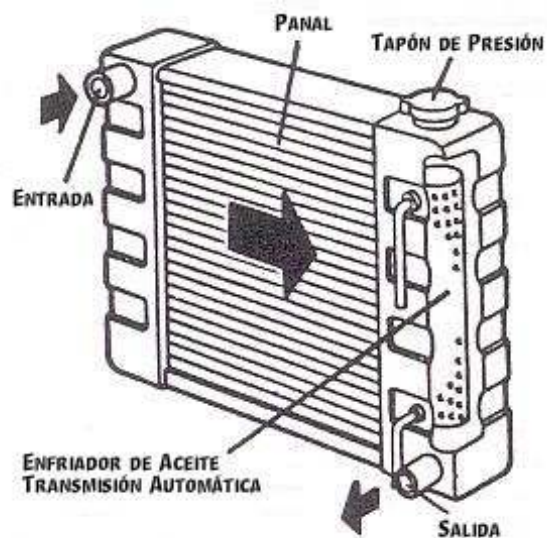


Figura 2.20 Radiador de circulación Transversal



Capítulo 2



El radiador de circulación transversal es más eficaz que los radiadores de circulación descendente del mismo tamaño. El agua caliente entra por la izquierda y circula por los dos conductos hasta el tanque receptor, a la derecha del tapón y el enfriador de la transmisión automática está en el extremo frío del radiador.

Grifo de drenaje

Cuando se gira hacia la izquierda se vacía el agua del radiador. Al girarlo a la derecha, deja de salir el agua. Algunos radiadores tienen un tapón de drenaje. Para vaciar un radiador sin grifo o tapón de drenaje, se quita la manguera inferior.

Tapón del radiador

Un sistema presurizado es más eficiente debido a que permite que el refrigerante absorba mayor cantidad de calor sin llegar a hervir, y también permite que el refrigerante disipe más calor por medio del radiador.

El tapón de presión del radiador mantiene el sistema de enfriamiento a una presión de 0.98 kg/cm^2 (14 lb/pulg^2), lo que eleva el punto de ebullición de una mezcla de 50% de agua y 50% de anticongelante al $129 \text{ }^\circ\text{C}$.

Una solución de un 50% de glicol de etileno y un 50% de agua tiene un punto de congelación de $-36.5 \text{ }^\circ\text{C}$ y un punto de ebullición de $129 \text{ }^\circ\text{C}$, si la tapa de presión del radiador está en buenas condiciones.

Si la presión en el sistema sobrepasa la capacidad de la tapa, se abre una válvula de presión, lo cual permite que el refrigerante escape caiga al piso y se pierda.



Capítulo 2



Al descender la temperatura del motor también baja la presión del refrigerante y al contraerse forma un vacío parcial en el sistema. La válvula de vacío en la tapa se abre y permite el regreso al radiador del refrigerante.

El sistema de enfriamiento de un motor diesel debe ser capaz de remover de manera continua aproximadamente el 30% del calor generado por la combustión de su combustible sin recalentarse.

Asumiendo que se cuenta con un sistema de enfriamiento razonablemente limpio, esto normalmente no es un problema. Además del nivel del refrigerante, hay varios puntos que deben ser revisados:

Nivel del Refrigerante

El nivel del refrigerante es crítico para el funcionamiento apropiado de un sistema de enfriamiento. Si el nivel del refrigerante cae hasta un punto dónde el aire es arrastrado hacia las chaquetas de enfriamiento, la capacidad de enfriamiento se reducirá, resultando en daños mecánicos serios, incluyendo la corrosión de la cavitación. (Verificar nivel de anticongelante)

Composición del Refrigerante

El refrigerante de motores por lo general es una mezcla de etileno o de anticongelante con base de glicol propileno y agua.

El punto de congelación de la mezcla dependerá de la cantidad relativa de glicol usada. Es importante usar la mejor agua disponible mezclada con no más de un 60% de anticongelante con base de glicol etileno, o no más de un 50% de anticongelante con base de glicol propileno.



Capítulo 2



Es igualmente importante nunca usar exclusivamente agua como refrigerante del motor. (El agua es corrosiva a las temperaturas de operación del motor).

La calidad del agua es importante. La siguiente tabla muestra las características mínimas aceptables recomendadas para el agua del sistema de enfriamiento.

Propiedades	Límites	Pruebas ASTM
Cloruro (Cl) gr/gal (ppm)	2.4 (40) max	D512B, D512d, D4327
Sulfato (SO ₄) gr/gal (ppm)	5.9 (100) max	D516b, D516d, D4327
Dureza Total, gr/gal (ppm)	10 (170) max	D1126b
Sólidos Totales, gr/gal (ppm)	20 (340) max	D1888a
PH	5.5 - 9.0	D1293

Tabla 2.2 Calidad mínima de Agua para uso como refrigerante

Aditivos e Inhibidores Recomendados

Los fabricantes de motores normalmente le proporcionarán guías detalladas acerca de los aditivos necesarios para prevenir la corrosión o proporcionar lubricación suplementaria a los componentes del sistema de enfriamiento. Es muy importante no exceder las concentraciones recomendadas de éstos aditivos. Las altas concentraciones pueden causar precipitación de sólidos, y pueden ocasionar el daño de sellados y otras partes internas.

Por otro lado, la baja concentración de aditivos refrigerantes puede causar perforaciones en la cavitación del revestimiento de los cilindros que está en contacto con el agua.



Capítulo 2



2.5.2 Integridad del Sistema de Enfriamiento

Ninguna revisión del sistema de enfriamiento estará completa a menos que sea bastante claro que el sistema está sellado y libre de aire. La inducción de aire en un sistema de enfriamiento por cualquier motivo es una cuestión seria, dado que puede causar cavitación interna y manchas de corrosión en las chaquetas de agua, sobre todo en las partes de más altas temperaturas, como las fundas de los cilindros.



Figura 2.21 Bomba de Agua Con Aditivos Orgánicos

Figura 2.21 Bomba que ha trabajado con un refrigerante orgánico correctamente formulado y usado en la proporción exacta más un agua de buena calidad. No se observa ningún daño ni síntoma de corrosión en las partes ferrosas y de aluminio.



Figura 2.22 Bomba de Agua Con Aditivos Inorgánicos



Capítulo 2



Figura 2.22 Igual que en el caso anterior, no se aprecian daños de corrosión en las partes metálicas.- En este caso se usó un refrigerante de base inorgánica puesto de manifiesto por la coloración oscura en el cuerpo de la bomba, que ha cumplido correctamente su misión protectora.



Figura 2.23 Bomba de Agua con Refrigerante Sin Aditivos

Figura 2.23 Bomba donde se usó un refrigerante sin aditivos para la protección de metales no ferrosos, lo que ha provocado fuerte corrosión blanca en el cuerpo de aluminio, con muy poco o ningún daño de las partes ferrosas.



Figura 2.24 Bomba de Agua Sin Refrigerante



Capítulo 2



Figura 2.24 En este caso se observa fuerte corrosión marrón-rojiza sobre las partes ferrosas y depósito de oxido férrico en el cuerpo de aluminio. En esta ocasión, el usuario utilizó agua de lluvia, sin refrigerante, seguramente todo el circuito de refrigeración esté totalmente contaminado.



Figura 2.25 Bomba de Agua con poco Refrigerante

Figura 2.25 Similar al caso de la Figura 2.24, aquí se utilizó agua sola, o con una proporción muy baja de refrigerante lo cual provocó corrosión y ataque químico sobre ambos metales (roja sobre el eje y blanca sobre el aluminio).



Figura 2.26 Bomba de Agua Sin Refrigerante



Capítulo 2



Figura 2.26 En este caso sólo se uso agua de mala calidad con muy pequeño o ningún contenido de líquido refrigerante. Se aprecia que la solución utilizada no cuenta con los aditivos lo que ha provocado principio de corrosión roja sobre las partes ferrosas, fuerte corrosión blanca y sectores corroídos por cavitación en los bordes internos del cuerpo, que también produjo un pequeño agujero en la parte izquierda.

Los sistemas de enfriamiento de los motores requieren de un mantenimiento periódico para poder continuar funcionando correctamente.

Estas revisiones varían desde comprobar el nivel de fluido de enfriamiento e inspeccionar las bandas y mangueras, hasta el reemplazo del fluido de enfriamiento.

Los sistemas de enfriamiento que reciben un mantenimiento adecuado brindan normalmente una operación libre de problemas durante toda la vida.

El mantenimiento del sistema de enfriamiento debe ser de la siguiente manera:

- Limpieza y lavado del radiador
- Revisar el nivel de refrigerante cuando el motor está frío.
- Revisar y limpiar la tapa del radiador ya que puede haber acumulación de sedimentos alrededor del sello y pueden conducir a un sellado inadecuado en la tapa del radiador, fugas y posible contaminación del refrigerante.
- Utilizar los refrigerantes que cumplan con las normas establecidas.
- Reemplazar elementos dañados como mangueras, Tapones, etc..



Capítulo 2



Problemas que se originan por no usar refrigerante.

Los problemas que debe proteger el Sistema de Enfriamiento son:

- Oxidación:
- Electrólisis
- Incrustaciones
- Sedimentos
- Erosión por Cavitación.
- Formación de sarro
- Congelación / ebullición.
- Formación de Espuma.

A continuación se presentan los cálculos para el sistema de enfriamiento.

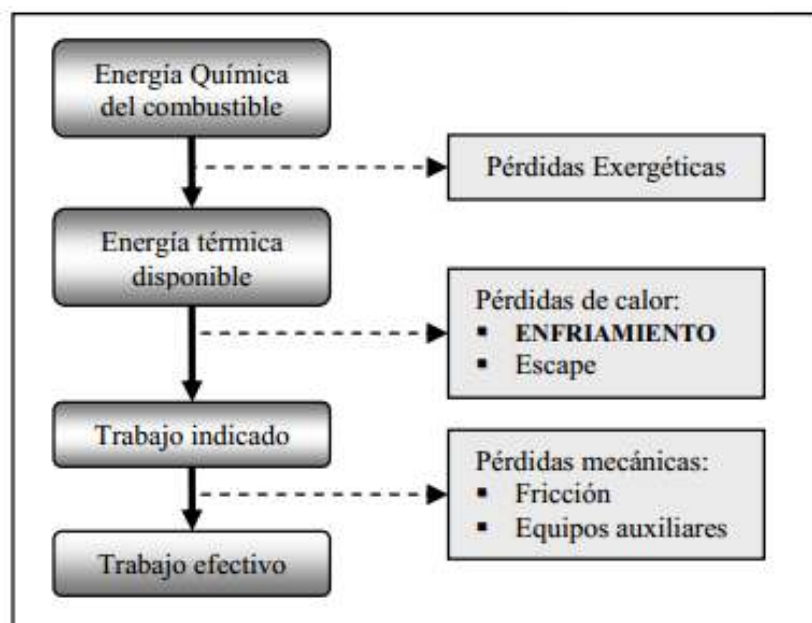


Figura 2.27 Cadena de las Energías de un Motor de Combustión



Capítulo 2



2.5.3 Sistema de enfriamiento de un motor de Combustión.

El nivel del estado térmico del motor puede garantizarse de manera indefinida solo si el calor Q_r , resultado de la combustión y transferido a las paredes de la cámara de combustión y el generado por la fricción de los componentes mecánicos, puede disiparse a un sistema de enfriamiento o un sistema recuperador de energía a la misma velocidad de su generación.

El calor que debe disiparse al sistema de enfriamiento es función del régimen de velocidad y del régimen de carga del motor, lo que hace necesario que el sistema disipador o recuperador de energía deba tener suficiente capacidad de respuesta, acorde con la variación de esos mismos regímenes en general el calor disipado o recuperado puede determinarse por la expresión (1):

$$Q_r = C \cdot G \cdot (T_s - T_{en}) \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

C = Es el calor específico del sistema de enfriamiento.

G = Es el caudal del liquido de enfriamiento por unidad de tiempo

T_s = Es la temperatura del agua a la salida del motor

T_{en} = Es la temperatura del agua a la entrada del motor

El calor específico reducido para fines prácticos puede hallarse como:

$$C = C_l G_l + C_m G_m$$

Siendo:

C_l y C_m = los calores específicos del liquido y del metal y

G_l y G_m = las masas del liquido y del metal que participan en la acumulación de calor, respectivamente.



Capítulo 2



La cantidad de calor disipado o recuperado puede variarse controlando el caudal del líquido (controlando la velocidad de la bomba o regulando los caudales con válvulas estranguladoras o direccionales), controlando la temperatura del líquido a la entrada del sistema (con válvulas termostáticas controlables), controlando el caudal de aire en el conjunto del radiador – ventilador – enfocador, o con una combinación particular de estas alternativas.

Modelado del proceso de enfriamiento del motor

$$C \frac{dT}{dt} = Q_i - Q_r \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

Q_i = Es la cantidad de calor que recibe el sistema de enfriamiento por parte del motor

Q_r = Es la cantidad de calor evacuada por el sistema de enfriamiento a través del radiador y los elementos recuperadores o aprovechadores de energía.

Durante un régimen no estacionario la ecuación (2) toma la forma:

$$C \frac{d(\Delta T)}{dt} = \Delta Q_i - \Delta Q_r \dots\dots\dots (3)$$

La cantidad de calor Q_i , transmitida por el motor por unidad de tiempo al sistema de enfriamiento, depende de la temperatura T en el sistema de enfriamiento, de la velocidad angular del cigüeñal ω y de la posición “ h ” del acelerador.

Por consiguiente, $Q_i = f(T, \omega, h)$, desarrollando un proceso de linealización se obtiene:

$$\Delta Q_i = \frac{\delta Q_i}{\delta T} \Delta T + \frac{\delta Q_i}{\delta \omega} \Delta \omega + \frac{\delta Q_i}{\delta h} \Delta h \dots\dots\dots (4)$$



Capítulo 2

La cantidad de calor Q_r , transmitida por el sistema de enfriamiento al medio exterior, depende de la temperatura del líquido T a la salida de la culata, el caudal G a través del volumen de las galerías de enfriamiento y, de la temperatura de entrada T_{en} a la que ingresa el agua al sistema de enfriamiento; es decir, $Q_r = f(T, G, T_{en})$, luego de linealizar se obtiene:

$$\Delta Q_r = \frac{\delta Q_r}{\delta T} \Delta T + \frac{\delta Q_r}{\delta G} \Delta G + \frac{\delta Q_r}{\delta T_{en}} \Delta T_{en} \dots\dots\dots (5)$$

La variación del caudal ΔG del agua depende de la frecuencia de rotación del impeler de la bomba y del desplazamiento Δx del órgano de control (la válvula de control usualmente es el termostato). Reemplazando esta expresión en la ecuación (5), considerando $\Delta T_{en} = 0$ y definiendo el factor de estabilidad del proceso de enfriamiento Fe como:

$$Fe = \frac{\delta Q_r}{\delta T} - \frac{\delta Q_i}{\delta T}, \text{ se obtiene:}$$

$$C \frac{d(\Delta T)}{dt} + Fe \Delta T = -\frac{\delta Q_r}{\delta x} \Delta x + \frac{\delta Q_i}{\delta h} \Delta h + \left(\frac{\delta Q_i}{\delta \omega} - \frac{\delta Q_r}{\delta \omega} \right) \Delta \omega \dots\dots\dots (6)$$

De las características de los sistemas de enfriamiento dependerá la estabilidad de la temperatura del motor y la respuesta del sistema a sus cambios de régimen.

Para abordar un análisis de la respuesta del sistema a los cambios de régimen el sistema tiene que haberse dimensionado.



Capítulo 2



2.5.4 Cálculo preliminar de los componentes del sistema de enfriamiento.

El cálculo preliminar del sistema de enfriamiento de un motor consiste en la determinación del área de superficie de enfriamiento del radiador, las medidas principales de la bomba de agua y sus características y, la selección del ventilador.

2.5.5 Cálculo del radiador.

El radiador es generalmente un intercambiador de calor de flujo cruzado destinado a transmitir el calor del líquido enfriador al aire circundante. El cálculo del radiador se efectúa en el siguiente orden:

1. Se determina la cantidad de calor Q_l [kW] disipada a través del sistema de enfriamiento durante el trabajo del motor en el régimen de potencia nominal:

$$Q_l = \frac{q_l H_i G_c}{3600} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

q_l = Es la entrega relativa del calor al sistema de enfriamiento

H_i = Es el poder calorífico del combustible

G_c = Es el flujo másico del combustible

Para tener en cuenta la disminución del coeficiente de entrega del calor debido a la obstrucción y ensuciamiento de la superficie exterior del panel, la formación de costras en las superficies internas de los tubos del radiador y, la desviación de los datos de cálculo con respecto a los reales, se introduce un coeficiente de corrección $K_c = 1.1$ [1].



Capítulo 2



2. La cantidad de calor evacuada del motor a través del líquido enfriador Q_{lc} , se toma igual a la cantidad de calor transmitida al aire circulante Q_{aire} y es equivalente a:

$$Q_{lc} = Q_{aire} = k_c Q_l = 1.1 Q_l$$

3. El caudal del aire [m^3/s] que pasa a través del radiador está dada por:

$$V_{aire} = \frac{Q_{aire}}{c_{aire} \rho_{aire} \Delta T_{aire}} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

c_{aire} = Es el calor específico medio del aire

ρ_{aire} = Es la densidad del aire

ΔT_{aire} = Es el incremento de temperatura del aire que fluye en el radiador

El caudal de aire en [m^3/s] para motores a gasolina es (0.03...0.055) Ne y para los motores a diesel es (0.015...0.04) Ne.

4. El caudal de circulación [L/s] del líquido enfriador que pasa a través del radiador es:

$$V_l = \frac{Q_{lc}}{c_l \rho_l \Delta T_l} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

c_l = Es el calor específico del líquido refrigerante.

ρ_l = Es la densidad del líquido enfriador.



Capítulo 2



$\Delta T_l = \Delta T_l = T_{ent} - T_{lsal} = 6 \dots 12^\circ C =$ Es la disminución de temperatura del líquido de enfriamiento al fluir por el radiador. El valor óptimo de la temperatura T_{ent} se toma en el rango $80 \dots 95^\circ C$.

5. La temperatura media del líquido en el radiador T_{lm} es:

$$T_{lm} = T_{lent} - \frac{\Delta T_l}{2} \dots \dots \dots (10)$$

6. La temperatura media del aire T_{aire_m} que pasa a través del radiador:

$$T_{aire_m} = T_{aire_ent} + \frac{\Delta T_{aire}}{2} \dots \dots \dots (11)$$

La temperatura del aire a la entrada del radiador T_{aire_ent} se toma como $40^\circ C$

7. El área necesaria [m^2] de superficie de enfriamiento del radiador:

$$F_{rad} = \frac{10^3 Q_{lc}}{K_l (T_{lm} - T_{aire_m})} \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

$K_l =$ Es el coeficiente de transferencia de calor del líquido enfriador al cuerpo del radiador en [$\frac{W}{m^2} - K$]:

$$K_1 = \left[\left(\frac{1}{h_l} + \frac{\delta}{k} \right) \Psi + \frac{1}{h_{enf}} \right]^{-1} \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

$h_l =$ Es el coeficiente de entrega de calor del líquido enfriador a las paredes del radiador en [$\frac{W}{m^2} - K$].



Capítulo 2

ρ_l = Es la densidad del líquido enfriador $\left[\frac{W}{m^3} - K\right]$, δ es el espesor de la pared en [m]

k = es el coeficiente de conductividad térmica del material de los tubos del radiador $\left[\frac{W}{m} - K\right]$

h_{enf} = Es el coeficiente de entrega de calor de las paredes del radiador al enfriador (al aire) en $\left[\frac{W}{m^2} - K\right]$.

El valor de h_l depende principalmente de la velocidad de movimiento del líquido en los tubos del radiador. $h_l = 2500 \dots 4100 \left[\frac{W}{m^2} - K\right]$. El coeficiente de arizado ψ , para los radiadores de paneles cruzados y de paneles en serpentín, se puede tomar entre 3,5 y 6.

Los valores del coeficiente de entrega de calor de las paredes del radiador al aire $h_{enf} = 70 \dots 140 \left[\frac{W}{m^2} - K\right]$. Para los radiadores de los automóviles K_l tiene valores de $90 \dots 180 \left[\frac{W}{m^2} - K\right]$, en donde los valores mayores son para los vehículos livianos.

8. El área de la superficie frontal del radiador $F_{fr} [m^2]$ es:

$$F_{fr} = \frac{v_{aire}}{v_{aire}} \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

v_{aire} = Es la velocidad del aire en el frente del radiador que puede estar alrededor de $6 \dots 18 \left[\frac{m}{s}\right]$.



Capítulo 2



9. La profundidad del panel del radiador l_{rad} [mm] es:

$$l_{rad} = \frac{F_{rad}}{(F_{fr} \cdot \varphi_r)} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

φ_r = Es el coeficiente de compacidad volumétrica.

Para los radiadores modernos $\varphi_r = 0.6 \dots 1.8$ [mm^{-2}].

2.5.7 Calculo del Ventilador.

El ventilador se instala en los sistemas de enfriamiento, junto con el enfocador, para crear un flujo forzado de aire, que pasa a través del panel del radiador. Al seleccionarse el ventilador deben conocerse la presión del aire creada por este, p_{ai} [pa] y el caudal de aire V_{aire} [m^3/s].

La velocidad circular del aspa del ventilador [m/S] en su diámetro exterior es:

$$u = \psi_a \sqrt{P_{ai} / \rho_{aire}} \dots \dots \dots (16)$$

Donde:

ψ_a = Es un coeficiente que depende de la forma de las aspas: $\psi_a = 2.2 \dots 2.9$ para aspas curvilíneas, $\psi_a = 2.8 \dots 3.5$ para aspas planas $p_{ai} = 600 \dots 1000$ [Pa] (es determinada por la resistencia aerodinámica del ducto de aire). Partiendo de premisas de carácter acústico se toma $u \leq 110$ [m/S].

El diámetro del ventilador [m] es:

$$D_V = 1.3 \sqrt{\frac{V_{aire}}{v_{aire}}} \dots \dots \dots (17)$$



Capítulo 2



Donde:

V_{aire} = Es el caudal del ventilador determinado por la ecuación (8) si el sistema de enfriamiento es líquido, v'_{aire} es la velocidad de cálculo del aire en el rotor. En los ductos de aire esta velocidad depende de la relación del área “de sección viva” del círculo descrito por las aspas del ventilador, sobre la superficie frontal del radiador; esta relación se puede tomar igual a 0.45...0.6 con lo que $v'_{aire} = 13...40 [m/S]$. La frecuencia de rotación [min^{-1}] del árbol del ventilador η_V es:

$$\eta_V = \frac{60 \cdot u}{\pi \cdot D_v} \dots \dots \dots (18)$$

Generalmente la relación de la frecuencia de rotación del árbol cigüeñal sobre la frecuencia de rotación del ventilador es de 0.7...1. La potencia [kW] consumida por el accionamiento del ventilador es:

$$N_V = \frac{10^{-3} p_{ai} V_{aire}}{\eta_V} \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

η_V = Es el rendimiento del ventilador. Para los ventiladores remachados $\eta_V = 0.3...0.4$, para los fundidos y los plásticos $\eta_V = 0.6...0.7$. Para los motores existentes la relación N_V/N_e no supera 0.05...0.08 (N_e es la potencia efectiva del motor).

2.5.8 Cálculo de la bomba de agua.

El caudal de cálculo de la bomba de agua (l/s) está dado por:

$$V_{lc} = \frac{V_l}{\eta_b} \dots \dots \dots (20)$$



Capítulo 2



Donde:

η_b = Es el rendimiento volumétrico de la bomba el cual está en el orden de $\eta_b = 0.8 \dots 0.9$.

El radio r_1 [m] del ducto de succión del impeler se determina de la relación $\pi(r_1^2 - r_0^2) = \frac{10^{-3} V_{lc}}{c_1}$ cuyo cumplimiento garantiza el caudal del líquido enfriador a través del ducto de succión de la bomba:

$$r_1 = \sqrt{\frac{V_{lc}}{(10^3 \pi \cdot c_1)} + r_0^2} \dots \dots \dots (21)$$

Donde:

r_0^2 = Es el radio del cubo del impeler [m]

c_1 = Es la velocidad del líquido de la entrada de la bomba, $c_1 = 1 \dots 2.5$ [m/s]

La velocidad circular (m/s) de salida del líquido

$$u_2 = \sqrt{1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot \operatorname{ctg} \beta_2} \sqrt{p_1 / (10^3 \eta_h \rho l)} \dots \dots \dots (22)$$

Donde:

α_2, β_2 = son los ángulos entre las direcciones de las velocidades c_2 y u_2 , ω_2 y u_2 , p_1 es la presión del líquido creada por la bomba, $P_a: p_1 = (5 \dots 10) 10^4$ [Pa]; η_h es el rendimiento hidráulico de la bomba: $\eta_h = 0.6 \dots 0.7$. El radio impeler en la salida es por lo tanto:

$$r_2 = \frac{30 \cdot u_2}{(\pi \cdot \eta_{im})} \dots \dots \dots (23)$$

Donde:

η_{im} = es la frecuencia de rotación del impeler [min^{-1}].



Capítulo 2



La velocidad circular [m/s] del flujo en la entrada se encuentra la relación

$$\frac{u_1}{r_1} = \frac{u_2}{r_2} \text{ de donde:}$$

$$u_1 = u_2 \frac{r_1}{r_2} \dots \dots \dots (24)$$

El ángulo β_1 se determina luego de considerar que el ángulo α_1 entre los vectores de velocidad c_1 y u_1 es igual a 90° :

$$tg\beta_1 = \frac{c_1}{u_1} \dots \dots \dots (25)$$

Basándose en los datos obtenidos se efectúa el perfilado del aspa. La velocidad radial a la salida del líquido enfriador [m/s]:

$$c_r = \frac{p_1 \cdot tg\alpha_2}{(10^3 \cdot u_2 \cdot \eta_h \cdot \rho l)} \dots \dots \dots (26)$$

El ancho de las aspas a la entrada, b_1 y salida, b_2 (mm) es:

$$b_1 = \frac{10^3 \cdot V_{lc}}{(2\pi r_1 - z\delta / \sin \beta_1) c_1}; b_2 = \frac{10^3 \cdot V_{lc}}{(2\pi r_2 - z\delta / \sin \beta_2) c_r} \dots \dots \dots (27)$$

Donde:

z = Es el número de aspas del impeler

δ = Es el espesor del aspa, [mm].

En los diseños existentes $z = 4 \dots 8$, $\delta = 3 \dots 5$ [mm],

$b_1 = 10 \dots 35$ [mm], $b_2 = 4 \dots 25$ [mm].



Capítulo 2



La potencia [kW], consumida por la bomba de agua es:

$$N_b = \frac{10^{-6} \cdot V_{lc} \cdot p_l}{\eta_M} \dots \dots \dots (28)$$

Donde:

η_M = Es el rendimiento mecánico de la bomba de agua; $\eta_M=0.7\dots0.9$. El valor de N_b constituye 0.5...1% de N_e . La capacidad del sistema de enfriamiento líquido, en litros, se determina orientativamente por la relación $(0.13\dots0.35N_e)$.



Capítulo 2



2.6 Sistema de Lubricación

La lubricación del motor es quizás el elemento individual más importante de un buen programa de mantenimiento. El aceite del motor lubrica las partes móviles; proporciona protección contra la corrosión; absorbe y neutraliza los contaminantes; sirve como refrigerante; y es un sellador. A través de cambios regulares de aceite y filtros, el aceite remueve las materias extrañas del motor, mientras contribuye a la limpieza interior y minimiza el desgaste.

Los aceites para lubricación de motores se preparan con petróleo o bases sintéticas, y son formulados con diferentes aditivos que proporcionan o modifican ciertas características del ingrediente de base. Entre éstos se encuentran los detergentes, agentes de alcalinidad, inhibidores de la oxidación, dispersantes, y agentes contra el desgaste.

El paquete aditivo, es lo que le da las calidades deseables al aceite del motor, y el agotamiento de los aditivos, así como la acumulación de productos de la combustión, son los elementos que limitan la vida de la carga de aceite.

Un aceite que no cumpla los requisitos que se exigen puede producir los siguientes efectos:

- Desgaste prematuro de partes
- Daño a componentes del motor o accesorios (turbocargador, cigüeñal, bielas, etc.)
- Mayor emisión de contaminantes
- Daño al convertidor catalítico
- Formación de carbón en la cámara de combustión
- Fugas en los anillos de los cilindros
- Evaporación del lubricante



Capítulo 2



2.6.1 Objetivo del sistema de lubricación.

La lubricación tiene varios objetivos. Entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

- Reducir el rozamiento o fricción para optimizar la duración de los componentes.
- Disminuir el desgaste.
- Reducir el calentamiento de los elementos del motor que se mueven unos con respecto a otros.

Para cumplir con estos objetivos existen 5 tipos diferentes de lubricación los cuales son muy importantes, éstos son:

- ✓ Hidrodinámica
- ✓ Hidrostática
- ✓ Elastohidrodinámica
- ✓ De película mínima o al límite
- ✓ Con material sólido

En la lubricación de un motor de combustión interna generalmente se presentan combinaciones de estos fenómenos lo cual mejora la efectividad de la lubricación.

Lubricación Hidrodinámica.

Es aquella en la que las superficies que interactúan (cojinete y flecha) y que soportan la carga (puede ser el peso) y que generan esfuerzos mecánicos, están separadas por una capa de lubricante relativamente gruesa a manera de impedir el contacto entre metal y metal.



Capítulo 2



Esta lubricación no depende de la introducción del lubricante a presión.

La presión en el lubricante la origina el movimiento de la superficie que lo arrastra hasta una zona formando una cuña que origina la presión necesaria para separar las superficies actuando contra la carga que interactúa con el cojinete.

En este caso la lubricación depende de la velocidad de rotación de la flecha. Una aplicación de este tipo de lubricación es en los turbocargadores los cuales operan a altas velocidades de rotación.

Lubricación Hidrostática.

Se obtiene introduciendo el lubricante en el área de soporte de la carga a una presión suficientemente elevada para separar las superficies con una capa relativamente gruesa de lubricante. Se utiliza en los elementos donde las velocidades son relativamente bajas.

En el caso de los motores de combustión interna antes de que se genere la lubricación hidrodinámica es necesario generar una fuerza que separe los elementos móviles. Esta fuerza se genera al inyectar el lubricante a presión por medio de una bomba la cual normalmente es movida por el motor.

Este tipo de lubricación permite suministrar el lubricante a todas las partes que lo requieran y no depende de la velocidad de rotación de los elementos.

La cantidad de lubricante inyectado depende de la presión de la bomba de aceite, de la temperatura y de la viscosidad del lubricante.



Capítulo 2



Lubricación Elastohidrodinámica.

Es el fenómeno que ocurre cuando se introduce un lubricante entre las superficies que están en contacto rodante como los engranes y los cojinetes, generalmente se debe al comportamiento que tiene el lubricante debido a su composición química.

En este caso el lubricante forma “redes” que evitan el contacto físico entre los elementos en movimiento, sin embargo esta característica se puede perder al tener elementos contaminantes en el lubricante y por efectos de alta temperatura en el motor (sobrecalentamiento del mismo).

Esta característica la presentan muchos de los aceites denominados multigrados.

Lubricación de película mínima o al límite (no es recomendable).

Este tipo de lubricación es muy importante porque se genera cuando se presenta una condición anormal en el motor, por ejemplo:

- Cuando se produce un aumento repentino de temperatura, es decir, un sobrecalentamiento por falta del líquido refrigerante del motor.
- Cuando hay un aumento repentino de carga (sobrecalentamiento por falta de lubricante).
- Cuando se reduce la cantidad de lubricante suministrado debido a una fuga del mismo en sellos o juntas.
- Cuando se tiene una disminución repentina de viscosidad (por sobrecalentamiento).



Capítulo 2



Estas condiciones pueden impedir la formación de una película de lubricante lo suficientemente gruesa entre los componentes en movimiento y generar una película de lubricante de unas cuantas micras de espesor antes de que se rompa esta película de lubricante y se genere la falla de los componentes. En algunos casos pueden llegar a soldarse elementos por falta lubricación.

Lubricación con material Sólido

Este tipo de lubricación se genera cuando se agregan partículas de material sólido al lubricante, éstas pueden ser de materiales antifriccionantes como el grafito o el disulfuro de molibdeno. Estos compuestos se comportan como si fueran “canicas” y separan a los elementos que están en movimiento evitando el contacto físico entre ellos.

2.6.2 Características de un buen lubricante.

Entre las características que debe cumplir un buen lubricante resaltan las siguientes:

1. Baja viscosidad
2. Viscosidad invariable con la temperatura
3. Estabilidad química
4. Acción detergente
5. Carencia de volatilidad
6. No ser inflamable
7. Tener características anticorrosivas
8. Tener características antioxidantes
9. Tener gran resistencia pelicular
10. Soportar altas presiones
11. Impedir la formación de espuma



Capítulo 2



Figura 2.28 Aceites Lubricantes de Motor

A continuación se describe cada una de ellas.

Baja viscosidad

Algunas personas piensan que es mejor un aceite “grueso”, es decir, muy viscoso, sin embargo el aceite debe llegar a todas aquellas partes que requieren lubricación en el menor tiempo posible y esto sólo se logra si el aceite tiene una baja viscosidad (“delgado”) de hecho a un motor con un aceite muy viscoso le costará mayor trabajo arrancar. Pero también hay que tener cuidado de que el aceite no tenga baja viscosidad ya que podría entrar al interior de la cámara de combustión y quemarse generando el “humo azul”. Recuerde que la viscosidad es la resistencia que opone el aceite a moverse

Viscosidad invariable con la temperatura

En todos los aceites la viscosidad cambia con la temperatura, sin embargo no todos cambian de la misma manera, generalmente los aceites monogrados son aquellos en los que estos cambios son más importantes. En los aceites de tipo multigrado los cambios no son tan drásticos.



Capítulo 2



Estabilidad química

El aceite lubricante se encuentra en constante movimiento, arrastra las partículas formadas por el desgaste propio de las partes, se contamina con: partículas de polvo, agua, combustible y gases producto de la combustión. Es por esta razón que debe tener una gran estabilidad química, de lo contrario se degradaría y formaría compuestos agresivos para el motor como “lodos de alta y baja temperatura”.

Acción detergente

Esta característica permite que el motor siempre se encuentre limpio evitando la formación de lodos, una forma de determinar si el aceite utilizado es de tipo detergente es que al usarlo después de un cierto tiempo éste cambia de color.

Carencia de volatilidad

Esta característica es importante porque evita que se pierda lubricante cuando se incrementa la temperatura del motor.

No ser inflamable

Esta característica ayuda a evitar un incendio debido a que el aceite está en contacto con zonas de alta temperatura como el pistón.

Tener características anticorrosivas y antioxidantes

Ayuda a evitar el ataque por corrosión y oxidación de los materiales de los diferentes componentes del motor.



Capítulo 2



Tener gran resistencia pelicular

Ayuda a evitar el desgaste y pérdida de material de las piezas del metal.

Soportar altas presiones

Ayuda a evitar el contacto entre metal y metal.

Impedir la formación de espuma

La espuma genera la disminución de la cantidad de lubricante inyectado a las diferentes áreas que requieren la lubricación y puede provocar daño a componentes como la bomba de aceite.

Para lograr estas características generalmente los fabricantes de aceites de buena calidad adicionan aditivos a los aceites base.

Clasificación SAE

La Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE clasifica a los aceites de acuerdo a la viscosidad del lubricante y los divide en: monogrados (a estos se les asigna un número el cual es indicativo de su viscosidad) y multigrados (se les asigna dos números y entre ellos se coloca la letra W de winter que significa invierno en inglés).

Los aceites monogrados tienen la característica de que su viscosidad cambia de manera importante con la temperatura, cuando ésta baja, su viscosidad se incrementa y cuando aumenta su viscosidad disminuye.



Capítulo 2



Entre los aceites monogrados se tienen:

- SAE40 Usado en motores de trabajo pesado y en tiempo de mucho calor (verano).
- SAE30 Sirve para motores de automóviles en climas cálidos.
- SAE20 Empleado en climas templados o en lugares con temperaturas inferiores a 0°C, antiguamente se utilizaba para asentamiento en motores nuevos. (Actualmente esto no se recomienda).
- SAE10 Empleado en climas con temperaturas menores de 0°C. Desde 1964 se utilizan aceites multigrados en los motores. Estos aceites tienen la característica de que su viscosidad también cambia con la temperatura pero lo hacen de una manera menos drástica que los aceites monogrados.

Para los aceites multigrados se tienen algunas de las siguientes clasificaciones SAE5W30, 10W40, 10W50, etc.

Clasificación API para servicios de los aceites.

El Instituto Americano del Petróleo clasifica a los aceites de acuerdo al tipo de motor en el cual será utilizado, los divide en aceites para motores a gasolina o para diesel y les asigna dos letras: la primera indica el tipo de motor; si es de gasolina, esta letra es una "S" del inglés spark (chispa) si la letra es una "C" (del inglés compression) el aceite es para un motor a diesel. La segunda letra que forma la pareja indica la calidad del aceite.



Capítulo 2



Aceites para motores a gasolina

- SA Típico para motores en condiciones ideales en donde son adecuados los aceites minerales simples (obsoleto).
- SB Para motores cuyo funcionamiento se asemeja al anterior, para motores que necesitan un aceite que les brinde protección contra ralladuras, resistencia a la oxidación y a la corrosión (obsoleto).
- SC Para vehículos de 1964 a 1967, incluye aditivos detergentes y dispersantes a la vez ofrecen protección contra el desgaste, la herrumbre y la corrosión.
- SD Para motores a partir de 1968 ofrecen mayor protección contra el desgaste, la herrumbre y la corrosión.
- SE Para motores modelo 1972 y posteriores, ofrecen mayor protección contra corrosión, los depósitos por alta temperatura (lodos) y la oxidación del aceite.
- SF Para motores a partir de 1980, efectúa protección contra oxidación del aceite, formación de depósitos, herrumbre y corrosión.
- SG Adecuado para motores modelo 1989, se recomienda usar en motores recién reparados.
- SH Adecuado para motores modelo 1993 de inyección electrónica de combustible, turbocargados o supercargados.
- SJ Adecuado para motores modelo 1996 turbocargados, supercargados o de inyección electrónica, especialmente preparado para reducir el desgaste durante el arranque y reducir el consumo de combustible.



Capítulo 2



Aceites para motores a Diesel

- CA Servicio ligero hasta moderado y con combustible con mínimo o ningún contenido de azufre, protege contra la corrosión de cojinetes o depósitos por alta temperatura.
- CB Parecido al anterior pero se puede emplear un combustible con mayor contenido de azufre.
- CC Para motores turbocargados en servicio moderado hasta severo, protege contra lodos por alta temperatura.
- CD Para motores turbocargados en servicio a alta velocidad y con cargas pesadas, en donde es necesario el control eficaz del desgaste y evitar la formación de depósitos de baja y alta temperatura.
- CE Para motores diesel de servicio pesado y turbocargados fabricados después de 1983.
- CF Para motores diesel de servicio pesado protege contra lodos y depósitos y permite un control eficaz del desgaste además de bajo contenido de Azufre.
- CF4 Permite un mejor control del consumo de aceite y los depósitos en los pistones para motores de 4 tiempos de alta velocidad sustituye al CD y CE.
- CG4 Para motores diesel de servicio pesado y que trabajan con diesel con bajo contenido de azufre 0.5% en peso. Se desempeña mejor que el CD, CE y el CF-4

Para motores diesel de dos tiempos se tienen:

CDII

CFII. Tiene mejor desempeño que el CDII



Capítulo 2



Los aceites para motores a diesel deben controlar la acidez que se pueda generar por el azufre en el combustible el cual al reaccionar con el agua (generada de la propia combustión o de la humedad que tiene el aire) se genera ácido sulfúrico que corroe los materiales.

A los fabricantes de aceites para motores a diesel los catalogan a través del TBN (número básico total).

Los aceites refinados son aceptables siempre y cuando cumplan con la viscosidad SAE y las especificaciones API (American Petroleum Institute –API-) para aceites nuevos.

El sistema API Instituto Americano de Petróleo de clasificación de aceites los divide en dos grandes clases: los aceites de Estación de Servicio (Clase API SA-SH a partir de este escrito), y los aceites Comerciales (Clase API CA-CG-4 al momento de este escrito). Para nuestro caso particular se toman en consideración sólo los motores diesel.

2.6.3 Partes del Sistema de Lubricación

1. Carter
2. Malla, filtro o coladera
3. Bomba de aceite
4. Filtro de aceite
5. Galería principal
6. Cigüeñal
7. Árbol de levas
8. Barra de balancines
9. Intercambiador de calor
(Sólo en motores a diesel)

Capítulo 2

Los motores que representan una inversión significativa y que realizan funciones críticas deben ser sometidos a un programa regular de pruebas del aceite. Los resultados de las pruebas le confirmarán el estado de la carga de aceite de lubricación y también le proporcionarán información importante también sobre las condiciones internas del motor.

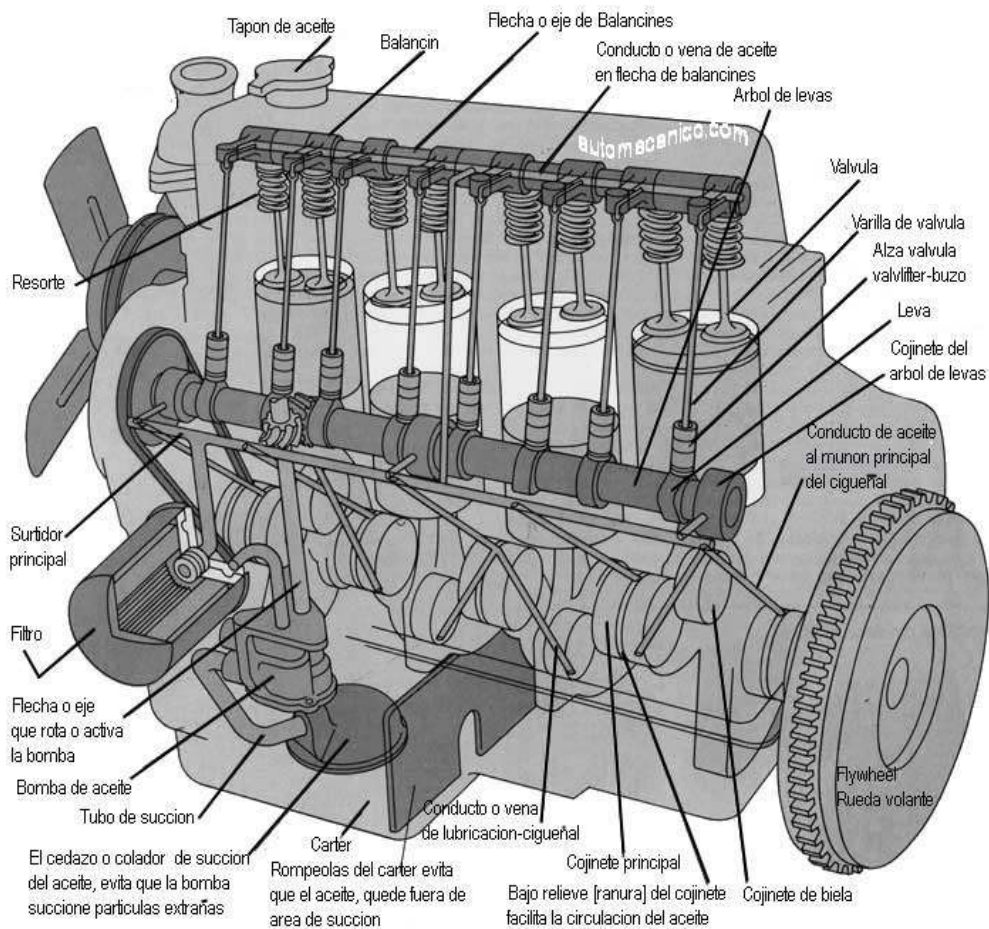


Figura 2.29 Sistema Básico de Lubricación



Capítulo 2



El análisis del aceite puede descubrir contaminantes como el combustible diesel, hollín, refrigerante, sal, arena, suciedad o polvo, y, metales indicadores de desgaste de componentes internos.

Las pruebas del aceite deben incluir los siguientes análisis:

1. Pruebas química y físicas para determinar la presencia de contaminantes (agua, combustible, anticongelante, etc.).
2. Análisis de desgaste para identificar los componentes desgastados en el aceite.
3. Análisis de la condición del aceite para cuantificar los productos de hollín, azufre, nitración, y oxidación en el aceite.
4. Número Base Total. El Número Base Total es un índice de la capacidad de neutralización de productos derivados del azufre por parte del aceite del motor. Dado que virtualmente todos los combustibles diesel contienen un poco de azufre, y dado que los aceites de motor contienen aditivos diseñados para neutralizar los compuestos de azufre producidos por la combustión, este índice constituye una manera apropiada para juzgar hasta qué punto se ha agotado dicha capacidad de neutralización.
5. Contenido de Sulfato de Ceniza en las Cenizas. Virtualmente todos los aceites dejarán un residuo no combustible si son quemados. Ese residuo no combustible, si es excesivo, puede acumularse en algunas áreas de altas temperaturas dentro del motor, y pueden causar daños.



Capítulo 2



2.7 Sistema Eléctrico

2.7.1 Concepto de sistema de encendido.

El sistema de encendido se encarga primordialmente de aportar la energía que necesita el motor de combustión para mantener los ciclos que describe por sí mismo.

Los motores de combustión describen ciclos de cuatro fases: admisión, compresión, combustión y escape; pero dicho motor únicamente entrega energía en la fase de combustión, por lo que necesita energía para el resto.

Será el sistema de encendido quien se encargue de dichas fases, aportando esta energía mediante un motor eléctrico que mueve al cigüeñal o eje del motor.

Además el sistema de encendido tiene otra función y es la de almacenar y generar esta energía eléctrica, mediante los acumuladores (baterías) y el alternador.

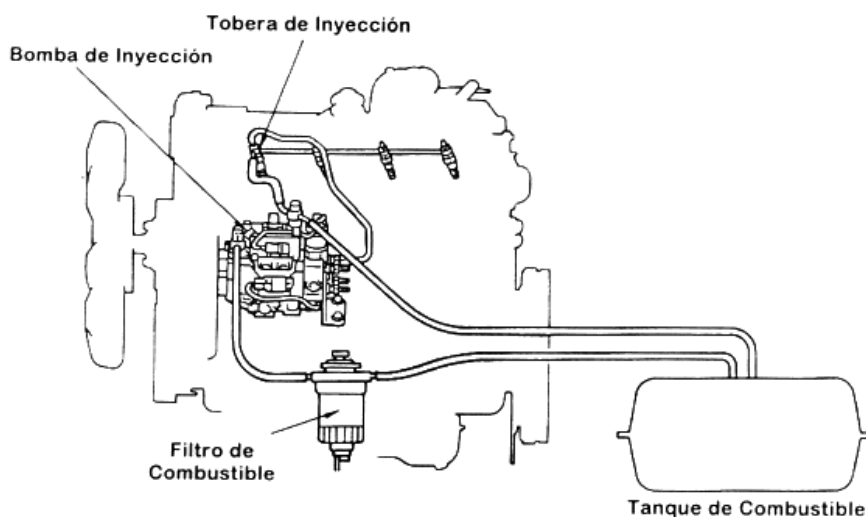


Figura 2.30 Diagrama del Sistema de Equipo de Combustible



Capítulo 2



2.7.2 Tipos de Sistema de Encendido.

- Encendido convencional (por ruptor).
- Encendido electrónico por descarga de condensador.
- El encendido electrónico sin contactos también llamado "encendido transistorizado".
- Encendido electrónico integral.
- El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System).

Encendido convencional (por ruptor).

Este sistema es el más sencillo de los sistemas de encendido por bobina, en él, se cumplen todas las funciones que se le piden a estos dispositivos. Es capaz de generar 20,000 chispas por minuto, es decir, alimentar un motor de cuatro tiempos a 10,000 rpm. (Ver Figura 2.31)

Está compuesto por los siguientes elementos:

1. Llave de contacto.
2. Bobina de encendido.
3. Distribuidor.
4. Condensador.
5. Ruptor o platinos.
6. Bujías.
- R. Resistencia Adicional.

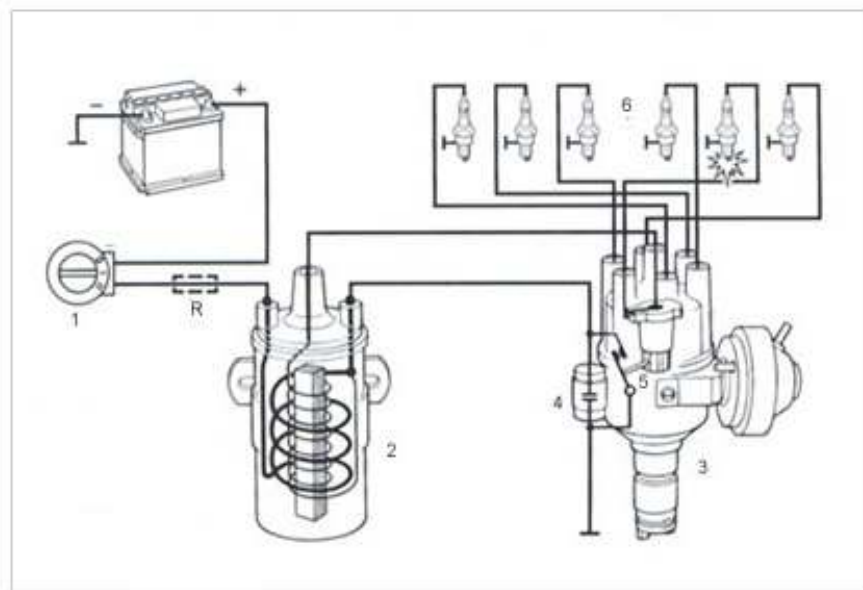


Figura 2.31 Esquema de un Sistema de Encendido Convencional

Encendido electrónico por descarga de condensador.

Este sistema llamado también "encendido por tiristor". Su funcionamiento se basa en cargar un condensador con energía eléctrica para luego descargarlo provocando en este momento la alta tensión que hace saltar la chispa en las bujías.

Las ventajas esenciales del encendido por descarga del condensador son las siguientes:

- Alta tensión más elevada y constante en una gama de regímenes de funcionamiento más amplia.
- Energía máxima en todos los regímenes.
- Crecimiento de la tensión extremadamente rápida.

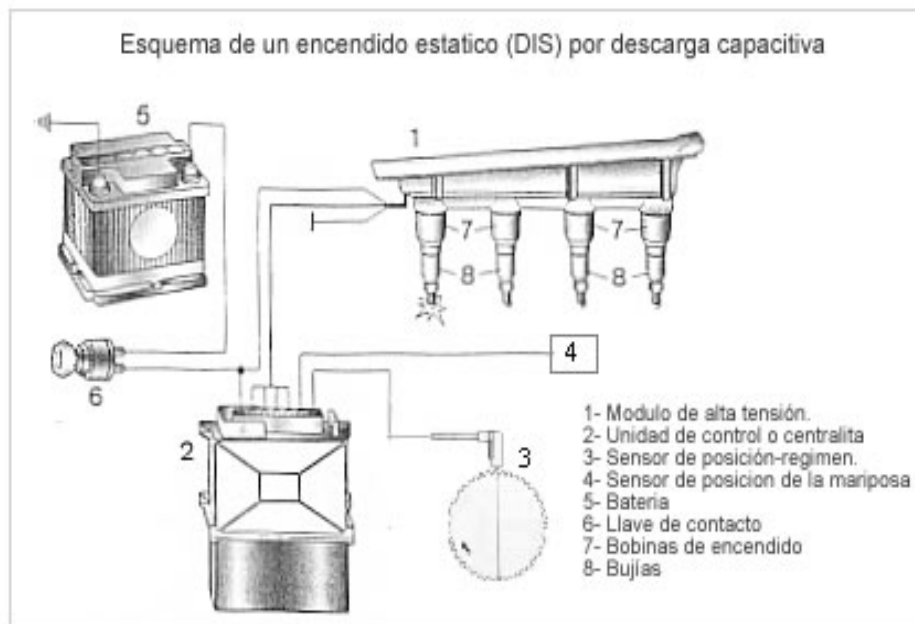


Figura 2.32 Esquema de un Sistema de encendido por Descarga Capacitiva

Sistema de Encendido Transistorizado.

Este encendido electrónico está compuesto básicamente por una etapa de potencia con transistor de conmutación y un circuito electrónico formador y amplificador de impulsos alojados en la centralita de encendido (4), al que se conecta un generador de impulsos situado dentro del distribuidor de encendido (4). El ruptor en el distribuidor es sustituido por un dispositivo estático (generador de impulsos), es decir sin partes mecánicas sujetas a desgaste. El elemento sensor detecta el movimiento del eje del distribuidor generando una señal eléctrica capaz de ser utilizada posteriormente para comandar el transistor que pilota el primario de la bobina. Las otras funciones del encendido quedan inmóviles conservando la bobina (2), el distribuidor con su sistema de avance centrífugo y sus correcciones por depresión.

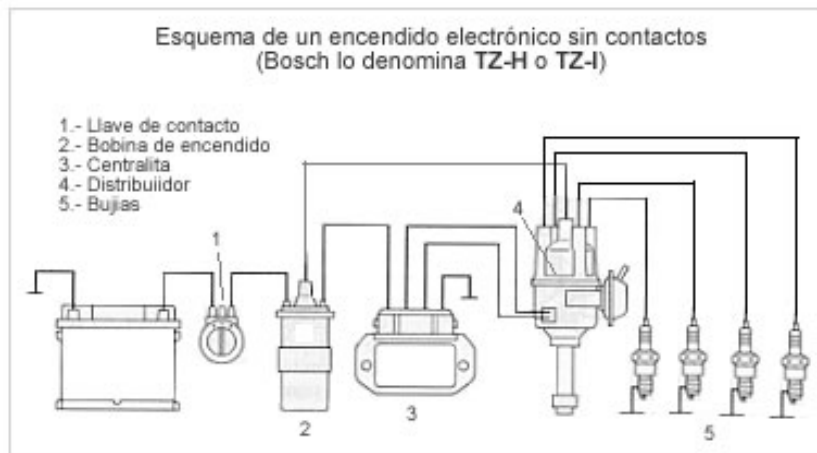


Figura 2.33 Sistema de Encendido Transistorizado.

Encendido electrónico integral

Básicamente se trata de ir eliminando cualquier sistema mecánico debido a su falta de prestaciones y desventajas, por lo que será la electrónica quien se encargue ahora de dos sistemas en el distribuidor:

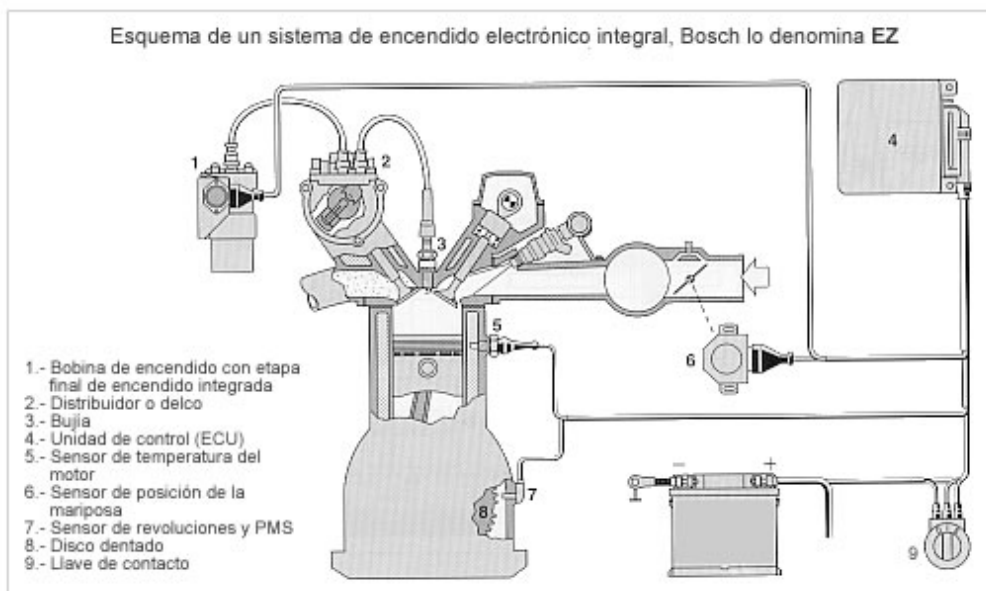


Figura 2.34 Esquema de un Sistema de Encendido Electrónico Integral

- Un sensor de rpm del motor que sustituye al "regulador centrífugo" del distribuidor.
- Un sensor de presión que mide la presión de carga del motor y sustituye al "regulador de vacío" del distribuidor.

Sistema de encendido DIS (Direct Ignition System).

El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System) también llamado: sistema de encendido sin distribuidor (Distributorless Ignition System), se diferencia del sistema de encendido tradicional en suprimir el distribuidor, con esto se consigue eliminar los elementos mecánicos, siempre propensos a sufrir desgastes y averías.

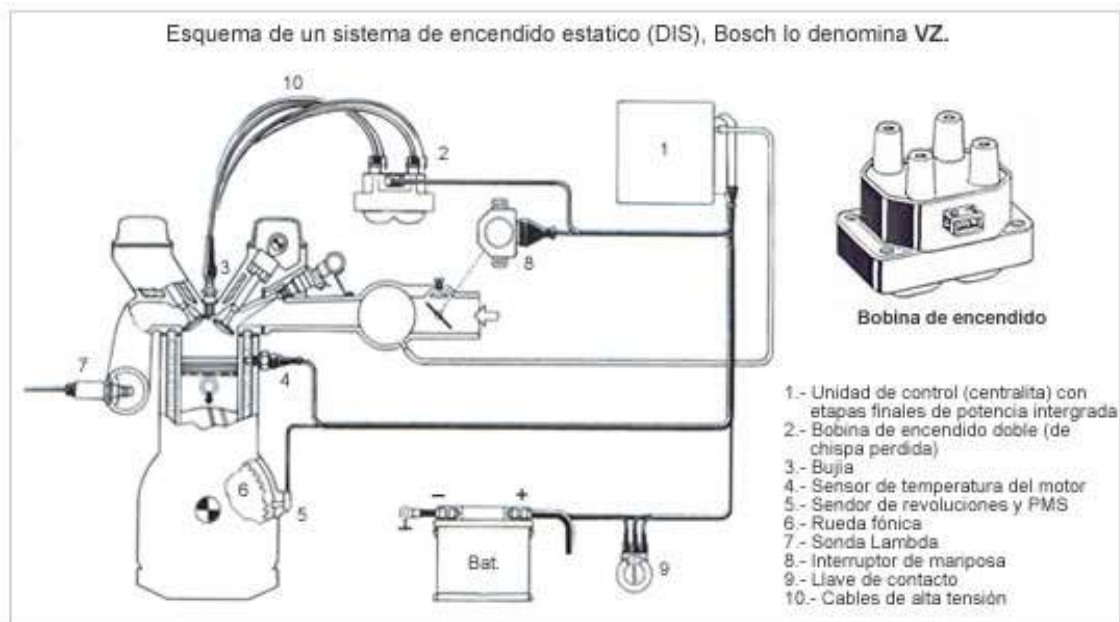


Figura 2.35 Sistema de Encendido DIS (Direct Ignition System)



Capítulo 2



2.7.3 Elementos que lo componen.

- A. Sistema de carga (alternador y dinamo).
- B. Acumuladores de energía eléctrica (baterías).
- C. Motor de arranque.

Sistema de Carga (alternador y dinamo).

Un alternador es una máquina eléctrica, capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética.

Los alternadores están fundados en el principio de que en un conductor sometido a un campo magnético variable se crea una tensión eléctrica inducida cuya polaridad depende del sentido del campo y su valor del flujo que lo atraviesa.

Un alternador es un generador de corriente alterna. Funciona cambiando constantemente la polaridad para que haya movimiento y genere energía.

Un alternador consta de dos partes fundamentales, el inductor que es el que crea el campo magnético y el inducido que es el conductor atravesado por las líneas de fuerza de dicho campo magnético.

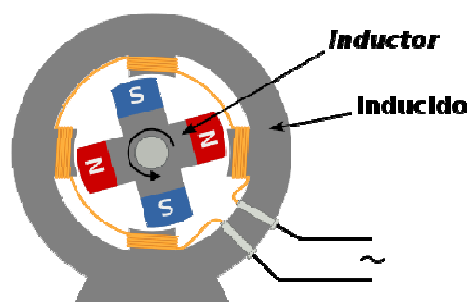


Figura 2.36 Elementos de un Alternador Simple



Capítulo 2



Inductor

El rotor, que en estas máquinas coincide con el inductor, es el elemento giratorio del alternador, que recibe la fuerza mecánica de rotación.

Inducido

En el inducido o estator, se encuentran una serie de pares de polos distribuidos de modo alterno y, en este caso, formados por bobinado en torno a un núcleo de material ferromagnético de característica blanda, normalmente hierro dulce.

La rotación del inductor hace que su campo magnético, formado por imanes fijos, se haga variable en el tiempo, y el paso de este campo variable por los polos del inducido genera en él una corriente alterna que se recoge en los terminales de la máquina. (Ver Figura 2.37)

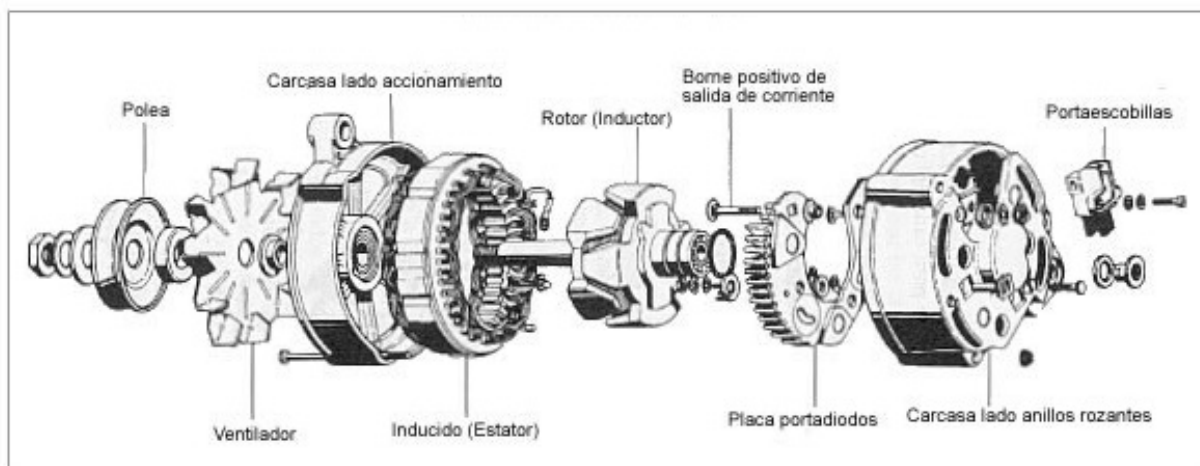


Figura 2.37 Despiece de un alternador

El flujo magnético (Φ) a través de cada espira de las bobinas que constituyen el inducido tiene por valor el producto de la intensidad de campo (B), por la superficie



Capítulo 2



de la espira (s) y por el coseno del ángulo formado por el plano que contiene a esta y la dirección del campo magnético ($\cos \varphi$), por lo que el flujo en cada instante será:

$$d\phi = B \times ds \times \cos \varphi$$

Como por otra parte tenemos que siempre que se produce una variación del flujo magnético que atraviesa a una espira se produce en ella una F.E.M. (E) inducida cuyo valor es igual a la velocidad de variación del flujo, por tanto tendremos que,

$$E = -\frac{d\phi}{dt}$$

El signo menos delante de E expresa que, según la Ley de Lenz, la corriente inducida se opone a la variación del flujo que la genera.

Si la fuerza electromotriz inducida en una espira es igual a E , la fuerza electromotriz total (E_{TOT}) es igual a:

$$E_{TOT} = E \times n$$

Siendo “ n ” el número total de espiras del inducido.

La frecuencia de la corriente alterna que aparece entre los terminales de la máquina se obtiene multiplicando la velocidad de rotación (número de vueltas por segundo) del inductor por el número de pares de polos del inducido.



Capítulo 2



Rectificador de corriente

En la mayoría de los alternadores, el equipo rectificador está formada por una placa soporte, en cuyo interior se encuentran montados seis o nueve diodos, unidos y formando un puente rectificador hexadiodo o nanodiodo.

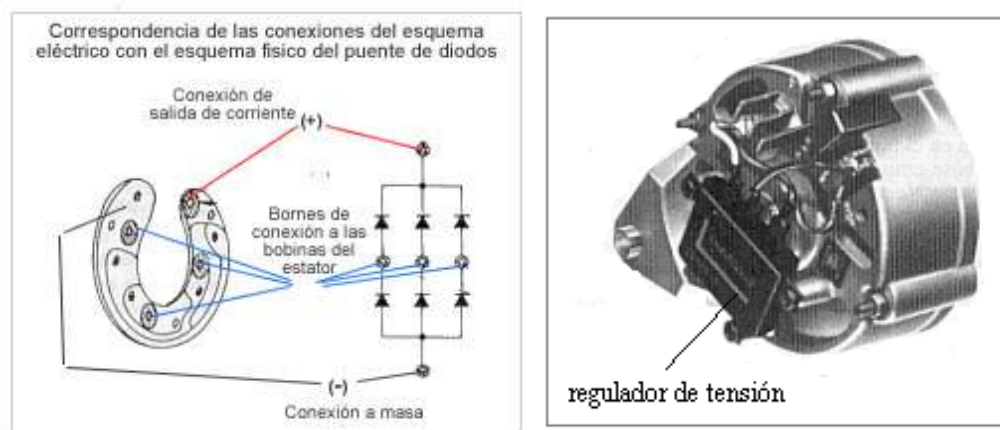


Figura 2.38 Rectificador de Corriente hexadiodo

Acumuladores de Energía Eléctrica

Se entiende por batería a todo elemento capaz de almacenar energía eléctrica para ser utilizada posteriormente.

El líquido que hay dentro de la batería, se llama electrolito está compuesto por una mezcla de agua destilada y ácido sulfúrico, con una proporción del 34% de ácido sulfúrico y el resto de agua destilada. El nivel del electrolito debe de estar un centímetro por encima de las placas.

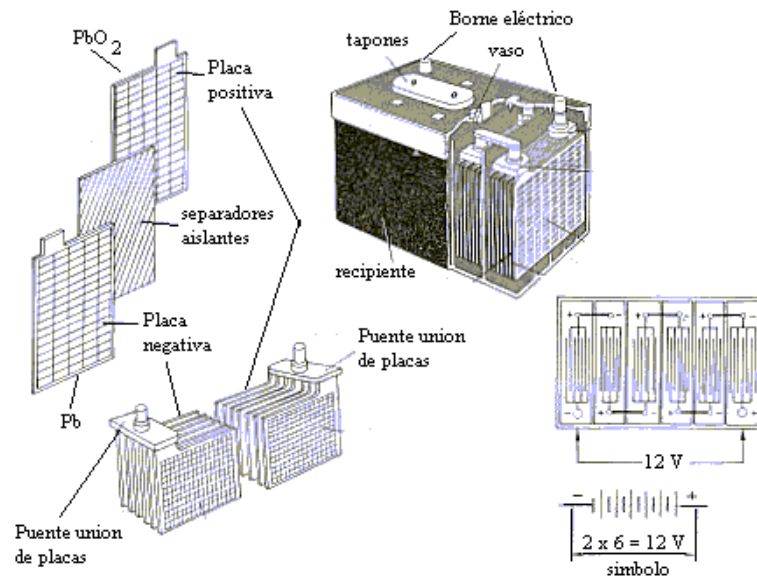


Figura 2.39 Elementos que constituyen un Acumulador

2.7.4 Motores de Encendido por Compresión

Se distinguen claramente tres fases de encendido.

Fase 1-2: Retardo de encendido (el combustible se calienta pero el calor producido no es suficiente para aumentar la presión).

Fase 2-3: La presión se eleva fuertemente (debido a la rápida combustión del combustible inyectado).

Fase 3-4: Combustión lenta del combustible todavía no quemado. Aunque con estas tres fases concluye el proceso de encendido, el rendimiento, máximo no puede alcanzarse debido a que el aire y el combustible no se mezclan totalmente.



Capítulo 2



Según el tipo de cámara de combustión los motores Diesel pueden clasificarse como sigue:

- A. Con cámara de inyección directa.
- B. Con cámara Arremolinadora.
- C. Con cámara de combustión con depósito de aire.
- D. Con antecámara de combustión.

Cámara de Inyección directa.

El combustible se inyecta directamente en el cilindro. La culata cierra el cilindro con una superficie plana, mientras que el inyector está situado en el centro.

El inconveniente principal de este tipo de motor radica en que el aire está poco agitado, siendo el inyector el responsable exclusivo de la mezcla, por lo que su fabricación ha de ser muy perfecta, y por lo tanto costosa.

En estas condiciones, y para aprovechar al máximo la combustión, es conveniente que la cámara adopte la forma del chorro de combustible, o a la inversa.



Figura 2.40 Cámara de Inyección Directa



Capítulo 2



Cámara Arremolinadora.

El motor Diesel rápido con diámetro de cilindro pequeño plantea el problema de obtener una mezcla rápida y homogénea de combustible y aire. Para lograrlo se lleva el aire al combustible, dotando a este de un movimiento de remolino, lo que provoca una fuerte turbulencia al llegar el embolo a su punto muerto superior.

En una cámara de combustión con turbulencia, al ser aspirado el aire es enviado tangencialmente, por lo que la válvula de aspiración lleva una especie de pantalla que guía adecuadamente la corriente de aire.

Además de este movimiento existe otro transversal que impulsa al embolo dentro de la cámara.

Las cámaras arremolinadoras también pueden estar separadas, en ellas, la cámara de combustión esta por entero fuera del cilindro; el espacio entre embolo y culata, al hallarse aquel en el punto muerto superior, es únicamente el preciso para permitir las dilataciones propias del funcionamiento.

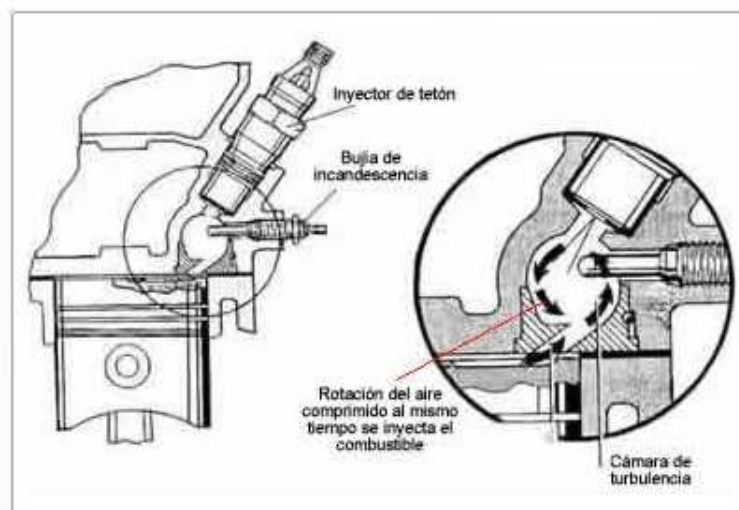


Figura 2.41 Cámara Arremolinadora o de turbulencia



Capítulo 2



Cámara de combustión con depósito de aire.

Este tipo de cámaras se llaman también de acumulación. El depósito de aire está constituido por una pieza postiza situada en el embolo, la cual comunica con la cámara de combustión a través de un orificio. Durante la compresión el aire se introduce en el depósito. Antes de alcanzarse el punto muerto superior comienza la inyección. Al pasar del punto muerto superior el movimiento de embolo se invierte, aumenta el volumen de la cámara de combustión y disminuye la presión que había en ella. El aire sale a través del orificio alimentando la llama en la zona del embudo y originando la combustión completa del combustible inyectado.

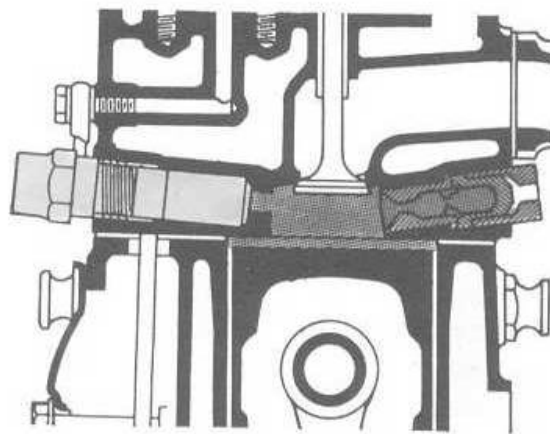


Figura 2.42 Cámara de combustión con reserva de Aire

Con Antecámara de Combustión.

Estos motores se denominan también de combustión dividida o de pre-combustión.

Se caracterizan por tener el espacio en que se desarrolla la combustión dividido en dos: por una parte la cámara comprendida entre la cabeza del embolo y la culata, y por otra la antecámara, situada generalmente en la culata.



Capítulo 2



En este tipo de cámara el funcionamiento es como sigue: al final de la carrera de compresión se inyecta el combustible. Parte de este combustible arde en la antecámara, aumentando la presión; el combustible que queda sin arder es proyectado, a través de un orificio de la antecámara, a la cámara principal. En esta encuentra el aire que precisa para completar la combustión.

La principal ventaja de este sistema consiste en que se puede inyectar combustible a presiones relativamente bajas: de 80 a 160 atmósferas, en vez de las 250 – 350 necesarias en la inyección directa.

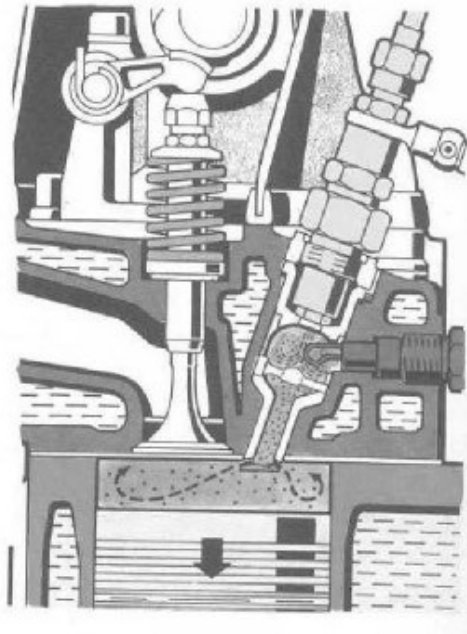


Figura 2.43 Cámara de combustión con Antecámara de Combustión

2.8 Sistema de Arranque.

2.8.1 Motor de Arranque

El sistema de arranque tiene por finalidad de dar manivela al cigüeñal del motor para conseguir el primer impulso vivo o primer tiempo de expansión o fuerza que inicie su funcionamiento.

El arrancador consume gran cantidad de corriente al transformarla en energías mecánicas para dar movimiento al cigüeñal y vencer la enorme resistencia que opone la mezcla al comprimirse en la cámara de combustión.

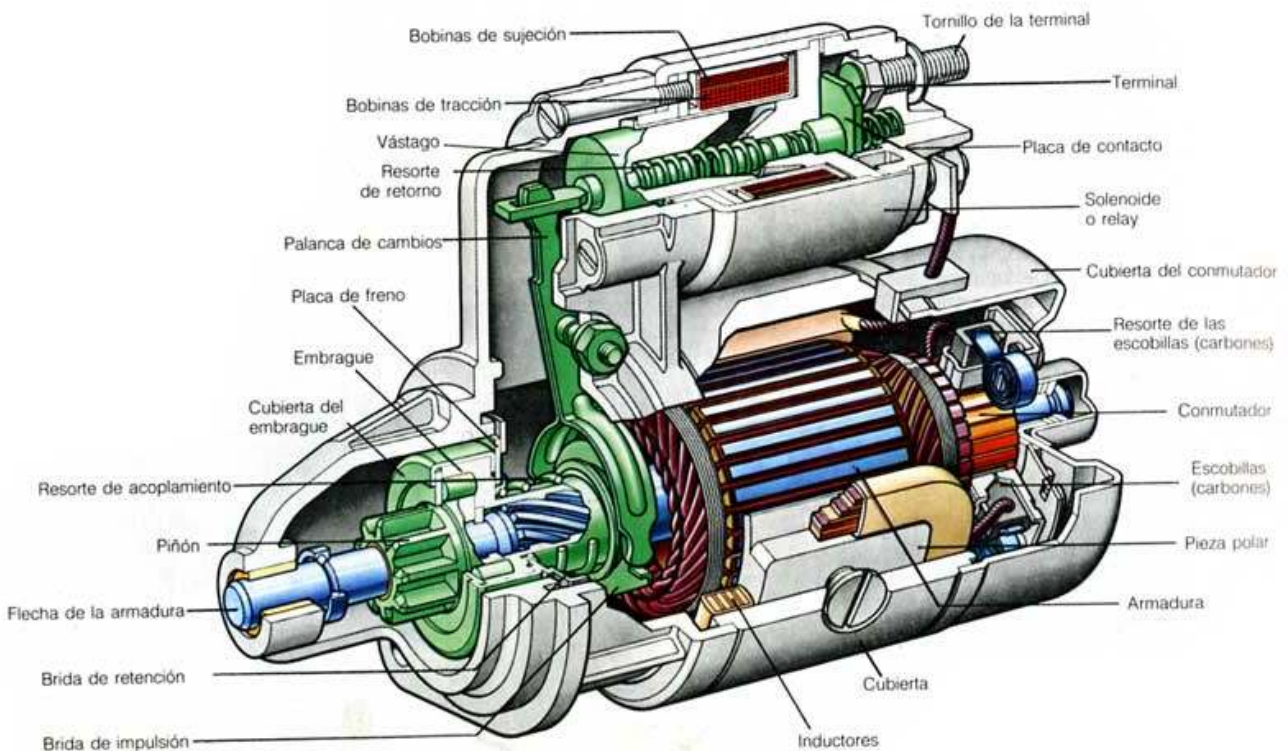


Figura 2.44 Componentes del motor de arranque



Capítulo 2



Una batería completamente cargada puede quedar descargada en pocos minutos al accionar por mucho tiempo el interruptor del sistema de arranque, se calcula que el arrancador tiene un consumo de 400 a 500 amperios de corriente y entonces nos formamos una idea de que una batería puede quedar completamente descargada en poco tiempo, por eso no es recomendable abusar en el accionamiento del interruptor de arranque.

El motor de arranque consta de dos elementos diferenciados:

El motor propiamente dicho que es un motor eléctrico ("motor serie" cuya particularidad es que tiene un elevado par de arranque).

Relé de arranque: tiene dos funciones, como un relé normal, es decir para conectar y desconectar un circuito eléctrico. También tiene la misión de desplazar el piñón de arranque para que este engrane con la corona del volante de inercia del motor térmico y así transmitir el movimiento del motor de arranque al motor térmico.

2.8.2 Finalidad del Sistema de Arranque.

Puesto que un motor es incapaz de arrancar sólo por el mismo, su cigüeñal debe ser girado por una fuerza externa a fin de que la mezcla aire-combustible sea tomada, para dar lugar a la compresión y para que el inicio de la combustión ocurra.

El arrancador montado en el bloque de cilindros empuja contra un engranaje motriz cuando el interruptor de encendido es girado, una cremallera engancha con el volante y el cigüeñal es girado.

El arranque de los motores Diesel se produce por la autoinflamación del combustible inyectado como un aerosol en el cilindro cuando el pistón se acerca al punto muerto superior.



Capítulo 2



Para garantizar esta autoinflamación el aire en el interior del cilindro al momento de la inyección debe estar lo suficientemente caliente para evaporar el combustible e incendiarlo.

La autoinflamación del combustible al momento de la inyección está determinada por dos factores básicos:

- Temperatura del aire en el interior del cilindro cuando se comienza la inyección.
- Volatilidad y facilidad de inflamado del combustible.

Facilidad de inflamación.

Esta característica del combustible se valora con el Número de Cetano, de forma que a mayor número de cetano, mayor facilidad de inflamación.

En los países donde las temperaturas del invierno pueden llegar a valores muy bajos (temperaturas bajo 0) generalmente en el mercado existen diferentes tipos de combustible Diesel con mayor o menor número de cetano para ser usado en las diferentes épocas del año y así facilitar el arranque.

En los casos de temperaturas exteriores bastante por debajo de 0 grados Celsius el combustible Diesel puede adquirir cierto carácter de gel, lo que impide su adecuado paso por los filtros, no llega a la bomba de inyección e imposibilita el arranque. Aun cuando el combustible no esté gelificado en el tanque, puede hacerlo al ser inyectado en aerosol dentro del cilindro y entrar en contacto con las paredes sumamente frías de la cámara de combustión, generando una combustión ineficiente con la posibilidad de daño potencial a la culata y bujías de precalentamiento del motor.



Capítulo 2



Si se sospecha que el combustible puede potencialmente gelificarse por las bajas temperaturas puede agregársele aditivos que reducen la gelificación que se expenden en el mercado. Si se ha gelificado ya, lo mejor es cambiar los filtros y calentar ligeramente el tanque de combustible antes de intentar el arranque.

Temperatura del aire.

En la temperatura final del aire durante la carrera de compresión influyen varios factores entre los que están:

1. Forma de la cámara de combustión.
2. Temperatura del motor.
3. Temperatura del aire de admisión.
4. Hermeticidad de la cámara de combustión.
5. Velocidad de rotación durante el arranque.

Forma de la cámara de combustión

Durante la carrera de compresión el aire contenido en el cilindro se comprime fuertemente y esta compresión hace que aumente su temperatura. Este aire comprimido está confinado al volumen sobre el pistón y en contacto con las superficies que forman este volumen, de manera que puede transferir parte del calor generado a esas superficies si están más frías, como es el caso del arranque del motor frío.

Para garantizar las menores pérdidas de calor durante la compresión y así lograr el arranque del motor, la superficie de la cámara de combustión debe ser la menor posible.



Capítulo 2



La utilización de la inyección directa reduce notablemente la superficie de la cámara de combustión con respecto a los motores de cámara separada, y por este motivo, estos motores tienen un arranque en frío más seguro, pudiendo llegar a arrancar sin grandes dificultades a temperaturas cercanas a los 0 grados Celsius, sin necesidad de dispositivos calentadores, mientras que los motores de inyección indirecta generalmente requieren de dispositivos precalentadores aun en condiciones de temperatura ambiente de más de 30 grados Celsius.

Temperatura del motor.

Resulta evidente que las pérdidas de calor a través de las paredes de la cámara de combustión durante la compresión, son mayores a medida que el cuerpo del motor esté más frío, por eso, el arranque del motor que ha permanecido en reposo durante muchas horas se dificulta un tanto más que el del que está aún caliente por el trabajo previo. Todos los motores Diesel arrancan bien con el motor caliente sin ayuda de elementos precalentadores.

Temperatura del aire de admisión

Cuando el aire de admisión está muy frío, la temperatura final no llega a los valores que se alcanzan en el momento de la inyección con el aire de admisión más cálido. La temperatura final puede no ser suficiente para la inflamación del combustible.

Hermeticidad de la cámara de combustión.

Si debido al desgaste por el uso, o alguna avería, se pierde la hermeticidad de la cámara de combustión (mal cierre de las válvulas, anillos desgastados etc.) las fugas del aire de admisión hacen que se reduzca notablemente el volumen de aire comprimido, y con ello su temperatura final, pudiendo llegar a valores tan bajos que



Capítulo 2



imposibilitan el arranque cuando el motor está frío. En casos graves el arranque no se produce aun con el motor caliente.

Velocidad de rotación durante el arranque.

Si la velocidad de rotación del motor Diesel es baja durante el arranque, el tiempo de contacto entre el aire en compresión y las paredes de la cámara es muy largo, y por lo tanto las pérdidas de calor a través de las superficies frías de la cámara de combustión se incrementan notablemente, a esto hay que agregarle que las pérdidas de aire por las fugas entre el pistón y el cilindro y por las válvulas se incrementan también, el resultado de estos dos factores negativos puede hacer que la temperatura final del aire en el momento de la inyección no alcance la temperatura suficiente para producir la inflamación del combustible y el motor no se ponga en marcha.

Calidad de la inyección.

Si la presión de apertura o la hermeticidad del inyector no es correcta, las gotas del aerosol de combustibles son más grandes, esto hace, que la evaporación y posterior inflamación de este se dificulte perjudicando la capacidad de arranque.



Capitulo 3



Capitulo 3

Generador Síncrono de Corriente Alterna



Capítulo 3



3. GENERADOR SÍNCRONO DE CORRIENTE ALTERNA

3.1 Principio de Funcionamiento.

El generador síncrono es un tipo de máquina eléctrica rotativa capaz de transformar energía mecánica (en forma de rotación) en energía eléctrica su principio de funcionamiento consta en la excitación de flujo en el rotor.

Los principales componentes de un generador de corriente alterna son:

1. Estator.
2. Rotor.
3. Sistema de enfriamiento.
4. Excitatriz.
5. Conmutador.

El generador síncrono está compuesto principalmente de una parte móvil o rotor y de una parte fija o estator.

Rotor

También conocido como inductor, pues es la parte que induce el voltaje en el estator. El núcleo del rotor es construido de lámina troquelada de acero al silicio, material de excelentes características magnéticas, con la finalidad de evitar pérdidas por histéresis y corrientes parasitas.

El rotor gira recibiendo un empuje externo desde (normalmente) una turbina. Este rotor tiene acoplada una fuente de "corriente continua" de excitación independiente variable que genera un flujo constante, pero que al estar acoplado al



Capítulo 3



rotor, crea un campo magnético giratorio que genera un sistema trifásico de fuerzas electromotrices en los devanados estáticos.

El rotor gira concéntricamente en el eje del generador a una velocidad sincrónica de 1800 revoluciones por minuto (RPM) para 60 Hz.

Estatórotor

El estatórotor es la parte fija de una máquina rotativa y uno de los dos elementos fundamentales para la transmisión de potencia.

Los elementos más importantes del estatórotor de un generador son:

- Componentes mecánicas.
- Sistema de conexión en estrella.
- Sistema de conexión en delta.

Las componentes mecánicas de un generador son las siguientes:

- La carcasa.
- El núcleo.
- Las bobinas.
- La caja de terminales.

3.1.2 Tipos constructivos

La principal diferencia entre los diferentes tipos de generadores síncronos, se encuentra en su sistema de alimentación en continua para la fuente de excitación situada en el rotor.



Capítulo 3



Excitación Independiente: excitatriz independiente de continua que alimenta el rotor a través de un juego de anillos rozantes y escobillas.

Excitatriz principal y excitatriz piloto: la máquina principal de continua tiene como bobinado de campo otra máquina de excitación independiente, accionada por el mismo eje.

Electrónica de potencia: directamente, desde la salida trifásica del generador, se rectifica la señal mediante un rectificador controlado, y desde el mismo se alimenta directamente en continua el rotor mediante un juego de contactores (anillos y escobillas). El arranque se efectúa utilizando una fuente auxiliar (batería) hasta conseguir arrancar.

Sin escobillas, o diodos giratorios: la fuente de continua es un rectificador no controlado situado en el mismo rotor (dentro del mismo) alimentado en alterna por un generador situado también en el mismo eje y cuyo bobinado de campo es excitado desde un rectificador controlado que rectifica la señal generada por el giro de unos imanes permanentes situados en el mismo rotor (que constituyen la excitatriz piloto de alterna).

Sistema Trifásico.

Un sistema trifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud, que además se encuentran desfasadas entre ellas 120° , y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

Un sistema trifásico de tensiones se dice que es equilibrado cuando sus corrientes son iguales y están desfasados simétricamente, a diferencia de no cumplir



Capítulo 3



con estas características se dice que tenemos un sistema de tensiones desequilibrado o desbalanceado.

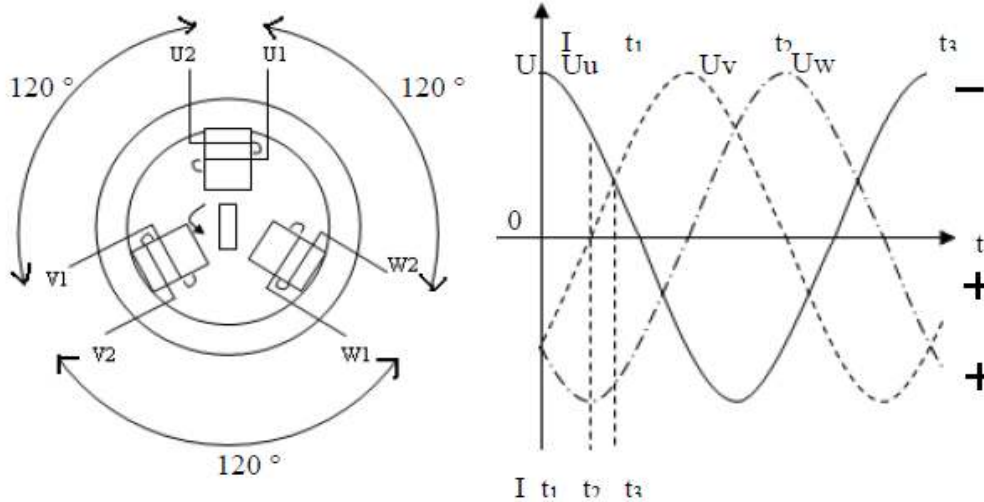


Figura 3.1 Sistema de tensiones trifásicas de un generador trifásico

Los generadores utilizados en centrales eléctricas son trifásicos, dado que la conexión a la red eléctrica debe ser trifásica (salvo para centrales de poca potencia). La trifásica se usa mucho en industrias, donde las máquinas funcionan con motores para esta tensión.

Existen dos tipos de conexión; en delta ó Triangulo y en estrella. En estrella, el neutro es el punto de unión de las fases. Ver figuras 3.2 y 3.3

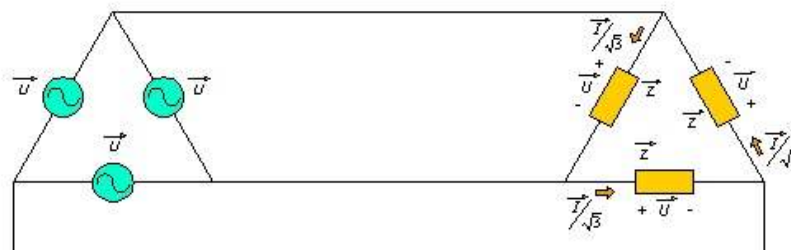


Figura 3.2 Conexión Delta – Delta

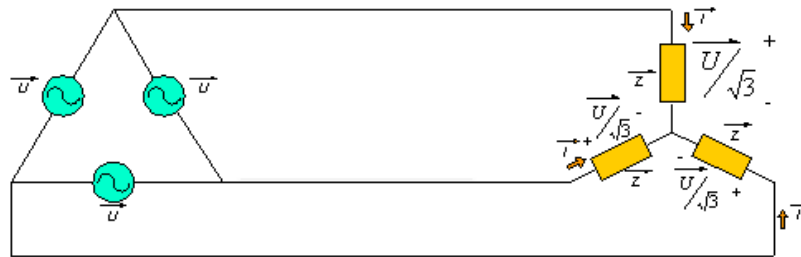


Figura 3.3 Conexión Delta - Estrella

Sistema de conexión en estrella. Los devanados del estator de un generador de C.A. están conectados generalmente en estrella, en la Figura 3.4, T1, T2 y T3 representan las terminales de línea (al sistema) T4, T5 y T6 son las terminales que unidas forman el neutro.

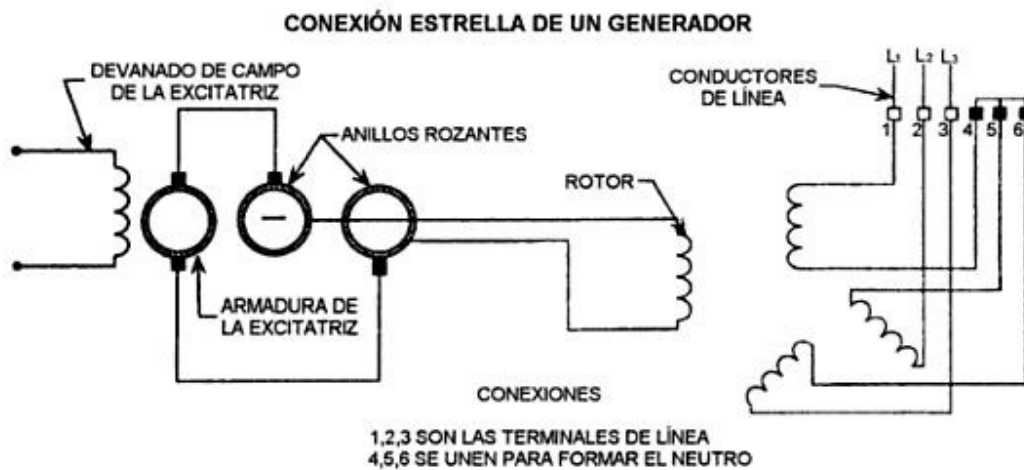


Figura 3.4 Generador conectado en estrella



Capítulo 3



3.2 Características de los generadores síncronos bajo carga.

La diferencia de funcionamiento en vacío al de carga es que existe una composición de flujos, debido a las corrientes que circulan en el inducido, éstas alteran el valor y forma de la tensión inducida.

Un incremento de carga es un incremento en la potencia real o la reactiva suministrada por el generador. Tal incremento de carga aumenta la corriente tomada del generador. Si no cambiamos la resistencia de campo, la corriente de campo se mantiene constante, y por tanto, el flujo (también es constante).

Además, si el motor primario mantuviera su velocidad (constante), la magnitud del voltaje interno generado $E_A = k\omega\phi$ también sería constante.

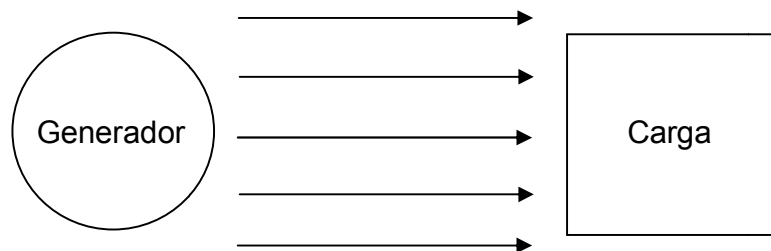


Figura 3.5 Esquema del GS bajo carga

Supongamos un generador síncrono reducido a su mínima expresión: monofásico, bipolar, una espira, y en los siguientes estados de carga:

a) Carga inductiva pura

En este caso los flujos aparecen en sentido contrario. Produciendo un efecto desmagnetizante, es decir que los flujos se restan; y además produciendo que los polos inducidos de igual nombre estén enfrentados.

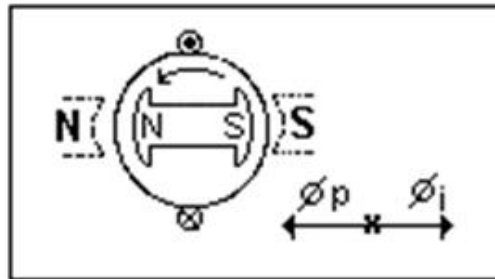


Figura 3.6 Esquema del GS y resta de flujos.

Supongamos que colocamos una carga con una f.d.p. en atraso y le adicionamos otra con el mismo f.d.p.; podemos observar que el valor de I_A aumenta pero mantiene el mismo ángulo de desfase con respecto a V_ϕ entonces tenemos un incremento en el valor de $jX_S I_A$ que como ya dijimos antes, debe conservar el mismo ángulo de desfase con respecto a V_ϕ y ya que el valor de E_A es constante, entonces se produce una disminución en el valor de V_ϕ tal como se muestra en el siguiente diagrama fasorial. Figura 3.7

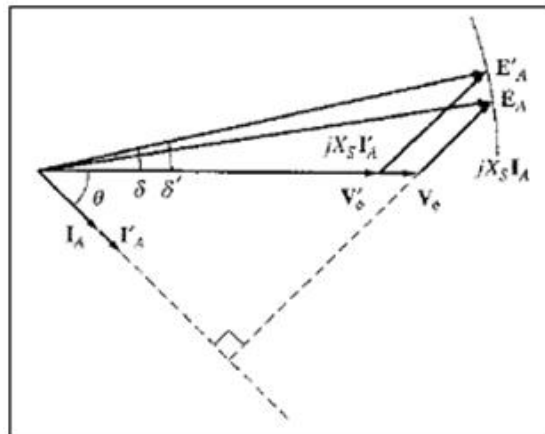


Figura 3.7 Diagrama Fasorial del GS con Carga Inductiva.

b) Carga resistiva

El flujo producido por los polos del rotor ϕ_p y el producido por las corrientes del inducido ϕ_i están desfasados. Generando así una distorsión del campo resultante.

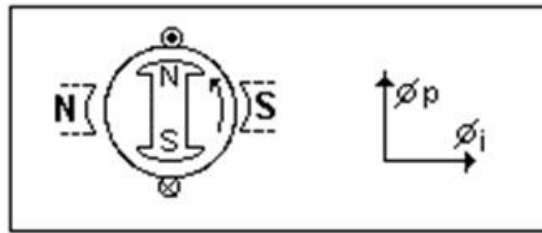


Figura 3.8 Esquema del GS y desfasaje de flujos.

Si tuviéramos un generador síncrono con una carga resistiva, le aplicamos otra con el mismo f.d.p. (f.d.p.=1), y teniendo en cuenta las mismas restricciones que en el caso anterior, podemos observar en el diagrama fasorial que el valor de V_ϕ crece ligeramente. Figura 3.9

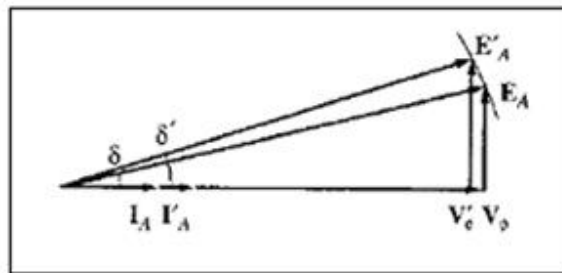


Figura 3.9 Diagrama fasorial del GS con Carga Resistiva.

c) Carga capacitiva pura

En este caso los flujos tienen igual sentido. Dando como consecuencia un efecto magnetizante, es decir que los flujos se van a sumar; y los polos inducidos contrarios enfrentados.

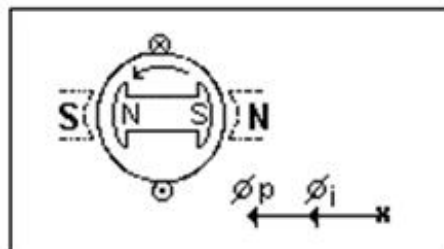


Figura 3.10 Esquema del GS y suma de flujos.



Capítulo 3



Del mismo modo que en los casos anteriores, si colocamos una carga con f.d.p. en adelante, y le agregamos otra con el mismo f.d.p. notamos que el valor de V_ϕ se incrementa realmente, es decir se produce un aumento de la tensión en sus terminales, tal como vemos en el diagrama fasorial. F

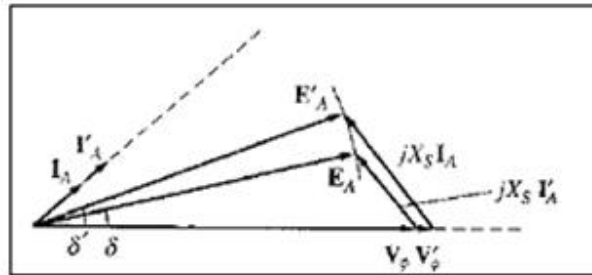


Figura 3.11 Diagrama Fasorial del GS con Carga Capacitiva

d) Carga R-L

En este caso los flujos están desfasados un ángulo que depende de la carga del generador; en consecuencia se produce un efecto desmagnetizante, la suma vectorial de los flujos es menor; y los polos de igual nombre enfrentados, se rechazan apareciendo un momento resistente. Figura 3.12

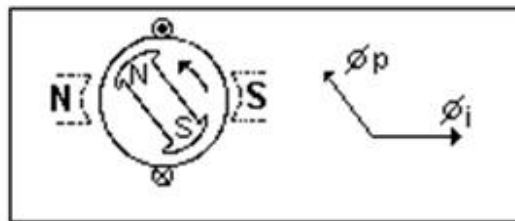


Figura 3.12 Esquema del GS y suma vectorial de flujos



Capítulo 3



3.2.1 Regulación de tensión de un generador síncrono

Una manera conveniente de comparar el comportamiento de los voltajes de los generadores síncronos es mediante su regulación de voltaje, que viene definida por la ecuación:

$$VR = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100 \%$$

Donde V_{nl} es el voltaje del generador en vacío y V_{fl} es el voltaje a plena carga del generador. Un generador síncrono que opera con factor de potencia en atraso tiene una regulación de tensión positiva muy grande; si opera con f.d.p. unitario, tiene una regulación positiva muy pequeña, y si opera a f.d.p. en adelanto tiene, regulación de voltaje negativo



Figura 3.13 Regulador de Voltaje.

Regulador de Velocidad

No hemos de confundir estos dispositivos con los reguladores de tensión de los alternadores, pues si bien actúan al unísono sobre el grupo, como elementos



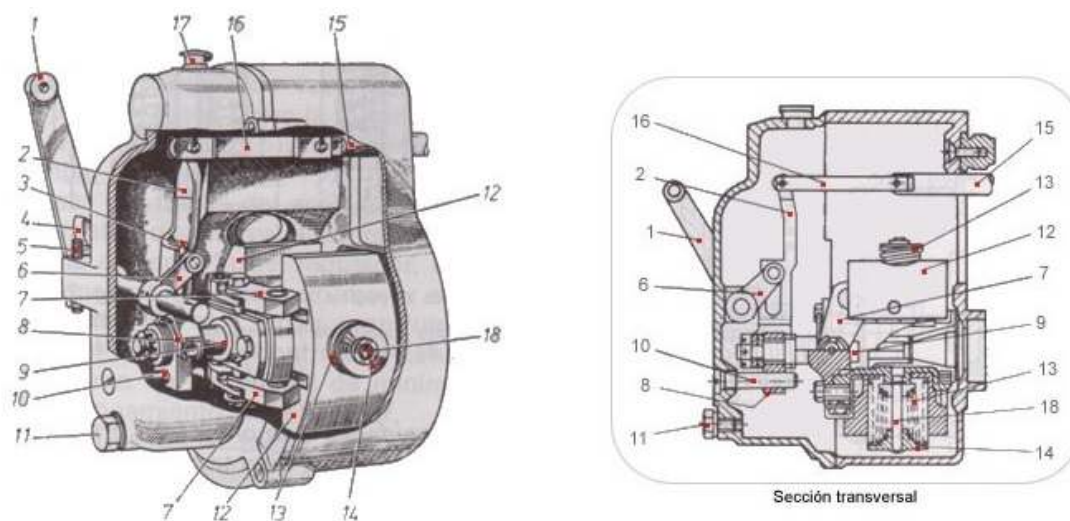
Capítulo 3



reguladores que son, sus funciones, aunque relacionadas, están perfectamente delimitadas.

Todo regulador de velocidad es el mecanismo, destinado a conseguir, en cualquier circunstancia, el equilibrio de los trabajos motor y resistente presentes en una turbina, manteniendo, sensiblemente constante, la velocidad de sincronismo del grupo ante todas las cargas solicitadas, protegiéndole, además, contra velocidades excesivas que pudieran surgir.

Los reguladores de velocidad toman un papel muy importante ya que permiten la variación de la carga sin perder su velocidad de sincronismo para no causar disturbios o daños en los equipos.



Regulador de velocidad centrífugo

- | | |
|-------------------------|---|
| 1.- Palanca acelerador | 10.- Perno de guía |
| 2.- Colisa | 11.- Tapón nivel de aceite |
| 3.- Dedo deslizante | 12.- Mesa rotante |
| 4.- Tope | 13.- Muelles reguladores de tensión |
| 5.- Tornillo de tope | 14.- Tuercas de ajuste |
| 6.- Palanca de mando | 15.- Cremallera |
| 7.- Palanca angular | 16.- Horquilla de articulación |
| 8.- Pieza articulación | 17.- Engrasador |
| 9.- Eje de articulación | 18.- Eje de desplazamiento de las masas |

Figura 3.14 Regulador de Velocidad Centrífugo



Capítulo 3



3.3 Curvas de Capacidad de Un Generador Síncrono

Las curvas de capacidad son unas curvas de potencia que nos muestran los límites de calentamiento del rotor y del estator, asumiendo que la tensión en bornes se mantiene constante y que $X_s \gg R_a$. Para explicar cómo es que se obtienen estas curvas, tenemos el siguiente diagrama fasorial de un generador con FP en atraso y a tensión nominal.

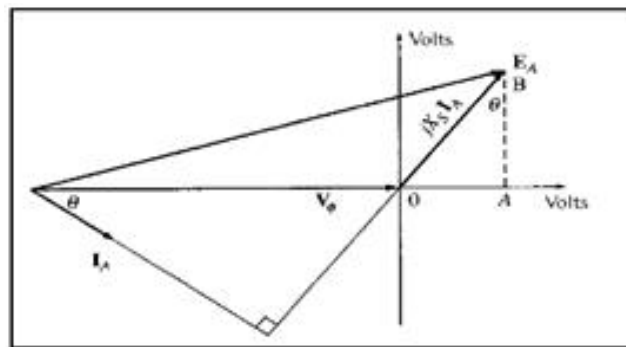


Figura 3.15 Diagrama Fasorial de un Generador con F.P. en Atraso

Primeramente colocamos unos ejes en el extremo de V_ϕ . A continuación multiplicamos estos valores por el factor $3V_\phi/X_s$ con la finalidad de cambiar la escala de los ejes a unidades de potencia, y de esta manera obtenemos un nuevo diagrama fasorial.

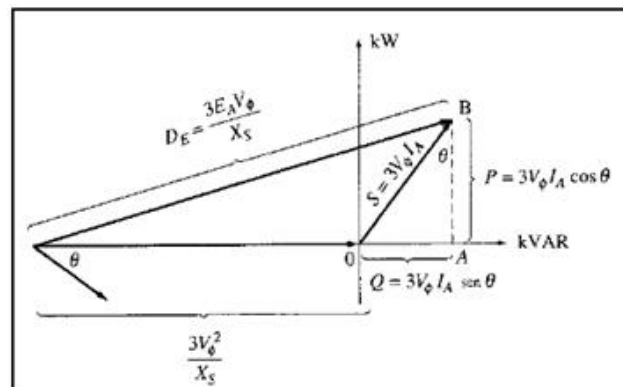


Figura 3.16 Diagrama Fasorial de un Generador con F.P. en Atraso en Unidades de Potencia



Capítulo 3



En este nuevo diagrama hay que notar que el origen del diagrama fasorial se encuentra en el punto $Q = -\frac{3V_{\phi}^2}{X_s}$ además que la longitud correspondiente a E_{af} sobre el diagrama viene dado por $D_E = -\frac{3V_{\phi}E_{af}}{X_s}$ y también que la proyección de $jX_s I_A$ es el valor de S. Por último hay que señalar que la curva de capacidad, es un dibujo de P vs Q, en la cual el límite del circuito de armadura viene dado por una circunferencia con centro en el origen y con radio "S"; y el límite de campo es una circunferencia con centro en Q" y radio D_E

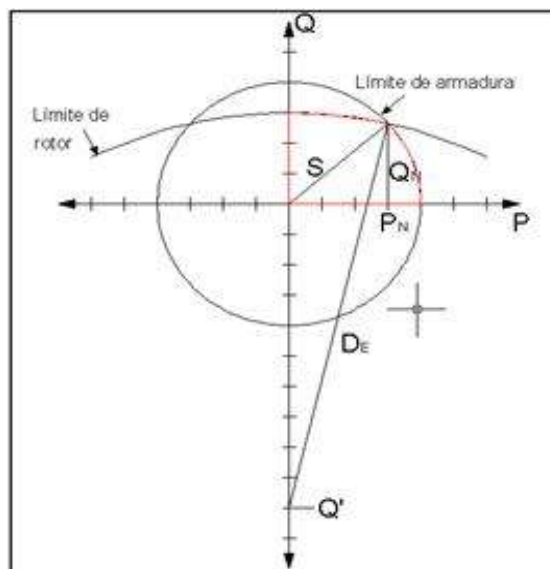


Figura 3.17 Curvas de capacidad del generador Síncrono.



Capítulo 4



Capítulo 4

Sistema de Control



Capítulo 4



4. SISTEMA DE CONTROL

Los sistemas de control son aquellos dedicados a obtener la salida deseada de un sistema o proceso. En un sistema general se tienen una serie de entradas que provienen del sistema a controlar, llamado planta, y se diseña un sistema para que, a partir de estas entradas, modifique ciertos parámetros en el sistema planta, con lo que las señales anteriores volverán a su estado normal ante cualquier variación.

Un sistema de control básico es mostrado en la Figura 4.1:

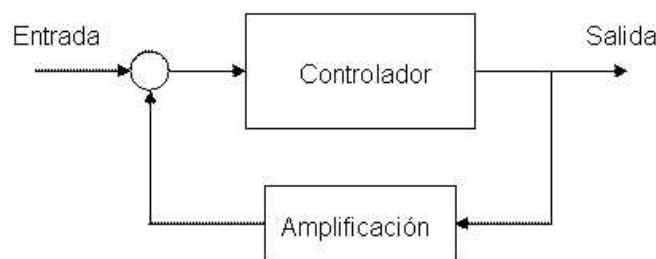


Figura 4.1 Diagrama de un sistema básico de control.

Hay varias clasificaciones dentro de los sistemas de control. Atendiendo a su naturaleza son analógicos, digitales o mixtos; atendiendo a su estructura (número de entradas y salidas) puede ser control clásico o control moderno; atendiendo a su diseño pueden ser por lógica difusa, redes neuronales...

Los principales tipos de sistemas de control son:

Sí/No. En este sistema el controlador enciende o apaga la entrada y es utilizado, por ejemplo, en el alumbrado público, ya que éste se enciende cuando la luz ambiental es más baja que un nivel predeterminado de luminosidad.



Capítulo 4



Proporcional (P). En este sistema la amplitud de la señal de entrada al sistema afecta directamente la salida, ya no es solamente un nivel prefijado sino toda la gama de niveles de entrada. Algunos sistemas automáticos de iluminación utilizan un sistema P para determinar con qué intensidad encender lámparas dependiendo directamente de la luminosidad ambiental.

Proporcional derivativo (PD). En este sistema, la velocidad de cambio de la señal de entrada se utiliza para determinar el factor de amplificación, calculando la derivada de la señal.

Proporcional integral (PI). Este sistema es similar al anterior, solo que la señal se integra en vez de derivarse.

Proporcional integral derivativo (PID). Este sistema combina los dos tipos anteriores.

Redes neuronales. Este sistema modela el proceso de aprendizaje del cerebro humano para aprender a controlar la señal de salida.

Circuitos de Lógica Programable

Los controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller) son dispositivos electrónicos diseñados para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los sensores y el programa lógico interno, actuando sobre los actuadores de la instalación.

De acuerdo con la definición de la "Nema" (National Electrical Manufacturers Association) un controlador programable es:



Capítulo 4



"Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1.5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos".

Funciones.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar.

Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación. Es decir, a través de los dispositivos de entradas, formados por los sensores (transductores de entradas) se logran captar los estímulos del exterior que son procesados por la lógica digital programada para tal secuencia de proceso que a su vez envía respuestas a través de los dispositivos de salidas (transductores de salidas, llamados actuadores).

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, en automóviles, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.



Capítulo 4



4.1 Tipos de Controlador

Los sistemas de control son agrupados en tres tipos básicos:

1. Hechos por el hombre. Como los sistemas eléctricos o electrónicos que están permanentemente capturando señales de estado del sistema bajo su control y que al detectar una desviación de los parámetros pre-establecidos del funcionamiento normal del sistema, actúan mediante sensores y actuadores, para llevar al sistema de vuelta a sus condiciones operacionales normales de funcionamiento.

Un claro ejemplo de este será un termostato, el cual capta consecutivamente señales de temperatura. En el momento en que la temperatura desciende o aumenta y sale del rango, este actúa encendiendo un sistema de refrigeración o de calefacción.

Por su causalidad pueden ser: causales y no causales. Un sistema es causal si existe una relación de causalidad entre las salidas y las entradas del sistema, más explícitamente, entre la salida y los valores futuros de la entrada.

Según el número de entradas y salidas del sistema, se denominan:

De una entrada y una salida o SISO (single input, single output).

De una entrada y múltiples salidas o SIMO (single input, multiple output).

De múltiples entradas y una salida o MISO (multiple input, single output).

De múltiples entradas y múltiples salidas o MIMO (multiple input, multiple output).

Según la ecuación que define el sistema, se denomina:

Lineal, si la ecuación diferencial que lo define es lineal.



Capítulo 4



No lineal, si la ecuación diferencial que lo define es no lineal.

Las señales o variables de los sistema dinámicos son función del tiempo. Y de acuerdo con ello estos sistemas son:

De tiempo continuo, si el modelo del sistema es una ecuación diferencial, y por tanto el tiempo se considera infinitamente divisible. Las variables de tiempo continuo se denominan también analógicas.

De tiempo discreto, si el sistema está definido por una ecuación por diferencias. El tiempo se considera dividido en períodos de valor constante. Los valores de las variables son digitales (sistemas binario, hexadecimal, etc), y su valor solo se conoce en cada período.

De eventos discretos, si el sistema evoluciona de acuerdo con variables cuyo valor se conoce al producirse un determinado evento.

Según la relación entre las variables de los sistemas, diremos que:

Dos sistemas están acoplados, cuando las variables de uno de ellos están relacionadas con las del otro sistema.

Dos sistemas están desacoplados, si las variables de ambos sistemas no tienen ninguna relación.

En función de la evolución de las variables de un sistema en el tiempo y el espacio, pueden ser:

Estacionarios, cuando sus variables son constantes en el tiempo y en el espacio.



Capítulo 4



No estacionarios, cuando sus variables no son constantes en el tiempo o en el espacio.

Según sea la respuesta del sistema (valor de la salida) respecto a la variación de la entrada del sistema:

El sistema se considera estable cuando ante una variación muy rápida de la entrada se produce una respuesta acotada de la salida.

El sistema se considera inestable cuando ante una entrada igual a la anteriormente se produce una respuesta no acotada de la salida.

Si se comparan o no, la entrada y la salida de un sistema, para controlar esta última, el sistema se denomina:

Sistema en lazo abierto, cuando la salida para ser controlada, no se compara con el valor de la señal de entrada o señal de referencia.

Sistema en lazo cerrado, cuando la salida para ser controlada, se compara con la señal de referencia. La señal de salida que es llevada junto a la señal de entrada, para ser comparada, se denomina señal de feedback o de retroalimentación.

Según la posibilidad de predecir el comportamiento de un sistema, es decir su respuesta, se clasifican en:

Sistema determinista, cuando su comportamiento futuro es predecible dentro de unos límites de tolerancia.



Capítulo 4



Sistema estocástico, si es imposible predecir el comportamiento futuro. Las variables del sistema se denominan aleatorias.

2. Naturales, incluyendo sistemas biológicos. Por ejemplo, los movimientos corporales humanos como el acto de indicar un objeto que incluye como componentes del sistema de control biológico los ojos, el brazo, la mano, el dedo y el cerebro del hombre. En la entrada se procesa el movimiento y la salida es la dirección hacia la cual se hace referencia.

3. Cuyos componentes están unos hechos por el hombre y los otros son naturales. Se encuentra el sistema de control de un hombre que conduce su vehículo. Éste sistema está compuesto por los ojos, las manos, el cerebro y el vehículo. La entrada se manifiesta en el rumbo que el conductor debe seguir sobre la vía y la salida es la dirección actual del automóvil.

Otro ejemplo puede ser las decisiones que toma un político antes de unas elecciones. Éste sistema está compuesto por ojos, cerebro, oídos, boca. La entrada se manifiesta en las promesas que anuncia el político y la salida es el grado de aceptación de la propuesta por parte de la población.

4. Un sistema de control puede ser neumático, eléctrico, mecánico o de cualquier tipo, su función es recibir entradas y coordinar una o varias respuestas según su lazo de control (para lo que está programado).

5. Control Predictivo, son los sistemas de control que trabajan con un sistema predictivo, y no activo como el tradicional (ejecutan la solución al problema antes de que empiece a afectar al proceso). De esta manera, mejora la eficiencia del proceso contrarrestando rápidamente los efectos.



Capítulo 4



4.3 Características de un Sistema de Control

1. Señal de Corriente de Entrada: Considerada como estímulo aplicado a un sistema desde una fuente de energía externa con el propósito de que el sistema produzca una respuesta específica.

2. Señal de Corriente de Salida: Respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con la respuesta que implicaba la entrada.

3. Variable Manipulada: Es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada. Es decir, se manipula la entrada del proceso.

4. Variable Controlada: Es el elemento que se desea controlar. Se puede decir que es la salida del proceso.

5. Conversión: Mediante receptores se generan las variaciones o cambios que se producen en la variable.

6. Variaciones Externas: Son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.

7. Fuente de Energía: Es la que entrega la energía necesaria para generar cualquier tipo de actividad dentro del sistema.

8. Retroalimentación: La retroalimentación es una característica importante de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de causas y efectos entre las variables de estado.

Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, este puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una



Capítulo 4



retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.

9. Variables de fase: Son las variables que resultan de la transformación del sistema original a la forma canónica controlable. De aquí se obtiene también la matriz de controlabilidad cuyo rango debe ser de orden completo para controlar el sistema.

Control Electrónico para un grupo electrógeno en sistema de transferencia.

Como se ha venido estudiando el sistema de control tiene la capacidad de automatizar y controlar los procesos secuenciales de un equipo, haciendo uso de entradas y salidas lógicas programables para realizar un determinado proceso, que en este caso es la protección de nuestro grupo electrógeno. Para ello encontramos que se han desarrollado diferentes tipos de controladores de diferentes marcas tales como:

Deep Sea Electronics:

Deep Sea DSE 7110 300 mA

Deep Sea DSE 7320 340 mA

Deep Sea DSE 5310 400 mA

Deep Sea DSE 8610 460 mA



Figura 4.2 Control electrónico Deep Sea



Capitulo 4



Figura 4.3 Control electrónico DATAKOM



Figura 4.4 Control electrónico Presertec



Figura 4.5 Control EMESA-POWER



Figura 4.6 Control FG WILSON



Capítulo 4



4.4 Descripción de protecciones

El grupo electrógeno cuenta con las siguientes protecciones:

a) Protección por baja presión de aceite.

Los grupos electrógenos cuentan con sistema de protección de baja presión de aceite el cual es un elemento que registra la caída de presión en caso de que esto ocurra y opera de la siguiente manera existiendo dos maneras de realizar la protecciones.

- Manómetro con contactos
- Sensor de presión de aceite

Manómetro con contactos: es un manómetro de presión de aceite conectado al motor el cual tiene un contacto que es accionado mecánicamente y esta calibrado para cuando se presente una caída de presión, las terminales internas del instrumento son la aguja indicadora y un tope ajustable que cierra cuando la presión disminuye a valores no aptos para su operación.

Sensor de presión de aceite: es un sensor con un elemento piezoeléctrico que registra el cambio de presión, modificando la resistencia en las terminales del sensor, este tipo de sensores requiere que se programe su curva de presión/resistencia en el control del motor/generador, y que se programe que presión se considera baja, para que el control mande una alarma o paro.

b) Protección por alta temperatura de refrigerante.

- Medidor de temperatura análogo (con contactos)
- Sensor de temperatura.



Capítulo 4



Medidor de temperatura: es un instrumento análogo el cual tiene un contacto que es accionado mecánicamente y está calibrado para que cuando se incrementa la temperatura del refrigerante del motor el contacto cambie de estado, y mande paro por alta temperatura, las terminales internas del instrumento son la aguja indicadora y un tope ajustable para que opere cuando se incremente la temperatura a valores no aptos para la operación del motor y mande paro del motor.

Sensor de temperatura: Es un sensor del tipo termistor que registra el cambio de temperatura, modificando la resistencia en las terminales del sensor, este tipo de sensores requiere que se programe su curva de temperatura/resistencia en el control del motor/generador, y que se programe que temperatura se considera alta, para que el control mande una alarma o paro.

c) Protección por sobrevelocidad.

Para el caso de los genset manuales esta protección es a través de bomba de combustible la cual se ajusta de fábrica (protección mecánica en la bomba de combustible) para evitar que sobre pase las revoluciones permitidas.

Para el caso de los genset manuales con control basado en microprocesador, como es el caso de las semiautomáticas y automáticas, el control integra un circuito de protección por sobrevelocidad y dependiendo del tipo de control este puede ser del siguiente tipo:

A través de una entrada análoga de medición de velocidad del control, el cual recibe la señal a través de un sensor magnético instalado en el motor. Y compara la velocidad actual del motor con la velocidad de referencia en este caso las 1800 rpm, el control manda a parar el motor.



Capítulo 4



A través de la frecuencia, es decir, mide la frecuencia de una de las entradas de medición de voltaje del control y compara la velocidad actual del motor con la velocidad de referencia en este caso los 60Hz y en caso de sobre pasar el valor del porcentaje manda a parar el motor.

A través de este mismo circuito de protección este tipo de controles proveen la medición de velocidad y adicionalmente se realizan las siguientes funciones.

- Control contra acción de motor de arranque cuando el motor está operando.
- Lectura de revoluciones del motor RPM.
- Paro por sobrevelocidad
- Control de falla de arranque



Figura 4.7 Panel Indicador de parámetros eléctricos



Capítulo 4



4.5 Sistema de Transferencia Automática.

El sistema de transferencia automática se usa en los grupos electrógenos automáticos ya que estas deben:

- Arrancar el grupo electrógeno cuando falle la energía de suministro normal.
- Alimentar la carga.
- Salir del sistema (grupo electrógeno) cuando la energía normal se restablece.
- Parar el grupo electrógeno.
- Todo en forma automática.

Este sistema se usa en aquellos lugares en que la falla de energía eléctrica puede causar graves trastornos, pérdidas económicas considerables ó pérdidas de vidas.

Se componen de dos partes:

- a) El interruptor de transferencia.
- b) El circuito de control de transferencia.



Figura 4.8 Transferencia por medio de contactores



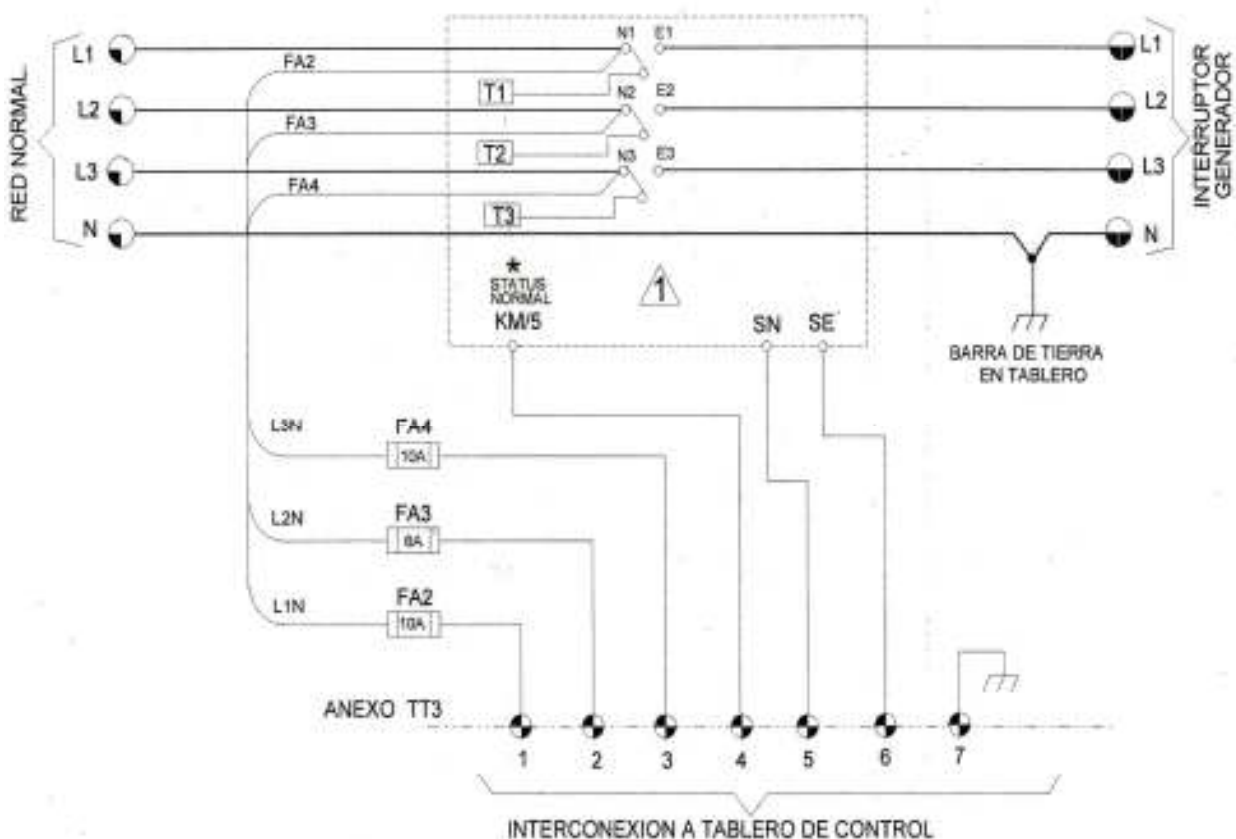
Capítulo 4



Interruptor de transferencia: consiste en un gabinete, donde se encuentran alojados los interruptores que se encargan de realizar la transferencia. (Cambio de Posición de los interruptores ON/OFF), estos operan eléctrica o mecánicamente, además de ser capaz de manejar toda la energía del generador; incluyendo la de la línea, que puede interrumpir la corriente que pasa en forma continua, así como los picos que sucedan sin dañarse.

Algunos interruptores de transferencia, van equipados con protección térmica y magnética la cual dependiendo del modelo de interruptor puede ser o no ajustable.

Circuito de control de transferencia.





Capítulo 4



NOMENCLATURA:

★ INDICA QUE LA CARGA ESTA DEL LADO DE NORMAL.
FA (2-4) PASTILLA PROTECCION TERMICA DE RED NORMAL.
SN SEÑAL DE RED NORMAL.
SE SEÑAL DE EMERGENCIA.
T1-T3 TERMINALES DE CARGA, DE LA TRANSFERENCIA.
TT3 TABLILLA TERMINAL ANEXO.

OBSERVACIONES:

1- EL CIRCUITO SE MUESTRA DESENERGIZADO.

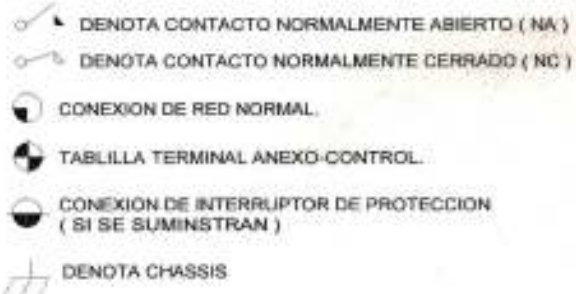


Figura 4.9 Diagrama Básico de Transferencia

Como se muestra en la Figura 4.9 la función principal de una transferencia es suministrar al sistema de energía continua teniendo una fuente independiente como respaldo y para ello es necesario mantener vigilado al sistema las 24 horas del día los 365 días del año.

Debido a lo anterior es necesario un sistema de control que opere bajo condiciones automatizadas sin necesidad de la intervención humana al presentarse una falla y de igual forma regresar al sistema de alimentación original al restablecer el problema en la red.

A continuación se presenta el diagrama básico del modulo de control, en donde se puede observar por secciones las partes que componen el sistema de control de una planta de emergencia ó grupo electrógeno, ver Figura 4.9

El circuito de control de transferencia está provisto por el Control del grupo electrógeno el cual por lo general se encuentra montado en el gabinete donde se encuentra la transferencia y es el que se encarga de realizar las siguientes funciones:



Capítulo 4



• Censar el voltaje de la red de normal a través del Sensor de voltaje, el cual puede detectar las siguientes fallas de la red, dando la señal de arranque al grupo electrógeno:

- ✓ Alto voltaje
- ✓ Bajo voltaje
- ✓ Inversión de fase
- ✓ Ausencia de voltaje en alguna o todas las fases

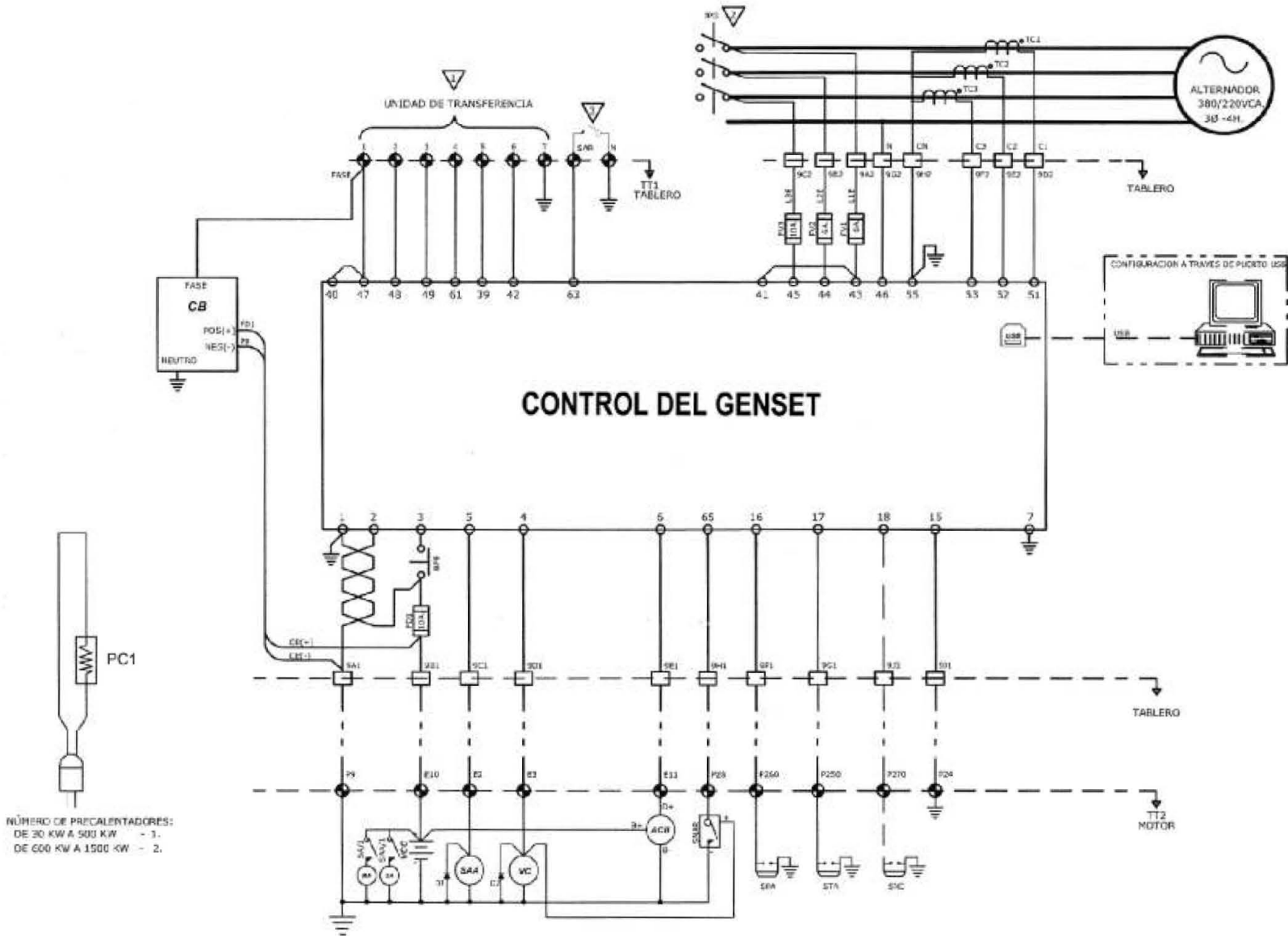
NOTA: Dependiendo del fabricante del control, el sensor de voltaje puede estar integrado en el control, o puede ser un elemento adicional siendo una condición de que todos los grupos electrógenos automáticos lo lleven.

Opera bajo las siguientes circunstancias:

1. Detecta el voltaje de la Red (Fallas en la red).
2. Cuando se presenta alguna falla de energía, manda la señal al grupo generador para operar.
3. Cuando el genset alcanza el voltaje y frecuencia nominal, el control lo detecta y permite que se realice la transferencia y así proveer la energía eléctrica necesaria para soportar la carga suministrada por el genset.
4. Cuando regresa la energía de la Red eléctrica comercial, el control lo detecta, se encarga que la re-transferencia se realice y hace parar el genset.



Capítulo 4





Capítulo 4

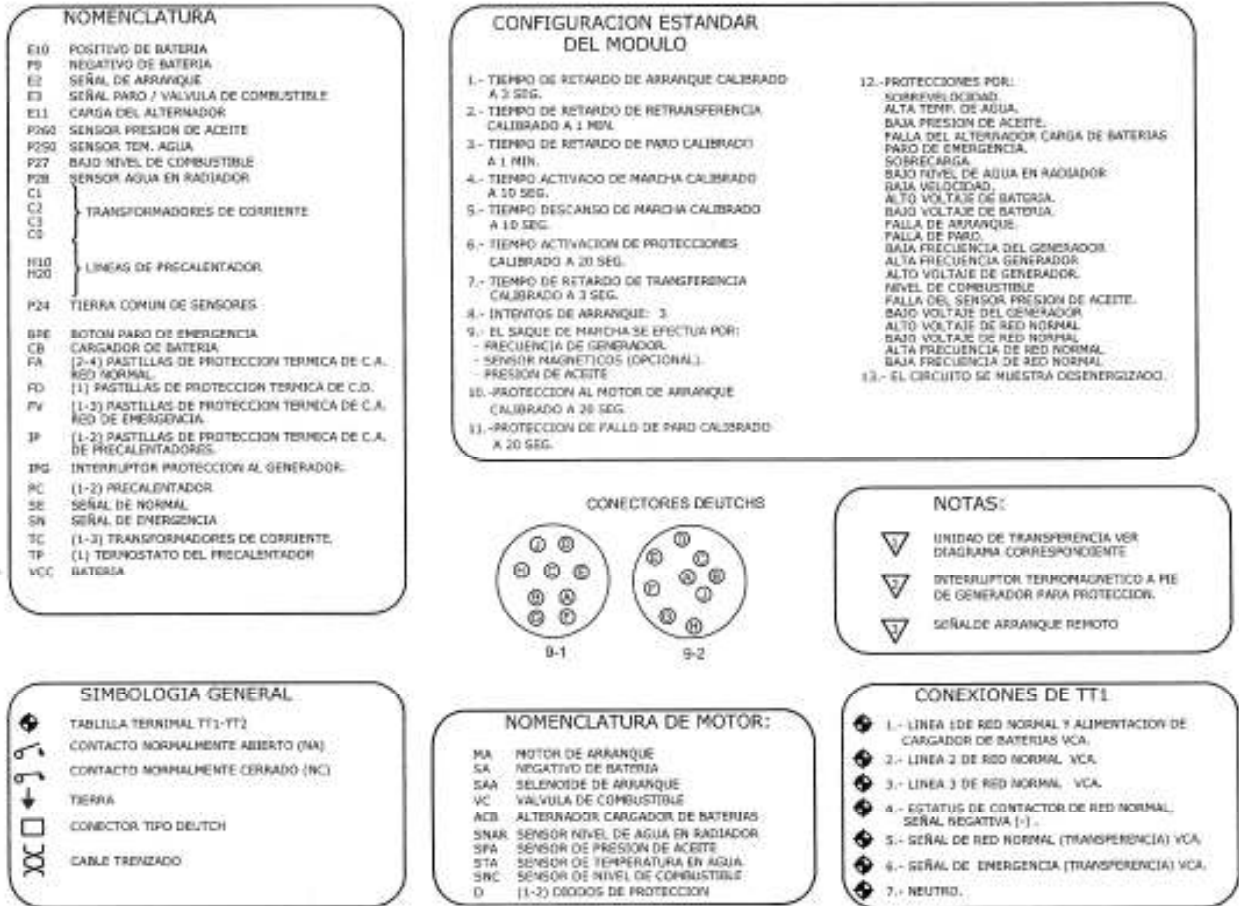
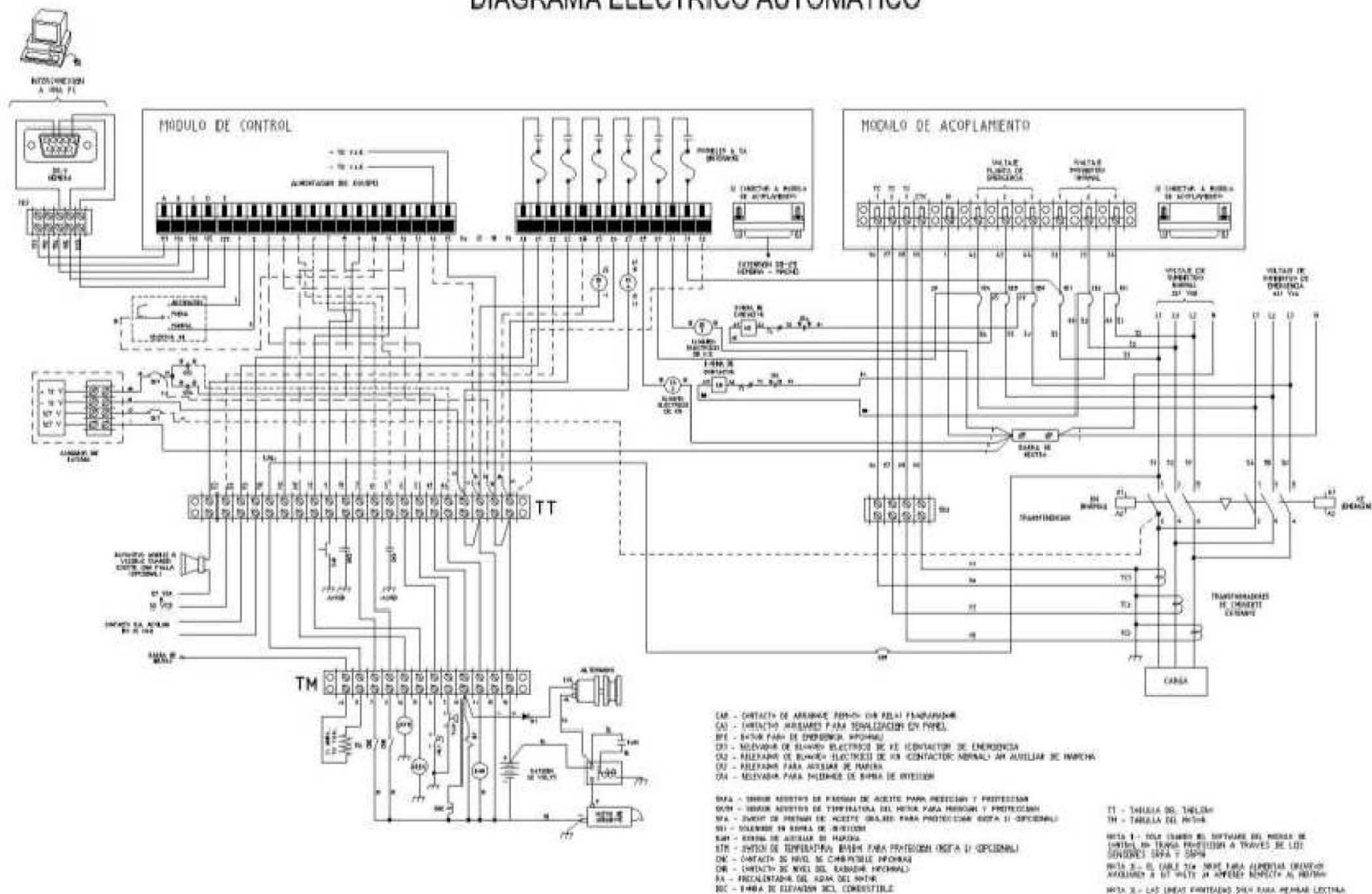


Figura 4.10 Diagrama básico del sistema de control



DIAGRAMA ELÉCTRICO AUTOMÁTICO



Capítulo 4



Figura 4.11 Diagrama eléctrico automático de un genset



Capítulo 4



4.6 Programación

Todos los micro controladores son diseñados con un software de programación que es cargado o instalado en una PC y mediante un puerto serie o interfaz de comunicación, interactúan y realizan ajustes en los parámetros eléctrico- electrónicos a fines del mismo.

Mediante este software es posible ajustar los parámetros de fabrica o bien, personalizar cada uno de ellos tomando en cuenta las limitaciones que deben considerarse para no dañar el grupo electrógeno, así como mejorar el funcionamiento y adaptarse a las condiciones requeridas por la carga.

A continuación se describe específicamente las características físicas y eléctricas a fin de conocer a fondo un controlador de un Genset.

4.6.1 Control Gencon II

Gencon II es una plataforma computarizada que combina mediciones eléctricas RMS (root mean square) correctas y reales con funciones de control y vigilancia.

La presente versión de software controla el arranque automático de grupos de emergencia en el momento de fallar la red, pone varios grupos en paralelo con la red o entre ellos, puede "exportar" potencia activa y reactiva a la red de forma continua o breve y también regula la marcha en paralelo entre grupos sin presencia de red.

Gencon II, basado en software "Standby Versión 1.6e" fue diseñado para la marcha en paralelo de uno o varios Grupos Electrógenos con la red o entre ellos y puede sustituir la red durante horas de tarifa alta con previa y posterior sincronización, para evitar cualquier interrupción de servicio en los consumidores,



Capítulo 4



aparte de su aplicación normal de emergencia. También controla la marcha en paralelo de varios grupos sin presencia de red. Incorpora la posibilidad de trabajar con generadores asíncronos que importan su potencia reactiva necesaria de la red.

Funciones Estándares

- ✓ Alta exactitud (0.5 %) y mediciones efectivas reales rms.
- ✓ Display de 29 parámetros eléctricos de generadores trifásicos conectados en estrella: Voltios (Fase/Fase y Fase/Neutro); Amperios, kVA, Kw, kVAr, kWh, Factor de Potencia, Frecuencia (resolución de 0.01 Hz) Y distorsiones armónicas. El Voltaje es lectura directa (no requiere transformadores) con un alto grado de protección transiente (Norma IEEE 587 clase C). Las lecturas de corriente requieren transformadores de entre 5A.
- ✓ Display de 3 parámetros de una fase auxiliar (barra o red): Voltios, Frecuencia (0.01 Hz) y distorsión armónica. El Voltaje es lectura directa con la misma protección Transiente.
- ✓ Display: Voltaje de Batería, Velocidad del motor (rpm) y contador de horas de servicio.
- ✓ Vigilancia: Sobrevelocidad del motor, Voltaje de Batería bajo o alto, Voltaje del generador bajo o alto, Frecuencia baja o alta, sobre intensidad generador (constante de tiempo inverso), potencia inversa del generador, pérdida excitación del generador, excesiva distorsión, forma de onda de voltaje del generador y fallo de fase auxiliar en barra o red.
- ✓ Proporciona entradas de alarma compatibles según Norma NFPA nivel 1 (U.S.A).
- ✓ Sincroniza los grupos con la fase auxiliar (barra o red). Proporciona un display con tiempo real de la maniobra de sincronización, con indicación de deslizamiento de frecuencia, desviación de fase y diferencia de voltaje, es decir sincronizador y sincronoscopio están incorporados.



Capítulo 4



- ✓ Controla la conmutación de grupo a red y viceversa según normas europeas. Permite la transferencia de carga sin interrupción alguna en cualquier momento, previo cumplimiento de las condiciones técnicas.
- ✓ Vigilia la marcha en paralelo de hasta 8 grupos.
- ✓ Reproduce un duplicado del monitor en un ordenador PC IBM compatible hasta una distancia de 1200 m y permite control y vigilancia a distancia de uno o todos los grupos conectados en paralelo.
- ✓ Facilita el ajuste de los numerosos parámetros del software a través de los pulsadores del panel principal o mediante ordenador.
- ✓ Memoriza alarmas de advertencia y parada con indicación de la hora del acontecimiento.
- ✓ Funciona perfectamente dentro de una gama amplia de voltaje de batería.
- ✓ Soporta caídas de tensión instantáneas. Permite temperaturas de ambiente entre -20 y +70 °C.
- ✓ Tiene un panel frontal sellado IP 65 para la protección contra polvo y salpicaduras de agua.



Figura 4.12 Control GENCON II Vista Frontal

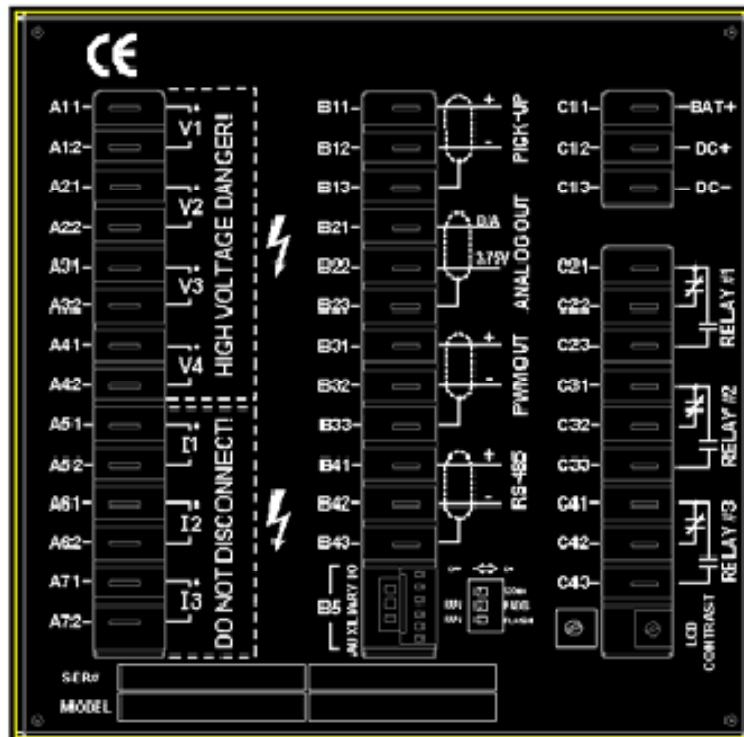


Figura 4.13 Control GENCON II Vista Trasera.

Descripción de los Led's

El LED verde debe parpadear siempre. Parpadeo, rápido indica una de las siguientes condiciones:

1. Presión de aceite del motor normal.
2. Velocidad del motor más que 60 rpm.
3. Frecuencia del generador más que 15 Hz.

Parpadeo del LED rojo indica la detección de un fallo que origina una parada del motor, LED amarillo indica la detección de un fallo que origina una alarma. Pulsar RESET para acusar fallos transitorios.



Capítulo 4



Descripción de terminales.

V1.V2.V3.V4 - Entradas de voltaje, estas entradas miden el voltaje C.A. entre Fases y Neutro. Están aislados internamente y ofrecen una alta protección contra transientes. (Figura 4.13).

V4 sirve de vigilante de red para otras aplicaciones stand-by. (Figura 4.13).

Conectar A11 a fase A del generador, A12 al Neutro del generador (Figura 4.13)

Conectar A21 a fase B del generador, A22 al Neutro del generador (Figura 4.13)

Conectar A31 a fase C del generador, A32 al Neutro del generador (Figura 4.13)

Conectar A41 a fase A de red/barra, A42 al Neutro de barra/red. (Figura 4.13)

I1, I2, I3 miden, a través de transformadores de corriente de 5 A, la intensidad de las fases A, B Y C. La potencia de un transformador de 5 A es de 2.5 VA.

NOTA: No desconectar los TC'S con carga, le puede ocasionar la muerte.

ANALOG OUT (Salida analógica)

Esta fuente de voltaje controla la velocidad y la alimentación del motor a través de una entrada auxiliar que tiene el regulador electrónico de velocidad como referencia.

Conectar B21 a la entrada positiva del regulador de velocidad (los fabricantes de reguladores la denominan "AUX", "ILS", etc.), (Figura 4.13).

Conectar B22 a la entrada negativa (que en algunos casos es simplemente equivalente al Terminal NEG BAT del regulador electrónico), NOTA: El conectar la terminal a la entrada de negativa del control ó a la Terminal B23, va a depender del tipo de motor que se está empleando. (Figura 4.13)



Capítulo 4



El PWM controla el nivel de tensión del generador para la sincronización con barra/red.

La entrada del sensor, B11/B12 PICK-UP, detecta la señal de corriente alterna desde aprox. 0.5 V rms ($\pm 0.7V$ entre picos), (Figura 4.13).

Entrada B41/B42 de la conexión RS485. (Se trata de un puerto de comunicación industrial Standard. Para poder conectar a PC u otro/s control/les Gencon II. Mediante cable blindado. Por ejemplo tipo BELDEN 9841. (Figura 4.13)

Tarjeta Auxiliar y AVR

Tarjeta Auxiliar IOB1 ó IOB2

IOB1 es una tarjeta auxiliar interfaz de entradas y salidas. Añade al GENCON un total de 16 canales de entradas y 8 de salidas.

Los canales se emplean para implementar las alarmas y pre-alarmas especificadas según norma americana NFPA 110 nivel 1 para el control del motor Diesel y los contactores generador/red.



IOB2

Figura 4.14 Tarjeta Auxiliar para Microcontrolador.



Capítulo 4



General

La tarjeta lleva 8 relevadores de salida, K#1 hasta K#8, accionando 24 terminales de salida. Los relevadores tienen configuración de contactos SPDT (un polo de doble contacto). Pertenecen 3 terminales a cada relé: polo, contacto N/C, contacto N/O. Cada contacto admite 380V c.a. / 10A

Relevadores:

- K#1 Pre-Caltmto (pre-calentamiento)
- K#2 SOLE.COMB. (Solenoides de combustible)
- K#3 STARTER (Marcha)
- K#4 TRamp AIRE (Trampilla de aire)
- K#5 BOMBA LUBR. (Bomba de prelubricación)
- K#6 en marcha (Grupo en marcha)
- K#7 CONT GEN (Contactor generador)
- K#8 CONT RED (Contactor de red)

Parámetros

GEN Sobrevolt. (Sobrevoltaje de Generador) Es el retardo desde la detección de un sobrevoltaje en cualquier fase del generador (V1, V2, V3) hasta que se produzca la alarma.

GEN bajo Volt. (Bajo voltaje de Generador) Es el retardo desde la detección de una baja tensión en cualquier fase del generador hasta que se produzca la alarma.

GEN Sobrefrec. (Alta frecuencia de Generador) Es el retardo desde la detección de alta frecuencia en la fase A (V1) hasta que se produzca la alarma.



Capítulo 4



GEN baja Frec. (Baja frecuencia de Generador), para baja frecuencia de la misma fase.

GEN SobreIn (Sobré intensidad del Generador) Es el retardo hasta declararse un fallo por sobré intensidad en cualquier canal I1, I2 o I3, proporcionalmente inverso a la corriente I de la fase: Is es el nivel de intensidad programado.

G invers.kW (Potencia inversa) Retardo desde la detección de potencia inversa en cualquier fase del generador hasta producirse la alarma.

G inv. KVAr (Corriente inversa) Retardo desde la detección de corriente inversa en cualquier fase del generador hasta producirse la alarma. Un motivo para corriente inversa puede ser la pérdida de excitación del generador.

G Arm %THD (alto porcentaje de distorsión) Retardo desde la detección de una distorsión de forma de onda de voltaje en cualquier fase del generador encima del valor ajustado hasta producirse la alarma.

DURACIÓN SY (tiempo de sincronización) El límite de tiempo para que GENCON consigue sincronizar fase y voltaje de V1 (generador) con V4 (red o barra).

PERMANENCIA SY (Tiempo de permanencia) Es el tiempo mínimo necesario para que la fase A (V1) del generador y la fase A (V4) de la red se mantienen dentro del margen especificado de fase y tensión para que reconozcan la sincronización

By-pass osci.kW (By-pass para oscilaciones de kW) Cuando se está trabajando en paralelo con la red, un repentino cambio de potencia activa es probablemente consecuencia de un fallo de la red Sin embargo, el entrar en paralelo con la red, notables oscilaciones de kW son normales. Suavizar este efecto mediante la prolongación del tiempo de sincronización no es aceptable. Tampoco es deseable de



Capítulo 4



incrementar Paralsbrcgga kW por encima del punto de oscilaciones, ya que, se pierde la efectividad de la protección contra una sobrecarga activa que es el resultado de un posible fallo de la red El presente retardo elimina durante el tiempo programado la alarma correspondiente y solamente durante el proceso de sincronización.

Test Retard (Limitación de tiempo para pruebas) Retardo desde activar momentáneamente el botón prueba, hasta la parada del grupo.

V4 Volts Estado (Estado tensión exterior = red o barra) Retardo desde la detección de transientes en la fase A (V4) de la red hasta producirse la alarma.

Standby CON (Respuesta a fallo de red en AUTO) Retardo desde la detección de fallo de tensión en fase A (V4) de red hasta producirse la orden de arranque del grupo en selección AUTO.

Diesel PRECLTMO (Precalentamiento motor) Tiempo de precalentamiento del motor antes de recibir orden de arranque.

Durac.ARRANQUE (virar motor) límite de tiempo para virar el motor por el sistema de arranque.

Pausa ARRANQS. Retardo entre intentos de arranque.

ESTABILIZA Max (Estabilización valores iniciales) Tiempo máximo permitido para que se establezcan valores “normales” de voltaje, frecuencia y presión de aceite, después de haber detectado la velocidad de encendido del motor.

ESTABILIZA Min (Transferencia de Carga) Retardo de tiempo hasta transferencia de carga después de haber detectado la velocidad de encendido del motor o tensión nominal del generador.



Capítulo 4



ENFRIAMTO (Tiempo de enfriamiento) Tiempo de enfriamiento del grupo sin carga.

PARADA Max (Tiempo parada) Retardo de tiempo antes de bloquear completamente la alimentación de combustible que provocará la parada del grupo.

BOCINA Max (Máximo tiempo alarma acústica) Máxima duración de una alarma acústica.

CON.B.Aceite (Conexión Bomba prelubricación) Tiempo de conexión (ciclo) de la bomba de prelubricación.

DES.B.Aceite (Desconexión Bomba prelubricación) Tiempo de desconexión (ciclo) de la bomba de prelubricación.

Retard enclvmto (Transferencia no sincronizada de carga) Tiempo mínimo antes de la conmutación = reconectar generador o red a carga. El retardo es fundamental con carga de motores síncronos.

RET AcuseContact (Retardo de acusar situación de contactores) Tiempo límite desde la orden a contactor de generador o red para detectar voltaje a los contactos auxiliares de los contactores. Una vez pasado el tiempo límite se produce una parada automática.

Kw. CuotaInc. Retardo hasta incrementar otra vez la Cuota de Exportación al detectar los Kw. Programados en PTO AJUSTE kW CuotaIncr.

Kw. CuotaDis Retardo hasta disminuir la Cuota de Exportación al detectar los Kw. Programados en PTO AJUSTE



Capítulo 4



Kw. CuotaDism.

R1 Orr → On Retardo hasta que se conecte relé R1 al detectar los kW programados en PTO AJUSTE Kw CARGA → R1 ON.

R1 On → Off Retardo hasta que se desconecte relé R1 al detectar los kW programados en PTO AJUSTE kW CARG → R1 OFF.

Nota: los apartados de Opciones de ajuste, Opciones, Detalles, Básicos y Ajuste del sincronizador. Es recomendable ver directamente en el manual de operación del control Gencon II.



Capitulo 6



Capitulo 5

Sistema de Tierras



Capítulo 6



5. CALCULO DE SISTEMA DE TIERRAS

5.1 Memoria de cálculo de sistemas de tierras.

Su principal objetivo, es dimensionar y verificar el sistema de puesta a tierra (PAT) en una planta de emergencia.

Para este cálculo se han seguido los lineamientos de las siguientes normas:

- VDE 0141: earthing Systems in A. C.
- ANSI / IEEE STD. 80-1986: IEEE Guide for safety in A.C. Substation Grounding.
- Especificación N° 75 de Agua y Energía Eléctrica.

Premisas Adoptadas.

- ✓ Como sistema de protección se adoptara una malla de conductores de cobre desnudo.
- ✓ Para el cálculo de la malla mencionada, se adopto una corriente de cortocircuito a tierra de: 2.5 kA
- ✓ El valor de falla a tierra en media tensión (6.6 KV), no se ha adoptado para el diseño, debido a que el centro de estrella del transformador reductor, se encontrara rígidamente conectado a la malla de la planta, por lo que ante una falla, la circulación de corriente se realizara en forma galvánica y no a través de tierra.
- ✓ De acuerdo al tipo de suelo predominante en la zona, arcillas compactas y arena arcillosa se adopto un valor de resistividad del suelo de 100 ohm/m.



Capítulo 6

- ✓ Se adopta el criterio de vincular la nueva malla de puesta a tierra, con otras mallas existentes.
- ✓ Todos los equipos de la nueva planta se deberán conectar rígidamente a la malla.

Descripción del método de cálculo.

Solicitaciones térmicas del conductor para el cálculo de la sección del conductor. Se aplicara la formula siguiente.

$$S_{min} (mm^2) = \frac{1000 \times I_s \times \sqrt{t}}{\sqrt{\left(9.64 \times \frac{c \times g}{P \times a} \times \log(1 + a \times (T_g - T_1))\right)}}$$

- I_s (KA) = Valor eficaz de la corriente de cortocircuito promedio durante un tiempo t .
- t = Duración del cortocircuito.
- c (cal/g x °C) = Calor especifico del cobre.
- g (g / cm³.) = Peso especifico del cobre.
- P (Ω x mm² / m) = Resistividad del cobre a temperatura T_1 .
- T_g = Temperatura final del conductor (se adopta $T_g = 200$ °C).
- T_1 = Temperatura inicial del conductor (se adopta $T_1 = 40$ °C).
- $a = 0.004$.

5.1.1 Calculo de la Resistencia de la Malla

$$R_m = 0.318 \times \frac{\zeta}{LM} \times \left(2.303 \times \log \frac{2 \times Lm}{\sqrt{\phi \times c \times 0.7}} + K_1 \times \frac{LM}{\sqrt{A}} - K_2\right)$$



Capítulo 6



R_m = Resistividad de la malla en (ohm).

ζ = Resistividad media del terreno ($\Omega \times \text{mt}$).

L_M = longitud total de los conductores enterrados (mt).

ϕ_c = Diámetro del conductor de la malla (mt).

h = Profundidad de implantación, se adopta $h = 0.7$ mt.

A = Área de la malla (m^2).

K_1 y K_2 = Coeficientes obtenidos en los gráficos que pertenecen a la norma IEEE.

Fórmula para calcular la resistencia de un cable horizontal:

$$R = (\rho / 3.14 L) * \ln (2L/d) \quad L = \text{largo del cable}; d = \text{diámetro del cable.}$$

5.1.2 Distribución de las Corrientes.

$$\text{Malla en Estudio,} \quad I_m = (I_s \times R_T) / R_m$$

La corriente de falla se drenará en partes proporcionales, según el valor de resistencia de las mallas existentes, conectadas rígidamente entre sí.

$$I_{mA} = (I_s \times R_T) / R_{mA}$$

5.1.3 Tensión de paso

$$V_p = \frac{0.16 \times \zeta \times I_m}{L_m \times h} \quad [V]$$



Capítulo 6



5.1.4 Tensión de Contacto

$$V_c = \frac{0.7 \times \zeta \times I_m}{L_m} \quad [V]$$

5.1.5 Gradiente en la Periferia Interior de la malla

$$V_g = \frac{4 \times \zeta \times I_m}{D^2} \quad \left[\frac{V}{mt} \right]$$

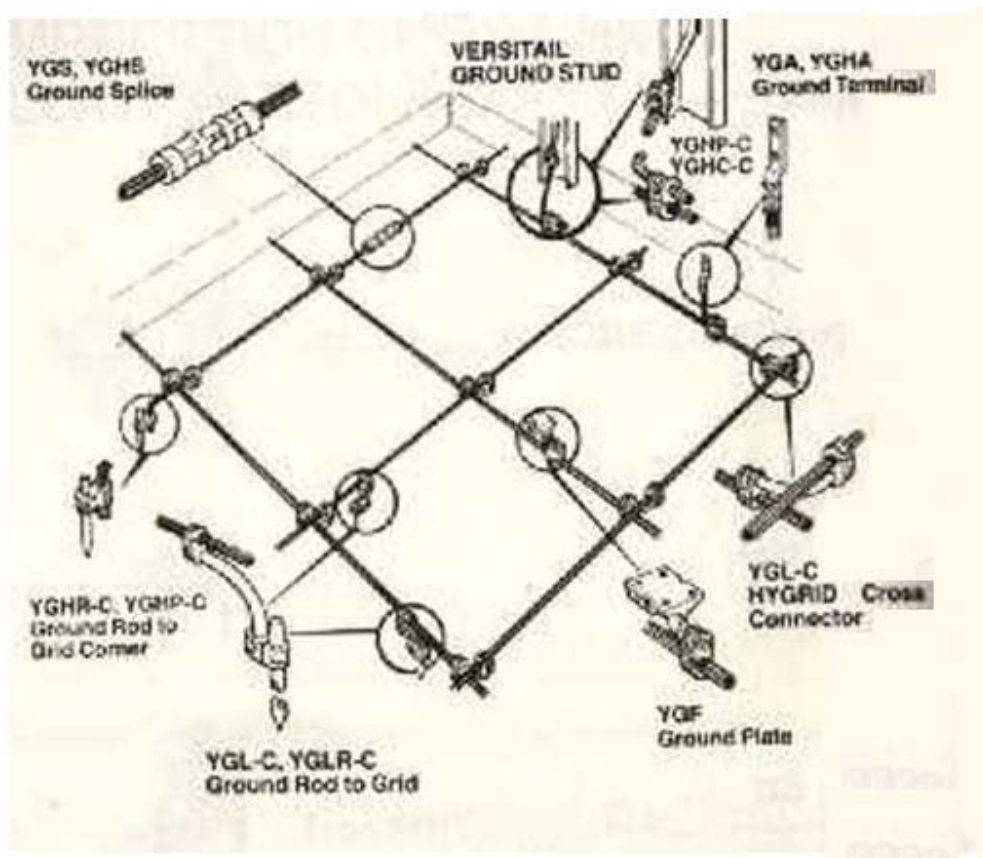


Figura 5.1 Instalación de Sistema enmallado con múltiples electrodos.



Capítulo 6



5.2 Desarrollo del cálculo.

Se calculara el valor de la resistencia de la Malla, adoptando una longitud de cable enterrado de 250 mts, el área equivalente adoptada es de 2500 m².

Calculo del Conductor de la Malla

$$S_{min} (mm^2) = \frac{1000 \times 2.5 \times \sqrt{0.3}}{\sqrt{\left(9.64 \times \frac{0.0925 \times 8.9}{0.019 \times 0.004}\right) \times \log(1 + 0.004 \times 160)}}$$

$$S_{min} (mm^2) = 9.14 (mm^2)$$

Se adopta una sección de trabajo de $S = 95 \text{ mm}^2$ por razones mecánicas para el montaje.



Figura 5.2 Conexión soldable Cadwell y Conductor para Sistema de Tierras.



Capítulo 6



Resistencia de la Malla

$$R_m = 0.318 \times \frac{100}{250} \times (2.303 \times \log \frac{2 \times 250}{\sqrt{0.0126 \times 0.7}} + 1.08 \times \frac{250}{\sqrt{2500}} - 4.4)$$

$$R_m = 1.22(\Omega) < 3(\Omega) \text{ Valor aceptable para una malla se seguridad.}$$

Resistencia del conjunto de Mallas

Las tres mallas se interconectarán entre sí, mediante dos contrapesos de 95 mm².

No se considera en este cálculo la influencia de la malla de la subestación de 33 KV.

Tampoco el aporte de los ramales de cable de 35 mm², que vinculan los equipos con la malla. Se adopta una resistencia de 0.8 (Ω), para las dos mallas existentes.

Calcularemos el paralelo de las tres mallas:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{ma}} + \frac{1}{R_{mB}} + \frac{1}{R_m}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{0.8} + \frac{1}{0.8} + \frac{1}{1.22}$$

$$R_t = 1.25 + 1.25 + 0.82$$

$$R_t = 0.30 [\Omega]$$



Capítulo 6



Distribución de las Corrientes

$$I_{mA} = \frac{I_s \times R_t}{R_{mA}} = \frac{2.5 \times 0.3}{0.8} = 0.94 \text{ [KA]}$$

$$I_{mB} = 0.94 \text{ [KA]}$$

$$I_m = \frac{I_s \times R_t}{R_m} = \frac{2.5 \times 0.3}{1.22} = 0.62 \text{ [KA]}$$

$$I_m = 0.62 \text{ [KA]}$$

Calculo de la Tensión de Paso

Aplicaremos el valor de corriente que drena la malla en estudio = 0.62 [KA]

$$V_p = \frac{0.16 \times 100 \times 620}{250 \times 0.7} = 57 \text{ [V]}$$

Este valor debe ser menor al máximo admisible que se calcula con la siguiente fórmula:

$$Ec70 = (1000 + (1.5 \times \zeta)) \times \left(\frac{0.157}{\sqrt{t}} \right)$$

Siendo t: El tiempo probable de actuación de las protecciones eléctricas del sistema.

Este tiempo es contemplativo para protecciones directas o indirectas, y también para fusibles NH.



Capítulo 6



$$Ec70 = (1000 + (1.5 \times 100)) \times \left(\frac{(0.157)}{\sqrt{0.1}} \right) = 570 [V]$$

Es decir $V_p < Ec70$, verifica el cálculo

Calculo de la tensión de Contacto

$$V_c = \frac{0.7 \times \zeta \times I_m}{L_m} = \frac{0.7 \times 100 \times 620}{250}$$

$$V_c = 174 [V]$$

Este valor debe ser menor al máximo admisible, que se calcula con la siguiente formula de la Norma IEEE 80:

$$Ep70 = (1000 + (6 \times \zeta)) \times \left(\frac{(0.157)}{\sqrt{t}} \right)$$

$$Ep70 = (1000 + (6 \times 100)) \times \left(\frac{(0.157)}{\sqrt{0.1}} \right) = 794 [V]$$

De esta manera $V_p < Ep70$, se verifica la hipótesis de cálculo.

Calculo en la Periferia Interior de la malla

$$V_g = \frac{4 \times \zeta \times I_m}{D^2} = \frac{4 \times 100 \times 620}{(70)^2} = 50.6 [V]$$

$V_g < V_p$, se verifica la hipótesis de cálculo.



Capítulo 6



Los valores obtenidos en los diferentes cálculos, satisfacen los rangos permitidos para este tipo de mallas de puesta a tierra.

Para obtener los valores máximos, se utilizó un tiempo de actuación de las protecciones de 0.1 seg. Si los tableros de alimentación del sistema 380 VCA, no tuvieran protecciones muy sensibles para fallas monofásicas, el tiempo se considerara en 0.4 seg.

Con este tiempo los máximos serán de:

$$E_{c70} = (1000 + (1.5 \times 100)) \times \left(\frac{(0.157)}{\sqrt{0.4}} \right)$$

$$E_{c70} = 285 [V]$$

$$E_{p70} = (1000 + (6 \times 100)) \times \left(\frac{(0.157)}{\sqrt{0.4}} \right)$$

$$E_{p70} = 397 [V]$$

Referidos a personas que pesan 70 kg aprox.



Capitulo 6



Capitulo 6

Costos del Proyecto



Capítulo 6



6 COSTOS DEL PROYECTO

6.1 Determinación del costo del material a utilizar.

Esta sección comprende el análisis de precios unitarios para obtener el mayor costo beneficio, de los materiales necesarios para el desarrollo e implementación del proyecto, el software que se utiliza en este caso es NEO DATA, el cual tiene una gama extensa de precios y proveedores del mercado, los cuales están actualizándose constantemente, además de ser una herramienta muy poderosa para implementar el estudio de los costos de materiales y mano de obra.



Figura 6.1 Software de Precios unitarios NEODATA



Capítulo 6



A continuación se enlista una serie de precios unitarios, los cuales cuentan con un análisis de costos que llevan a un buen resultado de ganancia tanto para el cliente como para el proveedor que lo ejecuta.

Obra: C:\Neow2009\Maestros\COTIZADOR ENERO 2009.pu6 - [Maestro]

Archivo Edición Ver Catálogos Herramientas Ventana ?

4 BASICOS

Código	Ver	Tipo	Texto completo	Unidad	Costo M.N.	Costo Total	Fecha
TATRI		4	Tapial de 2.40 m., de altura a base de postes con p	M	352.58	352.58	14/04/2010
DCPA10		4	Demolición de pavimento de concreto asfáltico de 10	M2	42.98	42.98	14/04/2010
EAM02IB		4	Excavación a cielo abierto, por medios manuales de	M3	103.27	103.27	14/04/2010
D151543A		4	Cadena de 15x15 cm. de concreto hecho en obra de	M	186.76	186.76	14/04/2010
D153043		4	Cadena de 15x30 cm. de concreto hecho en obra de	M	269.69	269.69	14/04/2010
C153064E15		4	Cadena de 15x30 cm. de concreto premezclado de	M	315.69	315.69	14/04/2010
LOSACERO1		4	Losacero cal. 18, armada con malla electrosoldada	M2	491.38	491.38	14/04/2010
APLF15PA		4	Aplanado acabado fino en muros, con mezcla ceme	M2	123.86	123.86	14/04/2010
DESMCIA		4	Desmontaje de cristales de canceleria de aluminio e	M2	48.2	48.2	14/04/2010
DESMCEA		4	Desmontaje de canceleria de aluminio de fachada, i	M2	60.26	60.26	14/04/2010
CADW-GRC		4	Suministro e instalacion de conector Cadweld cable	PZA	167.95	167.95	14/04/2010
TUN13		4	Tubo de fierro negro ced.40 de 13 mm. de diámetro,	M	67.81	67.81	14/04/2010
CN9013		4	Codo de fierro negro de 90°x13 mm. de diámetro, in	PZA	38.33	38.33	14/04/2010
TURN13		4	Tuerca unión de fierro negro de 13 mm. de diámetro,	PZA	70.69	70.69	14/04/2010
NG1310		4	Niple galvanizado de 13 mm. de diámetro por 10 cm	PZA	37.07	37.07	14/04/2010
SQK36225		4	Interruptor termomagnetico KAL36225, 3P 225A, 60	PZA	15135.55	15135.55	14/04/2010
NPVCP75		4	Conector conduit pvc pesado de 75 mm. de diámetr	PZA	101.82	101.82	14/04/2010
PPVCP75		4	Cople conduit pvc pesado de 75 mm. de diámetro, in	PZA	91.94	91.94	14/04/2010
CPVCP75		4	Codo conduit pvc pesado de 75 mm. de diámetro, in	PZA	91.57	91.57	14/04/2010
TPDG25		4	Tubo conduit pared delgada galvanizado de 25 mm.	M	48.51	48.51	14/04/2010
CPDG25		4	Codo conduit pared delgada galvanizado de 25 mm	PZA	54.26	54.26	14/04/2010
PPDG25		4	Cople conduit pared delgada galvanizado de 25 mm	PZA	16.81	16.81	14/04/2010
NPDG25		4	Conector conduit pared delgada galvanizado de 25 n	PZA	17.28	17.28	14/04/2010
TLQ25		4	Tubo conduit licuatite de 25 mm. de diámetro, incluy	M	49.38	49.38	14/04/2010
CLQR25		4	Conector recto licuatite de 25 mm. de diámetro, incl	PZA	40.09	40.09	14/04/2010
THWC2/0		4	Suministro e instalación de cable thw cal. 2/0, de la	M	130.53	130.53	14/04/2010
D2		4	Suministro e instalación de cable de cobre desnudo	M	44.68	44.68	14/04/2010
THWC12		4	Suministro e instalación de cable thw cal. 12, de la	M	11.09	11.09	14/04/2010
QO2		4	Centro de carga tipo QO-2, con dos interruptores ter	PZA	425.87	425.87	14/04/2010
SQQO120		4	Interruptor termomagnetico QO 1x20 A, 120/240	PZA	111.83	111.83	14/04/2010
TPDG13		4	Tubo conduit pared delgada galvanizado de 13 mm.	M	26.98	26.98	14/04/2010
PPDG13		4	Cople conduit pared delgada galvanizado de 13 mm	PZA	13.01	13.01	14/04/2010
NPDG13		4	Conector conduit pared delgada galvanizado de 13 n	PZA	13.56	13.56	14/04/2010
CL-17		4	Condulet Serie 7 ovalada, Cat. No. L-17 de 13 mm. c	PZA.	159.49	159.49	14/04/2010
CT-17		4	Condulet Serie 7 ovalada, Cat. No. T-17 de 13 mm. c	PZA.	153.25	153.25	14/04/2010
AFS-1		4	Condulet Serie Rectangular Tipo FS, Cat. No. FS-1,	PZA.	128.33	128.33	14/04/2010

Figura 6.2 Catalogo general de precios unitarios calculados.



Capítulo 6



6.2 Análisis de precios unitarios del proyecto.

En esta sección se presentan las fichas técnicas de todos y cada uno de los conceptos y desarrollo del costo unitario del trabajo que se está ejecutando, basándose en un promedio de ejecución del trabajo a realizar por parte del personal, mano de obra, herramienta y materiales, con la finalidad de que los costos sean revisados y autorizados por el cliente quedando a su entera satisfacción.

MI NEGOCIO, S.A. DE C.V.

DEPENDENCIA: NEGOCIO, S.A. DE C.V.
 AREA METROPOLITANA
 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Fecha: 2013/10/05

OBRA: MANTENIMIENTO CORRECTIVO

ANALISIS DE BASICOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe
Partida: A01		Análisis No.: 1			
	CPRECAL	PZA			
CODIGO: Precalentador con termostato integrado de 1000 watts, 110 volts, para planta de emergencia hasta 60 KW. Incluye: Mano de obra, herramienta, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.					
MATERIALES					
	PL1000WPRECALENTADOR 1000 WATTS 110 [V]	PZA	\$1,103.01	1.000000	\$1,103.01
	%MO3MATERIALES MENORES	%	\$440.42	0.030000	\$13.21
SUBTOTAL: MATERIALES					\$1,116.22
MANO DE OBRA					
	1T1ECUADRILLA No 21 (1 TECNICO+ 1 AY.ESP.)	JOR	\$960.92	0.458333	\$440.42
SUBTOTAL: MANO DE OBRA					\$440.42
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
	%MO1HERRAMIENTA MENOR	%	\$440.42	0.030000	\$13.21
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$13.21
Costo Directo:					\$1,569.85
INDIRECTOS			15%		235.48
SUBTOTAL					1805.33
FINANCIAMIENTO			2.5%		45.13
SUBTOTAL					1850.46
UTILIDAD			8%		148.04
PRECIO UNITARIO					1998.50
(* UN MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y OCHO PESOS 50/100 M.N. *)					

DIRECTOR GENERAL. ING. LUIS MIGUEL ORTÍZ

Figura 6.3 Ficha técnica del desarrollo de un costo unitario



Capitulo 6



6.3 Ajustes y optimización del costo

A continuación presento una instalación de una planta de emergencia que fue realizada y supervisada por un servidor en el 2010, en la cual se desarrollaron, costos, precios unitarios, generadores, diagramas, etc.

ORDEN: 7081607-1

N° DE

FOLIO **MC-ED-1662**

SEMANA

21

MI NEGOCIO, S.A. DE C.V.

Tienda: **IZTAPALAPA**

Obra: **INSTALACION ELECTROMECHANICA DE P.E. 60 KW**

Tipo: **EDIFICIO**

Clave	Descripción	Unidad	Cant.	Costo Dir.	Importe
OBRA CIVIL					
5.00100	Trazo por medios manuales para ubicación de muros y pisos en interiores o para ubicación de cortes en zanjas en avenidas para obras exteriores, estableciendo ejes auxiliares, pasos y referencias, en locales existentes. Incluye: mano de obra, herramienta y equipo topográfico. Aplica únicamente en tiendas nuevas en local.	m2	26.65	\$ 3.35	\$ 89.28
TATRI	Tapial de 2.40 m., de altura a base de postes con polin de 4"X4" de madera de pino de 3a, hincados en el terreno con contraventeos a base de barrote de pino de 1 1/2"x 3 1/2" y triplay de pino de 16 mm, de espesor, incluye: desinstalación y recuperación en favor del contratista, mano de obra, equipo y herramienta.	m2	41.72	\$ 352.58	\$ 14,711.05



Capítulo 6



DCPA1 0	Demolición de pavimento de concreto asfáltico de 10 cm., de espesor a mano, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	m2	4.80	\$ 42.98	\$ 206.30
EAM02I B	Excavación a cielo abierto, por medios manuales de 0 a -2.00 m, en material tipo I, zona B, incluye: mano de obra, equipo y herramienta	m3	2.48	\$ 103.27	\$ 256.11
9.02000	Concreto f'c = 200 kg/cm2 elaborado en obra para formar cimentación con mezclado en revolvedora, colado, vibrado, Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	m3	1.26	\$ 1,152.02	\$ 1,451.55
9.01200	Varilla corrugada del No. 3 (3/8") fy = 4,200 kg/cm2 en cimentación, con dimensionamiento, cortes, dobleces, amarres y colocación. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	kg	20.40	\$ 17.19	\$ 350.68
20.0010 0	Base de concreto fc = 200 kg/cm2, armada con 2 parrillas formadas con varilla del No. 3 a cada 15 cm en ambos sentidos y estribos del No. 2 a cada 15 cm en ambos sentidos, con acarreo, cimbrado y descimbrado de madera para acabado aparente con acarreo y colocación. Incluye Trazo del escalón, cimbra y descimbra, colado y curado, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	m3	0.20	\$ 5,124.33	\$ 1,024.87
D15154 3A	Cadena de 15x15 cm. de concreto hecho en obra de F'c=200 kg/cm2, acabado aparente, armado con 4 varillas de 3/8" y estribos del No.2 a cada 15 cm., incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	ml	2.40	\$ 186.76	\$ 448.22



Capítulo 6



D15304 3	Cadena de 15x30 cm. de concreto hecho en obra de F'c=200 kg/cm ² , acabado común, armado con 4 varillas de 3/8" y estribos del No.2 a cada 20 cm., incluye: materiales, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	ml	15.10	\$ 269.69	\$ 4,072.32
C15306 4E15	Cadena de 15x30 cm. de concreto premezclado de F'c=250 kg/cm ² , acabado común, armado con 6 varillas de 3/8" y estribos del No.2 a cada 15 cm., incluye: materiales, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	ml	21.30	\$ 315.69	\$ 6,724.20
15.0091 0	Castillo de 15 x 15 cm a base de concreto f c = 200 kg/cm ² , tma = 19 mm, armado con 4 varillas del No. 3 y estribos del No. 2 a cada 20 cm. incluye cimbra y descimbra, colado, vibrado y curado, a cualquier altura. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	ml	12.00	\$ 126.37	\$ 1,516.44
LOSAC ERO18	Losacero cal. 18, armada con malla electrosoldada 6x6/10-10, con concreto premezclado estructural de F'c=250 kg/cm ² , bombeado, incluye: conectores soldados, materiales, cortes, mano de obra, equipo y herramienta	m2	19.36	\$ 491.38	\$ 9,513.12
14.0045 0	Muro de 15 cm a base de block de concreto de 15 x 20 x 40 cm. tipo intermedio de 1a calidad, asentado con mortero cemento arena proporción 1:4, con refuerzo horizontal tipo escalerilla del No. 14 a cada 2 hiladas, acabado comun, con junta de 1 cm de ancho, a cualquier altura. Incluye: materiales, mano de obra, y herramienta.	m2	25.23	\$ 151.50	\$ 3,822.35



Capítulo 6



29.0260 0	Ventana de herrería louver en perfiles cal. 14. con aplicación de primario a base de cromato de zinc, acabado con pintura de esmalte marca Comex 100 de línea, . Incluye colocación y nivelación de vano. Incluye: mano de obra, herramienta y equipo.	m2	1.53	\$ 1,470.81	\$ 2,250.34
APLF15 PA	Aplanado acabado fino en muros, con mezcla cemento arena 1:5, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	m2	59.42	\$ 123.86	\$ 7,359.14
17.0171 0	Emboquillado de aristas vivas de 2.5 x 2.5 cm en aplanados de mezcla terminado aparente, a una altura de 9.00 a 12.00 m. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	ml	33.90	\$ 33.29	\$ 1,128.53
	Solo aplicación de pintura esmalte alquidalico, blanco y en colores regulares sobre muros. Incluye: mano de obra y herramienta.	m2	39.24	\$ 28.00	\$ 1,098.72
	Solo aplicación de pintura vinimex, blanco y en colores regulares sobre muros. Incluye: mano de obra y herramienta.	m2	37.26	\$ 26.00	\$ 968.76
36.0090 0	Limpieza final de obra para entrega, trapeado final del piso, recolectando basura, cajas, envolturas, con acopio, carga manual, transporte total en camión y descarga en tiradero oficial autorizado. (Evento que se pagará una sola vez por obra) Incluye: mano de obra, herramienta y equipo. Aplica en Obras nuevas, remodelaciones, reubicaciones, conversiones.	m2.	24.00	\$ 5.54	\$ 132.96
DESMC IA	Desmontaje de cristales de canceleria de aluminio en interiores, incluye: acarreo hasta el almacén de la obra, limpieza de los perfiles, mano de obra, equipo y herramienta.	m2	6.48	\$ 48.20	\$ 312.34



Capítulo 6



DESMC EA	Desmontaje de canceleria de aluminio de fachada, incluye: acarreo hasta el almacén de la obra, limpieza de los perfiles, mano de obra, equipo y herramienta.	m2	6.48	\$ 60.26	\$ 390.48
TPVCP LU3	Tubería PVC 3" para canalizar aguas pluviales a colector, Incluye: demolición de elementos de concreto simple, ranura para ubicación de canalización, excavación en terreno para formación de zanja en material A seco, retiro de material producto de la demolición, herramienta, materiales y mano de obra.	ml	2.70	\$ 701.49	\$ 1,894.02
4.04800	Paso de 30 x 30 cm para instalaciones en muro o losa de concreto armado de 15 cm de espesor con demolición controlada contemplando acarreos y apile del material sobrante en el lugar indicado por la supervisión. Incluye: mano de obra, herramienta y/o equipo.	pza	1.00	\$ 67.48	\$ 67.48
APLILE M	Aplicación de impermeabilizante Terracota, en líneas de empalme, hasta una altura no mayor a 6.00 mtr. Incluye: Aplicación de impermeabilizante, mano de obra, andamios y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ml	18.50	\$ 34.96	\$ 646.76
8.02000	Envasado manual en costal y acarreo total en camión de material producto de demolición, con carga manual de pie de camión y hasta tiradero oficial autorizado. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	m3	6.00	\$ 59.81	\$ 358.86
CADW- GRC	Suministro e instalación de conector Cadweld cables a electrodo cat. GRC y carga 90, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	pza	7.00	\$ 167.95	\$ 1,175.65



Capítulo 6



VARILL ACW	Suministro e instalación de varilla tipo copperweld de cobre electrolítico 5/8" x 3.05 mts. de longitud, Marca CADWELD o similar.	pza	4.00	\$ 717.35	\$ 2,869.40
39.1800 3	Material químico para sistema de tierras. Incluye: suministro, colocación, mano de obra, herramienta y equipo.	pza	4.00	\$ 386.89	\$ 1,547.56
REGTIE RRA	Registro metálico tipo parrilla 20 X 20 cms, catalogo P-20, Marca Matimsa. Incluye: Colocado, cimbrado, descimbrado, pintado y marcado.	pza	4.00	\$ 288.62	\$ 1,154.48
39.1201 1	Cable de cobre semiduro desnudo Calibre 4/0 AWG, 75 Grados marca Condumex, hasta una altura máxima de 3.00 m. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	ml	16.50	\$ 141.80	\$ 2,339.70

MONTAJE ELECTROMECHANICO

CTRPE S	Traslado de planta de emergencia de 60 KW con camion, de la sucursal de SYR Santa Martha a nuestras instalaciones para su almacenamiento. Incluye: Maniobras de arrastre e izaje de planta a camión, camión, gasolina, mano de obra y herramienta.	pza.	1.00	\$ 1,643.28	\$ 1,643.28
CTRPE T	Traslado de planta de emergencia de 60 KW con camion, desde nuestras instalaciones a la tienda TM Iztapalapa Av. Texcoco para su instalación. Incluye: Maniobras de arrastre e izaje de planta a camión, camión, gasolina, mano de obra y herramienta.	pza.	1.00	\$ 1,551.48	\$ 1,551.48
CMAPE	Maniobras de arrastre de planta de emergencia para resguardo en instalaciones. Incluye: Mano de obra, herramienta y equipo.	pza.	1.00	\$ 917.05	\$ 917.05



Capítulo 6



114.00200	Instalación de planta de emergencia Mca. maquinaria igsa ó similar con capacidad para 50 KW continuos, 220V/127V, 3F-4H, 60Hz, 1800 r.p.m., f.p.=0.80, interruptor de 3p-70Amps., con tanque diesel en la panza. Se incluyen maniobras y todo lo necesario para su montaje dentro de la tienda.	pza.	1.00	\$ 5,894.36	\$ 5,894.36
DIESEL	Diesel centrifugado para puesta en servicio de planta de emergencia. Incluye: Suministro, traslado y colocación.	lto	200.00	\$ 11.34	\$ 2,268.00
PLANE OP1/2	Amortiguadores a base de placa de neopreno de 1/2". Incluye: Montaje, fijacion, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	4.00	\$ 248.31	\$ 993.24
CMTT60	Maniobras para conexión de tablero de transferencia para planta de emergencia hasta 60 KW. Incluye: Montaje, fijacion, conexiones de control, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	1.00	\$ 1,074.03	\$ 1,074.03
CTESC4	Tubo de fierro negro para escape de 4" cedula 14. Suministro, soldadura, fijacion, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m.	1.50	\$ 280.12	\$ 420.18
CC90°4	Codo de fierro negro para escape de 4" cedula 14. a 90° Suministro, soldadura, fijacion, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	1.00	\$ 306.08	\$ 306.08
CAMOF60	Armado de mofle para sistema de escape de planta de emergencia, hasta 60 KW. Incluye: Montaje, fijacion, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	1.00	\$ 466.00	\$ 466.00



Capítulo 6



TUN13	Tubo de fierro negro cedula 40, 13 mm de diametro. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	m.	7.85	\$ 67.81	\$ 532.31
CN9013	Codo de fierro negro cedula 40, 13 mm de diametro. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.	11.00	\$ 38.33	\$ 421.63
TURN1 3	Tuerca unión de fierro negro cedula 40, 13 mm de diametro. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.	2.00	\$ 70.69	\$ 141.38
NG1310	Niple de fierro negro cedula 40, 13 mm de diametro. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.	9.00	\$ 37.07	\$ 333.63
CVALG LOB	Válvula de cierre rápido tipo globo para sistema de combustible. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.	2.00	\$ 229.68	\$ 459.36
MANTR E5/16"	Manguera trenzada de 5/16" de diametro, para diesel. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	m.	1.50	\$ 241.26	\$ 361.89
CON1/2 A5/16B R	Conector reusable 1/2" a 5/16" de bronce, para diesel. Incluye: materiales, acarreo, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.	2.00	\$ 70.82	\$ 141.64
COPBR 5/16	Cople 5/16 para conector tubería diesel. Incluye: materiales, acarreo, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.	2.00	\$ 78.69	\$ 157.38



Capítulo 6



CMTDIE SEL	Maniobras para montaje de tanque de diesel. Incluye: Montaje, fijación, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	1.00	\$ 329.77	\$ 329.77
SQK362 25	Interruptor termomagnético de 3 x 225 amperes KAL36225 sin gabinete, 600 Vca, 250 Vcd, 250 Amperes en marco, Clase 655, 734, 820, Marca Square D. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.	2.00	\$ 5,135.55	\$ 30,271.10
39.1508 3	Gabinete NEMA 1 para interruptor termomagnético KA 3 polos, cat. KA225SMX, el precio incluye: Suministro y colocación, materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	pza.	2.00	\$ 1,496.07	\$ 2,992.14
39.4007 5	Tubo conduit PVC tipo pesado de 75 mm, instalado a una altura máxima de 3.00 m. Incluye: materiales, guía, mano de obra y herramienta.	ml	4.80	\$ 62.63	\$ 300.62
NPVCP 75	Conector conduit PVC pesado de 76 mm marca Omega	pza.	2.00	\$ 97.62	\$ 195.24
PPVCP 75	Cople conduit de pvc de 76 mm, incluye: suministro e instalación, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	2.00	\$ 87.61	\$ 175.22
CPVCP 75	Codo conduit de P.V.C. Pesado de 76 mm. de diam. Incluye: Suministro, Colocación, Herramienta, Equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	2.00	\$ 87.67	\$ 175.34
TPDG2 5	Tubo conduit de 25 mm (1") Galvanizado Pared Delgada marca Jupiter. Incluye: guía, materiales, mano de obra y herramienta.	ml	5.30	\$ 48.51	\$ 257.10
CPDG2 5	Codo conduit de 90 x 25 mm (1") Galvanizado Pared Delgada marca Jupiter. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.	2.00	\$ 54.26	\$ 108.52



Capítulo 6



PPDG2 5	Cople para tubo conduit pared delgada de 25 mm , incluye: suministro e instalación, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	3.00	\$ 16.81	\$ 50.43
NPDG2 5	Conector tipo Americano p/tubo Conduit Pared Delgada Galvanizada de 25 mm. de diam. Incluye: Suministro, Colocacion, Herramienta, Equipo y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	pza.	2.00	\$ 17.80	\$ 35.60
TLQ25	Tubo conduit flexible tipo liquatite de 25 mm (1"). Incluye: materiales, guía, mano de obra y herramienta.	ml	1.20	\$ 49.38	\$ 59.26
CLQC2 5	Conector curvo flexible tipo liquatite 25 mm (1"). Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.	1.00	\$ 69.05	\$ 69.05
CLQR2 5	Conector recto para tubo, tipo liquatite 25 mm (1"). Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.	1.00	\$ 40.09	\$ 40.09
THWC2/ 0	Cable de cobre Calibre 2/0 AWG, con aislante THW a 90 Grados, 600 volts, marca Condumex, hasta una altura maxima de 3.00 m. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	m	71.60	\$ 130.53	\$ 9,345.95
D2	Cable de cobre suave desnudo Calibre 2 AWG, 75 Grados marca Condumex, hasta una altura maxima de 3.00 m. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	m	17.90	\$ 44.68	\$ 799.77
THWC1 2	Cable de cobre Calibre 12 AWG, con aislante THW a 75 Grados, 600 volts, marca Condumex, hasta una altura maxima de 3.00 m. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	m	99.60	\$ 11.09	\$ 1,104.56



Capítulo 6



39.1701 3	Luminaria fluorescente de 2X32 W. Tipo empotrar con T-8 de 4100K balastro electrónico, a 127 Vca, 60 Hz, en gabinete pintado electrostáticamente con pintura en polvo. Con marco perimetral para difusor. (Catalogo 200-BI)	pza.	2.00	\$ 676.15	\$ 1,352.30
QO2	Centro de carga tipo QO-2, 1 fase, 3 hilos, zapatas principales; incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.	1.00	\$ 425.87	\$ 425.87
SQO1 20	Interruptor termomagnético de 1 x 30 amperes QO130 sin gabinete 120/240 Vca - 10,000 Amp. rcm. sim. / 48 Vcd - 5000 Amp. rcm. sim. Clase 690, 730, 910, 950, Marca Square D. Incluye : materiales, mano de obra y herramienta.	pza.	2.00	\$ 111.83	\$ 223.66
TPDG1 3	Tubo conduit de 13 mm (1/2") Galvanizado Pared Delgada marca Jupiter. Incluye: guía, materiales, mano de obra y herramienta.	m	10.40	\$ 26.98	\$ 280.59
PPDG1 3	Cople para tubo conduit pared delgada de 13 mm , incluye: suministro e instalación, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	2.00	\$ 13.01	\$ 26.02
NPDG1 3	Conector tipo Americano p/tubo Conduit Pared Delgada Galvanizada de 13 mm. de diam. Incluye : Suministro, Colocacion, Herramienta, Equipo y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	pza.	23.00	\$ 13.56	\$ 311.88
CL-17	Caja conduit de 13 mm Serie Ovalada Catálogo L-17 Serie 7 roscado para areas no peligrosas uso intemperie, marca Crouse Hinds Domex, con empaque y 2 tapas. Incluye: suministro e instalacion, mano de obra y herramienta.	pza.	4.00	\$ 159.49	\$ 637.96



Capítulo 6



CT-17	Caja condulet de 13 mm Serie Ovalada Catálogo T-19 Serie 9 roscado para areas no peligrosas uso interperie, marca Crouse Hinds Domex, con empaque y tapa. Incluye: suministro e instalacion, mano de obra y herramienta.	pza.	3.00	\$ 153.25	\$ 459.75
AFS-1	Caja condulet de 13 mm Serie Rectangular Catálogo FS-1 roscado para areas no peligrosas uso interperie, marca Crouse Hinds Domex, sin tapa Incluye: suministro e instalacion, mano de obra y herramienta.	pza.	2.00	\$ 128.33	\$ 256.66
39.22010	Apagador sencillo cat. 5800n mca. Quinziño, incluye: suministro, instalación, materiales, mano de obra, herramienta y lo todo lo necesario para su correcta ejecución	pza.	1.00	\$ 37.15	\$ 37.15
39.22080	Placa de aluminio de una a tres ventanas mca. Quinziño, incluye: suministro, instalación, materiales, mano de obra, herramienta y lo todo lo necesario para su correcta ejecución	pza.	1.00	\$ 22.04	\$ 22.04
39.22020	Contacto duplex, polarizado cat. M-5250-m, mca. Arrow hart . Con tapa, incluye: suministro, instalación, materiales, mano de obra, herramienta y lo todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.	1.00	\$ 52.93	\$ 52.93
40.01000	Abrazadera Omega Figura. 262 de 13 mm, con dos taquetes y tornillos. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.	10.00	\$ 5.87	\$ 58.70
Subtotal					\$ 138,419.85
15% Indirecto					\$ 20,762.98
Subtotal					\$ 159,182.83
16% IVA					\$ 25,469.25
Total					\$ 184,652.08



Capítulo 6



ANEXO B6

MI NEGOCIO, S.A. DE C.V.

CLIENTE

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
REGION METROSUR CENTRO

CONCEPTO:	INSTALACIÓN DE PLANTA DE EMERGENCIA
TENDA:	TM IZTALAPA
FOLIO:	MC-ED-1662
HOJA:	1 DE 5

HOJA GENERADORA

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD		CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO	VOLUMEN	TOTAL	
		EJES	ENTRE EJES							
OBRA CIVIL										
5.00100	Trazo por medios manuales para ubicación de muros y pisos en interiores o para ubicación de cortes en zanjas en avenidas para obras exteriores, estableciendo ejes auxiliares, pasos y referencias, en locales existentes. Incluye: mano de obra, herramienta y equipo topográfico. Aplica únicamente en tiendas nuevas en local.	m2		26.65	6.50	4.10			26.65	
TATRI	Tapial de 2.40 m., de altura a base de postes con polin de 4"x4" de madera de pino de 3a, hincados en el terreno con contraventeos a base de barrote de pino de 1 1/2"x 3 1/2" y triplay de pino de 16 mm, de espesor, incluye: desinstalación y recuperación en favor del contratista, mano de obra, equipo y herramienta.	m2		41.72	6.50 4.10 6.50	17.10	2.44		41.72	
DCPA10	Demolición de pavimento de concreto asfáltico de 10 cm., de espesor a mano, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	m2		4.80		2.00 0.60 0.50	1.00 0.60 0.50	0.10 0.10 0.10	1.00 5.00 4.00	2.00 1.80 1.00
EAM021B	Excavación a cielo abierto, por medios manuales de 0 a - 2.00 m, en material tipo I, zona B, incluye: mano de obra, equipo y herramienta	m3		2.48		2.00 0.60 0.50	1.00 0.60 0.50	0.50 0.60 0.40	1.00 5.00 4.00	1.00 1.08 0.40
9.02000	Concreto f'c = 200 kg/cm2 elaborado en obra para formar cimentación con mezclado en revoladora, colado, vibrado. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	m3		1.26	0.60	0.60	0.70	5.00	1.26	
9.01200	Varilla corrugada del No. 3 (3/8") fy = 4,200 kg/cm2 en cimentación, con dimensionamiento, cortes, dobleces, amarres y colocación. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	kg		20.40	4.08			5.00	20.40	
20.00100	Base de concreto fc = 200 kg/cm2, armada con 2 parrillas formadas con varilla del No. 3 a cada 15 cm en ambos sentidos y estribos del No. 2 a cada 15 cm en ambos sentidos, con acarreo, cimbrado y descimbrado de madera para acabado aparente con acarreo y colocación. Incluye Trazo del escalón, cimbra y descimbra, colado y curado, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	m3		0.20	2.00	1.00	0.10		0.20	
D151543A	Cadena de 15x15 cm. de concreto hecho en obra de Fc=200 kg/cm2, acabado aparente, armado con 4 varillas de 3/8" y estribos del No. 2 a cada 15 cm., incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	ml		2.40	1.20 1.20	2.40			2.40	
D153043	Cadena de 15x30 cm. de concreto hecho en obra de Fc=200 kg/cm2, acabado común, armado con 4 varillas de 3/8" y estribos del No. 2 a cada 20 cm., incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	ml		15.10	6.00 6.00 3.10	15.10			15.10	
C153064E15	Cadena de 15x30 cm. de concreto premezclado de Fc=250 kg/cm2, acabado común, armado con 6 varillas de 3/8" y estribos del No. 2 a cada 15 cm., incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	ml		21.30	6.00 6.00 3.10 3.10	21.30			21.30	
15.00910	Castillo de 15 x 15 cm a base de concreto f c = 200 kg/cm2, trma = 19 mm, armado con 4 varillas del No. 3 y estribos del No. 2 a cada 20 cm. incluye cimbra y descimbra, colado, vibrado y curado, a cualquier altura. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	ml		12.00		2.40		5.00	12.00	
OSACERO1	Losacero cal. 18, armada con malla electrosoldada 6x6/10-10, con concreto premezclado estructural de Fc=250 kg/cm2, bombeado, incluye: conectores soldados, materiales, acarreo, cortes, desperdicios, mano de obra, equipo y herramienta	m2		19.36		6.05	3.20		19.36	
14.00450	Muro de 15 cm a base de block de concreto de 15 x 20 x 40 cm. tipo intermedio de 1a calidad, asentado con mortero cemento arena proporción 1:4, con refuerzo horizontal tipo escalerilla del No. 14 a cada 2 hildas, acabado común, con junta de 1 cm de ancho, a cualquier altura. Incluye: materiales, mano de obra, y herramienta.	m2		25.23	2.35 2.70 2.65 3.45		2.40 2.40 2.40 2.40	0.64 0.64 0.25	5.00 6.48 5.72 8.03	



Capítulo 6



ANEXO B6

MI NEGOCIO, S.A. DE C.V.

CLIENTE

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
REGION METROS SUR CENTRO

CONCEPTO:

TENDA:

FOLIO:

HOJA:

INSTALACIÓN DE PLANTA DE EMERGENCIA

TM IZTALAPA

MC-ED-1662

2

DE

5

HOJA GENERADORA

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD		CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO	VOLUMEN	TOTAL
		EJES	ENTRE EJES						
29.02600	Ventana de herrería louver en perfiles cal. 14. con aplicación de primario a base de cromato de zinc, acabado con pintura de esmalte marca Comex 100 de línea. Incluye colocación y nivelación de vano. Incluye: mano de obra, herramienta y equipo.	m2		1.53	0.80	0.80			0.64
					0.80	0.80		0.64	
					0.50	0.50		0.25	
APLF15PA	Aplanado acabado fino en muros, con mezcla cemento arena 1:5, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	m2		59.42	6.00		2.70	0.89	15.31
					2.65		2.70	0.64	6.52
					3.10		2.70		8.37
					2.65	2.40	2.40	0.64	5.72
					6.00		2.40	0.89	13.51
					2.70		2.40		6.48
					0.25 + 0.15 + 0.25 =	0.65	2.70		1.76
					0.25 + 0.15 + 0.25 =	0.65	2.70		1.76
					0.80		4.00	2.00	3.20
					0.80		4.00	2.00	3.20
17.01710	Emboquillado de aristas vivas de 2.5 x 2.5 cm en aplanados de mezcla terminado aparente, a una altura de 9.00 a 12.00 m. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	ml		33.90	0.50		4.00	2.00	2.00
					2.70		5.00		13.50
					6.00		2.00		12.00
					6.00		2.70	0.89	15.31
					6.00		2.70	0.64	15.56
	Solo aplicación de pintura esmalte alquidalico, blanco y en colores regulares sobre muros. Incluye: mano de obra y herramienta.	m2		39.24	3.10		2.70		8.37
					6.00		2.40	0.64	13.76
					6.00		2.40	0.89	13.51
					2.70		2.40		6.48
					0.25 + 0.15 + 0.25 =	0.65	2.70		1.76
					0.25 + 0.15 + 0.25 =	0.65	2.70		1.76
36.00900	Limpieza final de obra para entrega, trapeado final del piso, recolectando basura, cajas, envolturas, con acopio, carga manual, transporte total en camión y descarga en tiradero oficial autorizado. (Evento que se pagará una sola vez por obra) Incluye: mano de obra, herramienta y equipo. Aplica en Obras nuevas, remodelaciones, reubicaciones, conversiones.	m2.		24.00	8.00			3.00	24.00
DESMCIA	Desmontaje de cristales de cancelería de aluminio en interiores, incluye: acarreo hasta el almacén de la obra, limpieza de los perfiles, mano de obra, equipo y herramienta.	m2		6.48	2.70			2.40	6.48
DESMCEA	Desmontaje de cancelería de aluminio de fachada, incluye: acarreo hasta el almacén de la obra, limpieza de los perfiles, mano de obra, equipo y herramienta.	m2		6.48	2.70			2.40	6.48
TPVCPLU3	Tubería PVC 3" para canalizar aguas pluviales a colector, Incluye: demolición de elementos de concreto simple, ranura para ubicación de canalización, excavación en terreno para formación de zanja en material A seco, retiro de material producto de la demolición, herramienta, materiales y mano de obra.	ml		2.70	2.70				2.70
4.04800	Paso de 30 x 30 cm para instalaciones en muro o losa de concreto armado de 15 cm de espesor con demolición controlada contemplando acarrees y apile del material sobrante en el lugar indicado por la supervisión. Incluye: mano de obra, herramienta y/o equipo.	pza		1.00					
APLILEM	Aplicación de impermeabilizante Terracota, en líneas de empalme, hasta una altura no mayor a 6.00 mtr. Incluye: Aplicación de impermeabilizante en tornillos y remaches de laminas, mano de obra, andamios y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ml		18.50	6.05	3.20			18.50
8.02000	Envasado manual en costal y acarreo total en camión de material producto de demolición, con carga manual de pie de camión y hasta tiradero oficial autorizado. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	m3		6.00					



Capitulo 6



ANEXO B6

MI NEGOCIO, S.A. DE C.V.

CLIENTE

CONCEPTO:

INSTALACIÓN DE PLANTA DE EMERGENCIA

TENDA:

TM IZTALAPA

FOLIO:

MC-ED-1662

HOJA:

3

DE

5

HOJA GENERADORA

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD		CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO	VOLUMEN	TOTAL
		EJES	ENTRE EJES						
CADW-GRC	Suministro e instalacion de conector Cadweld cables a electrodo cat. GRC y carga 90, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	pza		7.00					
VARILLACW	Suministro e instalacion de varilla tipo copperweld de cobre electrolitico 5/8" x 3.05 mts. de longitud, Marca CADWELD o similar.	pza		4.00					
39.18003	Material químico para sistema de tierras. Incluye: Incluye: suministro, colocación, mano de obra, herramienta y equipo.	pza		4.00					
REGTIERRA	Registro metálico tipo parrilla 20 X 20 cms, catalogo P-20, Marca Matinsa. Incluye: Colocado, cimbrado, descimbrado, pintado y marcado.	pza		4.00					
39.12011	Cable de cobre semiduro desnudo Calibre 4/0 AWG, 75 Grados marca Condulex, hasta una altura máxima de 3.00 m. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	ml		16.50					
MONTAJE ELECTROMECHANICO									
CTRPES	Traslado de planta de emergencia de 60 KW con camion, de la sucursal de SYR Santa Martha a nuestras instalaciones para su almacenamiento. Incluye: Maniobras de arrastre e izaje de planta a camion, camion, gasolina, mano de obra y herramienta.	pza.		1.00					
CTRPET	Traslado de planta de emergencia de 60 KW con camion, desde nuestras instalaciones a la tienda TM Iztapalapa Av. Texcoco para su instalacion. Incluye: Maniobras de arrastre e izaje de planta a camion, camion, gasolina, mano de obra y herramienta.	pza.		1.00					
CMAPE	Maniobras de arrastre de planta de emergencia para almacenamiento dentro de nuestras instalaciones. Incluye: Mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	pza.		1.00					
114.00200	Instalación de planta de emergencia Mca. maquinaria igsa ó similar con capacidad para 50 KW continuos, 220V/127V, 3F-4H, 60Hz, 1800 r.p.m, f.p.=0.80, interruptor de 3p-70Amps., con tanque diesel en la panza. Se incluyen maniobras y todo lo necesario para su montaje dentro de la tienda.	pza.		1.00					
PLANEOP1/2	Amortiguadores a base de placa de neopreno de 1/2". Incluye: Montaje, fijacion, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	pza.		4.00					
CMITT60	Maniobras para conexión de tablero de transferencia para planta de emergencia hasta 60 KW. Incluye: Montaje, fijacion, conexiones de control, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	pza.		1.00					
CTESCA	Tubo de fierro negro para escape de 4" cedula 14. Suministro, soldadura, fijacion, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	m.		1.50					
CC90°4	Codo de fierro negro para escape de 4" cedula 14. a 90° Suministro, soldadura, fijacion, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	pza.		1.00					
CAMOF60	Armado de mofle para sistema de escape de planta de emergencia, hasta 60 KW. Incluye: Montaje, fijacion, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	pza.		1.00					
TUN13	Tubo de fierro negro cedula 40, 13 mm de diametro. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalacion, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	m.		7.85					
CN9013	Codo de fierro negro cedula 40, 13 mm de diametro. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalacion, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.		11.00					
TURN13	Tuerca unió de fierro negro cedula 40, 13 mm de diametro. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalacion, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.		2.00					



Capitulo 6



ANEXO B6

MI NEGOCIO, S.A. DE C.V.

CLIENTE

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
REGION METROS UR CENTRO

CONCEPTO:

INSTALACIÓN DE PLANTA DE EMERGENCIA

TENDA:

TM IZTALAPA

FOLIO:

MC-ED-1662

HOJA:

4

DE

5

HOJA GENERADORA

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD		CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO	VOLUMEN	TOTAL
		EJES	ENTRE EJES						
NG1310	Niple de fierro negro cedula 40, 13 mm de diametro. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.		9.00					
CVALGLOB	Válvula de cierre rápido tipo globo para sistema de combustible. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.		2.00					
IANTRE5/16	Manguera trenzada de 5/16" de diametro, para diesel. Incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	m.		1.50					
N1/2A5/16	Conector reusable 1/2" a 5/16" de bronce, para diesel. Incluye: materiales, acarreo, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.		2.00					
COPBR5/16	Cople 5/16 para conector tubería diesel. Incluye: materiales, acarreo, instalación, pruebas, mano de obra, herramienta y equipo.	pza.		2.00					
CMTDIESEL	Maniobras para montaje de tanque de diesel. Incluye: Montaje, fijación, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.		1.00					
SQK36225	Interruptor termomagnético de 3 x 225 amperes KAL36225 sin gabinete, 600 Vca, 250 Vcd, 250 Amperes de marco, capacidad interruptiva normal, Clase 655, 734, 820, Marca Square D. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.		2.00					
39.15083	Gabinete NEMA 1 para interruptor termomagnético KA 3 polos, cat. KA225SMX, el precio incluye: Suministro y colocación, materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	pza.		2.00					
39.40075	Tubo conduit PVC tipo pesado de 75 mm, instalado a una altura máxima de 3.00 m. Incluye: materiales, guía, mano de obra y herramienta.	ml		4.80					
NPVCP75	Conector conduit PVC pesado de 76 mm marca Omega	pza.		2.00					
PPVCP75	Cople conduit de pvc de 76 mm, incluye: suministro e instalación, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.		2.00					
CPVCP75	Codo conduit de P.V.C. Pesado de 76 mm. de diam. Incluye: Suministro, Colocación, Herramienta, Equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.		2.00					
TPDG25	Tubo conduit de 25 mm (1") Galvanizado Pared Delgada marca Jupiter. Incluye: guía, materiales, mano de obra y herramienta.	ml		5.30					
PPDG25	Codo conduit de 90 x 25 mm (1") Galvanizado Pared Delgada marca Jupiter. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.		2.00					
PPDG25	Cople para tubo conduit pared delgada de 25 mm, incluye: suministro e instalación, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.		3.00					
NPDG25	Conector tipo Americano p/tubo Conduit Pared Delgada Galvanizada de 25 mm. de diam. Incluye: Suministro, Colocación, Herramienta, Equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza.		2.00					
TLQ25	Tubo conduit flexible tipo liquatite de 25 mm (1"). Incluye: materiales, guía, mano de obra y herramienta.	ml		1.20					
CLQC25	Conector curvo flexible tipo liquatite 25 mm (1"). Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.		1.00					
CLQR25	Conector recto para tubo, tipo liquatite 25 mm (1"). Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	pza.		1.00					



Capitulo 6



ANEXO B6

MI NEGOCIO, S.A. DE C.V.

CLIENTE

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
REGION METROS SUR CENTRO

CONCEPTO:

INSTALACIÓN DE PLANTA DE EMERGENCIA

TENDA:

TM IZTALAPA

FOLIO:

MC-ED-1662

HOJA:

5

DE

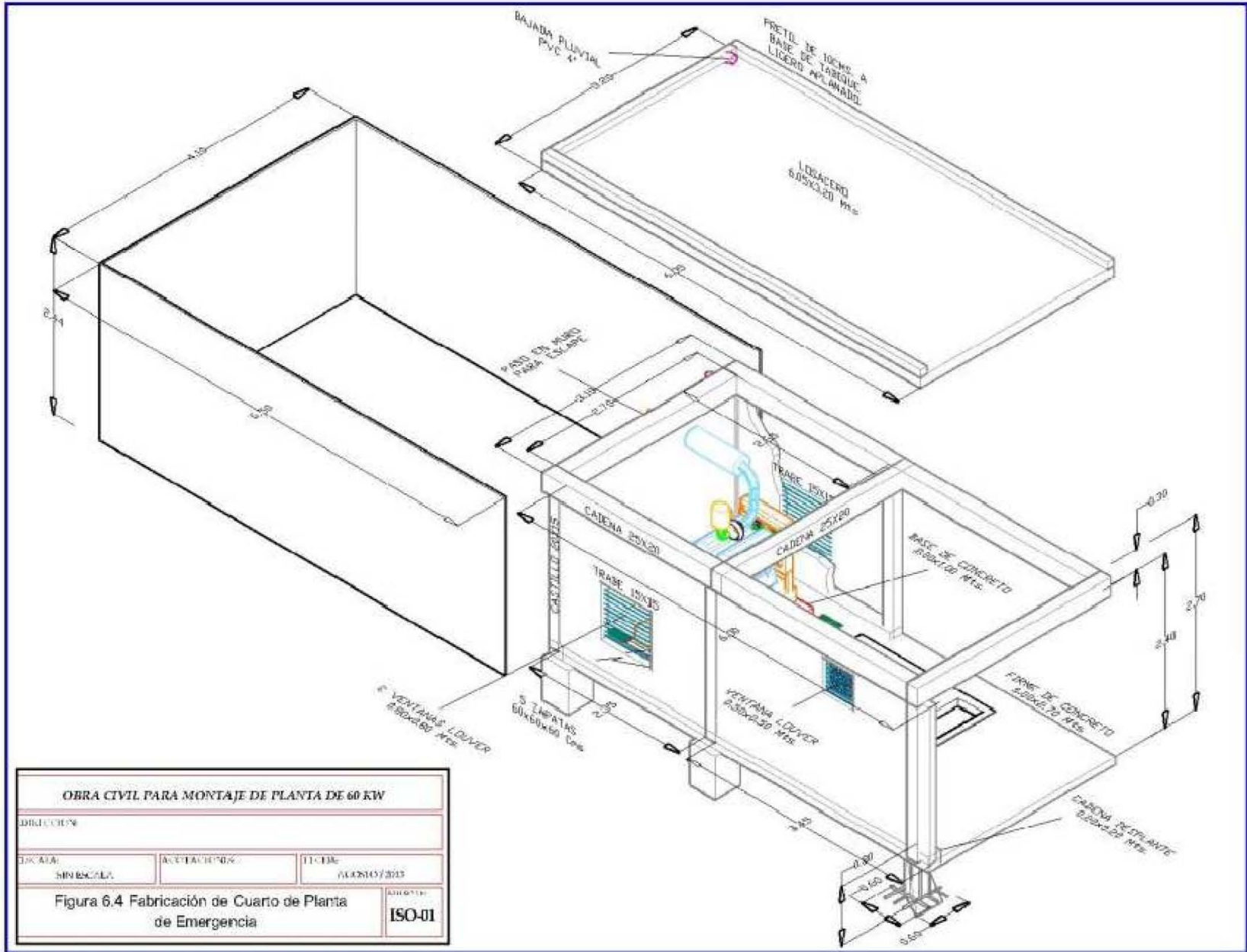
5

HOJA GENERADORA

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD		CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO	VOLUMEN	TOTAL																																																																							
		EJES	ENTRE EJES																																																																													
THWC2/0	Cable de cobre Calibre 2/0 AWG, con aislante THW a 90 Grados, 600 volts, marca Condumex, hasta una altura máxima de 3.00 m. Incluye: materiales, mano de obra y herramienta.	m	NORMAL	71.60	6.20			4	24.80																																																																							
										CARGA	5.40			4	21.60																																																																	
																EMERGENCIA	6.30			4	25.20																																																											
																						m	NORMAL	17.90	6.20			1	6.20																																																			
			CARGA																											5.40			1	5.40																																														
										EMERGENCIA																									6.30			1	6.30																																									
																m																								CONTROL	99.60	8.30			12	99.60																																		
																							pza.																								2.00																																	
			pza.																																																			1.00																										
										pza.																																																			2.00																			
																																								ml																												10.40	10.40					10.40						
																																																																											pza.	2.00				
pza.	23.00																																																																															
									pza.		4.00																																																																					
																	pza.	3.00																																																														

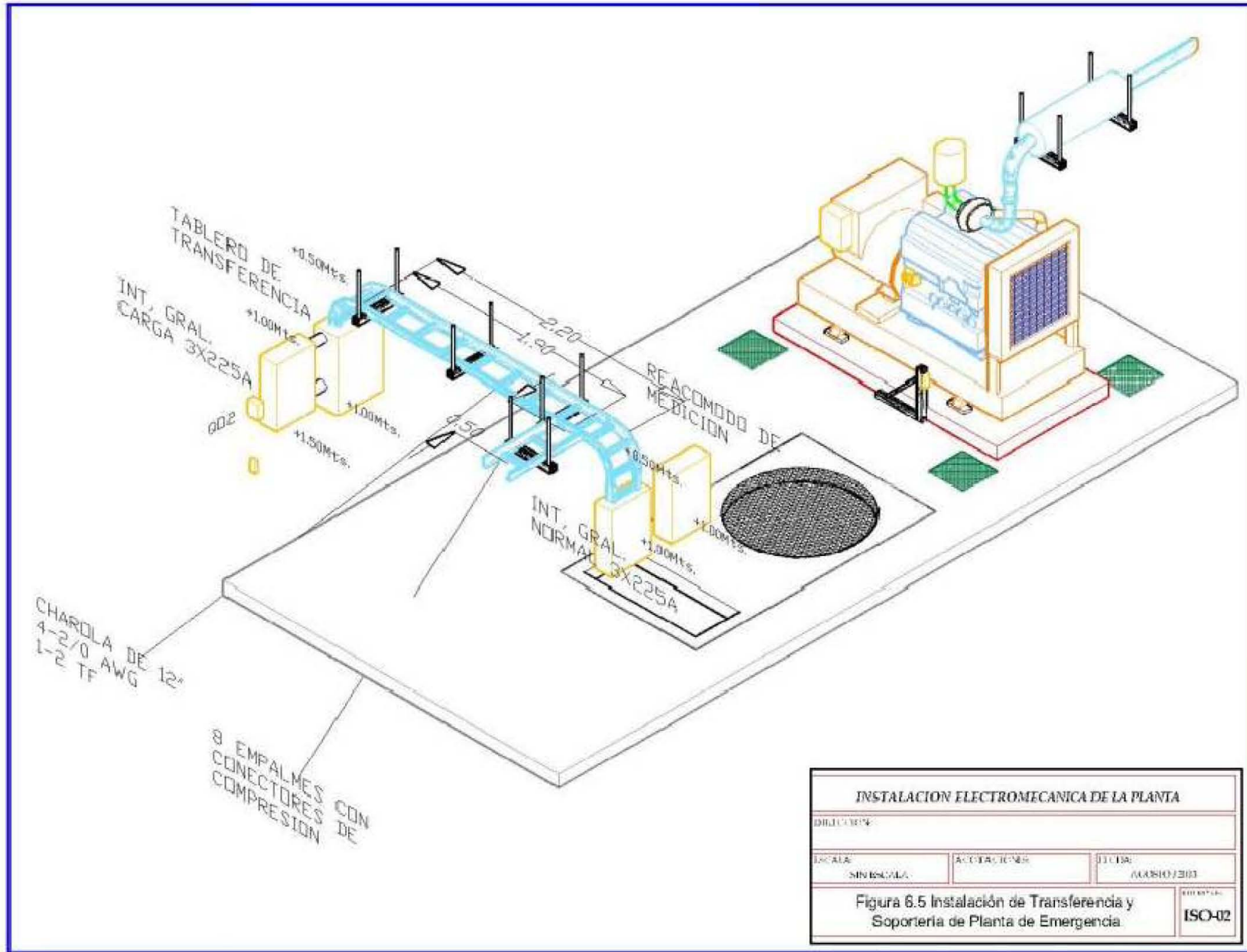


Capítulo 6



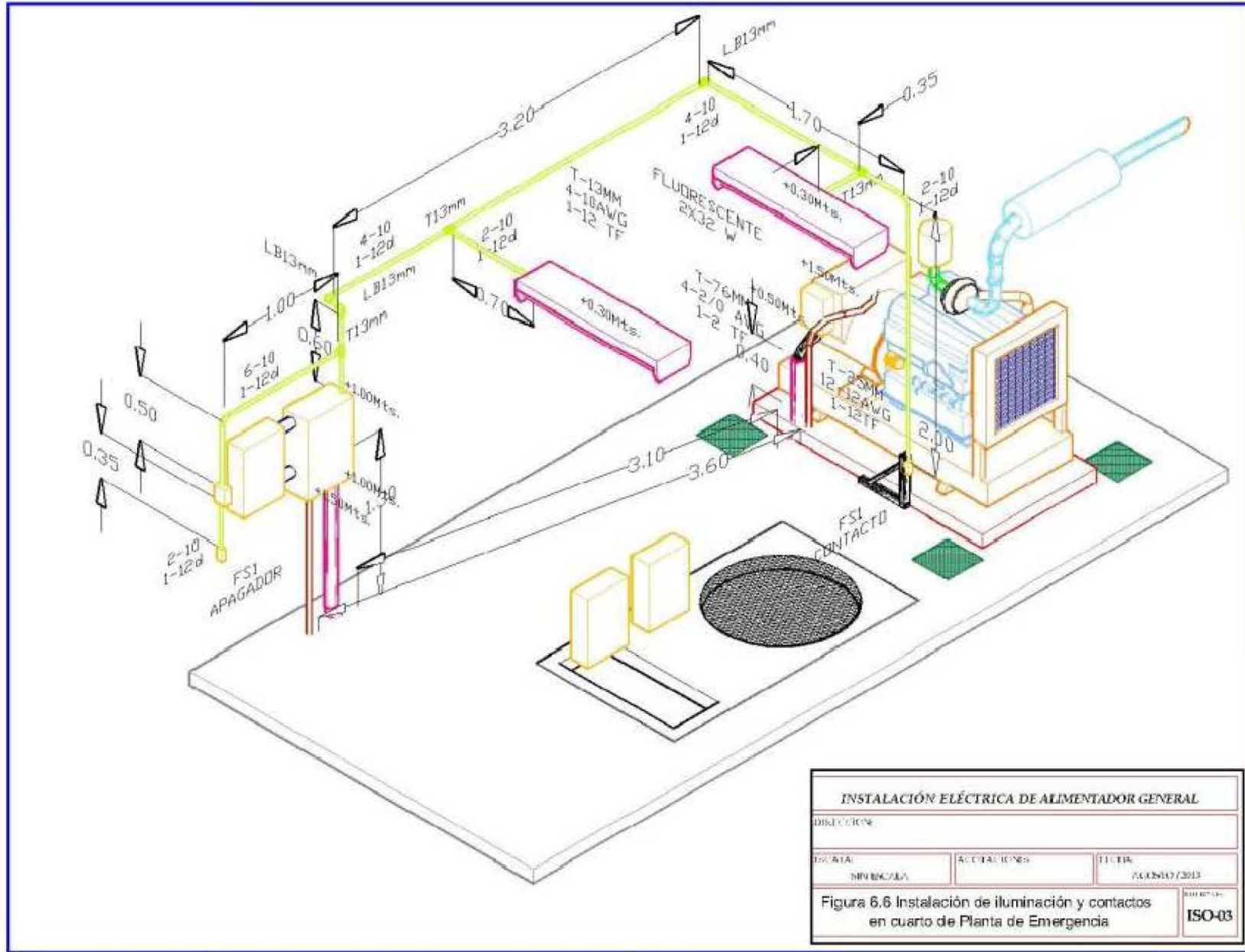


Capítulo 6



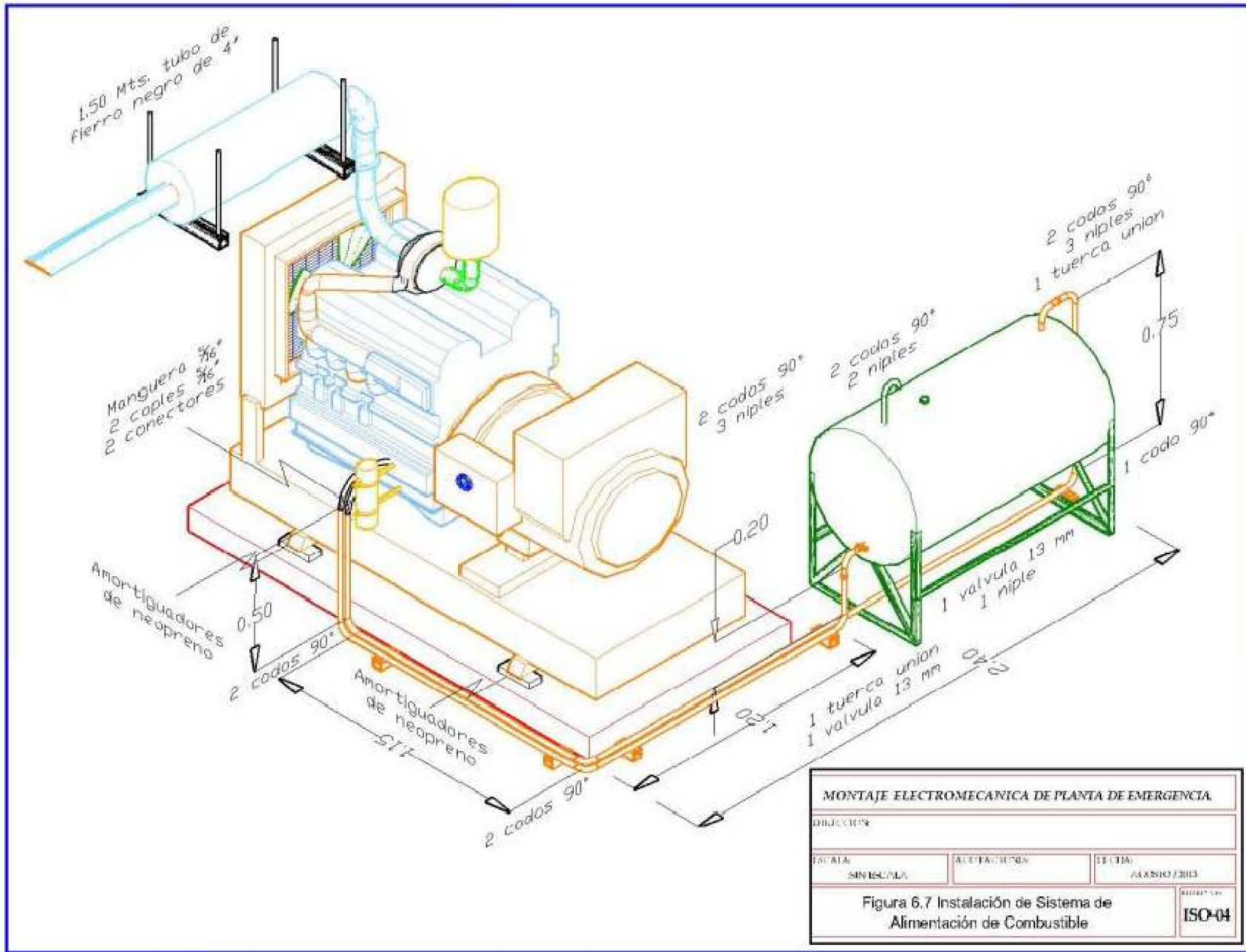


Capítulo 6



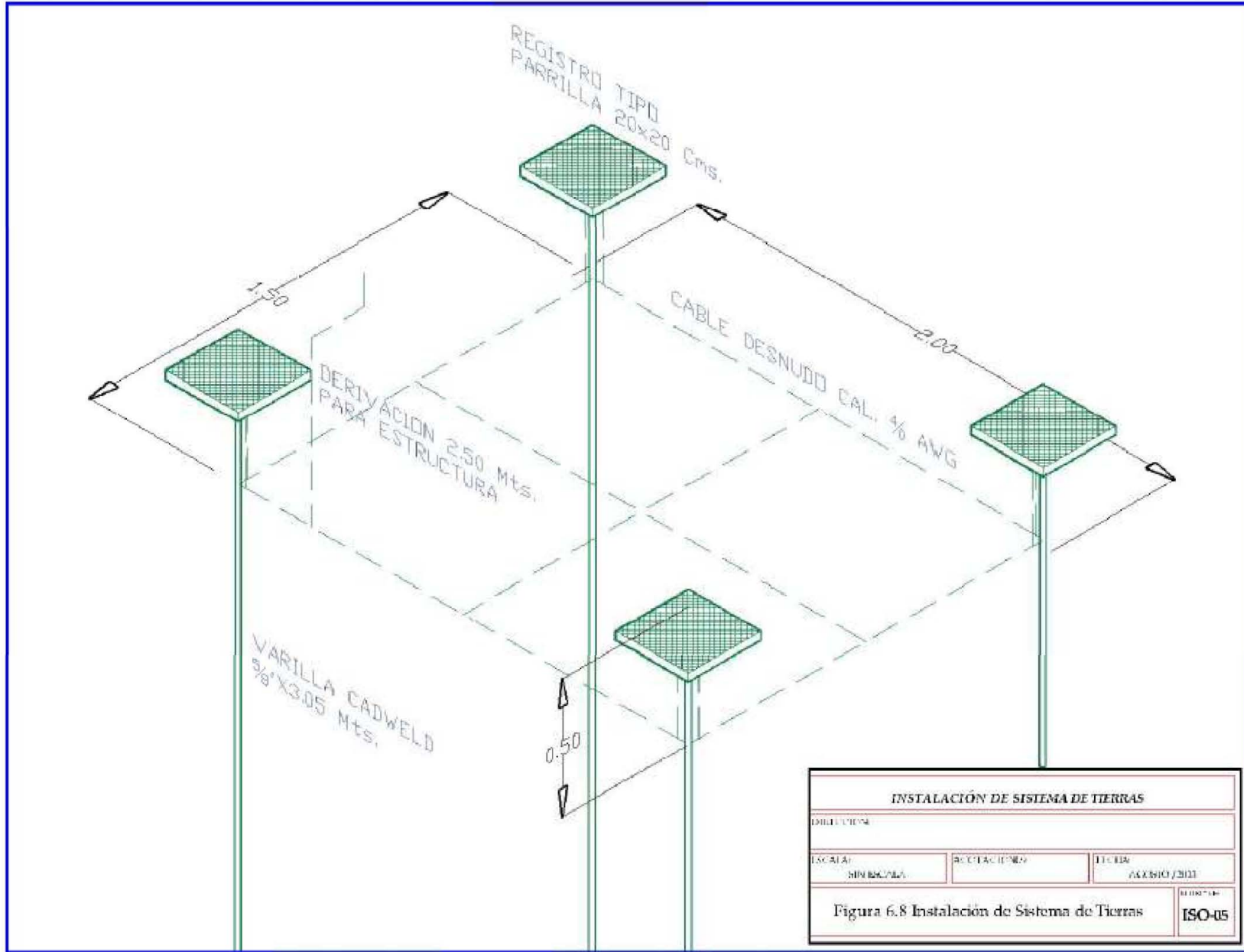


Capítulo 6



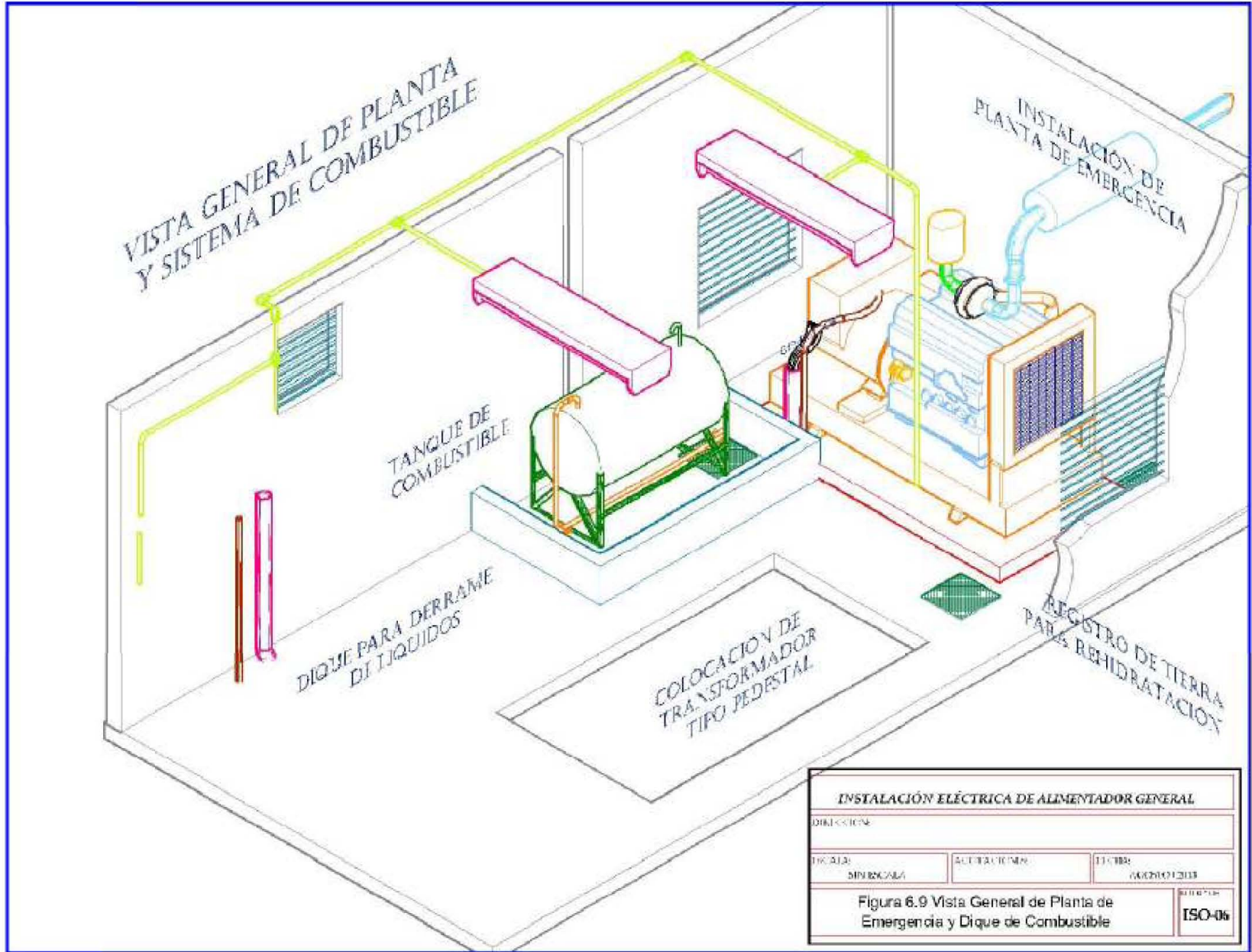


Capítulo 6



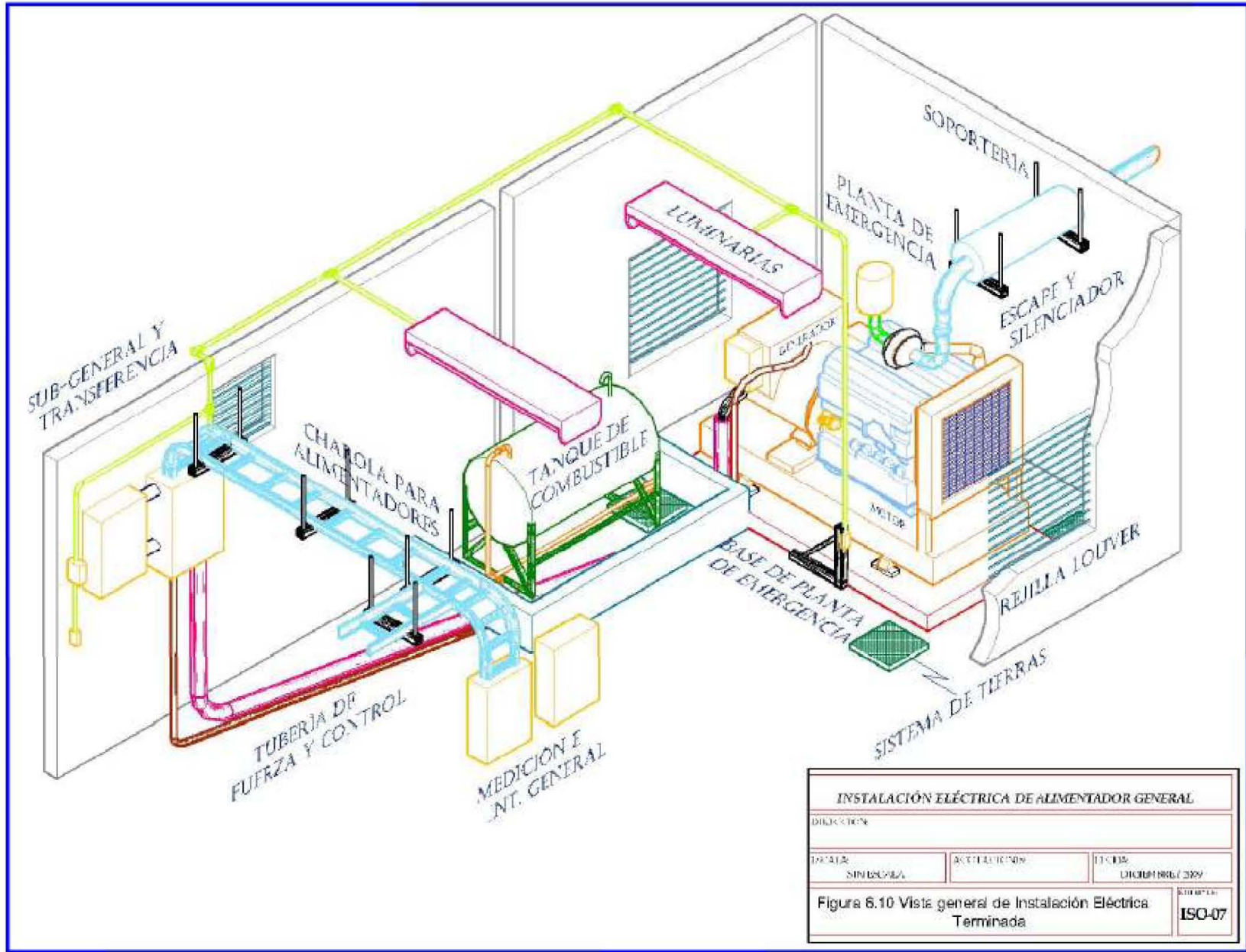


Capítulo 6





Capítulo 6





Conclusiones



CONCLUSIONES

Es un tema que considero muy importante ya que se emplean una serie de elementos mecánicos y eléctrico-electrónicos para un fin común

Aprendí el funcionamiento principal de los motores a diesel así como sus diferencias con respecto al de gasolina, además de conocer las ventajas y desventajas que nos pueden proporcionar y sobretodo la aplicación que se le da en los grupos electrógenos

Se desarrollo a fondo cada uno de sus componentes para su mayor comprensión, ya que es indispensable conocer con exactitud su función y considerar el reemplazo en caso de existir una falla

Se entiende que cada etapa del motor de combustión es de suma importancia ya que si una de estas es afectada, el problema se ve reflejado considerablemente en el funcionamiento del grupo electrógeno ya que no entregara los parámetros para los cuales está diseñado.

Se estudio y comprendió el funcionamiento básico de un generador síncrono el cual nos brinda una gran eficiencia y cómodo mantenimiento

Se comprendió la importancia de un grupo electrógeno en la industria ya que es una gran necesidad para mantener la continuidad del servicio eléctrico, tal es el caso de donde se requiere de un servicio 100% estable como es el caso de los hospitales principalmente en donde no hay tolerancia de fallas en el suministro eléctrico.



Conclusiones



Por otra parte se nota la importancia de la electrónica en los grupos electrógenos ya que gracias a esta es posible automatizar su función y operación además de brindar protección al motor generador para evitar daños irreversibles y garantizar una operación eficiente

Se toma en cuenta que los circuitos electrónicos son de gran ayuda pero una de las desventajas es que requieren personal especialmente capacitado para su programación, y calibración lo cual no hace de este un control independiente y noble de manipular.

Es de suma importancia conocer y nunca caer en excesos de confianza en estos equipos ya que al parecer son muy nobles pero al no guardar las indicaciones necesarias, nuestra vida corre peligro, tal es el caso de manipular algún elemento con la planta en operación, lo cual es muy delicado y de extrema precaución para evitar accidentes.

También se conoce que un sistema de tierras juega un papel muy importante para protección tanto del equipo como de los operadores que manipulan estos equipos

Para ello en esta tesis se establecen los cálculos necesarios para un sistema de protección de tierras físicas adecuado y estrictamente apegado a los valores de referencia establecidos por las normas.

En general se desarrollo un trabajo didáctico que se pretende sea de gran utilidad para conocer y estudiar los grupos electrógenos además de conocer sus ventajas y deficiencias con respecto a los diferentes sistemas de combustible que presentan otros grupos.



Apéndice



Apéndice A

Equivalencias Energéticas Comunes:

Electricidad: 1 kW = 3,413 Btu/hr

Gas Natural: 1 ft³ de gas natural = 1,030 Btu

1 CCF = 100 ft³ = 1 therm = 103,000 Btu

1 MCF = 1,000 ft³ = 10 therms = 1,034,000 Btu = 1.034 MMBtu

Propano: 1 gal de propano = 91,600 Btu

1 ft³ de propano = 2,500 Btu

Gasolina: 1 gal de gasolina (medio octanaje) = 125,000 Btu

Etanol: 1 gal de etanol = 76,000 Btu

Fuel Oil: 1 gal de fuel oil #2 = 139,000 Btu

1 gal de fuel oil #4 = 145,000 Btu

1 gal de fuel oil #6 = 150,000 Btu

1 barril de petróleo = 42 gal

Otras:

1 Btu = 252 calorías

1 Btu = .293 watt

1 tonelada de refrigeración = 12,000 Btu/hr

1lb de basura residencial = 2,500 Btu

1lb de carbón = 12,000 Btu

1lb de madera = 3,500 Btu

1hp = 746 watts

1hp = 33,479 Btu/hr (caldera)

1hp = 33,000 ft-lb. /min

1hp = 42,440 Btu/min

1 watt = 3.412 Btu



Apéndice



1 kilowatt = 1,000 watts

1 kilowatt = 1.341 hp

1000 kilowatts = 1 megawatt

Todos los combustibles a continuación son equivalentes a 1,000,000 Btu:

Electricidad: 293.083 kWh @ 3412 Btu/kWh

Gas Natural: 1 MCF, 10 therms o 1,000 ft³

Carbón: 83.34 lbs @ 12,000 Btu/lb

Propano: 10.917 gal @ 91,000 Btu/gal

Gasolina: 8.0 gal @ 125,000 Btu/gal

Fuel Oil #2: 7.194 gal @ 139,000 Btu/gal

Fuel Oil #6: 6.67 gal @ 150,000 Btu/gal

Madera: 285.7 lbs @ 3,500 Btu/lb

Factores de Conversión de Energía:

- 1 ft-lb = 3.766 E-7 kWh = 3.24 E-4 calorías = 3.77 E-4 watt-hora = 1.28 E-3 Btu = 1.3558 Joules
- 1 Btu = 1054 Joules = 2.93 E-4 kWh = 2.52 E-1 calorías = 0.293 watt-hora = 778 ft-lb = 1.05 E10 ergs
- 1 g caloría = 1.559 E-5 hp-hora = .001 calorías = 1.163 E-3 watt-hora = 3.97 E-3 Btu
- 1 Joule = 2.78 E-7 kWh = 2.39 E-4 caloría = 2.79 E-4 watt-hora = 9.48 E-4 Btu
- 1 kWh = 1 E3 watt-hora = 1.34 hp-hora = 3413 Btu = 2.655 E6 ft-lb = 3.60 E6 Joules = 8.60 E5 calorías (gr-cal)
- 1 watt-hora = 1.34 E-3 hp-hora = 0.860 calorías = 3.41 Btu



Apéndice



Factores de Conversión de Potencia:

1 hp = 746 watts = 0.746 Kw = 10.7 calorías/min = 550 ft-lbs/segundo

1 caloría/segundo = 9.81 watts

1 kilowatt = 0.239 caloría/seg = 1.34 hp = 4.43 E4 ft-lbs/min.

1 Btu/segundo = 1.41 hp = 1054 watts

1 lumen = 1.50 E-3 watt

1 watt de máxima radiación visible = 668 lumen

Formulas para conversión de Temperatura

➤ $^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32)/1.8$

➤ $^{\circ}\text{k} = ^{\circ}\text{C} + 273$

➤ $^{\circ}\text{F} = 1.8 ^{\circ}\text{C} + 32$



Apéndice



Apéndice B

POTENCIA		AMPERAJE		TANQUE	DIMENSIONES [cm]			PESO
KW	KVA	220 [V]	440 [V]	LTS.	LARGO	ANCHO	ALTO	[Kg].
20	25	66	33	200	160	80	130	674
30	38	98	49	200	160	80	130	688
40	50	131	66	200	180	80	130	792
50	63	164	82	250	200	80	130	846
60	75	197	98	250	200	80	130	872
80	100	262	131	250	200	80	130	1000
100	125	328	164	250	213	80	153	1172
125	156	410	205	250	224	80	153	1232
150	188	492	246	500	240	80	153	1232
175	219	574	287	500	270	100	160	1849
200	250	656	328	500	270	100	160	1867
250	313	820	410	500	270	100	160	2348
300	375	984	492	1000	270	110	170	2531
350	438	1148	574	1000	300	110	170	2748
400	500	1312	656	1000	300	110	170	2752
450	563	1476	738	1000	330	145	190	3049

Tabla A1 Características principales de Plantas de Emergencia.

POTENCIA DEL GENERADOR [Kw]	POTENCIA DEL MOTOR [HP]	VELOCIDAD [RPM]	CILINDRADA [Litros] [kg/cm ²]	NUMERO DE CILINDROS
75	112	1800	8.1	4
100	115	1800	12.17	6
125	202	1800	12.17	6
150	235	1800	12.17	8
200	315	1800	16.2	8
250	505	1800	14.6	6
350	660	1800	19.5	8
400	790	1800	32.2	8
600	1190	1800	48.3	12
900	1570	1800	64.5	16

Tabla A2 Tamaños comerciales de Motores de Combustión, para Generadores en Plantas de Emergencias (Diesel).



Apéndice



CAPACIDAD DE P.E.	FLUJO DE GASES A 1800 RPM		TEMPERATURA DE GASES		CONTRAPRESIÓN PERMITIDA		DIAMETRO DE
	[Kw]	Cfm	l/s	[°F]	[°C]	[Pulg. H ₂ O]	
15	138	65	1005	540	41	1044	2
35	296	140	1150	621	41	1044	2
60	459	217	1040	560	27	522	3
75	784	370	995	535	41	1044	3.5
100	762	358	960	515	41	1044	3.5
150	1330	627	1260	729	35	889	4
200	1860	878	986	530	28	700	5
250	2115	999	950	510	27	690	6
325	2650	1251	1040	560	27	690	6
400	3545	1673	956	513	41	1044	8
500	5440	2568	810	432	27	696	6(2)
600	5456	2575	985	529	41	1044	6(2)
750	7100	3351	915	491	41	1044	8(2)
1000	9183	4334	937	507	41	1044	10(2)

Tabla A3 Datos recomendados para el Cálculo de contrapresión en Línea de Escape.

CAPACIDAD DE INTERRUPTOR [A]	CABLE DE COBRE [AWG]
100	8
200	6
300	4
400	2
600	1/0
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0
1600	4/0
2000	2- 1/0
2500	2- 1/0
3000	2- 2/0
4000	2- 3/0

Tabla A4 Tamaño mínimo del Conductor de aterrizaje.



Apéndice



POTENCIA [KW]	ÁREA [M ²]
10 - 30	9
30 - 60	12
75 - 125	15
150 - 300	18
350 - 450	22
500 - 600	27
750 - 900	34
1000 - 1200	40

Tabla A5 Área mínima del local en relación con la potencia.

FALLAS	CAUSAS POSIBLES	FORMA DE DETECTARLO	FORMA DE CORREGIRLO	
SISTEMA DE RED NORMAL NO OPERA	Ausencia de alimentación en la Red de Normal	Medir el Voltaje en la entrada del Interruptor de Normal	Hablar para restablecer el sistema de Normal	
	Circuito sensitivo de voltaje en el control no funciona (Integrado en controlador) ó sensor de voltaje dañado (externo)	Mala calibración en los ajustes de protección de voltaje en el control		Verificar programación por alto y bajo voltaje en el control
		Verificar los fusibles de alimentación del sensor de voltaje		Cambiar fusibles "NO PUENTEAR CON ALAMBRES"
		Verificar la operación del sensor de voltaje		Reponer
	52/N no opera	Mala Calibración		Corrija calibración
		Verificar el fusible del control		Corregir y reponer
	Contactores de fuerza	Verificar operación de relevador auxiliar K2		Reponer
	Interruptor termomagnético de transferencia no opera	Medir voltaje de alimentación de la Bobina		Reponer Bobina
		Verificar si se encuentra Disparado		Restablecer de acuerdo a las instrucciones del cambiador de fuerza
	Interruptor Electromagnético	Revisar contactos de fuerza del interruptor		Reponer
Verificar operación de motor de energía almacenada			Revisar ajustes de micros, contactos y conexiones de acuerdo al diagrama	
Verificar los bloqueos del interruptor de emergencia no dispara			Reponer motor y mecanismo. Disparar interruptor de emergencia y revisar su operación de acuerdo al diagrama	



Apéndice



FALLAS	CAUSAS POSIBLES	FORMA DE DETECTARLO	FORMA DE CORREGIRLO
GRUPO ELECTRÓGENO NO ARRANCA	Batería(s) en mal Estado	Medir voltaje de batería(s)	Cambiar batería(s)
		Conexiones flojas y/o sulfatadas	Limpiarlas y reapretarlas
		Revisar conexiones rotas	Reponerlas
		Verificar el alternador o cargador de Baterías	Revisar voltajes de salida de los elementos
	Motor de Arranque	Revisar cables dañados. Medir voltaje en la bobina de solenoide auxiliar (4X)	Reponerlos
		Falso contacto en la Terminal del control de contacto de marcha	Revisar la salida del control y apretar en caso de ser necesario
	Falta de Combustible	Valvula solenoide no opera. (Solenoide de combustible)	Reemplazar
		Con un multímetro verificar que la salida del control tenga alimentación en el tiempo de marcha	Verificar el alambrado desde el control hasta el solenoide de marcha
		Aire en la línea de alimentación o en el sistema de combustible	Purgar líneas de suministro de combustible y sistema de combustible
		Verificar el nivel de combustible del tanque	Reponer combustible y purgar líneas
		Verificar que la válvula de alimentación de combustible no este cerrada	Abrir válvula y purgar líneas de alimentación
		Check de alimentación en mal estado	Reponer y purgar líneas
GRUPO ELECTRÓGENO NO GENERA	Conexiones sueltas o Flojas	Verificar conexiones	Reconectar y apretar
	Regulador dañado	Medir voltaje en la salida del regulador F+ y F-	Reponer
	Sistema de rectificación de generador dañado	Aplicar alimentación de batería con el regulador desconectado y la máquina trabajando en F+ (positivo) y F- (negativo).	Desmontar diodos y reponerlos. NOTA: si al aplicar voltaje genera, deberá cambiarse el regulador
	Bobina de excitación y fuerza dañadas	Medir con un megger la resistencia de las bobinas	Desmontar generador para su reparación y mandar a fábrica



Apéndice



FALLAS	CAUSAS POSIBLES	FORMA DE DETECTARLO	FORMA DE CORREGIRLO
SISTEMA DE EMERGENCIA NO OPERA	Conexiones sueltas o Flojas	Verificar conexiones	Apretar o reconectar
	Máquina no arranca		Verificar puntos de máquina no arranca
	Maquina no genera		Verificar puntos de máquina no genera
	52/E no opera	Verificar fusibles de control	Reponer
		Medir voltaje de alimentación de la Bobina	Reponer Bobina
	Contactores de fuerza	Medir voltaje de alimentación de la Bobina	Reponer Bobina
		Revisar contactos de fuerza del contactor	Reponerlos ó cambiar contactor
	Interruptor de protección de maquina	Verificar contactos y operación de interruptor	Restablecer o reponer
	Interruptor de Transferencia no opera	Verificar si se encuentra disparado	Restablecer de acuerdo a las instrucciones del cambiador de fuerza
		Revisar contactos de fuerza del interruptor	Reponer
	Interruptor electromagnético de transferencia no opera	Verificar operación de motor de energía almacenada	Revisar ajustes de micros, contactos y conexiones de acuerdo al plano Reponer motor y mecanismo.
		Verificar los bloqueos del interruptor de normal no dispara	Disparar interruptor de normal y revisar su operación de acuerdo al plano
	Circuito sensitivo de voltaje (integrado en el controlador) ó Sensor de voltaje (externo)	Verificar fusible de alimentación	Reponerlo
Verificar calibración		Corregir calibración	
Verificar operación		Cambiar controlador	
EL GRUPO NO PARA DESPUES DE HABERSE RESTABLECIDO LA RED DE NORMAL	Conexiones sueltas o Flojas	Verificar conexiones	Apretar o reconectar
	Largo periodo de enfriamiento	Verificar el tiempo de enfriamiento	Reducir el tiempo de enfriamiento en el control
	Solenoide de paro no opera	Verificar continuidad de la bobina del solenoide	Reponer
	Modulo de protección arranque y paro no opera (controlador)	Revisar relevador de combustible del control	Reponer relevador dañado (ó control)
		Revisar salida del controlador	Reponer controlador



Apéndice



FALLAS	CAUSAS POSIBLES	FORMA DE DETECTARLO	FORMA DE CORREGIRLO
PARO DEL MOTOR POR SOBRE-TEMPERATURA	Nota: En motores electrónicos se puede presentar un paro por alta temperatura antes de que el control lo detecte, debido al bajo nivel de refrigerante.	Revisar nivel de refrigerante	Esperar que baje la temperatura del agua y reponer el refrigerante faltante
		Revisar las bandas de ventilador	Tensar o cambiar bandas
		Revisar bomba de agua	Reponer
		Revisar termostato	Reponer
	Revisar radiador tapado	Desmontar y sondearlo	
	Revisar que el parametro de alta temperatura del motor, en el control no este en un valor bajo	Revisar los parametros de alarma y paro por alta temperatura en el control	Cambiar este valor a 210 °F o su equivalente en °C
	Empaque de tapón de radiador en mal estado	Inspección visual	Cambiar el tapon por uno con el mismo grado de presión
PARO POR BAJA PRESIÓN DE ACEITE	Bajo nivel de aceite	Revisar nivel de aceite	Reponer faltante
	Perdida de lubricante, por mangueras rotas o juntas deterioradas	Revisar fugas de aceite	Corregirlas
	Revisar que el parametro de baja presión del motor, en el control este en un valor adecuado	Revisar los parametros de alarma y paro por baja presión de aceite en el control	Cambiar este valor por el valor que sea considerado como baja presión de aceite de acuerdo a la capacidad del motor
PARO POR SOBREVOLUCIDAD	Ajuste alto del acelerador	En motores de inyección mecánica, revisar el ajuste del acelerador	Dar el ajuste adecuado para 60 Hz
	Picos de sobrevelocidad al tomar la carga o al retirarla	Falla del gobernador de velocidad	Ajustar la calibración (PID) del gobernador de velocidad
	<p>NOTA: en motores de inyección electrónica no se presenta sobrevelocidad, cuando se opera el motor de forma isócrona, ya que esta es controlada a través de la ECU propio del motor.</p> <p>La sobrevelocidad se puede presentar cuando el control de la velocidad es a través de un control para sincronía ó repartidor de carga, ya que el ECU del motor recibe la señal para incrementar o bajar la velocidad a través de un control externo</p>		Introducir al control de sincronía o repartidor de carga, los parámetros adecuados al tipo y capacidad del motor.



Apéndice



FALLAS	CAUSAS POSIBLES	FORMA DE DETECTARLO	FORMA DE CORREGIRLO
LARGO ARRANQUE	Pre calentador fuera de operación o desconectado	Verificar pre calentador del motor medir voltaje en las terminales	Verificar conexión o reemplazarlo
	Falta de Combustible	Ver (falta de combustible)	Ver punto falta de combustible grupo electrógeno no arranca
	Falla en motor de arranque	Ver (motor de arranque)	Ver punto motor de arranque grupo electrógeno no arranca

Tabla A6 Fallas y Soluciones de problemas de los grupos electrógenos.



Bibliografía



BILIOGRAFÍA

1. “Convertidores Electromecánicos de Energía”. G. Herranz. Ed. Marcombo. Boizareau Editores.
2. “Brushless Permanent Magnet Motor Design”. Duane C. Hanselman. Ed McGraw – Hill Inc.
3. “Curso Moderno de Máquinas Electricas Rotativas” Tomos I,II,III,IV y V. M Cortes Cherta. Editorial Técnicos Asociados.
4. “Power Electronics”. Mohan, Undeland, Robbins. Ed. John Wiley and Sons. Curso Red.
5. ROMERO, P.C.A. “fundamentos de construcción de motores de combustión interna”. Universidad Tecnológica de Pereira. 2003.
6. KWANG, I. Y. y otros. An Engine coolant Temperatura Model and Application for cooling System Diagnosis. SAE paper 2000-01-0939.
7. Técnico en Mecánica y Electrónica Automotriz – N°: 3 – Edit. CODESIS – Edic. 1999.
8. Manual práctico del automóvil (Motor Diesel) – Edit. Cultural – Edic. 1987.
9. Máquinas Eléctricas, Stephen Chapman. Editorial Mc Graw Hill 3ra edición.



Bibliografía



Sitios de Internet

[URL 1]

<http://www.mecanicadeautos.info/index.php?id=Lubricantes>

[URL 2]

<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4084/1/lubricacion.pdf>

[URL 3]

<http://www.monografias.com/trabajos24/sistema-arranque/sistema-arranque.shtml>

[URL 4]

<http://grupo8diesel.blogspot.com/2009/02/camaras-arremolinadora.html>

[URL 5]

<http://www.wordreference.com/definicion/gasoil>

[URL 6]

http://www.fondear.org/infonautic/barco/Motores_Helices/Motores_Diesel/Motores_Diesel.htm

[URL 7]

http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4084/1/sistema_de_combustible.pdf

[URL 8]

<http://es.wikipedia.org/wiki/Gas%C3%B3leo>



Bibliografía



[URL 9]

http://www.fondear.org/infonautic/barco/Motores_Helices/Motores_Diesel/Motores_Diesel.htm

[URL 10]

<http://jjcartagena.com/Documents/Sistema%20de%20admission%20de%20aire.pdf>

[URL 11]

<http://jjcartagena.com/Documents/Ventilacion%20del%20recinto.pdf>

[URL 12]

http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_di%C3%A9sel

[URL 13]

http://www.rolcar.com.mx/Mecanica%20de%20los%20sabados/Sistema_de_enfriamiento.asp

[URL 14]

<http://www.hinomexico.com/admin/consejos/pdfs/SABIAS-1.pdf>

[URL 15]

<http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/trabajos%202002/PLC/plc.htm>