



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA UNIDAD MÓVIL DE  
GENERACIÓN ELÉCTRICA CON UN PANEL DE CONTROL  
EGCP-2 PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS, EN LA EMPRESA  
RS ROTH S. A.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**DIRECTOR:           ING. MIGUEL LUCIO**

**CODIRECTOR:      ING. FREDDY SALAZAR**

**ELABORADO POR:**

**GALLARDO CÁRDENAS FÉLIX FABIÁN**

**LATACUNGA, ENERO DEL 2010**

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Gallardo Cárdenas Félix Fabián, bajo nuestra supervisión.

---

**ING. MIGUEL LUCIO**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**ING. FREDDY SALAZAR**  
**CODIRECTOR DE PROYECTO**

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

### **CERTIFICADO**

En nuestra calidad de Director y Codirector, certificamos que el señor Gallardo Cárdenas Félix Fabián ha desarrollado el proyecto de grado titulado **“AUTOMATIZACIÓN DE UNA UNIDAD MÓVIL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON UN PANEL DE CONTROL EGCP-2 PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS, EN LA EMPRESA RS ROTH S. A.”**, aplicando las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, por lo que autorizamos al mencionado alumno, reproduzcan el documento definitivo, se presente a las autoridades de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, y se proceda a la exposición de su contenido.

Atentamente,

---

**ING. MIGUEL LUCIO**

**DIRECTOR**

---

**ING. FREDDY SALAZAR**

**CODIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD EXPRESADA**

Quién suscribe, Gallardo Cárdenas Félix Fabián, portador de la cédula de ciudadanía 180361403-9 respectivamente con libertad y voluntariamente declaro que el presente tema de investigación: **“AUTOMATIZACIÓN DE UNA UNIDAD MÓVIL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON UN PANEL DE CONTROL EGCP-2 PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS, EN LA EMPRESA RS ROTH S. A.”**, su contenido, ideas, análisis, conclusiones y propuestas son originales, auténticos y personales.

En tal virtud son para efectos legales y académicos que se desprenden de la presente tesis es y será de exclusiva responsabilidad legal y académica, como autor de este proyecto de grado.

Atentamente;

---

Félix Fabián Gallardo Cárdenas

## **AGRADECIMIENTO**

Al Señor Jesucristo, mi Señor y Dios, por enseñarme el camino correcto de la vida, guiándome y fortaleciéndome cada día con su Santo Espíritu.

Agradezco de manera especial a la empresa RS ROTH S.A. a compañeros de trabajo portadores de conocimientos y paciencia para que este trabajo llegue a un feliz término.

A mis maestros y amigos, en especial al Ing. Miguel Lucio e Ing. Freddy Salazar, por sus consejos y por compartir desinteresadamente sus amplios conocimientos y experiencia.

*Fabián Gallardo*

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermana, Manuel, Cecilia y Alejandra quienes han sido un apoyo moral en todo momento, brindándome cariño y calor humano necesario, son los que han velado por mi salud, mis estudios, mi educación, les debo todo, horas de consejos, de regaños, tristezas y alegrías de las cuales estoy muy seguro que las han hecho con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral y de las cuales me siento extremadamente orgulloso. Gracias por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí.

Dedico también este éxito académico a Mariela, solo quiero darte las gracias por ser el sostén y apoyo en mis esfuerzos de superación profesional, complementando el amor en mi existencia.

A la memoria de Cesar y Vinicio ejemplo de esfuerzo, humildad y superación.

*Fabián Gallardo*

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**SEDE LATACUNGA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo Félix Fabián Gallardo Cárdenas, autorizo la publicación en la biblioteca virtual de la institución el trabajo **“AUTOMATIZACIÓN DE UNA UNIDAD MÓVIL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON UN PANEL DE CONTROL EGCP-2 PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS, EN LA EMPRESA RS ROTH S. A.”**; cuyo contenido, ideas y criterios son exclusiva responsabilidad del autor.

Latacunga, Enero del 2010.

-----  
Félix Fabián Gallardo Cárdenas

C. I. 1803614039

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. I CAPITULO .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL .....	1
1.1.1. EMPRESA RS ROTH .....	2
1.1.1.1. Historia .....	2
1.1.1.2. Misión .....	3
1.1.1.3. Visión .....	3
1.1.1.4 Política de Calidad .....	4
1.1.1.5. Servicio de Generación .....	4
1.2. DATOS DE LA CARGA .....	5
1.3. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS .....	8
1.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO .....	8
1.3.1.1. Cargas con factor de potencia cercano a la unidad .....	10
1.3.1.2. Cargas motrices .....	11
1.3.1.3. El cálculo del reactivo para cada una de estas cargas será .....	13
1.4. SINCRONIZACIÓN DE GENERADORES .....	16
1.4.1. OPERACIÓN DE GENERADORES EN PARALELO .....	16
1.4.2. SINCRONIZACIÓN .....	18
1.4.2.1. Esquema clásico de la sincronización .....	19
1.4.3. CASOS DE SINCRONIZACION .....	20
1.4.3.1. Voltajes diferentes, pero frecuencia y secuencia iguales. ....	20
1.4.3.2. Frecuencias diferentes, voltajes y secuencia iguales. ....	21
1.4.3.3. Secuencia de fase incorrecta .....	22
1.4.3.4. Fase no es igual, voltaje, frecuencia, secuencia de fase, idénticas. ....	22
1.4.4. CONCEPTO DE BUS INFINITO .....	23

1.4.5. SINCRONIZACIÓN DE GENERADORES EN PARALELO. ....	24
1.4.5.1. Método de Lámparas Apagadas. ....	25
1.4.5.2. Método de Lámparas Encendidas. ....	26
1.4.5.3. Método de Lámparas Giratorias. ....	26
1.4.6. SINCRONOSCOPIO.....	27
1.4.6.1. Rutina de Sincronización .....	27
1.4.7. SINCRONIZACIÓN DE GENERADORES A BARRA COMÚN.....	29
1.5. GENERADOR ELÉCTRICO .....	31
1.5.1. GRUPOS ELECTRÓGENOS .....	31
1.5.1.1. Descripción General .....	31
2. CAPITULO .....	33
2.1. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS .....	33
2.1.1. EQUIPOS CABINADOS .....	34
2.1.2. EQUIPOS CABINADOS INSONORIZADOS.....	34
2.1.3. EQUIPOS SOBRE TRAILER .....	35
2.2. GENERADOR DISPONIBLE.....	35
2.2.1. GENERADOR CATERPILLAR 3412 .....	36
2.2.1.1.1. Regulador automático de voltaje.....	39
2.2.1.1.2. Regulador electrónico de velocidad PEEC.....	42
2.2.1.1.2.1. Procesamiento de Datos del Sistema .....	42
2.2.1.1Equipos de Control.....	38
2.3. DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO EGCP-2.....	44
2.3.1. DESCRIPCION DEL PANEL DE CONTROL EGCP-2.....	46
2.3.1.1. Descripción General del Software.....	46
2.3.1.1.1. Pantallas de Estado .....	47
2.3.1.1.1.1. Estado de Entradas y Salidas .....	50

2.3.1.1.1.2. Registro de Alarmas/Eventos .....	52
2.3.2. CONFIGURACION DEL EQUIPO EGCP-2 .....	54
2.3.2.1. Comprobaciones de idoneidad.....	57
2.4. CONTROL DE VOLTAJE Y VELOCIDAD .....	62
2.4.1. CONTROL DE VOLTAJE.....	62
2.4.1.1. Tarjeta Reguladora de Voltaje VR6.....	62
2.4.1.1.1. Diagrama de Bloques de la Tarjeta Reguladora VR6 .....	64
2.4.2. CONTROL DE VELOCIDAD .....	65
2.5. CONTROL DE CARGA .....	65
2.5.1. CAIDA .....	67
2.5.2. CARGA BASE.....	67
2.5.3. COMPARTIMIENTO ISÓCRONO DE LA CARGA.....	68
2.5.4. COMPARTIMIENTO DE CARGA CON CAÍDA/ISÓCRONO EN UNA BARRA AISLADA.....	68
2.5.5. COMPARTIMIENTO DE CARGA ISÓCRONO EN UNJA BARRA AISLADA.....	69
2.5.6. AUTOSECUENCIA DE ENCENDIDO .....	70
2.6. CIRCUITOS DE CONTROL PARA EL USO DEL EGCP-2.....	70
2.6.1. ENTRADAS Y SALIDAS PARA EL USO DEL EGCP 2 .....	71
2.6.1.1. Entradas AC .....	71
2.6.1.2. PICK-UP .....	73
2.6.1.3. Entradas DC .....	74
2.6.1.4. Salidas DC .....	75
2.6.1.5. Entradas Discretas .....	76
2.6.1.6. Salidas Discretas .....	77
2.6.2. CABLEADO EMPLEADO .....	78
2.7. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE FUERZA .....	78

2.7.1. DIMENSIONAMIENTO DE DISYUNTORES PARA EL TABLERO DE TRANSFERENCIA.....	78
2.7.1.1. Selección del disparador adecuado.....	80
2.7.2. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES PARA EL TABLERO .	81
3. CAPITULO .....	84
3.1. MONTAJE E INSTALACIÓN .....	84
3.1.1. MONTAJE DEL EQUIPO DE CONTROL.....	86
3.1.1.1. Apantallamiento y Conexión a Tierra.....	89
3.2. ESTÁNDARES DE PROTECCIÓN .....	91
3.3. CALIBRACION DEL SISTEMA.....	95
3.3.1. AJUSTE AL PANEL DE CONTROL EGCP- 2.....	95
3.4. PRUEBAS PREOPERACIONALES.....	98
3.4.1. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	98
3.4.2. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y COMPROBACIÓN .....	99
4. CAPITULO .....	103
4.1. OPERACIÓN DE LA UNIDAD MOVIL DE GENERACION .....	103
4.1.1. FUNCIONES DEL SISTEMA.....	104
4.1.1.1. Modo de Operación .....	105
4.1.1.1.1 Pre calentamiento del Grupo Generador Móvil .....	105
4.1.2. OPERACIÓN DEL EGCP-2 EN ALARMA .....	112
4.1.2.1. Reconociendo Alarmas .....	112
4.1.2.2. Reseteando Alarmas .....	112
4.1.3. DESCRIPCION DE ENTRADAS Y SALIDAS DISCRETAS .....	114
4.1.3.1. Entradas -IN.....	114
4.1.3.2. Salidas-OUT.....	115
4.2. MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD MÓVIL DE GENERACIÓN.....	117
4.2.1. FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO .....	120

<b>4.2.2. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA UNA UNIDAD MOVIL DE GENERACION .....</b>	<b>120</b>
4.2.2.1.1. M1 mantenimiento cada 300 horas.....	121
4.2.2.1.2. M2 mantenimiento cada 2100 horas.....	122
4.2.2.1.3. M3 mantenimiento cada 3600 horas.....	122
4.2.2.1.4. M4 mantenimiento cada 4500 horas.....	122
4.2.2.1.5. M5 mantenimiento cada 9000 horas.....	122
4.2.2.1.Descripción del Trabajo a Realizar en cada Mantenimiento .....	121
<b>4.2.3. PLAN DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>123</b>
<b>5. CAPITULO .....</b>	<b>124</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	124
5.2. RECOMENDACIONES.....	125
5.3. BIBLIOGRAFÍA .....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1 Sistema Electrógenos .....	2
Figura N° 1.2 Operación y Mantenimiento.....	3
Figura N° 1.3 Montaje e Instalación .....	4
Figura N° 1.4 Reparación y Calibración.....	4
Figura N° 1.5 Demanda de Potencia en Campo .....	7
Figura N° 1.6 Diagrama esquemático para la sincronización de un generador con el bus infinito. ....	18
Figura N° 1.7 Esquema clásico de sincronización. ....	19
Figura N° 1.8 Caso I.....	20
Figura N° 1.9 Caso II.....	21

<b>Figura N° 1.10 Caso III.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura N° 1.11 Caso IV .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura N° 1.12 Bus Infinito.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura N° 1.13 Método de secuenciación de lámparas apagada.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura N° 1.14 Método de secuenciación de lámparas encendidas.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura N° 1.15 Método de secuenciación de lámparas giratorias.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura N° 1.16 Esquema de algoritmo para secuencia de cierre de interruptor a barra común.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura N° 1.17 Esquema de algoritmo para secuencia de sincronización de generadores a barra común.....</b>	<b>30</b>
<b><i>Figura N° 1.18 Componentes del Grupo Electrónico.....</i></b>	<b>32</b>
<b>Figura N° 2.1 Generador Caterpillar 906kVA.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura N° 2.2 Motor Diesel .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura N° 2.3 Sistema de Refrigeración por Aire .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura N° 2.4 Control Electrónico del Actuador .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura N° 2.5 Regulador de Voltaje VR6.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura N° 2.6 Procesamiento de Señales en la Unidad de Control .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura N° 2.7 Regulador de Velocidad PEEC .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura N° 2.8 Conexiones de la interfaz del EGCP-2.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura N° 2.9 Panel EGCP-2.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura N° 2.10 Descripción general del sistema con el motor fuera de línea .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura N° 2.11 Estado E/S.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura N° 2.12 Pantalla de Alarmas/Eventos.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura N° 2.13 Pantalla de Código de Seguridad.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura N° 2.14 Lista de Menú de Configuración .....</b>	<b>56</b>

<b>Figura N° 2.15 Lista de Menú de Configuración Soft Transfer .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura N° 2.16 Diagrama de bloques de la tarjeta VR6.....</b>	<b>64</b>
<b>Figura N° 2.17 Relación Frecuencia-Potencia.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura N° 2.18 Generador Astatico .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura N° 2.19 Conexión del PT en estrella de cuatro conductores .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura N° 2.20 Diagrama del cableado del transformador de corriente para el EGCP-2.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura N° 2.21 Diagrama del cableado de la entrada del captador magnético.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura N° 2.22 Diagrama del cableado de las salidas de polarización de velocidad .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura N° 2.23 Diagrama del cableado polarización de tensión.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura N° 2.24 Diagrama del cableado de conexiones discretas de E/S típicas .....</b>	<b>76</b>
<b>Figura N° 2.25 Salida normalmente abierta del disyuntor de la red (Cierre).....</b>	<b>77</b>
<b>Figura N° 2.26 Contactos normalmente abiertos(Apertura) .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura N° 2.27 Conductor Eléctrico .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura N° 3.1 Tablero de transferencia automática de Energía .....</b>	<b>84</b>
<b>Figura N° 3.2 Unidad de Generación Móvil .....</b>	<b>85</b>
<b>Figura N° 3.3 Elementos de Potencia.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura N° 3.4 Elementos de Medición .....</b>	<b>85</b>
<b>Figura N° 3.5 Elementos de Potencia.....</b>	<b>86</b>
<b>Figura N° 3.6 Elementos de Control .....</b>	<b>86</b>
<b>Figura N° 3.7 Distribución del Equipo de Control .....</b>	<b>87</b>
<b>Figura N° 3.8 Regletas de terminales del tipo Cage Clamp.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura N° 3.9 Vista trasera del Controlador .....</b>	<b>88</b>
<b>Figura N° 3.10 Señales análogas hacia el Grupo Electrónico.....</b>	<b>89</b>

<b>Figura Nº 3.11 Señales discretas desde el Grupo Electrónico .....</b>	<b>90</b>
<b>Figura Nº 3.12 Medio en Comparación.....</b>	<b>96</b>
<b>Figura Nº 3.13 Osciladores Controlados por Tensión-Efecto de Desviación.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura Nº 3.14 Ventana de diagnostico Software ET CAT .....</b>	<b>100</b>
<b>Figura Nº 4.1 Swich Principal de Baterías .....</b>	<b>106</b>
<b>Figura Nº 4.2 Breaker de alimentación EGCP-2 .....</b>	<b>106</b>
<b>Figura Nº 4.3 Selector de Arranque del Panel de Control .....</b>	<b>107</b>
<b>Figura Nº 4.4 Swich de potencia del Tablero de Transferencia de Energía .....</b>	<b>107</b>
<b>Figura Nº 4.5 Medidor de Energía PM 500.....</b>	<b>108</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1 Tabla para determinar la sección de un conductor .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla Nº 1.1 Cargas en distintas Estaciones .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla Nº 1.2. Factor de corrección según el factor de potencia .....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla Nº 1.3 Factor de corrección según el aumento de temperatura ...</b>	<b>15</b>
<b>Tabla Nº 1.4. Factor de corrección según la altura de instalación.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla Nº 3.1 Capacidad de Conductores .....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla Nº 3.2 Capacidad de Conductores .....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla Nº 3.2 Estándares ANSI.....</b>	<b>91</b>
<b>Tabla Nº 3.3 Máximas potencias inversas en motores .....</b>	<b>93</b>
<b>Tabla Nº 3.4 Registro Cat Electronic Technician 2005B v1.1 .....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla Nº 3.5 Valores de pruebas.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla Nº 3.6 Reajuste de parámetros del EGCP-2.....</b>	<b>101</b>

<b>Tabla Nº 3.7 Pruebas Finales .....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla Nº 4.1 Descripción de las Teclas del EGCP2.....</b>	<b>117</b>

## **RESUMEN**

El presente proyecto comprende la automatización de una unidad móvil de generación eléctrica con un panel de control EGCP-2 para grupos electrógenos en la empresa RS ROTH S.A.

Este trabajo está dividido en cinco capítulos que describen secuencialmente las etapas seguidas a lo largo del proyecto.

El Capítulo 1 comprende la descripción general de los distintos puntos donde RS ROTH presta servicio de generación eléctrica a lo largo de la región amazónica de nuestro país, así también, se describen las cargas que el sistema abastecerá al momento de realizar la transferencia de carga, los criterios para la elección de grupos electrógenos, las condiciones que deben cumplir para el trabajo en sistemas sincronizados en paralelo.

En el Capítulo 2 se expone las características que posee el grupo generador disponible, explica detalladamente el funcionamiento del sistema de transferencia automática y sincronismo de energía, en el cual se incluye la descripción del controlador de carga y gestión del motor EGCP-2 con sus respectivas configuraciones y circuitos auxiliares aplicados. Parte de este capítulo está dedicado al control de carga aplicado en los equipos para realizar la transferencia de carga. En esta sección se ha incluido el dimensionamiento de los equipos de fuerza como: conductoras y los switch de potencia.

El Capítulo 3 describe el montaje e instalación de los equipos de fuerza y control en el tablero de transferencia, las consideraciones de puesta a tierra de los dispositivos, los elementos de protección con los que cuenta el sistema de transferencia están de conformidad con los estándares ANSI y

concluye con la mención de las pruebas, ajustes, consideraciones previas para el buen desempeño del sistema garantizando la operación y seguridad del equipo cuando se lo requiera.

El Capítulo 4 señala las funciones del sistema e indica los pasos a seguir para una operación adecuada y segura del sistema implementado para controlar el grupo generador, además sugiere las tareas de mantenimiento para la unidad de generación móvil.

El Capítulo 5 se dedica a la exposición de las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en este proyecto, en las cuales se rescatan varios criterios que pudieron ser obstáculos o a su vez, ventajas para su desarrollo.

## **i) Introducción**

La electricidad, como todos podemos corroborar, ha sido, es y seguirá siendo un recurso importante para nuestra vida cotidiana. En la mayoría de nuestras actividades está presente, en hogares, en las calles, en los edificios, en los trabajos, etc.

Para las empresas de la industria petrolera, es indispensable el suministro permanente de energía eléctrica, ya que sin ésta la empresa tendría grandes pérdidas debido al paro de su producción.

Gracias al descubrimiento de los dispositivos semiconductores (transistores, tiristores, etc.) en la década de los 60, que respondían a las exigencias industriales (alta fiabilidad, dimensiones reducidas, insensibilidad a las vibraciones mecánicas, etc.), la electrónica industrial hizo progresos increíbles, permitiendo la realización de procesos cada vez más complejos, destinados a la automatización de procesos industriales.

Debido a esto se busca implementar un sistema de transferencia automática de energía cuyo objetivo es mantener el suministro de energía mientras se conecta a un generador fijo minimizando los tiempos de interrupción y garantizando el servicio de generación la empresa RS ROTH SA.

## **ii) Antecedentes**

El desarrollo de la tecnología y el mercado competitivo, obliga a las empresas ecuatorianas a mejorar sus técnicas de operación y servicios.

La automatización de una unidad de generación móvil facilitará al personal en ejecutar mantenimientos programados en las distintas unidades de generación, ubicadas en diversos campos productores de crudo en nuestro país.

La necesidad de evitar paras no programadas en producción y la molestia en el Cliente, fomenta la mejora del sistema manual existente en RS ROTH SRA. por uno que garantice confiabilidad y eficiencia en el medio, como antecedente cabe señalar que el método manual corre el riesgo de interrumpir el servicio de energía eléctrica, como ha ocurrido en distintos campos productores, por ejemplo en una empresa Operadora se encuentran equipos en operación continua, estos requieren mantenimiento, encontrándose con un carga aproximada de 500 KVA, en el instante de sincronismo no existe un medio de repartición de carga por consecuente ingresan las unidades en paralelo pero al no tomar la suficiente carga la unidad que ingresa se motoriza accionando las distintas protecciones dando como resultado la para del equipo alimentador del pozo, registrando pérdidas hasta del 8% de la producción diaria.

Se propone un sistema que contará con un Grupo Electrónico CAT 3412 y un panel de Control EGCP-2, mismo que resultara fácil su conexión y desconexión momentánea a la red alimentadora. Logrando disminuir costos y tiempos de operación, ya que no será necesario interrumpir la entrega de energía hacia los pozos de producción, mejorando la calidad del servicio eliminando posibles errores humanos con técnicas manuales.

### **iii) Objetivo General**

- ✓ Automatizar una unidad móvil de generación eléctrica con un panel de control EGCP-2-2 para grupos electrógenos.

#### **iv) Objetivos Específicos**

- ✓ Analizar los fundamentos y componentes de un grupo generador de Energía Eléctrica Caterpillar serie 3412.
- ✓ Identificación de los componentes y variables a controlar.
- ✓ Controlar la carga activa (KW) y Reactiva (KVAS).
- ✓ Implementación de un panel de control para grupos electrógenos.

#### **v) Justificación**

La importancia de tener un sistema automatizado en el control de Grupos Electrógenos es eliminar los errores humanos, disminuyendo el tiempo de accionamiento en distintos elementos actuadores, evitando daños materiales, pérdidas humanas y económicas.

El proyecto planteado ayuda al desarrollo de un conjunto completo de control de carga y gestión del motor de un generador, basado en microprocesador para utilizarlo con un control electrónico de velocidad del motor y un regulador de tensión independiente.

#### **vi) Alcance y Metas**

- ✓ Establecer el control del sistema electrógeno CAT serie 3412.
- ✓ Analizar el funcionamiento de un control de velocidad.
- ✓ Analizar las características que brinda el Panel de Control EGCP 2.
- ✓ Establecer los elementos de control para el funcionamiento del Panel de Control.
- ✓ Configurar el equipo para la protección del Grupo Electrógeno.

- ✓ Realizar la sincronización entre disyuntores del generador móvil y de la red.

# **I. CAPITULO**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

En muchas zonas del mundo, el suministro de Energía Eléctrica a nivel nacional están conectadas formando una red permitiendo que la electricidad generada en un área se comparta con otras zonas, cada región aumenta su capacidad de reserva y comparte el riesgo de apagones.

Estas redes son enormes y complejos sistemas formados por grupos generadores diversos representando una gran ventaja económica en muchos aspectos pero aumentan el riesgo de dejar sin suministro de energía eléctrica instantáneamente a grandes zonas en esto pueden influir factores imprevistos como la ocurrencia de fallas o sobrecargas en algún punto del sistema, pero el aspecto más común es la deficiencia en la generación con relación a la demanda.

La necesidad de una fuente suplementaria de energía eléctrica raras veces se considera en la etapa de inversiones. Solo se prioriza el uso de una fuente alternativa, en aquellos servicios prioritarios, que ante la ocurrencia de una falla eléctrica pueden poner en peligro las vidas humanas (hospitales), un proceso productivo de gran importancia económica (refinerías) o puntos neurálgicos que garantizan la defensa.

El uso de fuentes alternativas propias de suministro de energía eléctrica garantiza la continuidad de procesos productivos, de servicios o la dinámica social diaria de núcleos poblacionales, ante la posibilidad, cada vez más creciente, de ocurrencia de un apagón.

### **1.1.1. EMPRESA RS ROTH**

El proyecto de tesis se desarrolla en la empresa RS ROTH de la cual se presenta una breve descripción Técnico-Administrativo.

#### **1.1.1.1. Historia**

R.S. ROTH fue fundada en 1993 en el ECUADOR y desde su inicio se ha especializado en satisfacer las necesidades del mercado en el sector petrolero.

R.S. ROTH está orientado a satisfacer las necesidades de nuestros clientes con la adecuada selección y aplicación de nuestros productos, optimizando el servicio y reduciendo los costos de operación.



**Figura N. 1.1** Sistema Electr6genos

### 1.1.1.2. *Misión*

R. S. ROTH comparte y respalda el desarrollo de la industria en general. Ofrecemos servicios de alquiler, operación y mantenimiento de equipos de generación eléctrica aplicando las mejores prácticas, técnicas de seguridad, control de calidad y cuidados del ambiente para satisfacer las múltiples necesidades de nuestros clientes.



**Figura No 1.2** *Operación y Mantenimiento*

### 1.1.1.3. *Visión*

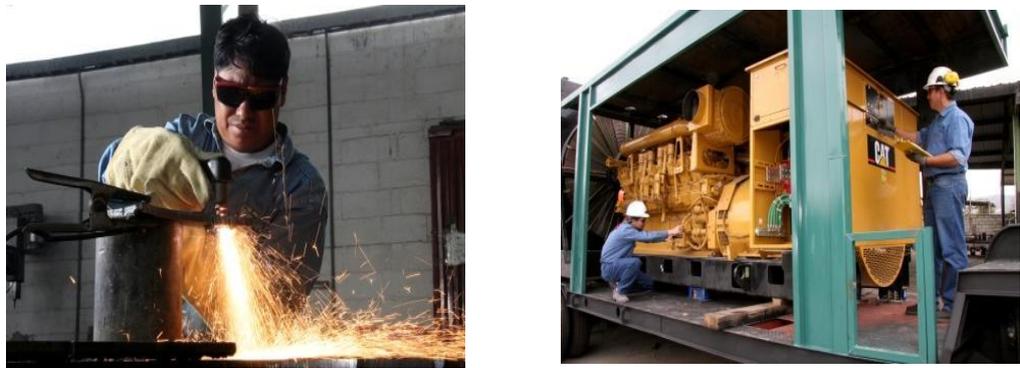
Constituirnos en la solución energética y el agente dominante del desarrollo industrial a nivel nacional e internacional. Llegar a ser el número uno en servicios especializados con la fortaleza de una gran empresa combinada con la agilidad y adaptabilidad de una pequeña empresa.



**Figura No 1.3** *Montaje e Instalación*

#### **1.1.1.4. Política de Calidad**

Alquiler, operación y mantenimiento de equipos de generación eléctrica y bombeo de alta presión para la industria en general, sustentados en un adecuado mantenimiento de los equipos, con personal competente cumpliendo los requisitos técnicos y legales aplicables; mejorando continuamente los procesos para satisfacer los requisitos de nuestros clientes.



**Figura No 1.4** Reparación y Calibración

#### **1.1.1.5. Servicio de Generación**

Una de nuestras líneas de servicio es la generación eléctrica para estaciones de reinyección, pozos productores y campamentos, con equipos de generación con capacidades desde 100 a 2000 KW. de potencia nominal, con motores de cuatro tiempos, turboalimentados e inyección electrónica. En marcas como Caterpillar, Kohler o similares.

## 1.2. DATOS DE LA CARGA

En instalaciones industriales de mediana y gran potencia se están incorporando importantes cargas controladas no-lineales y dispositivos que funcionan con controladores electrónicos de potencia aumentando tanto en número como en magnitud.

Estas cargas pueden provocar la distorsión de las ondas de corriente-tensión, producir efectos sobre otros componentes de la red y, en general, afectar el servicio eléctrico existente.

En una Estación de Producción de Crudo en el caso de pérdida de red, ciertas cargas son consideradas críticas por su importancia, de las cuales se pueden mencionar:

- a) **Bombeo Electrosumergible:** El bombeo electrocentrífugo sumergido ha probado ser un sistema artificial de producción eficiente y económico. En la actualidad ha cobrado mayor importancia debido a la variedad de casos industriales en los que es ampliamente aceptado.
- b) **Iluminación:** Su ausencia puede provocar pánico, lesiones e incluso la pérdida de la vida. En caso de pérdida de red es fundamental suministrar energía a esta carga, puesto que a más de prevenir los problemas antes mencionados provee de seguridad al lugar e impide daños a la propiedad.
- c) **Refrigeración:** Existen áreas donde se requiere refrigeración para mantener los alimentos en buen estado.

**d) Aire acondicionado:** Mantiene el ambiente de los lugares a una temperatura y humedad comfortable.

**e) Sistemas de comunicación y procesamiento de datos:** Son altamente vulnerables a variaciones de voltaje, aunque generalmente conectados a equipos que almacenan energía como UPS requieren de energía casi de inmediato.

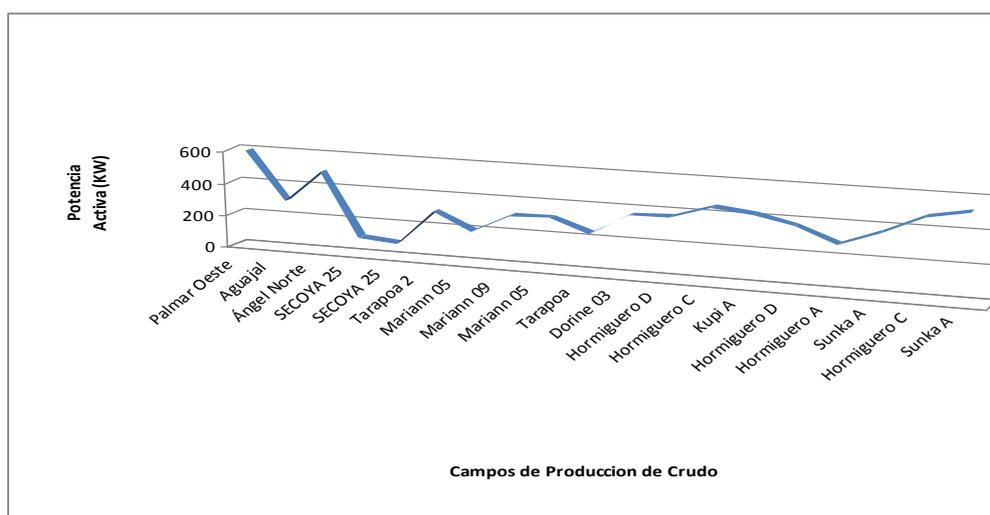
En la Tabla 1.1 se toman valores registrados de potencia activa que permanece en servicio de las diferentes estaciones durante un corte de energía.

<b>DEMANDA DE CARGA EN DIFERENTES CAMPOS</b>	
<b>Locución</b>	<b>Total (KW)</b>
Palmar Oeste	600
Aguajal	300
Ángel Norte	500
Tarapoa 2	303
Mariann 09	311
Mariann 05	319
Dorine 03	367
Hormiguero D	375
Hormiguero C	447
Kupi A	423
Hormiguero D	375

Hormiguero A	287
Sunka A	375
Hormiguero C	479
Sunka A	527

**Tabla No. 1.1** Cargas en distintas Estaciones

En la Figura No. 1.5 se observa la curva de demanda en los diferentes pozos de producción de crudo que la empresa RS ROTH presta sus servicios



**Figura No. 1.5** Demanda de Potencia en Campo

La ubicación de los pozos productores de crudo en el Oriente Ecuatoriano se muestra en el Anexo A-1.

### **1.3. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS<sup>1</sup>**

Los grupos electrógenos desempeñan como proveedores de energía continua, de reserva, suplementaria o de emergencia.

La selección del grupo electrógeno a instalar y su potencia nominal de generación es el momento más importante, a partir del cual se derivan el resto de las etapas como la instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

Los grupos electrógenos básicamente están formados por un conjunto integrado que contiene un motor térmico primario (turbina de gas, motor Otto o Diesel), un generador eléctrico (generalmente de corriente alterna) acoplado en el mismo eje y los correspondientes elementos auxiliares y sistemas complementarios, como los distintos indicadores de estado, tableros de maniobra, tanques, radiadores, circuitos de lubricación, combustible, agua y eventualmente aire comprimido; excitatrices, cargadores de baterías, equipos de control de tensión y frecuencia, automatismos de transferencia, protecciones contra sobrecargas, cortocircuitos, etc.

#### **1.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO<sup>2</sup>**

La potencia nominal a instalar para cada grupo resulta de la suma de las potencias requeridas por los receptores a alimentar, multiplicada por un

---

<sup>1</sup> Colegio de Ingenieros del Perú, CALCULO DE LA POTENCIA DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS, 2007

<sup>2</sup> Armando Rivero Ybarburu, Eproyiv, "Cálculo de la capacidad del generador en grupos electrógenos", 1985

factor de simultaneidad y tomando en cuenta un futuro aumento del consumo de hasta un 10%.

Para las cargas con sobrecorrientes iniciales, deben tomarse las debidas precauciones que eviten la aparición de caídas de tensión durante el arranque o el funcionamiento.

Es muy importante tener definido si la utilización de esta fuente de suministro cubrirá la carga de la instalación completa o si abarcará solo una parte de los circuitos que serán indispensables para mantener las funciones mas perentorias.

Esta definición decide como valorar las cargas a la hora de efectuar el cálculo:

- 1 Si se realiza la transferencia de conexión solo para un pequeño grupo de cargas (definidas como cargas en emergencia), será necesario considerar en el cálculo la máxima demanda de las mismas, que en la mayoría de los casos será igual a la suma de la potencia de todas estas cargas conectadas.
- 2 Si se conectan al generador del grupo electrógeno todas las cargas presentes en la instalación, habrá que considerar la demanda máxima y el factor de diversidad tal como si se estuviera trabajando con el suministro de la red de distribución

En ambos casos, si existen cargas muy grandes y/o de arranque pesado, hay que valorar el escalonamiento en la entrada de estas para lograr que el grupo electrógeno funcione, en su régimen nominal, entre el 70 - 80% de su capacidad de generación.

Durante el proceso de cálculo, las cargas con factor de potencia estable y cercano a la unidad (cargas resistivas y la iluminación fluorescente e incandescente, con un factor de potencia por encima de 0,9) se separan de las cargas motrices (motores de inducción) que pueden presentar un factor de potencia variable por la inestabilidad de la potencia útil requerida en el eje.

### 1.3.1.1. Cargas con factor de potencia cercano a la unidad

Se definen por la siguiente expresión:

$$S_{1g} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{ci}}{k_{\phi i} * \cos \phi_i} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$S_{1g}$  => Potencia necesaria del generador para alimentar las cargas

Con factor de potencia cercano a la unidad, en KVA.

$P_{ci}$  => Carga conectada en el circuito i, en KW.

$k_{\phi}$  => Factor de corrección que depende del factor de potencia (Tabla 1.2).

$\cos \phi_i$  => Factor de potencia de la carga en el circuito i.

n => Número de circuitos a considerar.

En la Tabla N° 1.2. se encuentra el factor de corrección debido al factor de potencia

<b>Valor del cosθ</b>	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
<b>Valor del kθ</b>	0.88	0.94	1.00	1.06	1.13	1.19	1.25

**Tabla N° 1.2.** Factor de corrección según el factor de potencia

### 1.3.1.2. Cargas motrices

Los motores se analizan para dos condiciones diferentes:

- a) Funcionamiento normal o nominal.
- b) Período de arranque.

Como funcionamiento normal se define las cargas motrices que operan en regímenes estables y están sujetas a procesos muy poco frecuentes de arranque parada, considerándose como una carga ya alimentada por el grupo electrógeno, por lo que se utiliza el valor de potencia realmente demandada y no el valor nominal. Se calcula por la siguiente expresión:

$$S_{2g} = \sum_{j=1}^n \frac{P_{cj}}{k\phi + R_j * \cos\phi_j} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

$S_{2g}$  => Potencia necesaria del generador para alimentar las cargas motrices en funcionamiento normal, en KVA.

$P_{cj}$  => Potencia del motor, en KW. (se toma el valor real práctico demandado por el motor; si se desconoce se toma el valor de la potencia nominal en la placa de características)

$K_{\phi}$  => Factor de corrección dependiente del factor de potencia (Tabla 1.2)

$\cos\phi_j$  => Factor de potencia de la carga en el circuito j.

$R_j$  => Rendimiento del motor.

$n$  => Número de circuitos a considerar.

El tratamiento a las cargas motrices con periodos de conexión desconexión frecuentes y breves periodos de trabajo, es diferente y hay que tener determinado, sea de forma práctica o a través de los parámetros de cada motor, la relación entre la corriente de arranque y la corriente nominal.

$$S_{aM} = \frac{P_{nM}}{\cos\phi_M * R_M} * \frac{I_{aM}}{I_{nM}} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

SaM => Potencia máxima de arranque del motor, en KVA.

PnM => Potencia nominal del motor, en KW.

cosøM => Factor de potencia nominal del motor.

RM => Rendimiento del motor.

$\frac{I_{aM}}{I_{nM}}$  => Relación entre las corrientes de arranque y nominal del motor.

Los valores hallados en KVA, para la potencia máxima de arranque (SaM) de cada motor en la ecuación Ec.3, NO PUEDEN sumarse algebraicamente para aquellos que puedan tener un arranque simultáneo, durante el proceso de arranque el factor de potencia es muy diferente al factor de potencia nominal en condiciones normales, variando según la potencia y la carga del motor.

Para sumar los valores de SaM, hay que tener en cuenta el factor de potencia de cada motor durante el arranque, por lo que la suma de las potencias de arranque ha de ser vectorial, es necesario descomponer cada valor del SaM en sus componentes activo (KW) y reactivo (KVAr). La suma algebraica solo se realizará cuando los motores que estén arrancando simultáneamente tengan el mismo factor de potencia durante el proceso de arranque.

### **1.3.1.3. El cálculo del reactivo para cada una de estas cargas será**

Partiendo siempre de las condiciones de arranque, el generador tiene que ser capaz de responder ante la demanda de los motores que arrancan

simultáneamente y con alta frecuencia, esta potencia necesaria para cubrir la demanda de todas las cargas en periodo de arranque, se definirá como  $S_{3g}$ .

#### 1.3.1.4. Potencia total del generador

La Potencia total del generador, expresada en KVA, será igual a la suma vectorial de las potencias  $P_{1g}$ ,  $P_{2g}$  y  $P_{3g}$  porque cada resultado obtenido tiene factores de potencia diferentes.

Se obtiene de las ecuaciones: 1, 2, 3

$$\bar{S}_g = \bar{S}_{1g} + \bar{S}_{2g} + \bar{S}_{3g} \quad \text{Ec. 4}$$

O sea:

$$(S_g)^2 = (\sum KW)^2 + (\sum KVAr)^2 \quad \text{Ec. 5}$$

Tanto la temperatura del medio ambiente, así como la altura de instalación inciden en la potencia del generador y del motor, por lo que es necesario incluir factores de corrección a partir de las condiciones de operación

En la Tabla N° 1.3. se encuentra el factor de corrección según el aumento de temperatura y la temperatura ambiente<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Caterpillar, USA (2000) "Genset Sizing", Electric Power. Application and installation guide

<b>t° del ambiente</b>	<b>Hasta 30°</b>	40°	45°	50°	55°
<b>Aumento de t°</b>	110°	110°	95°	90°	85°
<b>Valores de kt</b>	1.05	1	0.97	0.94	0.92

**Tabla N. 1.3** Factor de corrección según el aumento de temperatura

En la Tabla N. 1.4. se encuentra el factor de corrección según la altura de emplazamiento de instalación.

<b>Altura, metros</b>	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
<b>Kh para t° ambiente 30° &lt; t° a &lt; 40°</b>	1	0.97	0.95	0.92	0.89	0.86	0.83
<b>Kh para t° ambiente t° a &lt; 30°</b>	1.05	1.025	1	0.975	0.95	0.92	0.895

**Tabla N. 1.4.** Factor de corrección según la altura de instalación

El valor  $S_g$  de la expresión (Ec. 6) se divide por los factores que corresponda de las tablas 1.3 y 1.4, obteniendo como potencia final del generador:

$$S_{g(fianal)} = \frac{S_g}{k_t * k_h} \quad \text{Ec.6}$$

## **1.4. SINCRONIZACIÓN DE GENERADORES**

Los equipos de sincronización son necesarios en las centrales donde un generador debe ser acoplado a la red correspondiente o en subestaciones, para conectar en paralelo dos líneas de transmisión.

Los interruptores de potencia solo pueden ser cerrados cuando las tensiones en ambos lados del interruptor abierto están en sincronismo.

En caso de no ser así se pueden producir perturbaciones en la red, disparo del interruptor, solicitudes perjudiciales o en casos extremos incluso daños en el generador y transformador.

### **1.4.1. OPERACIÓN DE GENERADORES EN PARALELO**

La operación de dos o más generadores en paralelo tiene ventajas significativas respecto a un generador trabajando en solitario conectado una carga, quizás la ventaja más relevante sea la disponibilidad, es posible conectar en paralelo únicamente los generadores necesarios para suplir la necesidades de potencia debidas a los incrementos de la carga, esto con una disponibilidad de generación mayor que cuando se dispone de un solo generador.

Antes de conectar en paralelo un generador a una barra común es necesario sincronizarlo, puesto que cada uno de los generadores cuenta con un interruptor, este debe cerrar únicamente cuando la barra y el generador entrante coinciden en frecuencia, voltaje y secuencia de fases; además la

onda senoidal de la barra común y los generadores coinciden en el pico; es hasta el momento del cierre del interruptor que el generador está en paralelo.

Si dos o más generadores están conectados en paralelo esto no implica que la distribución de carga sea proporcional para cada uno de los generadores, para los generadores sincrónicos conectados en paralelo la distribución de potencia aparente depende de los ajustes de voltaje y frecuencia para cada uno de los generadores, el voltaje se regula con la corriente de excitación en el rotor determinando el monto de potencia reactiva entregada por el generador sincrónico, cuando el voltaje interno del generador es igual al voltaje de la barra común, el generador no entrega potencia reactiva, si el voltaje interno es mayor al voltaje de la barra, el generador entrega potencia reactiva, y por último si el voltaje interno del generador es menor al voltaje de la barra común, el generador sincrónico absorbe energía reactiva.

En el caso de la potencia real, esta depende del desplazamiento angular del eje del generador respecto del ángulo instantáneo del voltaje en la barra, si el ángulo entre el generador y la barra es positivo esto implica que el generador está levemente acelerado y entregando potencia real, si por el contrario, el generador tiene un ángulo negativo respecto de la barra común se dice que el generador recibe potencia real, por último si el ángulo del generador es idéntico al de la barra común el generador no entrega potencia a la barra y se dice que está vacío.

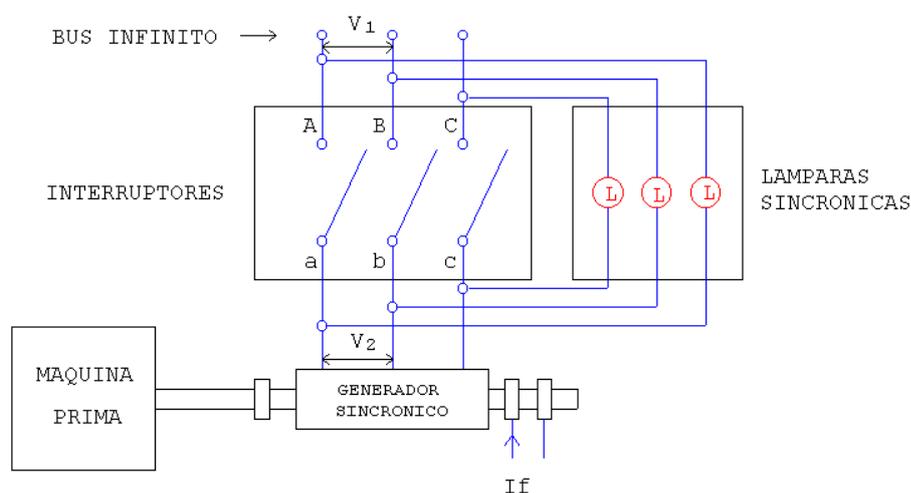
## 1.4.2. SINCRONIZACIÓN

Tal como se indica anteriormente la sincronización es poner en paralelo dos fuentes, uno o varios generadores y el bus infinito.<sup>4</sup>

Cuando un generador se pone en paralelo con otro generador o con un sistema grande (bus infinito), debemos tener las siguientes situaciones:

- a) Voltajes iguales.
- b) Misma frecuencia.
- c) Igual secuencia de fases.
- d) Idéntica fase.

En la planta generadora, el cumplimiento de estas condiciones es verificada por el aparato llamado "sincronoscopio", aunque podemos realizar la sincronización con lámparas, mediante el siguiente esquema.



**Figura N. 1.6** Diagrama esquemático para la sincronización de un generador con el bus infinito.

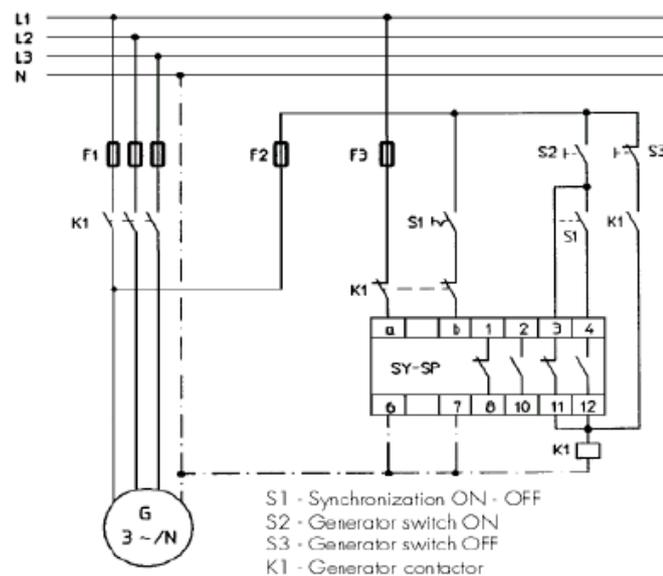
Aquí las lámparas nos indican que está sucediendo en todo momento con las condiciones de sincronización. La máquina prima puede ser una máquina

<sup>4</sup> **Concepto Bus Infinito:** El bus infinito es una idealización de un sistema de potencia, el cual es tan grande que en él no varían ni el voltaje ni la frecuencia, siendo inmaterial la magnitud de las potencias activas o reactivas que se toman o suministran a él.

de C.C., la cual ha de ajustarse para que la frecuencia del generador y la del bus infinito, sean iguales. La corriente  $I_f$  se ajusta de manera que  $V_1$  (bus) sea igual a  $V_2$  (generador).

#### 1.4.2.1. Esquema clásico de la sincronización

Una aproximación a la sincronización clásica se muestra en la Figura 1.7, siendo el operador quien puede seleccionar si el modo de funcionamiento será automático o manual, pero si el modo de sincronización es automático el operador ya no indispensable; en el modo de operación manual, el operador es quien toma la decisión de cerrar un interruptor, en caso de error su único respaldo será el relé de protección de sincronización que por lo general es electromecánico, desafortunadamente después una serie de pruebas de operación se ha mostrado a los sincronizadores automáticos como poco confiables a favor de la operación manual cuando la mayor parte de los cierres fuera de sincronía ocurren, es por ello que la única protección contra una catástrofe millonaria es el rele de supervisión de sincronía.



**Figura N.º 1.7** Esquema clásico de sincronización.

### 1.4.3. CASOS DE SINCRONIZACIÓN

Presentaremos a continuación varias situaciones de sincronización comunes en las que se pudiese encontrar un operario al tratar de sincronizar un generador con el bus infinito.

Se indica primero a los voltajes de esta forma:

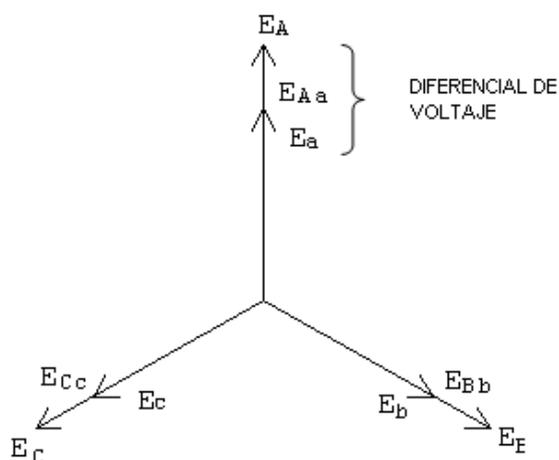
**EA, EB, EC** : Voltajes del bus infinito.

**Ea, Eb, Ec** : Voltajes del generador sincrónico.

**E<sub>Aa</sub>, E<sub>Bb</sub>, E<sub>Cc</sub>** : Voltajes aplicados a las lámparas de sincronización.

(La magnitud de éstos representa el brillo de las lámparas).

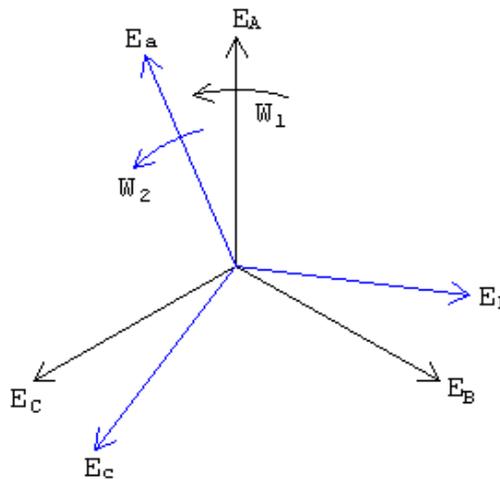
#### 1.4.3.1. Voltajes diferentes, pero frecuencia y secuencia iguales.



**Figura N. 1.8 Caso I**

Ante esta condición, las lámparas tendrán un brillo constante e igual para todas. Para corregir esto, basta con ajustar  $I_f$  hasta que el brillo de las lámparas sea nulo, es decir,  $V_1=V_2$ . Luego entonces podremos cerrar los interruptores para concluir la sincronización.

#### 1.4.3.2. Frecuencias diferentes, voltajes y secuencia iguales.



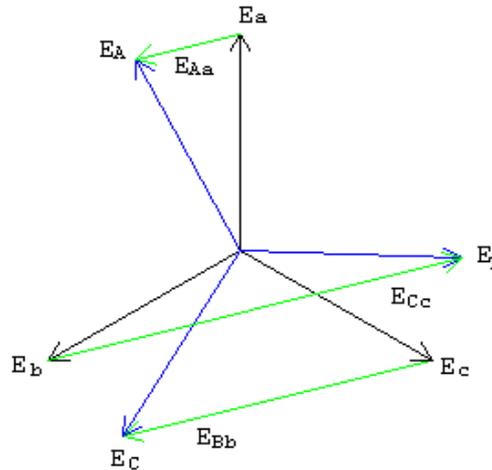
**Figura N. 1.9** Caso II

Para este caso, las lámparas tendrán un brillo fluctuante, pero igual para todas. Las lámparas encenderán y apagarán a la frecuencia  $R$ . Este caso ocurre porque la frecuencia de la máquina prima es diferente a la del bus. Así que para corregir la sincronización, debemos variar la velocidad de la flecha de la máquina prima, pero debemos ajustar  $I_f$  para mantener los voltajes iguales, porque el voltaje  $E_{af}$  depende de la frecuencia:

Cuando se hacen estas correcciones, la frecuencia del brillo de las lámparas se reduce, así que cuando la intensidad de la luz de los focos cruce lentamente por cero, cerramos los interruptores y listo. No debemos esperar que las frecuencias se igualen exactamente porque es casi imposible, así

que podemos esperar a que se aproximen lo suficiente para culminar la sincronización.

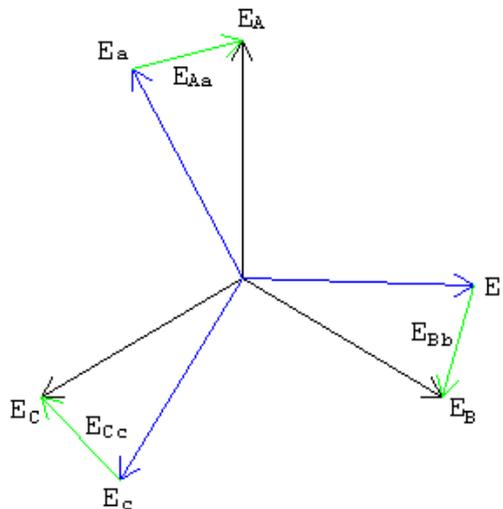
**1.4.3.3. Secuencia de fase incorrecta.**



**Figura N.º 1.10** Caso III

Ante este caso las lámparas tendrán un brillo diferente cada una debido a la inversión de fases. Para corregir esto, basta con sólo cambiar dos cables entre sí para que la secuencia sea correcta. (A-B, B-C, C-A).

**1.4.3.4. Fase no es igual, voltaje, frecuencia, secuencia de fase, idénticas.**



**Figura N.º 1.11** Caso IV

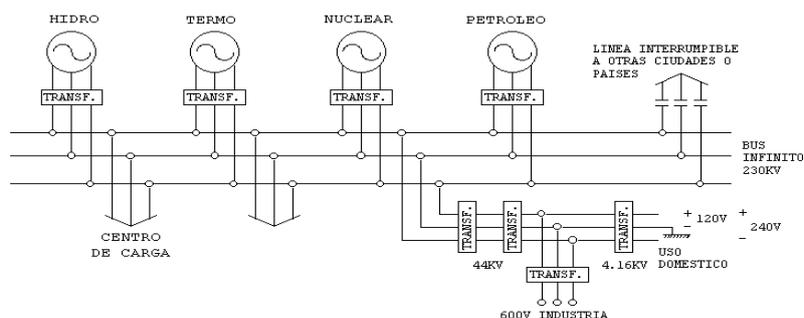
Aquí las lámparas encenderán y apagarán con la misma intensidad todas a la frecuencia  $f_s$ , por lo que para el ojo humano tendrán un brillo constante. Sólo basta alterar levemente la velocidad de la máquina síncrona, para ajustar las fases. Cuando la intensidad de las lámparas sea cero, cerramos los interruptores.

Los casos anteriores son un tanto idealizados, pero los casos reales son por lo general, combinaciones de ellos. El operador debe saber identificarlos y determinar el proceso para corregir la sincronización. Nótese que las lámparas deben tener capacidad para el doble de voltaje de la línea, porque en algunos casos se tendrán aplicados estos voltajes a los focos.

#### 1.4.4. CONCEPTO DE BUS INFINITO

Los generadores síncronos se usan en muy raras ocasiones para alimentar cargas individuales. Ellos comúnmente se conectan a un sistema de potencia conocido como "Bus Infinito" (en otras literaturas: "Barraje Infinito").

El bus infinito es una idealización de un sistema de potencia, el cual es tan grande que en él no varían ni el voltaje ni la frecuencia, siendo inmaterial la magnitud de las potencias activas o reactivas que se toman o suministran a él. Puede pensarse en el bus infinito como una supermáquina equivalente de dimensiones descomunales, que nada que se haga sobre él puede causarle mucho efecto.



**Figura N. 1.12** Bus Infinito

La Figura 1.11 muestra también como las cargas se conectan al bus infinito para obtener potencia.

La transmisión de potencia se hace normalmente en alto voltaje, para reducir pérdidas sin embargo la generación se realiza a menores voltajes (10-30 KV) usando transformadores para cambiar los niveles de voltaje.

En las plantas generadoras, los generadores sincrónicos son conectados y desconectados, dependiendo de la demanda de energía en el bus infinito la operación de conectar un generador sincrónico al bus infinito es conocida como sincronización con el bus infinito.

#### **1.4.5. SINCRONIZACIÓN DE GENERADORES EN PARALELO.<sup>5</sup>**

Para poder conectar en paralelo dos generadores trifásicos deben cumplir con los criterios de secuencia de fase establece que “la secuencia de fases del generador que va entrar debe ser la misma que de la barra de distribución o del generadores existentes”.

Para un generador trifásico existen dos posibilidades de secuencia de fases por la simple razón que solo hay dos posibles direcciones de giro en los cuales los polos pasan por delante de los devanados de armadura.

Si para conectar en paralelo los generadores se debe verificar el sentido de giro del generador existente, y hacer girar el otro generador en sentido contrario al otro.

---

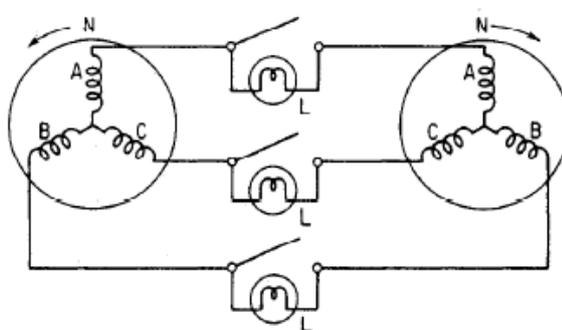
<sup>5</sup> Máquinas Eléctricas y Transformadores, Irving L. Kosow, Segunda edición, Pag 249

### 1.4.5.1. Método de Lámparas Apagadas.<sup>6</sup>

Si los voltajes efectivos de fase y de línea de las máquinas que van a entrar en paralelo son idénticos, y aunque la frecuencia de los alternadores sea idéntica, los focos pueden o no estar apagados. Hay una posibilidad muy pequeña que los voltajes tiendan a “Amarrarse” en posición exacta fase-fase. Así los focos permanecerán constantemente a una determinada luminosidad. Esto indica que la máquina que entra y la que está trabajando tienen la misma frecuencia, pero se presenta una diferencia de voltaje debido a un desplazamiento fijo de fases entre la Fuerza Electro Motriz FEM. Inducidas de los alternadores.

Verificando con un voltímetro, será necesario acelerar o frenar ligeramente el alternador que va a entrar para encontrar el momento más exacto de cerrar el interruptor de sincronización. Es decir cuando todos los focos estén apagados, ya que parpadean al unísono.

Si los focos no parpadean al unísono es que las fases no están conectadas correctamente al interruptor o bien la secuencia de fases es incorrecta. Si invertimos dos conductores cualesquiera y se corrige esta dificultad.



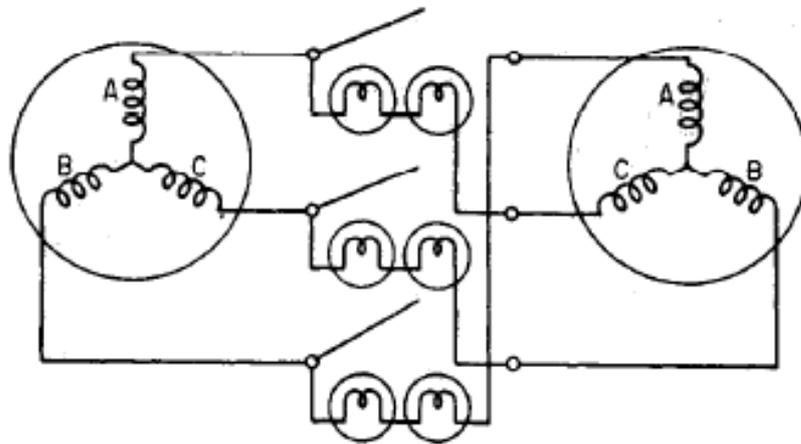
**Figura N. 1.13** Método de secuenciación de lámparas apagada

<sup>6</sup> Máquinas Eléctricas y Transformadores, Irving L. Kosow, Segunda edición, Pag 249

### 1.4.5.2. Método de Lámparas Encendidas.<sup>7</sup>

Para poder conectar dos generador en paralelo por medio de este método debe cumplir con los mismos requerimientos de secuencia de fases y realizar el mismo procedimiento que el método de lámparas apagadas.

El instante de sincronización es cuando el brillo máximo de las lámparas.



*Figura N. 1.14 Método de secuenciación de lámparas encendidas*

### 1.4.5.3. Método de Lámparas Giratorias.<sup>8</sup>

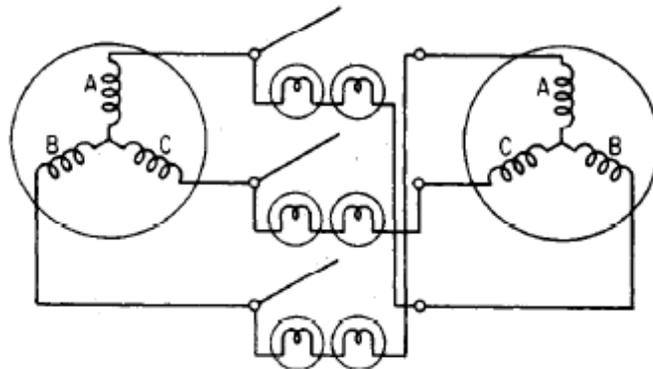
Este es un tercer método de sincronización en el cual las lámparas parpadean y hay dos encendidas y una apagada, después dos apagados y una encendida y así sucesivamente.

Para cerrar el interruptor de sincronización es cuando las dos lámparas de los extremos están encendidas y la lámpara del centro está apagada. La

<sup>7</sup> Máquinas Eléctricas y Transformadores, Irving L. Kosow, Segunda edición, Pag 249

<sup>8</sup> Máquinas Eléctricas y Transformadores, Irving L. Kosow, Segunda edición, Pag 249

ventaja de este método reside en que permite la sincronización en términos tanto de brillo máximo y mínimo.



*Figura N. 1.15 Método de secuenciación de lámparas giratorias*

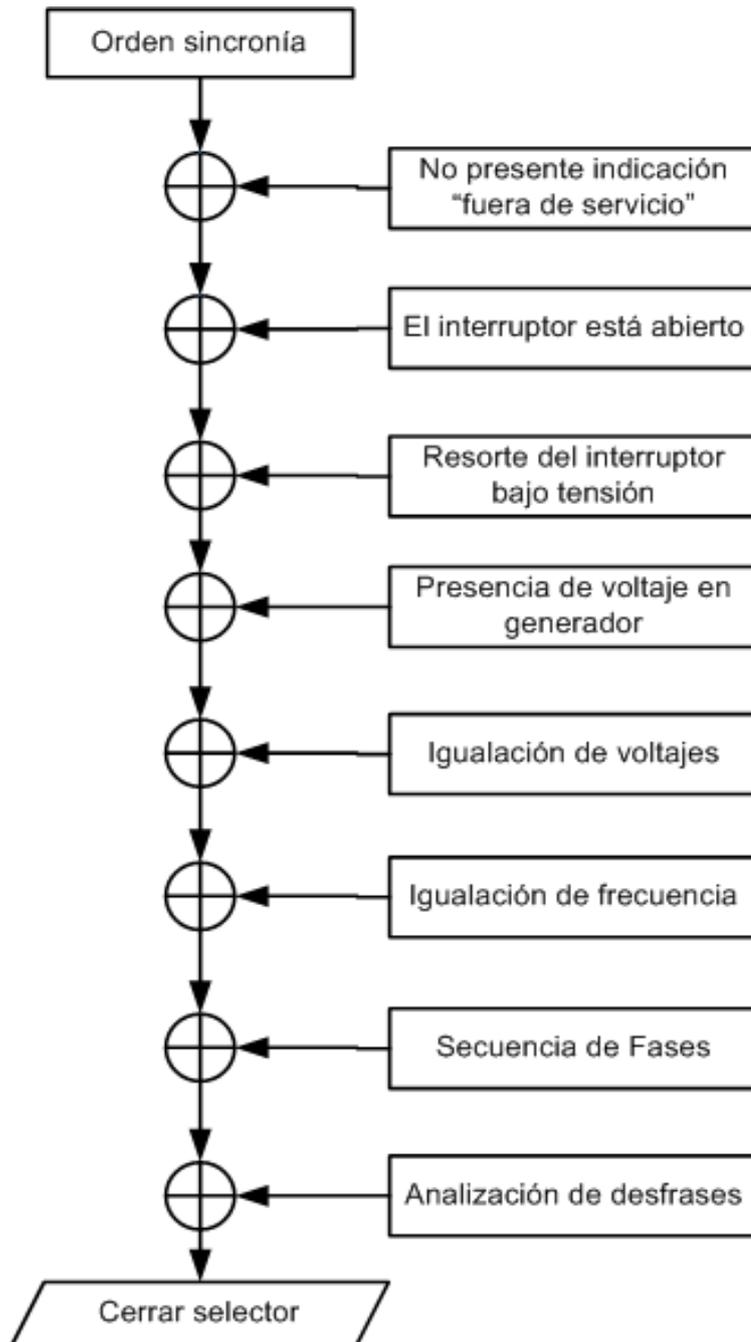
#### **1.4.6. SINCRONOSCOPIO<sup>9</sup>**

El sincronoscopio es un dispositivo auxiliar, que se utiliza para conectar alternadores síncronos de c.a. en paralelo, este funciona de acuerdo a los desfases en ángulos eléctricos, por el cual cuando los dos alternadores o cuando se quiere conectar un alternador al sistema estos deberán estar sincronizados o sea se encuentran en sincronía (iguales ángulos) este determina que puede accionar algún dispositivo automático o un interruptor para que se conecten en paralelo y/o repartir la carga.

##### **1.4.6.1. Rutina de Sincronización**

En la Figura 1.15 se indica la secuencia de cierre del interruptor de un generador por sincronización a barra común

<sup>9</sup> Electricidad Industrial II, CH.L DAWES, Editorial Reverte S.A. Pag. 153



**Figura N. 1.16** Esquema de algoritmo para secuencia de cierre de interruptor a barra común.

Cada uno de los generadores se sincroniza independientemente, uno a sucesión del otro, por tal razón, el sistema de mando del interruptor automático de transferencia cuenta con un solo sincronoscopio, la decisión de que generador se va a sincronizar a la barra común de generadores se

hace por medio de un selector que es manejado por el controlador lógico programable, es entonces el sincronoscopio quien introduce los generadores a la barra directamente sin pasar por el controlador lógico programable.

Los sincronoscopios tienen contactos auxiliares que indican si éste está energizado, si cumple con la sincronía, si hay voltaje en la barra común. El contacto de presencia de voltaje en la barra común se puede emplear para indicar que un generador está en barra, si por el contrario la barra común no tiene voltaje no hay generador en la barra, este contacto auxiliar es importante puesto que sirve para introducir en la barra el primer generador directamente por medio de un bypass, siendo los generadores posteriores sincronizados al primero.

Cada generador permanece seleccionado un tiempo  $t$  después del cual se abre el selector introduciendo el generador posterior.

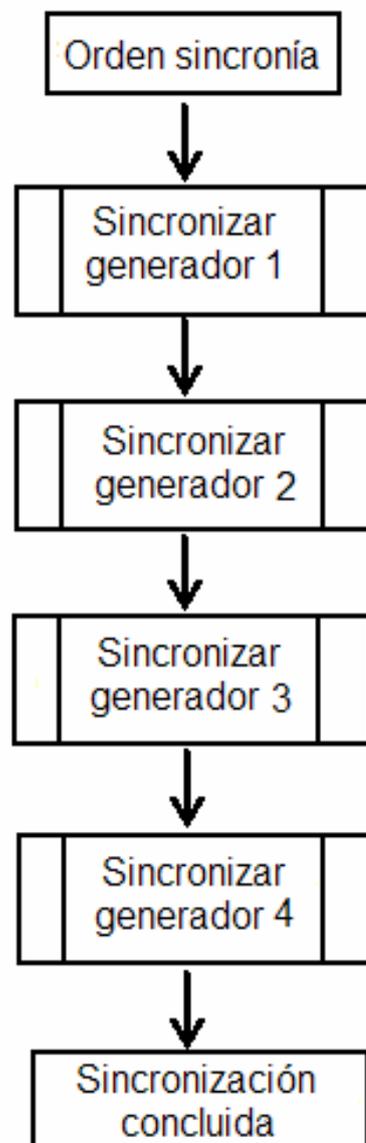
#### **1.4.7. SINCRONIZACIÓN DE GENERADORES A BARRA COMÚN**

La sincronización es secuencial, es decir que nunca se sincronizan dos generadores a la vez, como se dijo con anterioridad, el primer generador entra directamente a la barra puesto que el sincronoscopio lo habilita para tal efecto, los generadores posteriores se van sincronizando sobre el primero que entro a la barra común, como no es posible saber sí el primer generador (en este caso el número uno) está disponible el procedimiento para todos los generadores es el mismo, cada uno de ellos entra con la expectativa de sincronizar siendo el sincronoscopio quien los habilita para conectar a la barra común de generadores.

Cuando un generador está fuera de servicio el algoritmo debe de ser capaz de saltar al siguiente generador y sincronizarlo o bien introducirlo

directamente, es decir que si el generador número uno falla el algoritmo puede colocar el generador número dos como referencia y sincronizar el número tres y el cuatro sucesivamente.

Cuando la sincronización concluye, es decir que más de un generador se introdujo en la barra se procede a activar la indicación de sincronización concluida, esta marca sirve para terminar el proceso de transferencia.



**Figura N. 1.17** Esquema de algoritmo para secuencia de sincronización de generadores a barra común.

## **1.5. GENERADOR ELÉCTRICO**

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes.

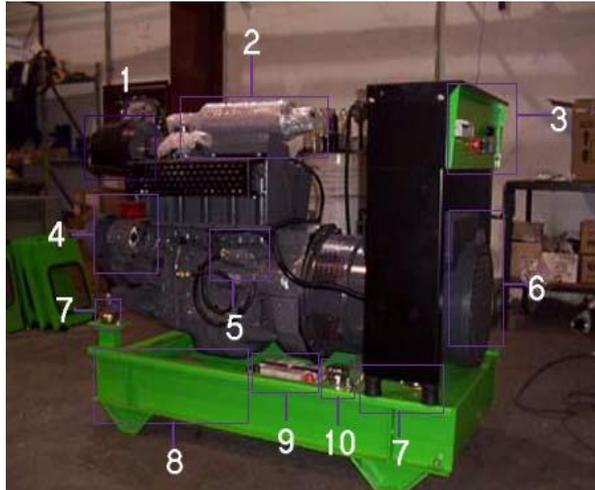
Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura. Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se genera una fuerza electromotriz (F.E.M.).

### **1.5.1. GRUPOS ELECTRÓGENOS**

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

#### **1.5.1.1. Descripción General**

Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes detalladas a continuación:



**Figura N. 1.18** Componentes del Grupo Electrónico.

Donde:

1. Motor Diesel.
2. Sistema eléctrico del motor.
3. Sistema de refrigeración.
4. Alternador.
5. Depósito de combustible y bancada.
6. Aislamiento de la vibración.
7. Silenciador y sistema de escape.
8. Sistema de control.
9. Interruptor automático de salida.

## **II.CAPITULO**

### **DESCRIPCIÓN, CONFIGURACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL**

#### **2.1. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS**

La vertiginosa actividad de la sociedad moderna, de sus industrias y comunidades de todo tipo, ha puesto a la humanidad en urgente relación de necesidad con la energía eléctrica, es precisamente a partir de aquella necesidad que los grupos electrógenos han llegado a transformarse en una herramienta fundamental; ellos son capaces de proveer energía eléctrica en condiciones y circunstancias que de otro modo (sin la ayuda de estos aparatos) no conocerían dicha posibilidad. Desde el aprovisionamiento energético en cortes de luz hasta el otro destinado a zonas remotas; se trata de una herramienta que extiende el trabajo humano a lugares y acontecimientos que de otra forma resultarían inalcanzables.

A continuación se indica los tipos de grupos electrógenos existentes en el mercado.

### **2.1.1. EQUIPOS CABINADOS**

La mejor solución para operar a la intemperie, y cumplir con las más exigentes normas de seguridad y medio ambiente.

Son diseñados para brindar:

- Seguridad y confiabilidad
- Ventanas con materiales resistentes a impacto.
- Silenciador del tipo residencial.
- Ojales para el izaje y traslado de los equipos.
- Construcción resistente a la corrosión:
- Chapa con pre-tratamiento de fosfato, pintura base anticorrosión y pintura de terminación poliuretánica.
- Herrajes de acero inoxidable y sellos aislantes con burletes de alta calidad.
- Fácil mantenimiento.
- Las cabinas están construidas con las puertas de acceso necesarias para garantizar un rápido y cómodo servicio a todos los componentes.

### **2.1.2. EQUIPOS CABINADOS INSONORIZADOS**

Además de las características de los equipos cabinados, los SuperCab han sido cuidadosamente diseñados para cumplir con las normas internacionales de nivel acústico.

- Sus canales de ventilación permiten una refrigeración adecuada aún en temperaturas extremas.

- Su revestimiento interno plano de material ignífugo y fono absorbente garantiza una eficiente insonorización del equipo y fácil limpieza.

### **2.1.3. EQUIPOS SOBRE TRAILER**

Una amplia gama de opciones y accesorios permiten configurar el grupo a medida. Cualquiera de los equipos pueden ser montadas sobre tres modelos de trailer.

- Un eje, con suspensión por barras de torsión.
- Dos ejes, con suspensión por barras de torsión.
- Dos ejes, con plato giratorio y suspensión por elásticos.

## **2.2. GENERADOR DISPONIBLE**

El grupo electrógeno elegido para esta aplicación es una máquina accionada por diesel, aunque resultan más costosas y pesadas que otras accionadas por gasolina o gas, son más confiables y robustas. Debido a que son motores de combustión interna, por la alta compresión que emplean, permiten elevar el rendimiento del motor reduciendo el consumo de combustible por unidad de trabajo efectuada.

Otro beneficio que aportan es que durante las paradas, cuando no están en funcionamiento el consumo de combustible es nulo. Además, el tiempo de arranque es muy breve y pueden recibir toda la carga en pocos minutos.



*Figura N. 2.1 Generador Caterpillar 906 kVA*

El detalle de las características del generador Caterpillar 906 KVA lo encontraremos en el Anexo B-1

### **2.2.1. GENERADOR CATERPILLAR 3412**

La empresa RS ROTH cuenta con equipos de generación con capacidades desde 100 a 2000 KW. de potencia nominal, con motores de cuatro tiempos, turboalimentados e inyección electrónica, en marcas como Caterpillar, Kohler o similares.

Para nuestra aplicación se usa de la marca Caterpillar debido a su confiabilidad, rendimiento y disponibilidad de la empresa, sus componentes, características se detalla a continuación:

- a) Motor Diesel.** El motor Diesel que acciona el Grupo Electrónico ha sido seleccionado por su fiabilidad y por el hecho de que se ha diseñado específicamente para accionar Grupos Electrónicos.

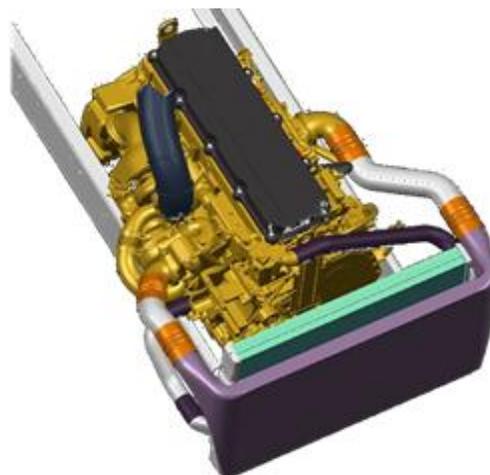
La potencia útil que se quiera suministrar nos la proporcionará el motor, así que, para una determinada potencia, habrá un determinado motor que cumpla las condiciones requeridas



*Figura N° 2.2 Motor Diesel*

**b) Sistema eléctrico del motor.** El sistema eléctrico del motor es de 24 Vcc, negativo a masa. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, sensores y dispositivos de alarmas de los que dispone el motor. Normalmente, un motor dispone de un monocontacto de presión de aceite, un termocontacto de temperatura y de un contacto en el alternador de carga del motor para detectar un fallo de carga en la batería.

**c) Sistema de refrigeración.** El sistema de refrigeración del motor por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo.



**Figura N.º 2.3** Sistema de Refrigeración por Aire

**d) Aislamiento de la vibración.** El Grupo Electrónico está dotado de tacos antivibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el Grupo Motor-Alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.

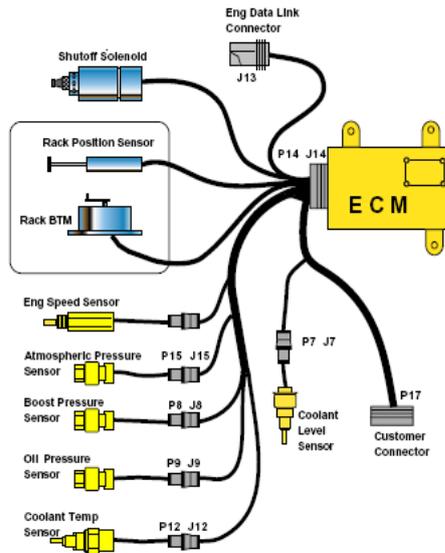
**e) Interruptor automático de salida.** Para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del Grupo Electrónico con control manual.

#### **2.2.1.1. Equipos de Control**

El control de máquinas eléctricas de corriente alterna ha tenido un gran desarrollo en los últimos años, principalmente debido a los avances en los equipos de accionamiento eléctrico; denominado PWM<sup>10</sup> entiéndase a las técnicas de control para máquinas, y al desarrollo de los microprocesadores.

---

<sup>10</sup> PWM "Pulse Width Modulation (Modulación de ancho de `pulsos)".



**Figura N. 2.4** Control Electrónico del Actuador

La localización de los sensores en el motor se muestra en el Anexo B-2

Los equipos que incluye el grupo generador son el regulador de velocidad y el regulador automático de voltaje, los cuales intervienen en la puesta en sincronismo y reparto de carga del sistema y sincronismo.

#### **2.2.1.1.1. Regulador automático de voltaje**

El regulador automático de voltaje monitorea el voltaje de salida del grupo generador para mantenerlo constante bajo condiciones de carga variable. Las cualidades que presenta son la rapidez de respuesta, la exactitud para mantener la tensión dentro del rango del punto de ajuste después de una perturbación y la sensibilidad para reaccionar ante pequeñas perturbaciones.



**Figura N.º 2.5** Regulador de Voltaje VR6

Para regular el voltaje generado, el regulador actúa directamente sobre el campo del generador mediante la excitatriz (alimentación con CD), aumentando o disminuyendo la cantidad de corriente de excitación en dicho campo.

Las principales características que deben considerarse al momento de configurar el regulador digital de voltaje son:

#### **Nivel de ajuste fino de voltaje**

Es necesario configurar esta calibración cuando se trabaja en modo AVR para que pueda regularse el voltaje externamente dentro de un rango permitido que facilite la acción de sincronización y compartición de carga. Este equipo puede ser calibrado en un rango de ajuste comprendido de -10% a +10% en pasos de 0.1%.

#### **Ajuste de Caída**

Para añadir estabilidad al generador es necesario configurar este punto y adicionalmente trabajar en el modo AVR, consiguiendo de esta manera una

comparación eficaz de reactivos y factor de potencia además de un mejor equilibrio con bajas cargas. El rango de ajuste en el que puede variar es de 0 a 10% en pasos de 0.1%.

### **Detección monofásica y trifásica**

El regulador de voltaje puede ser configurado para detectar presencia de voltaje en una fase o en las tres.

### **Modo de operación VAR**

Este modo de trabajo permite la regulación de la potencia reactiva en el generador con un rango de ajuste comprendido entre 100% y -100% en pasos de 0,001%.

### **Línea de compensación de caída**

Cuando se ha configurado el modo de trabajo AVR, la línea de compensación de caída permite la estabilización de la máquina motriz cuando tiene acoplada una baja carga. Su rango de ajuste está comprendido entre 0 y 10% en pasos de 0,1%.

Este regulador digital de voltaje también tiene protecciones en caso de pérdida de excitación, sobreexcitación, pérdida de detección de corriente en la línea.

El detalle de las especificaciones de la reguladora de voltaje VR 6 lo encontraremos en el Anexo B-3.

### 2.2.1.1.2. Regulador electrónico de velocidad PEEC<sup>11</sup>

En la actualidad los motores diesel disponen de gestión electrónica ya que permite tener un control más preciso sobre los distintos parámetros de funcionamiento del motor, obteniendo mejores rendimientos, menor consumo y una importante reducción de las emisiones de gases contaminantes.

La función del regulador electrónico es controlar la velocidad del motor para proporcionar una frecuencia de salida constante, desde su funcionamiento sin carga o en vacío hasta carga plena y permitir que la salida del generador esté sincronizada con los otros.

#### 2.2.1.1.2.1. Procesamiento de Datos del Sistema<sup>12</sup>

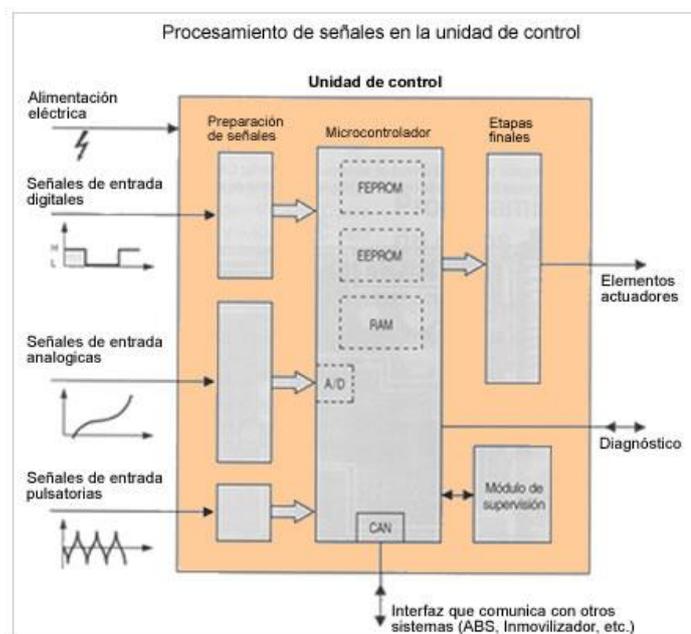


Figura No. 2.6 Procesamiento de Señales en la Unidad de Control

<sup>11</sup> PEEC Programable Electronic Engine Control. (Control Electrónico Programable del Motor).

<sup>12</sup> [www.peec/edc.htm](http://www.peec/edc.htm)

A continuación se indica las distintas entradas y salidas que posee el regulador de velocidad PEEC III ECM 3412C.

**Señales de Entrada.** Las señales de los sensores son conducidas a una o varias unidades de control, a través de circuitos de protección y, dado el caso, a través de convertidores de señal y amplificadores:

Las señales de entrada analógicas (ejemplo: la que manda el caudalímetro o medidor de caudal de aire aspirado, la presión del turbo, la temperatura del motor etc.) son transformadas por un convertidor analógico/digital (A/D) en el microprocesador de la unidad de control, convirtiéndolas en valores digitales.

Las señales de entrada digitales (ejemplo: señales de conmutación como la conexión/desconexión de un elemento o señales de sensores digitales como impulsos de revoluciones de un sensor Hall) pueden elaborarse directamente por el microprocesador.

Las señales de entrada pulsatorias de sensores inductivas con informaciones sobre el número de revoluciones y la marca de referencia, son procesadas en una parte del circuito de la unidad de control, para suprimir impulsos parásitos, y son transformadas en una señal rectangular.

**Señales de Salida.** Los microprocesadores controlan con las señales de salida etapas finales que normalmente suministran suficiente potencia para la conexión directa de los elementos de ajuste (actuadores). Las etapas finales están protegidas contra cortocircuitos a masa o a tensión de batería, así como contra la destrucción debida a la destrucción debida a una sobrecarga eléctrica. Estas averías, así como cables interrumpidos, son reconocidas por las etapas finales y son retransmitidas al microprocesador.

El generador de 906 kVA posee un PEEC III ECM 3412C que es el controlador de las funciones de la máquina a diesel. Es el responsable de controlar el abastecimiento de combustible de la máquina a través del sistema de inyección de diesel.

Este sistema electrónico está compuesto por el PEEC que contiene el software de control, sensores y actuadores y una interfaz a lo largo de la máquina que lleva información. El principal objetivo del PEEC es mejorar el desempeño del motor a diesel, además posee la característica de autodiagnosticar alguna falla de funcionamiento en el sistema eléctrico y reportarlo al panel de control principal.



*Figura N. 2.7 Regulador de Velocidad PEEC*

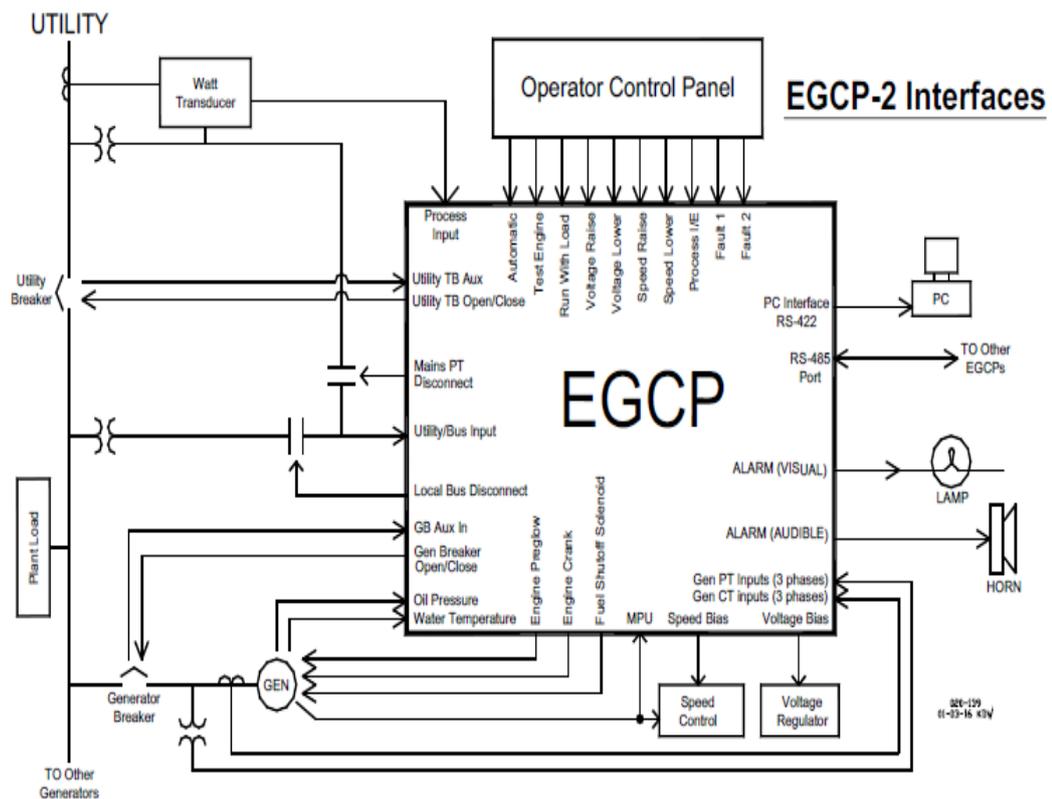
En lo que respecta al control de velocidad, se hace mediante una señal de entrada PWM al PEEC, con una precisión de  $\pm 0.2$  Hz tanto para los modos isócrono y caída de voltaje, de acuerdo a esta señal se realizan cálculos según los cuales se determina la cantidad de combustible que debe ser suministrado a través del sistema de abastecimiento de combustible.

### **2.3. DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO EGCP-2**

Se eligió este microprocesador ya que permite controlar, proteger, monitorear grupos electrógenos basados en un motor diesel o gas de pequeño a mediano tamaño, puede configurarse para accionar grupos autónomos o grupos en paralelo a la red eléctrica.

Consta por un sistema estructurado en torno a un ordenador que recibe todas las entradas del proceso (variables), ejecuta los cálculos apropiados y produce salidas que se dirigen hacia los actuadores o dispositivos finales de control.

Además la interfaz de operación del EGCP-2 está diseñada para posibilitar la simplicidad y redundancia de funciones en todos los modos de funcionamiento, ofrece al operador diversos datos de funcionamiento y estado, así como para ajustar puntos de consigna, se usan dos pantallas de cristal líquido (LCD) retroiluminadas con regulación de contraste.



**Figura N.º 2.8** Conexiones de la interfaz del EGCP-2

El detalle de las especificaciones y dimensiones del microprocesador EGCP-2 lo encontraremos en el Anexo C-1

### 2.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PANEL DE CONTROL EGCP-2

El EGCP-2 es un conjunto completo de control de carga y gestión del motor de un generador, basado en microprocesador y diseñado para utilizarlo con un control electrónico de velocidad del motor y un regulador de tensión independiente.



*Figura N.º 2.9 Panel EGCP-2*

#### 2.3.1.1. Descripción General del Software

El software que se usa en el EGCP-2 recurre a lógica de mecanismos de estado para accionar todos los modos, la lógica de mecanismos de estado se basa en entradas discretas y en determinadas condiciones de funcionamiento que desencadenan una secuencia de operaciones., empleando los siguientes mecanismos de estado para accionar el grupo electrógeno:

- Cerrar disyuntor de red.
- Abrir disyuntor de red.
- Arrancar el motor.

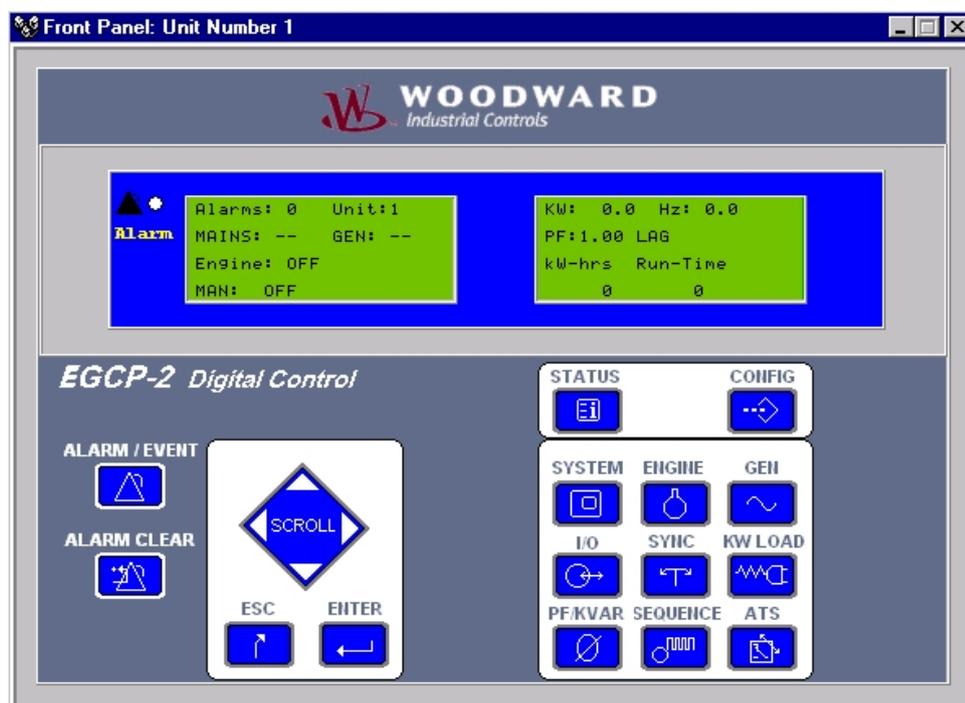
- Off.
- Sincronizar.
- Control de carga.
- Cerrar disyuntor del generador.
- Abrir disyuntor del generador.

Diversas entradas y acciones indican el mecanismo de estado que se halla en funcionamiento en un determinado momento.

### 2.3.1.1.1. Pantallas de Estado

En el EGCP-2 hay en total nueve menús de estado, la información de los menús de estado es dinámica y se actualiza aproximadamente cada 200 milisegundos.

A continuación se muestran las pantallas de estado:



**Figura N. 2.10** Descripción general del sistema con el motor fuera de línea

**Alarms (alarmas:)** Número de alarmas activas de la unidad.

**Unit # (nº de unidad):** La dirección de red operativa de la unidad.

**Mains (red eléctrica):** Una representación gráfica de la situación de la red eléctrica. Dos signos menos (– –) indican que la red no se ajusta a las especificaciones; un signo más indica que la red se ajusta a las especificaciones, pero que no se ha declarado estable (+–); dos signos más (++) indican que la red se ajusta a las especificaciones y que se halla estable.

**Gen (Generador):** Una representación gráfica del estado del generador. Dos signos menos (– –) indican que el generador no se ajusta a las especificaciones; un signo más indica que el generador se ajusta a las especificaciones, pero que no se ha declarado estable (+–); dos signos más (++) indican que el generador se ajusta a las especificaciones y que se halla estable.

**Engine (motor):** El estado de funcionamiento del motor.

**Estados del control del motor:**

OFF

PREGLOW (precalentamiento)

CRANK (virado)

RUN (funcionamiento)

COOLDOWN (enfriamiento)

SPINDOWN (pérdida de vueltas)

RETRY (reintentar)

**Operating State (estado de funcionamiento):** Indica si el EGCP-2 está en modo AUTO (Automático) o MAN(manual).

**Load Control State (estado del control de carga):** Indica el estado de la lógica del control de carga del EGCP-2. Los estados del control de carga son:

**Estados del control de carga:**

OFF

DROOP (caída)

ISOCHRONOUS (isócrono)

BASELOAD (carga base)

PROCESS (proceso)

**KW:** La carga total en KW del generador.

**Hz:** La frecuencia, en hertzios, del grupo electrógeno.

**PF:** El factor medio de potencia trifásica del grupo electrógeno.

**KW-Hrs:** El total acumulado de kW-horas producido por el grupo electrógeno. Esta indicación pasa automáticamente a MW –Hrs cuando el valor kW-Horas sobrepasa 10.000.

**Run-Time (tiempo en funcionamiento):** El total acumulado de tiempo en funcionamiento del grupo electrógeno.

Toda la información de pantalla se actualiza automáticamente a medida que cambian los modos y situaciones de funcionamiento del EGCP-2.

### 2.3.1.1.1. Estado de Entradas y Salidas

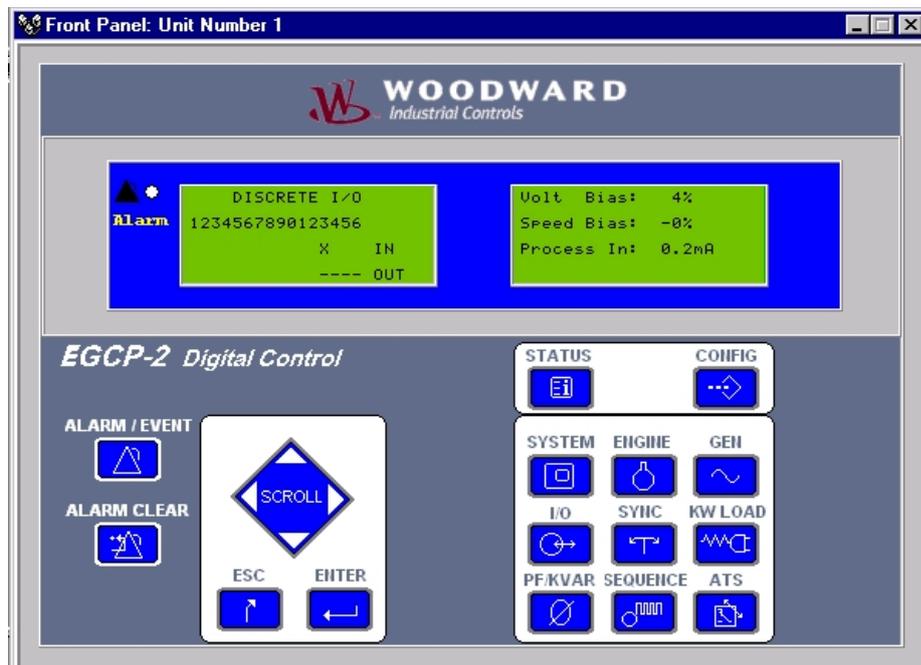


Figura N.º 2.11 Estado E/S

Donde se describe el número de entradas y salidas a configurar:

**DI:** Entradas discretas 1 a 16.

**DO:** Salidas discretas 1 a 12.

**Volt Bias (polarización de tensión):** % de salida de polarización de tensión (intervalo  $\pm 100\%$ ).

**Speed Bias (polarización de velocidad):** % de salida de polarización de velocidad (intervalo  $\pm 100\%$ ).

**Process In (entrada de proceso):** Entrada de proceso en miliamperios (mA).

### **Entradas discretas**

1. Conmutador automático.
2. Conmutador de prueba.
3. Conmutador de funcionamiento con carga.
4. Aumentar voltios.
5. Disminuir voltios.
6. Aumentar velocidad.
7. Disminuir velocidad.
8. Contacto auxiliar del disyuntor del generador.
9. Contacto auxiliar del disyuntor de la red.
10. Conmutador de proceso.
- 11-16. Entradas de alarma/parada remota.

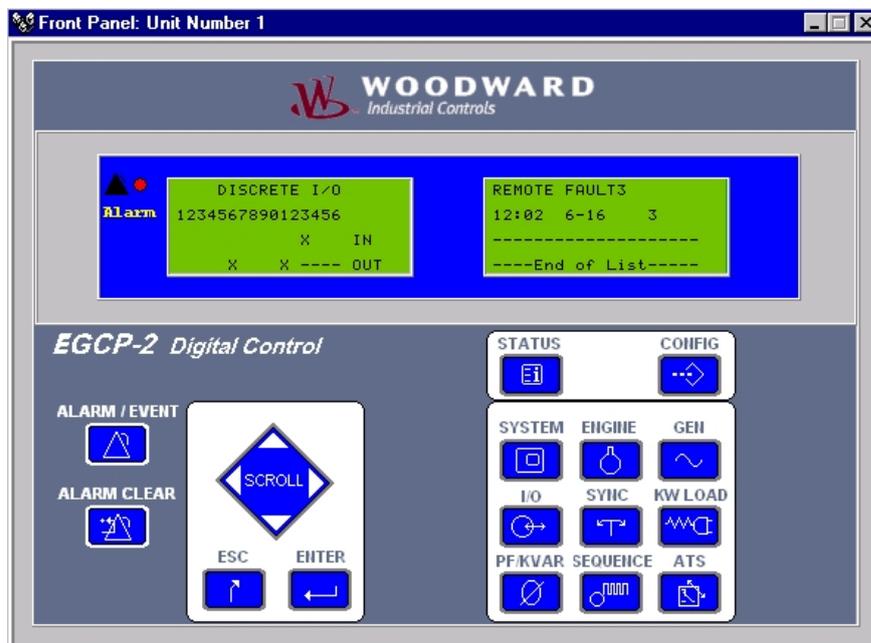
### **Salidas discretas**

1. Cierre de disyuntor/cierre de contactor de la red.
2. Cierre de disyuntor/contactor del generador.
3. Precalentamiento del motor.
4. Solenoide del combustible
5. Virado del motor.
6. Relé de alarma visual.
7. Conexión del PT de bus local.
8. Desconexión PT red.

9. Disparo del disyuntor de la red.
10. Disparo del disyuntor del generador.
11. Alarma acústica.
12. Conmutador de carga en KVA o vacío/nominal.

### 2.3.1.1.2. Registro de Alarmas/Eventos

El botón Alarm / Event (alarma / evento) permite acceder al registro de alarmas y eventos (Alarm and Event Log) del EGCP-2, este registro contiene hasta ocho elementos de advertencia, alarma o parada. Cuando en el teclado del EGCP-2 se pulsa el botón Alarm / Event, en la pantalla LCD derecha aparece el registro de alarmas/eventos.



**Figura No. 2.12** Pantalla de Alarmas/Eventos

Entre las funciones usadas del controlador figuran:

### **Control del Motor**

- Control del arrancador del motor.
- Temporizador de enfriamiento controlado por KVA.
- Monitoreo de la presión de aceite.
- Monitoreo de la temperatura del agua
- Monitoreo de la tensión de batería.
- Monitoreo de velocidad.
- Protección contra sobrevelocidad

### **Sincronización**

- Ventana ajustable de fase y de tensión máxima y tiempos de parada.
- Ventana dotada de una precisión tal que igualan errores de fase hasta de 2° y tensiones hasta del 0,1% respectivamente.
- Lógica de cierre seguro de bus inactivo en el interior del control.
- Reconexión de impactos múltiples, con retardos de tiempo ajustables, resincronización automática y límites de tiempo de sincronizador, todos disponibles.
- Sincronización entre disyuntor del generador móvil y de la red.
- Sincronización entre disyuntor de la red y el generador móvil.

### **Control de carga real (kW)**

- Cálculos de potencia eficaz para disponer de un control de carga rápido y preciso aún en presencia de armónicos.
- Carga base constante para un óptimo rendimiento del combustible con entradas discretas para cambiar a distancia los niveles de carga.
- Función de transferencia blanda de la red eléctrica.

### **Control reactivo (KVAR)**

- Carga base según factor de potencia constante o VAR en unidades que están en modo de control de carga base en kW o en modo de control del proceso.

### **Funciones de protección del generador**

- Sobretensión y bajos voltajes.
- Sobre y bajas frecuencia.

- Inversión de corriente.
- Pérdida de excitación.
- Detección de pérdida de red.
- Aumento brusco de carga del generador.

### **Funciones de protección del motor**

- Sobrevelocidad.
- Sobrevirado.
- Fallo de arranque.
- Seis entradas discretas de fallo configurables por el usuario.

### **2.3.2. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO EGCP-2**

Para el sistema de transferencia blanda y sincronismo de la red, el EGCP 2 se configura de la siguiente manera:

#### **Menús de configuración**

Cuando en el teclado del EGCP-2 se pulsa la tecla Config, en la pantalla LCD derecha aparecen los menús de configuración, el primer elemento de este menú es Security Code (código de seguridad), determina los menús de configuración a los que se accede.

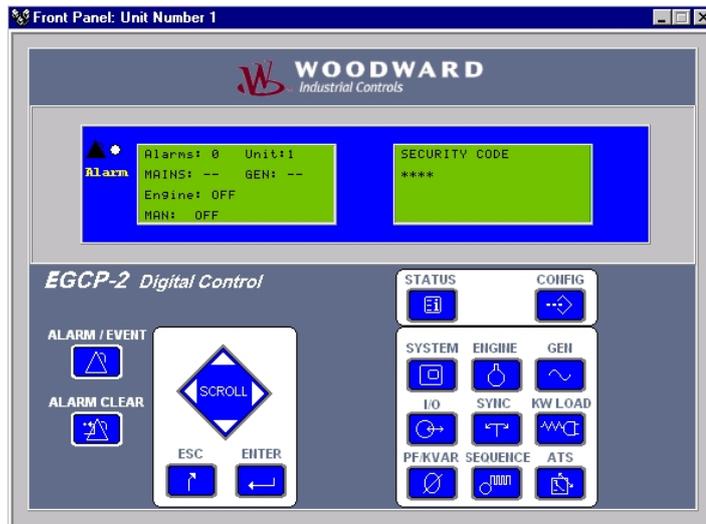


Figura N.º 2.13 Pantalla de Código de Seguridad

### **Código de seguridad necesario para el acceso**

Para acceder a los menús de configuración es imprescindible un código de seguridad de cuatro dígitos. Si se introduce un código incorrecto o no se introduce un código válido en un plazo de 60 segundos, aparece por defecto la pantalla de estado del sistema.

### **Nivel de acceso**

#### ***Factory (Fábrica)***

Permite acceder a los valores de tiempo de funcionamiento y de calibración del motor (Acceso total).

#### **Voltage Reference (Referencia de tensión) (numérico)**

Tensión de servicio del generador que figura en la placa de características del generador.

#### **Display Units (Unidades en pantalla)**

American (Norteamericanas)

Establece las lecturas de temperatura en grados Fahrenheit (F) y la presión en libras por pulgada cuadrada (PSI).

### Set Date (Fijar fecha)

Fija la fecha que emplea el control en las indicaciones de fecha/hora y en las pantallas de alarmas/eventos.

### Set Time (Fijar hora)

Fija la hora que emplea el control en las indicaciones de fecha/hora y en las pantallas de alarmas/eventos.

Cuando se introduce un código de seguridad válido, aparece la lista del menú Configuration (Configuración). La lista de configuración permite al usuario configurar, calibrar y ajustar todos los elementos referidos al funcionamiento del EGCP-2.

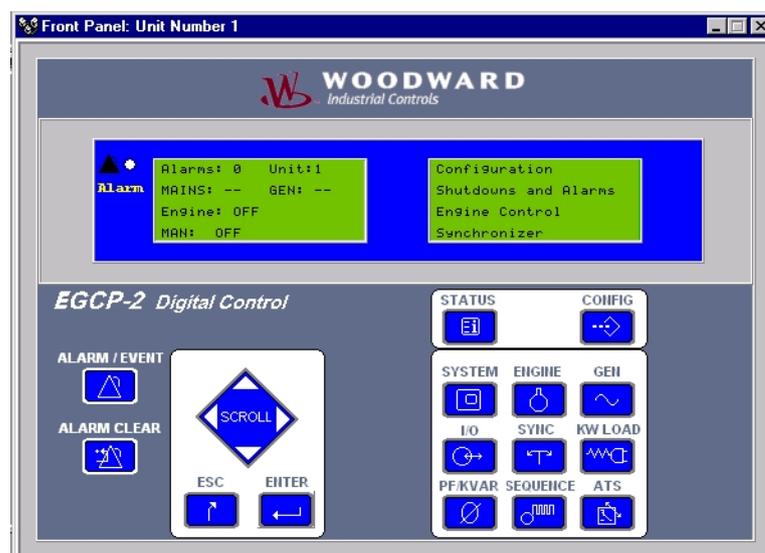


Figura No. 2.14 Lista de Menú de Configuración

### 2.3.2.1. Comprobaciones de idoneidad

A fin de evitar una configuración incorrecta que pueda dañar el grupo electrógeno al ponerlo en marcha, el EGCP-2 efectúa una serie de “comprobaciones de idoneidad”.

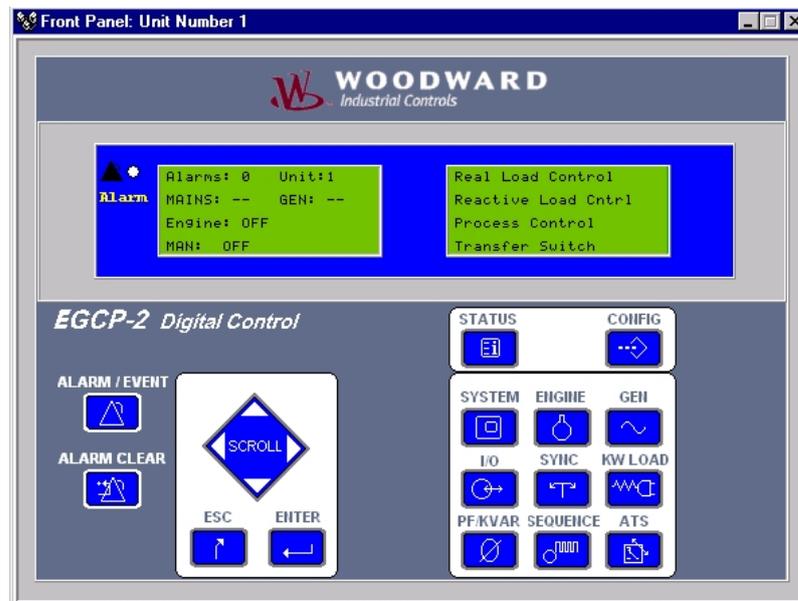


Figura N. 2.15 Lista de Menú de Configuración Soft Transfer

Los elementos implicados en la configuración del controlador pertenecen al menú configuración y son:

#### **Menú Configuration (Configuración):**

**Number of Units (Nº de unidades):** Single.

**Operating Mode (Modo de funcionamiento):** Soft Transfer.

**Network Priority (Prioridad en la red):** Único para cada unidad.

**Network Address (Dirección en la red):** 1 a 8. Único para cada unidad.

**System Frequency (Frecuencia del sistema):** 60 Hz.

**Rated Speed (Velocidad nominal):** 1800 rpm.

**Rated kW (kW Nominal):** Potencia nominal del generador en kW (725kW).

**Rated kVA (kVA Nominal):** 906 kVA.

**CT Ratio (Relación de CT):** Determina la relación del transformador de corriente (1500:5.0).

**PT Ratio (Relación de PT):** Determina la relación entre primario y secundario del transformador de potencial (4.0:1).

**Voltage Input (Voltaje de entrada):** Determina la configuración del transformador de medición trifásico de los generadores (Delta L-L).

**Voltage Reference (Voltaje de referencia):** Voltaje de servicio del generador (480V).

**Start Sequencing (Secuencia de arranque):** Activa o desactiva la secuencia para el arranque del generador (Disabled).

**Speed Bias Type (Tipo de Polarización de velocidad):** Determina el tipo de señal que se utiliza para el control de velocidad del generador (500 Hz PWM).

**Voltage Bias Type (Tipo de Polarización de voltaje):** Determina el tipo de señal que se utiliza para el control de voltaje de los generadores ( $\pm 9V_{dc}$ ).

**CKT Breaker Control (Control de disyuntor del circuito):** Determina el modo de control del disyuntor del generador (Breaker).

**Menú *Shutdown and Alarms (Apagado y alarmas):***

**Gen Volt Hi/Lo Lmt (Límite de voltaje alto/bajo de generador):** Limita el voltaje del generador.

**Gen Volt Hi/Lo Alm (Alarma de voltaje alto/bajo de generador):** Acción que se toma ante voltajes de generador que sobrepasen los límites (Hard Shutdown).

**Gen Freq Hi/Lo Lmt (Límite de frecuencia alta/baja de generador):** Limita el voltaje del generador (67Hz /55 Hz).

**Gen Freq Hi/Lo Alm (Alarma de frecuencia alta/baja de generador):** Acción que se toma ante voltajes de generador que sobrepasen los límites (Hard shutdown).

**Overcurrent LVL (Nivel de Sobrecorriente):** Establece el nivel máximo de corriente que se permite en el generador (1100A).

**Overcurrent DLY (Retardo de Sobrecorriente):** Determina el tiempo máximo que pueden funcionar los generadores a un nivel de sobrecorriente (5 s).

**Overcurrent Alm (Alarma de frecuencia sobrecorriente):** Acción que se toma si se supera el nivel de sobrecorriente después del retardo establecido (Hard shutdown).

**Reverse Power (Potencia inversa):** Determina el nivel de inversión de corriente máximo que se permite en el generador (-15%).

**Rev Power Delay (Retardo de Potencia inversa):** Determina el tiempo máximo que pueden funcionar los generadores a un nivel de corriente inversa (3.0 s).

**Min Reverse Power (Mínima Potencia inversa):** Determina la mínima potencia inversa, para valores menores a ésta no se ejecuta ninguna acción de alarma (-5%).

**Rev Power Alm (Alarma de Potencia inversa):** Acción que se toma si se supera el nivel de corriente inversa después del retardo establecido (Hard shutdown).

**Reverse kVAR (kVAR inverso):** Determina el nivel de potencia reactiva inversa ( 70%).

**kVAR Delay (Retardo de kVAR inverso):** Determina el tiempo máximo que pueden funcionar los generadores a un nivel de kVAR inverso (5.0 s).

**Rev kVAR Alm (Alarma de kVAR inverso):** Acción que se toma si se supera el nivel de kVAR inverso después del retardo establecido (Warning).

**Menú *Synchronizer (Sincronizador):***

**Sync Mode (Modo de sincronización):** Run (Ejecución).

**DeadBus Closing (Cierre de bus inactivo):** Enabled (Activo).

**Menú *Real Load Control (Control de carga activa):***

**Load Control Mode (Modo de control de carga):** Based load.

**Baseload Referente (Referencia de carga):** Determina la carga para la rampa de crecimiento o decrecimiento.

**Loadshare Gain (Ganancia de compartimiento de carga):** Establece la ganancia del controlador PID interno en el modo de compartición de carga.

**Load Derivative (Diferencial de carga):** Establece la respuesta diferencial de carga, en modo de compartición de carga.

**Unload Trip (Abrir en descarga):** Potencia en kW a la que se abre el disyuntor del generador cuando se encuentra transfiriendo la carga a otro generador.

**Load Time (Tiempo de carga):** Tiempo de la rampa para el incremento de carga en un generador.

**Unload Time (Tiempo de descarga):** Tiempo de la rampa para el decremento de carga en un generador.

**Menú *Reactive Load Control (Control de carga reactiva):***

**VAR/PF Mode (Modo de control):** PF Control.

**Volts Ramp Time (Tiempo de Rampa de Voltaje):** Establece el tiempo necesario para cambiar de una polarización de 0% a 100%.

**VAR/PF Sharing Gain (Ganancia de compartimiento de carga VAR/PF):** Establece la ganancia del controlador PID interno en el modo de compartición de carga.

**PF Ref (Referencia de factor de potencia):** 0.9 Lag.

**PF Deadband (Banda muerta de PF):** banda muerta en torno al factor de potencia establecido.

**Menú *Transfer Switch (Conmutador de transferencia):***

**Check Mains Breaker (Revisar disyuntor de red):** Enabled (activado).

**Mains Under/Over Voltage Alarm (Alarma de subtensión / sobretensión de red):** Loss of Mains (Pérdida de red).

**Mains Under/Over Freq. Alarm (Alarma de subfrecuencia /sobrefrecuencia de red):** Loss of Mains (Pérdida de red).

**Menú *Engine Control (Control de Motor)***

**Cooldown Time (Tiempo de Enfriamiento):** Tiempo para que el generador se enfríe antes de apagarlo (120 s).

La configuración del microprocesador EGCP-2 en detalle lo encontramos en el Anexo C-4.

## **2.4. CONTROL DE VOLTAJE Y VELOCIDAD**

Para tener el control de carga activa y reactiva es necesario poder operar sobre las tarjetas que controlan la velocidad y el voltaje del Grupo Electrónico móvil; para este propósito el equipo EGCP-2 provee salidas analógicas de control de polarización de voltaje (volts bias) y polarización de velocidad (speed bias), que se configuran de acuerdo al controlador del grupo.

### **2.4.1. CONTROL DE VOLTAJE**

El control del voltaje es mantener el voltaje de salida dentro de límites operativos, utilizando estrategias de control, para esta finalidad el equipo consta de una tarjeta reguladora VR6 misma que se detalla a continuación:

#### **2.4.1.1. Tarjeta Reguladora de Voltaje VR6**

El VR6 es un componente electrónico, sólido basado en un microprocesador el cual regula la salida de voltaje de un generador AC, mediante el control de la corriente en el campo excitador del generador.

Sus especificaciones son:

- Detección de corriente monofásica en el generador con fines de regulación.
- Detección de voltaje monofásico o trifásico en el generador en modo AVR.
- Detección de corriente y voltaje de campo y compensación por caída.
- **Potencia de salida (con una entrada de 240 VCA):** 12 A dc @ 65 VCC máxima continua.
- **Sensores de Voltaje AC:** 180 a 264 VCA, 50/60 Hz; único o en tres fases.
- **Ajuste de tensión externa del reóstato:** 10 kOhm, 2 W, potenciómetro.
- **Fluctuación de tensión:**  $\pm 1\%$  de la variación de voltaje de 40 °C (104 °F)
- **Tiempo de respuesta:** < 4 milisegundos.
- **Compensación de frecuencia:** 45 Hz a 65 Hz.
- **Droop:** 1 A o 5 A CT<sup>13</sup>, a menos de 10 VA carga.
- **Disipación de energía:** 50 W máximo.
- **Temperatura de almacenamiento y funcionamiento:** -40 ° C (-40 ° F) a +70 ° C (+158 ° F).
- **Vibración:** Soporta las siguientes aceleraciones en la periodicidad: 0,5 g, 18 a 2000 Hz.
- **Peso:** Aproximadamente 1,1 kg (2,5 lbs.).

---

<sup>13</sup> CT resistencia de carga interna

### 2.4.1.1.1. Diagrama de Bloques de la Tarjeta Reguladora VR6

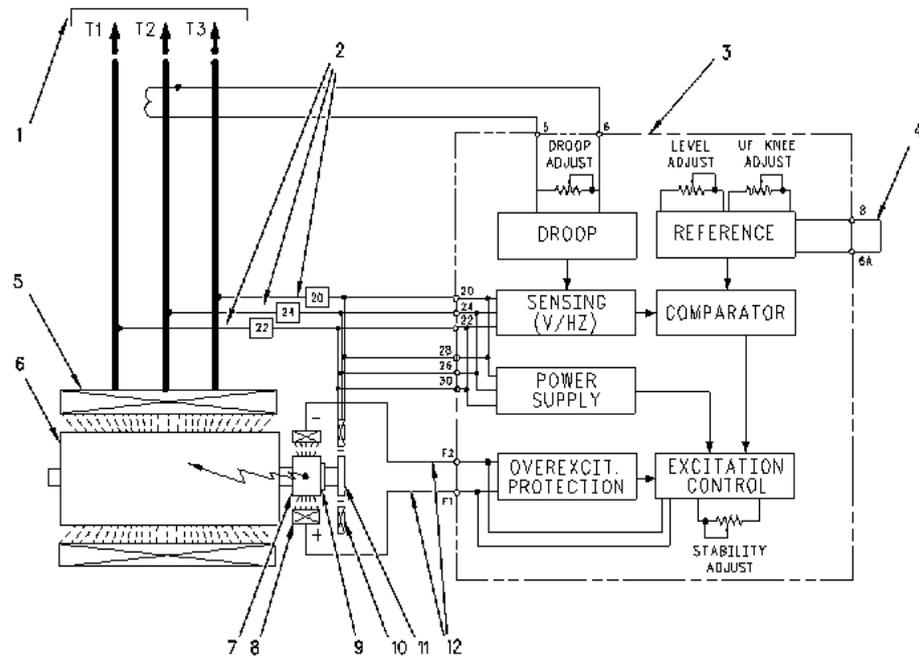


Figura N.º 2.16 Diagrama de bloques de la tarjeta VR6

Donde:

1. Líneas trifásicas del Generador.
2. Sensor de tensión AC y potencial.
3. VR6 regulador de tensión.
4. Puentes.
5. Estator Generador.
6. Rotor Generador.
7. Excitación del rotor.
8. Excitación estator.
9. Rectificadores Trifásicos
10. Imanes del estator.
11. Imán permanente.
12. Voltaje de excitación DC.

El detalle de las conexiones eléctricas de la reguladora VR6 lo encontraremos en el Anexo B-4.

#### **2.4.2. CONTROL DE VELOCIDAD**

El generador disponible poseen un controlador para el motor del tipo PEEC-III, dentro de sus características éste gobierna la velocidad del motor (posee un gobernar electrónico interno), mediante una señal PWM de 500Hz es posible variar la velocidad del motor (frecuencia de generación),

El regulador de velocidad electrónico no posee ningún tipo de controlador interno de frecuencia, por lo que mantener la frecuencia constante y transferir potencia activa es responsabilidad del EGCP-2.

#### **2.5. CONTROL DE CARGA**

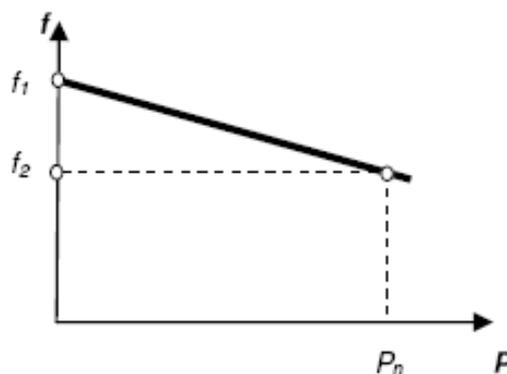
Debido al cambio constante en la demanda de potencia que sufre un generador es necesario contar con los mecanismos de regulación que puedan adaptar en todo momento la generación al consumo.

Si la potencia mecánica de una máquina se mantiene constante y varía el consumo (potencia eléctrica), la diferencia será absorbida por las partes rotantes del sistema.

La variación de la velocidad de giro de un grupo generador ante los cambios en el consumo proporciona una referencia para efectuar la regulación,

cuando el consumo aumenta la velocidad baja, mientras que si disminuye la velocidad aumenta, esto va a proporcionar un buen mecanismo de censado.

En la Figura 2.15 se muestra una relación casi lineal entre el punto de la máquina en vacío (frecuencia  $f_1$ ) y el punto corresponde al funcionamiento en carga asignada  $P_n$  con una frecuencia  $f_2$ .



**Figura N. 2.17** Relación Frecuencia-Potencia<sup>14</sup>

En caso de que la frecuencia se mantenga constante cuya respuesta frecuencia potencia es horizontal, dicha característica es buena para un generador aislado pero no para generadores conectados en paralelo puesto que el que tuviera esta característica absorbería toda la carga y los otros no harían esfuerzo.



<sup>14</sup> [www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/reguladordevelocidad.pdf](http://www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/reguladordevelocidad.pdf)

### **Figura N.º 2.18** *Generador Astático*

El EGCP-2 utiliza la técnica de procesamiento digital de señales (DSP) para la medición de potencia, esto implica tomar muestras de voltaje y corriente en un número entero de ondas para procesarlas, mediante conversores A/D se obtiene su valor digital, los valores simultáneos de voltaje y corriente son retenidos y enviados al microprocesador para calcular la potencia.

El EGCP-2 permite tener un control de carga del generador en cinco modos:

#### **2.5.1 CAÍDA**

El control de carga con caída (Droop Load Control) utiliza al sensor de potencia para suministrar una realimentación negativa a la referencia de velocidad del regulador, a través de la salida de polarización de velocidad (speed bias). Esto produce un descenso de la frecuencia del generador a medida que aumenta la carga, operando como unidad sencilla en una barra aislada.

Este modo de operación se utiliza solo para la puesta en servicio del equipo.

#### **2.5.2 CARGA BASE**

El control de carga base es un método para establecer una carga base o fija en una máquina que opera en paralelo a la red eléctrica.

Esto se hace utilizando un control isócrono de la carga y suministrando una referencia en función de la cual controla la carga. El regulador obligará a aumentar o reducir la salida del generador hasta que la salida del sensor de carga sea igual al valor de referencia.

Cuando está configurado para un funcionamiento en paralelo con la red, el EGCP-2 opera en modo de control de carga base y conmuta automáticamente entre funcionamiento con carga base y funcionamiento isócrono, según esté o no cerrado el conmutador de red y el disyuntor del generador a la vez.

### **2.5.3 COMPARTIMIENTO ISÓCRONO DE LA CARGA**

Isócrono significa mantener una velocidad constante en periodos fijos. Un grupo electrógeno que opera en modo isócrono funciona a la misma frecuencia establecida, independientemente de la carga que suministre hasta llegar a su capacidad nominal de carga.

### **2.5.4 COMPARTIMIENTO DE CARGA CON CAÍDA/ISÓCRONO EN UNA BARRA AISLADA**

Caída/isócrono combina estos dos modos. Todos los grupos electrógenos del sistema, salvo uno, se accionan en modo de caída. La unidad que no opera en caída y lo hace en modo isócrono, se la conoce como la máquina oscilante. En este modo, las máquinas en caída funcionan a la frecuencia de la unidad isócrona. Los valores de caída y velocidad de cada unidad en caída se ajustan para que cada una genere una cantidad fija de potencia. La potencia de salida de la máquina oscilante cambia en función de la variación que experimenta la demanda de carga.

La carga máxima en este tipo de sistema tiene como límite la salida combinada de la máquina oscilante más la potencia total establecida de las máquinas en caída. No se puede permitir que la carga mínima del sistema descienda por debajo de la salida establecida para las máquinas en caída. Si lo hace, la frecuencia del sistema cambia y la máquina oscilante puede motorizarse. La máquina con la mayor capacidad de salida debe operar como máquina oscilante, a fin de que el sistema acepte los máximos cambios de carga que su capacidad permita.

### **2.5.5 COMPARTIMIENTO DE CARGA ISÓCRONO EN UNJA BARRA AISLADA**

El compartimiento isócrono de la carga es el medio más habitual de combinar varios generadores en paralelo a una carga común en un bus aislado. El EGCP-2 utiliza el control isócrono de la carga cuando opera en modo de unidades múltiples (Multiple Unit) con control de carga en modo normal o en transferencia suave (Soft Transfer). El compartimiento isócrono de la carga hace funcionar todos los grupos electrógenos de un sistema en modo isócrono.

Este compartimiento se realiza utilizando el sensor de carga del EGCP-2 para polarizar la referencia de velocidad del regulador isócrono. Los sensores de carga se conectan por medio de una red RS-485 entre controles. Todo desequilibrio de la carga entre distintas unidades provoca un cambio en el circuito de cada regulador. Si bien cada unidad sigue funcionando a velocidad sincrónica, estos cambios obligan a cada máquina a suministrar una parte proporcional de potencia para satisfacer la demanda total de carga del sistema.

### **2.5.6 AUTOSECUENCIA DE ENCENDIDO**

Cada unidad tiene asignada una prioridad, la que posee menor prioridad es la unidad maestro, como tal es la que determina automáticamente las unidades que deben entrar o salir de servicio.

La prioridad de las unidades (desde la más baja a la más alta), determina también su orden de encendido y apagado de acuerdo a la demanda de carga.

Una unidad recibe la orden de entrar en servicio o salir de línea, cuando la unidad máster lo determina, de acuerdo al punto de ajuste del sistema. El tiempo entre el sobrepaso de carga y la puesta en servicio de la siguiente unidad es configurable, así como también el tiempo requerido para sacar varias unidades consecutivamente.

## **2.6. CIRCUITOS DE CONTROL PARA EL USO DEL EGCP-2**

Al ser el EGCP-2 el principal equipo de control, el diseño del sistema de transferencia se basa en su lógica de funcionamiento, debido a que la configuración que va a emplearse para esta aplicación es la Operación de transferencia blanda de la red (soft transfer) este modo de servicio de acuerdo a su objetivo funcional, tendrían distintos elementos acoplados a las entradas y salidas digitales y analógicas del equipo EGCP-2.

El detalle del diagrama de conexiones E/S en modo soft transfer lo encontraremos en el Anexo C-2.

### 2.6.1. ENTRADAS Y SALIDAS PARA EL USO DEL EGCP 2

El EGCP-2 puede concebirse como un dispositivo de medición digital que monitoriza señales analógicas del motor, generador, bus y red. Tratándose de un dispositivo de medición digital, el EGCP-2 debe estar debidamente calibrado para desempeñar con precisión su papel como dispositivo de control.

El detalle de distribución de las conexiones E/S correspondientes al controlador lo encontraremos en el Anexo C-3.

#### 2.6.1.1. Entradas AC

##### PT de generador

Para las entradas de medición de voltaje de generadores se emplearon transformadores de potencial trifásicos con relación 4:1 debido a que los valores máximos de tensión permitidos en las entradas del EGCP-2 no deben exceder de 150 VAC (de acuerdo al modelo del EGCP-2 8406-121) y el voltaje de cada generador está en el rango de 480 VAC.

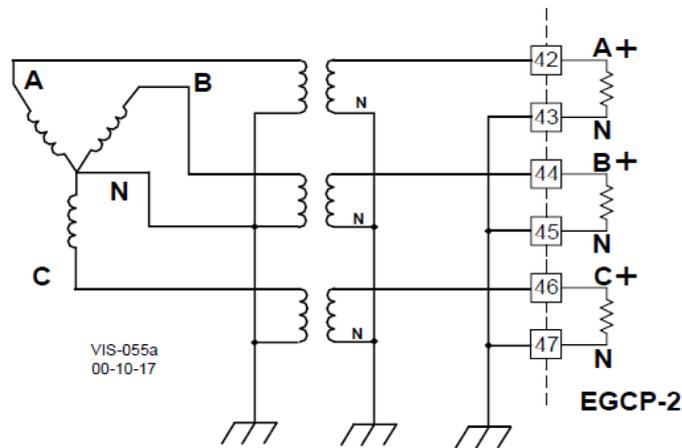


Figura No. 2.19 Conexión del PT en estrella de cuatro conductores

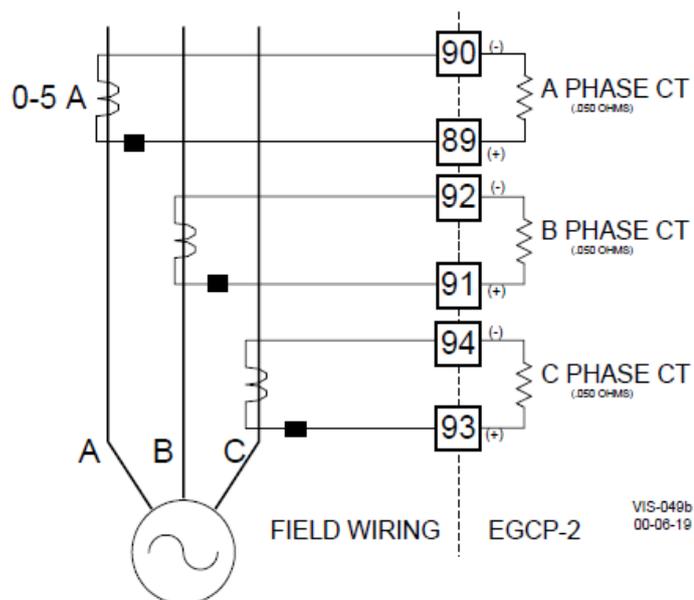
Los valores nominales de las entradas de transformador de potencial son:

<b>Número de entradas:</b>	4
<b>Valores máximos de tensión:</b>	50–150 VAC
<b>Carga:</b>	0.25 VA
<b>Frecuencia de entrada:</b>	0–70 Hz

### CT de Generador

Para las entradas de medición de corriente de los generadores, se emplearon transformadores de corriente con relación 1500:5 para cada fase, cuyas señales se obtienen antes del disyuntor de conexión a la barra común.

La conexión de estas señales al equipo cumple con la configuración recomendada por el fabricante considerando la polaridad según el flujo de corriente.



**Figura N.º 2.20** Diagrama del cableado del transformador de corriente para el EGCP-2

Los valores nominales de las entradas de transformador de corriente son:

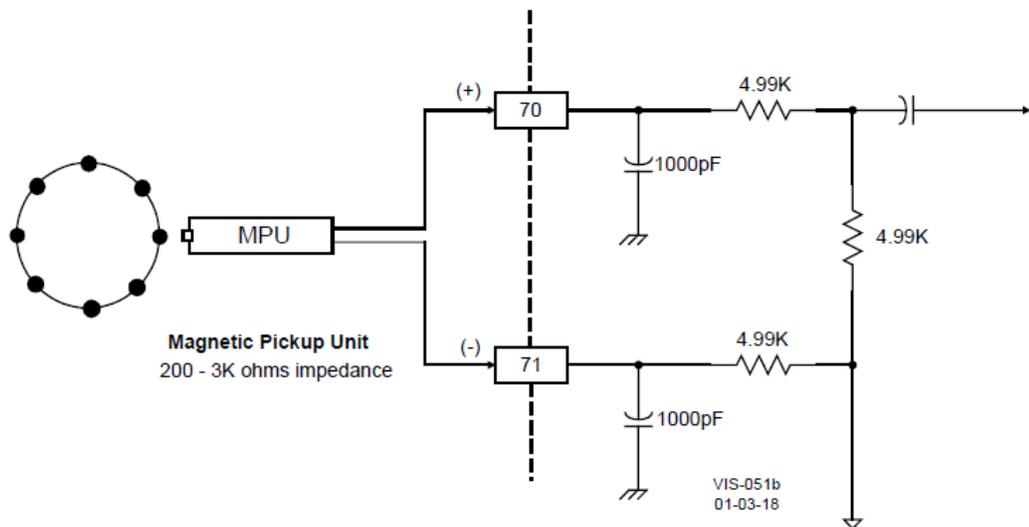
<b>Número de entradas:</b>	3
<b>Valores nominales de corriente:</b>	0–5 A (rms)
<b>Valor máximo de corriente:</b>	7 A (rms durante 1 minuto)
<b>Carga de entrada:</b>	0.25 VA
<b>Rango de frecuencia de entrada:</b>	0–70 Hz

### **PT de Red/Barra Común**

El EGCP-2 tiene una entrada de detección de red presente o de barra común energizada, cuyas señales se adaptan a esta entrada mediante los contactos de dos relés conectados, cada uno de ellos, a sus respectivos transformadores de potencial. Mediante la activación o desactivación de estos relés se inhibe la entrada simultánea de estas señales para evitar colisiones y daños en el equipo.

#### **2.6.1.2. PICK-UP**

Para conocer la velocidad del generador se acopla a esta entrada la señal proveniente del pick up o unidad de captación magnética, que se encarga de detectar el movimiento de los dientes del engranaje del motor y proporcionar una señal de salida de frecuencia comprendida entre 250 y 15000 Hz en rangos nominales.



**Figura N. 2.21** Diagrama del cableado de la entrada del captador magnético

Los valores de entrada del pick-up son:

<b>Rango de baja frecuencia:</b>	100—250 Hz a 3,5—25 V (rms)
<b>Rango de frecuencia normal:</b>	250 -15000 Hz a 2.0—25 V (rms)
<b>Impedancia de entrada:</b>	15.000 ohmios

La conexión de esta unidad es opcional, es decir, el equipo la utiliza como una referencia ya que para determinar la velocidad del generador toma las señales de voltaje y frecuencia y realiza la relación respectiva.

### 2.6.1.3. Entradas DC

Para la alimentación del equipo de control EGCP-2 se requiere una señal comprendida entre 9 y 32VDC la cual es proporcionada por cada generador hacia su respectivo sistema de control desde las baterías auxiliares de 24VDC.

## 2.6.1.4. Salidas DC

### Salida de polarización de Velocidad (Speed Bias)

La salida analógica de polarización de velocidad se conecta al PEEC del generador con la opción de 500 Hz PWM habilitada, la cual es compatible con el regulador de velocidad y debe ser configurada en el equipo EGCP-2. La conexión se realiza mediante par trenzado con blindaje con el objetivo de proteger la señal contra interferencias electromagnéticas provenientes del ambiente.

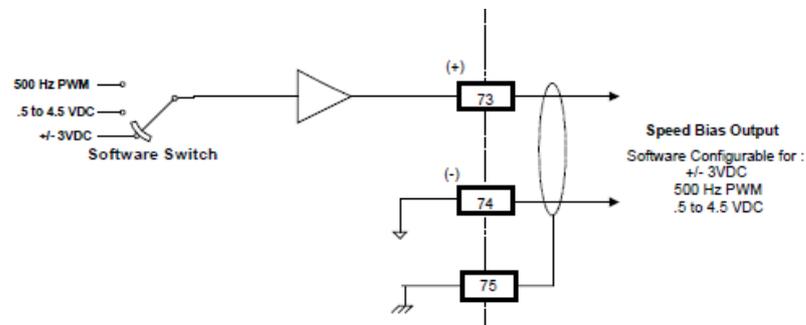


Figura N.º 2.22 Diagrama del cableado de las salidas de polarización de velocidad

### Salida de polarización de Voltaje (Volts Bias)

La salida analógica de polarización de voltaje se conecta al VR 6 del generador con la opción de  $\pm 9$  VDC habilitada, configurada en el equipo EGCP-2.

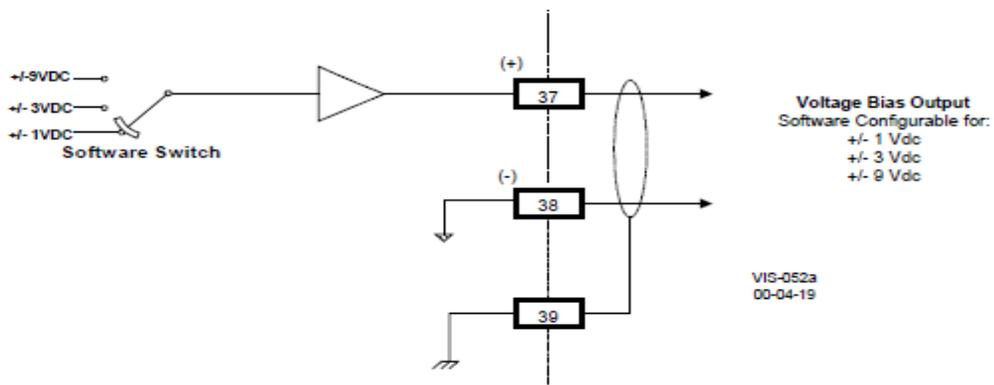


Figura N.º 2.23 Diagrama del cableado polarización de tensión

La conexión se realiza mediante par trenzado con blindaje con el fin de proteger la señal contra interferencias electromagnéticas provenientes del ambiente.

### 2.6.1.5. Entradas Discretas

#### Auto

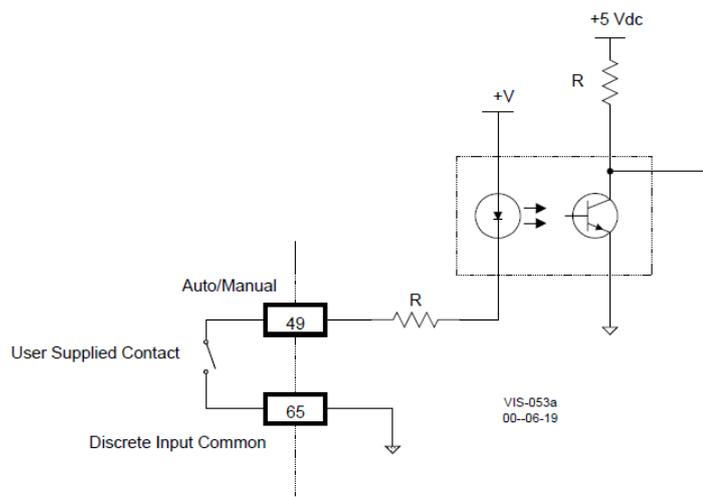
La entrada AUTO habilita el modo de trabajo NORMAL en el generador.

#### Test

La entrada TEST habilita el modo de trabajo PRUEBA en el generador.

#### Entrada configurable 1

El equipo EGCP-2 posee entradas configurables para alarma o apagado inmediato (shutdown), de acuerdo con el funcionamiento del sistema se ha visto la necesidad de adaptar a una de estas entradas una falla por sobrecorriente en el generador cuya señal es tomada desde los contactos auxiliares del disyuntor y configurada en el equipo EGCP-2 como shutdown.



**Figura N° 2.24** Diagrama del cableado de conexiones discretas de E/S típicas

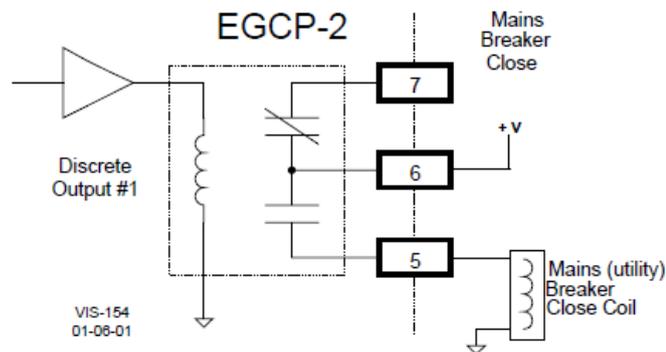
#### Entrada configurable 2

Esta entrada ha sido configurada para falla general. En este caso se emplea un pulsador de paro de emergencia (PE) acoplado a un relé auxiliar y con la ayuda de sus contactos normalmente abiertos es conectado a las entradas designadas en el EGCP-2.

#### 2.6.1.6. Salidas Discretas

##### Cierre de disyuntor del generador

En este caso se emplea el contacto normalmente abierto del equipo EGCP-2 para el cierre del disyuntor del generador. Esta salida ofrece dos modos de trabajo, como Contactor o como Breaker; en el primer caso, la salida está energizada continuamente para el cierre y desenergizada continuamente para la apertura mientras que cuando trabaja en la configuración Breaker, la salida se excita momentáneamente para el cierre del disyuntor del generador. Este tiempo de excitación puede ser configurado en el menú Synchronizer opción.

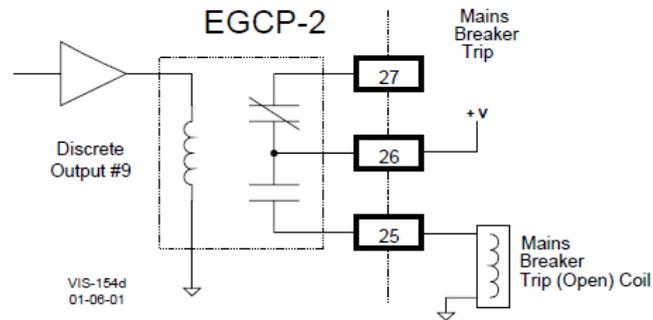


**Figura N. 2.25** Salida normalmente abierta del disyuntor de la red (Cierre)

##### Apertura del disyuntor del generador

Esta salida, con contactos seleccionables normalmente abierto o normalmente cerrado, está activa todo el tiempo y se desactiva para abrir el disyuntor del generador. Debido a esto se acopló al contacto normalmente cerrado de esta salida un relé auxiliar que se excita cuando el disyuntor está

cerrado (relé auxiliar de cierre de disyuntor como permisivo).



**Figura N. 2.26** Contactos normalmente abiertos(Apertura)

## 2.6.2. CABLEADO EMPLEADO

Para la conexión de los circuitos de control dentro del tablero se ha empleado cable #18 AWG ya que cumple con las características exigidas por el fabricante del equipo EGCP-2. En el caso de las señales desde el tablero de control hacia el generador (entradas o salidas de relé) se empleó cable sucre #16AWG de seis hilos con recubrimiento para choques mecánicos y para las señales de control (pickup, volts bias, speed bias) se empleó par trenzado blindado para defender las señales de posibles interferencias.

## 2.7. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE FUERZA

### 2.7.1. DIMENSIONAMIENTO DE DISYUNTORES PARA EL TABLERO DE TRANSFERENCIA

Los disyuntores son dispositivos para establecer y cortar la corriente nominal en un circuito o la corriente que pueda circular en condiciones de falla, como un cortocircuito, por medio de la separación mecánica de los contactos conectados en serie con el circuito, en un medio aislante, sea este aire o

generalmente aceite, el cual ayuda a la extinción del arco que se forma entre los contactos.

Cada generador a la barra común se requieren disyuntores que estén en la capacidad de trabajar con los valores de corriente y voltaje, de conformidad con las características de los generadores.

Se considera que la potencia desarrollada por el generador es de 800KVA debido a las condiciones atmosféricas que experimenta (recomendaciones dadas por el fabricante) y 480V, la corriente nominal se determina de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$S = \sqrt{3} * V * I \text{ (Ec. 8)}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \text{ (Ec. 9)}$$

Donde:

S = Potencia Aparente

I = Corriente Nominal

V = Voltaje

Se conoce que:

S = 800kVA

V = 480V

Se tiene que,

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

$$I = \frac{800 KVA}{\sqrt{3} * 480V}$$

$$I = 963.39 A$$

### 2.7.1.1. Selección del disparador adecuado

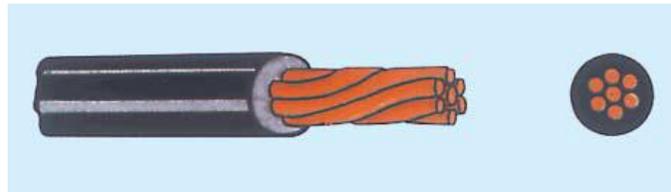
Los disyuntores incluyen una serie de parámetros ajustables, dependiendo de la utilidad que se le dará al disyuntor así serán los ajustes que se incluyan en el disparador, entre los parámetros ajustables principales tenemos:

1. Ir Intensidad ajustada porcentual referida a la capacidad nominal del disyuntor.
2. La capacidad Ir del disyuntor debe ser la misma de los cables que alimenta, es así que la temperatura de operación es esencial para la selección del cable y de los disyuntores, generalmente se adiciona un 25% de capacidad de disyuntor en caso de ampliaciones.
3. Id Intensidad de activación por corto circuito con retardo, a esta intensidad se le puede ajustar un tiempo de disparo para mejorar la selectividad de la red. Id es un múltiplo de Ir,  $I_d = X * I_r$  donde X puede variar de 1.25 a 12.
4. Td Tiempo de retardo por corto circuito se expresa en milisegundos (ms) y es ajustable de 20ms a 400ms.
5. Ii Intensidad de corto circuito sin retardo ( $I_i > 15I_n$ ).
6. Ig Intensidad de disparo por derivación a tierra, se mide directamente al centro de la estrella por medio de un transformador, siendo un factor de la corriente nominal como Ir.
7. Tg Tiempo de retardo del disparo por falla de derivación, sirve de escalonamiento de falla en caso de fallas breves.
8. Tc Grado de inercia térmica.

De acuerdo al valor de corriente nominal calculada anteriormente selecciona el disyuntor Merlin Gerin Master Pact (NS1200N) para el tablero encargado de realizar la transferencia . (para mayor detalle véase Anexo E-1)

### 2.7.2. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES PARA EL TABLERO<sup>15</sup>

El cálculo de conductores según la premisa que se encuentren debidamente protegidos frente a la falla de sobrecarga, establece la sección o calibre del mismo.



**Figura N° 2.27** Conductor Eléctrico

La corriente de servicio de los equipos conectados ( $I_s$ ), no debe sobrepasar la corriente nominal del aparato de protección ( $I_n$ ) cuyo valor, a su vez, no debe sobrepasar la corriente admisible del conductor ( $I_z$ ).

Según todo lo anterior, la regla básica para asegurar que el conductor seleccionado se encuentre debidamente protegido a la sobrecarga es:

$$I_s < I_n < I_z \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

$I_s$  = corriente de la carga

$I_n$  = corriente Nominal de la protección

$I_z$  = corriente nominal del conductor

---

<sup>15</sup> Dimensionamiento de conductores y protecciones de PROCOBRE

Del Capítulo I donde se determina la carga tomamos la de mayor consumo que es de 600KW que corresponde Palmar Oeste.

Calcular la corriente que se necesita para abastecer esta carga:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

$$I = \frac{666 KVA}{\sqrt{3} * 480V}$$

$$I = 830,4A$$

Para determinar la sección del conductor buscar en la tabla 2.1 grupo 3 que son conductores mono polares, con la corriente calculada sea menor que la corriente del conductor.

Se llego a determinar que el conductor es de sección de 500 mcm<sup>2</sup>.

Para poder abastecer esa corriente se tiene que colocar dos cables por fase con lo que podemos llegar a abastecer la corriente que necesita la carga.

<b>TEMPERATURA DE SERVICIO</b>			
<b>Sección Nominal mm<sup>2</sup></b>	<b>Corriente admisible en Amperes</b>		
	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
0,75		12	15
1	11	15	1
1,5	15	19	23
2,5	20	25	32

4	25	34	42
6	33	44	54
10	45	61	73
16	61	62	38
25	83	108	12
35	103	134	158
50	132	167	137
70	164	207	244
35	137	24	291
120	235	291	343
150		327	382
165		374	436
240		442	516
300		510	535
400			708
500			809

**Tabla 2.1** Tabla para determinar la sección de un conductor<sup>16</sup>

Para garantizar el paso del flujo de la corriente se optó por instalar 2 conductores de 500 mcm<sup>2</sup> en cada una de las fases por una longitud aproximada de 20 m cada uno con la finalidad de conectarse al tablero de fijo en cada estación de producción.

<sup>16</sup> <http://www.legrand.cl/inter/liblocal/tecnicos%20pdf/CAPGPLG2.PDF>

### III. CAPITULO

## MONTAJE, INSTALACIÓN PRUEBAS Y RESULTADOS

### 3.1 MONTAJE E INSTALACIÓN

El tablero de sincronización y transferencia automática de energía está montado sobre una unidad Móvil (trailer), está construido de acuerdo a las especificaciones NEMA 12, para uso en interiores, con protección contra polvo, goteo de líquidos no corrosivos y caída de suciedad. . (para mayor detalle véase los Estándares de Protección IP y Nema en el Anexo F-1).



**Figura Nº 3.1** Tablero de transferencia automática de Energía



**Figura Nº 3.2** Unidad de Generación Móvil

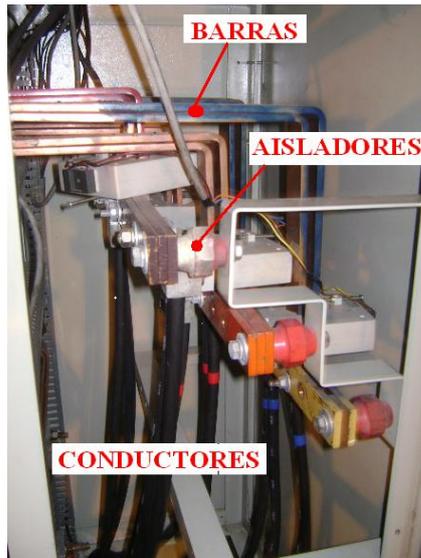
Es necesario que exista una apropiada separación entre los equipos y elementos de potencia para evitar la generación de efecto inductivo o capacitivo por la cercanía entre ellos.



**Figura Nº 3.3** Elementos de Potencia



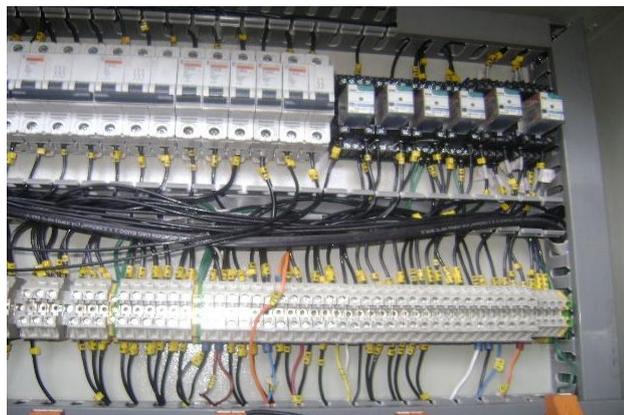
**Figura Nº 3.4** Elementos de Medición



*Figura Nº 3.5 Elementos de Potencia*

### **3.1.1. MONTAJE DEL EQUIPO DE CONTROL**

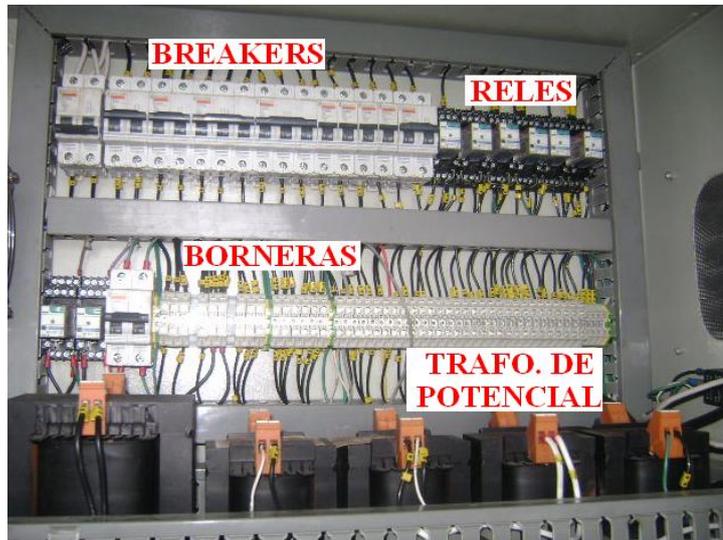
La distribución de los equipos y la alimentación de los circuitos de control no supera los 600 V y 1000 VA, de acuerdo a la norma NEC 725-21 Class 1, class 2 and class 3, remote control<sup>17</sup>, la optimización del espacio y la facilidad para la adquisición y envío de señales.



*Figura Nº 3.6 Elementos de Control*

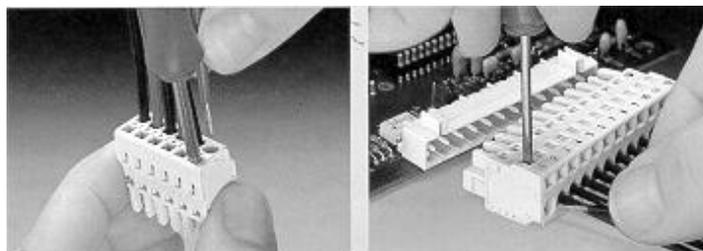
<sup>17</sup> NEC 250-174 Cases of instruments, meters, and relays operating at less than 1000 volts.

La sección de control contiene los siguientes elementos ubicados en el interior del tablero: transformadores de potencial, transformadores de corriente, breakers, relés, borneras, etc.



*Figura N° 3.7 Distribución del Equipo de Control*

La mayoría de las regletas de terminales del control EGCP-2 se han diseñado para poder desmontarlas a mano, una vez desconectada la alimentación eléctrica, las regletas de terminales pueden desmontarse una a una tirando de ellas recto hacia fuera. Hay que tener cuidado para no extraer la clavija inclinada, ya que se fracturaría el terminal del extremo.



*Figura N° 3.8 Regletas de terminales del tipo Cage Clamp*



**Figura N° 3.9** Vista trasera del Controlador

El conductor para el circuito de control es número 18 AWG, ya que las cargas alimentadas no superan las capacidades de corriente de acuerdo a la tabla 3.2.

Size (AWG)	Allowable Ampacity
18	6
16	8
14	17
12	23
10	28

**Tabla N° 3.1** Capacidad de Conductores

De acuerdo al número de conductores que se requieren, la dimensión de las canaletas verticales y horizontales tiene una sección de 30 x 25 mm, en las cuales no exceden los cables el 75% de su capacidad.

Las señales analógicas para el pick-up, control de voltaje y velocidad utilizan par trenzado blindado 22 AWG de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.



*Figura N° 3.10 Señales análogas hacia el Grupo Electrónico*

El detalle del diagrama de cableado véase el Anexo D-1, plano 1.

### **3.1.1.1. Apantallamiento y Conexión a Tierra**

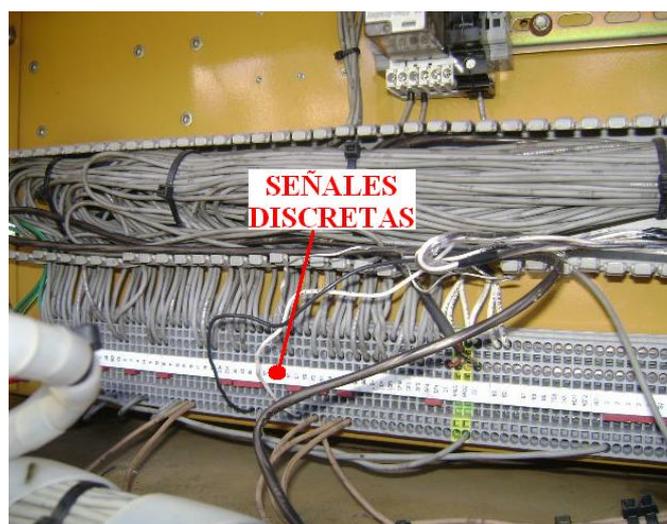
Los servicios eléctricos, el equipo de telecomunicaciones y todos los sistemas de bajo voltaje requieren ser unidos a tierra, la necesidad específica de poner a tierra los sistemas de cableado de red apantallados y blindados es un asunto de desempeño.

Un sistema de cableado adecuadamente puesto y unido a tierra lleva las corrientes de ruido inducidas por interferencia electromagnética en el ambiente hacia la tierra junto con el blindaje, protegiendo así los conductores que llevan los datos del ruido externo.

En la regleta de terminales existe una terminación para apantallamiento individual de cada una de las señales, salvo la presión del aceite y la temperatura del refrigerante.

Todas estas entradas deben cablearse utilizando cable de par trenzado apantallado. La longitud de cable expuesto, más allá del apantallamiento, debe estar limitada a una pulgada (25 mm).

Las salidas de relés, las entradas de contactos y el cableado de alimentación eléctrica no requieren normalmente apantallamiento, pero pueden utilizarse cables apantallados si se desea.



**Figura Nº 3.11** Señales discretas desde el Grupo Electrónico

Todos los sistemas eléctricos están conectados a tierra para limitar el voltaje existente en los circuitos de líneas de alimentación y estabilizar el voltaje durante su operación normal.

Todos los equipos constituidos por material conductor están conectados a tierra para limitar el voltaje a tierra de estos materiales.

### 3.2. ESTÁNDARES DE PROTECCIÓN <sup>18</sup>

El equipo EGCP-2 integra una serie de relés de protección que obedecen a los estándares ANSI detallados en la tabla 3.2 Estándares ANSI de protección.

**Abbreviated List Of Commonly Used Relay Device Function Numbers [1]**

Relay Device Function No	Protection Function
21	Distance
25	Synchronizing
27	Undervoltage
32	Directional Power
40	Loss Of Excitation (Field)
46	Phase Balance (Current Balance, Negative Sequence Current)
47	Phase-Sequence Voltage (Reverse Phase Voltage)
49	Thermal (Generally Thermal Overload)
50	Instantaneous Overcurrent
51	Time-Overcurrent
59	Overvoltage
60	Voltage Balance (Between Two Circuits)
67	Directional Overcurrent
81	Frequency (Generally Underfrequency)
86	Lockout
87	Differential

**Tabla Nº 3.2 Estándares ANSI**

<sup>18</sup> NEC 250-4 General requirements for grounding and bonding. Grounding of electrical equipment.

NEC 250-174 Cases of instruments, meters, and relays operating at less than 1000 volts.

### **ANSI 25 Synchronizing (Sincronismo):**

El equipo EGCP-2 cuenta con un relé de sincronismo utilizado para el cierre automático del disyuntor de cada generador cuando se han alcanzado las condiciones requeridas. En este caso, la función de cierre es automática para evitar errores en accionamientos manuales y permitir un proceso de sincronización más rápido.

Este relé utiliza dispositivos multifuncionales que sensan la diferencia en el ángulo de fase, la frecuencia y la magnitud del voltaje tanto en la barra común como en el generador.

### **ANSI 27 Undervoltage (Bajo Voltaje):**

El equipo EGCP-2 provee una protección para mantener un nivel mínimo de voltaje al que puede funcionar el sistema, al activarse abre una sección del sistema y da una alarma, se usa con el fin de no afectar a cargas sensibles y sacar el generador que no cumple el mínimo nivel de voltaje.

Esta protección permite realizar la transferencia y retransferencia de la fuente normal de energía a los grupos electrógenos. En cualquiera de los dos casos se utiliza un retardo de tiempo para evitar realizar operaciones innecesarias.

### **ANSI 32 Directional Power (Potencia inversa):**

El equipo EGCP-2 cuenta con un relé de potencia inversa que detecta el flujo de potencia inversa (-KW) que puede ocurrir cuando las válvulas de

estrangulación se cierran y el disyuntor del generador continua cerrado, bajo estas condiciones el generador actúa como motor tomando potencia activa desde la barra común.

La magnitud de la potencia activa que puede tomar cuando se vuelve motor depende del tipo de motor que sea, según se muestra en la tabla 3.3 Máximas potencias inversas en motores.

**Maximum Motoring Power for Prime Movers**

Steam turbine	3%
Water wheel turbine	0.2%
Gas turbine	50%
Diesel engine	25%

**Tabla N° 3.3** Máximas potencias inversas en motores

**ANSI 46 Phase Balance Current (Balance de corrientes de fases):**

El equipo EGCP-2 provee protección contra corrientes desbalanceadas, opera cuando la diferencia en magnitud de la corriente rms en dos fases excede un porcentaje dado. El ajuste de esta protección es generalmente del 25% de diferencia entre dos fases. Se desconecta los conductores del generador para evitar problemas en el sistema de distribución/transmisión.

**ANSI 47 Phase-sequence Voltaje (Secuencia de fases):**

El sistema de sincronismo cuenta con un detector trifásico de red que monitorea la correcta secuencia de fases en la red, además está provisto de una protección contra sobre y bajos voltajes.

**ANSI 50/51 Instantaneous Overcurrent (Sobrecorriente instantánea) /  
Time Overcurrent (Sobrecorriente con retardo):**

Esta protección es usada en los generadores, cuando se sobrepasa el nivel de sobrecorriente se activa un contador de tiempo hasta que se llega a la zona de sobrecorriente y se desconecta al generador. Si se pretende tener una protección instantánea, ésta actúa a los 0.5 -2 ciclos.

**ANSI 59 Overvoltage (Sobrevoltaje):**

Tanto el equipo EGCP-2 como el detector trifásico de red cuentan con protecciones contra sobrevoltajes, las cuales pueden ser calibradas en el menú Shutdown and Alarms), para el detector trifásico de red.

**ANSI 60 Voltage Balance (Balance de voltaje):**

Esta protección actúa cuando no existe alguna de las fases o hay una diferencia entre los valores rms de ellas, tiene un ajuste de 200ms típicamente.

**ANSI 67 Directional Overcurrent (Sobrecorriente inversa):**

El equipo EGCP-2 cuenta con un relé de protección contra sobrecorriente inversa (potencia reactiva inversa [-KVAR]) con alta sensibilidad que abre el

disyuntor del generador cuando existe un flujo de corriente en sentido inverso.

Para determinar el sentido de flujo de la corriente utiliza las señales provenientes de los CT's acoplados a las entradas del EGCP-2.

### **ANSI 81 Frequency (Frecuencia):**

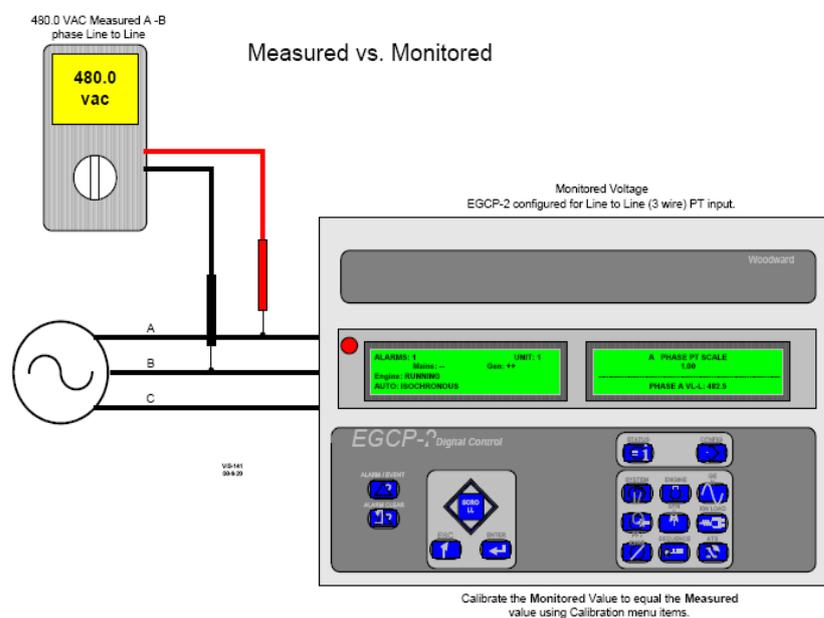
Generalmente esta protección se utiliza para mantener la frecuencia dentro de un rango preestablecido, es muy recomendado tener protecciones de baja frecuencia cuando se trabaja con cargas que son alimentadas por generadores locales, ya que una sobrecarga del sistema baja la frecuencia del generador, y a su vez un generador trabajando a bajas frecuencias se sobrecarga. Una protección de sobrefrecuencia se utiliza en el arranque de los generadores para evitar que los motores primarios se embalen, y cuando los generadores son sacados súbitamente del sistema. El ajuste típico de esta protección es de 90% para bajafrecuencia y 110% para sobrefrecuencia.

## **3.3. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA**

### **3.3.1. AJUSTE AL PANEL DE CONTROL EGCP- 2**

Todos los puntos de la calibración del EGCP-2 se usan para hacer que el valor real de una entrada, como por ejemplo la tensión del generador, indiquen en la correspondiente pantalla de visualización del EGCP-2 el valor exacto de la señal que se está monitorizando.

Para facilitar la calibración de la unidad, todas las opciones del menú de calibración presentan la entrada detectada que se va a calibrar en las dos líneas inferiores de la pantalla LCD derecha. Estos valores se actualizan cada 200 milisegundos. Todos los ajustes efectuados en los menús de configuración son inmediatos en su efecto; es decir, no es necesario introducir los valores en la memoria para que incidan en la entrada detectada o en el funcionamiento del control.



**Figura Nº 3.12 Medio en Comparación**

### **AVR DROOP (caída de AVR)**

Se *utiliza* en el AVR un nivel de caída medio. Esto aumenta la estabilidad del AVR en compartimiento de VAR/PF con cargas bajas.

### **PT Phase A Scale (Escala PT fase A,B,C)**

Calibra la entrada de tensión del PT fase A.

### CT Phase A, B and C Offset (Desviación de fase A, B y C de CT)

Calibra la detección de la entrada de las fases A, B o C de CT del EGCP-2 y la sitúa en corriente cero.

### CT Phase A Scale (Escala CT fase A)

Calibra la detección de la fase A de CT del EGCP-2.

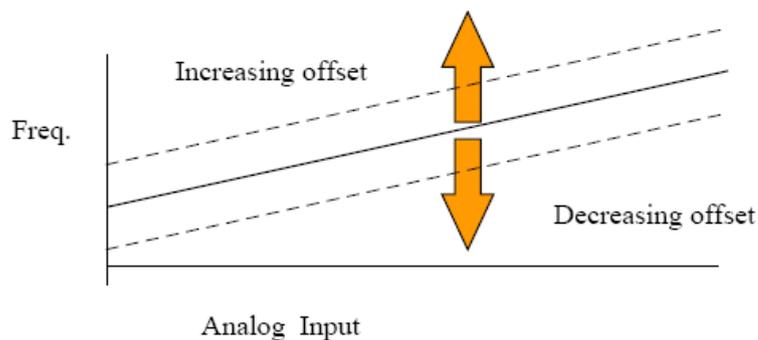
### Bus PT Scale (Escala PT de bus)

Similar a la graduación del PT del generador, pero esta escala es para la entrada de PT monofásico de bus dirigida al EGCP-2.

### Synchronizer (Sincronizador)

Calibra la detección de error en ángulo de fase del EGCP-2.

Calibrado en fábrica para un error en ángulo de fase cero entre las entradas de fase A de bus y red (en función de la operación de sincronización) y la entrada de fase A del generador.



**Figura Nº 3.13** Osciladores Controlados por Tensión-Efecto de Desviación<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Manual de Funcionamiento sp26086

### **Battery VCO Offset (Desviación VCO de la batería)**

Establece el nivel o la desviación de la entrada de batería con respecto al intervalo de funcionamiento.

## **3.4. PRUEBAS PREOPERACIONALES**

### **3.4.1. CONSIDERACIONES PREVIAS**

Antes de arrancar el grupo electrógeno, es necesario configurar los puntos de consigna del EGCP-2 en los valores más adecuados y acordes a las características de funcionamiento y rendimiento.

Se debe comprobar que la polaridad y configuración de los siguientes elementos sea la correcta:

- Entrada de la fuente de alimentación
- Entradas de CT del generador
- Entradas de PT del generador
- Entradas de PT de red y bus
- Salida de polarización de tensión
- Salida de polarización de velocidad

Una vez verificada la polaridad de estos elementos, es necesario comprobar que la amplitud de la tensión de la fuente de alimentación sea la adecuada.

A continuación se comprueba que:

- El equipo EGCP-2 se encuentra funcionando en auto.

- Las salidas speed bias (polarización de velocidad) y volts bias (polarización de tensión) sean compatibles con las tarjetas reguladoras de velocidad y voltaje respectivamente, además que presenten porcentaje cero o a los niveles adecuados.

### **3.4.2. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y COMPROBACIÓN**

1. Introducir puntos de consigna programados en todos los menús.
2. Revisar las entradas discretas del menú de estado de E/S (I/O).
3. Poner normal como modo de control de carga (load control mode).
4. Comprobar la lectura de régimen del motor (engine rpm) de la pantalla de estado Engine Overview y confirmar que la velocidad sea la correcta para la unidad.
5. Revisar la tensión de la unidad en el menú de estado del generador.
6. Ajustar la tensión del regulador de voltaje en AVR (regulador automático de voltaje) si es necesario para alcanzar la tensión nominal del generador.
7. Ajustar la compensación del AVR (droop) para un  $\pm 5\%$  de la tensión nominal para la salida de polarización de tensión del  $\pm 100\%$  del EGCP-2.
8. Medir el voltaje generado y calibrar los PT's en caso de ser necesario.
9. Verificar que la secuencia de fases sea correcta y la misma en los generadores del pozo y móvil
10. Revisar la tensión de la red en el menú estado Synchroscope (sincroscopio) (si está disponible) y calibre en caso necesario.

A continuación se realizó pruebas del sistema de transferencia, monitoreando al grupo eléctrico aplicando el software CAT Diagnostic ET, con cargas diversas.

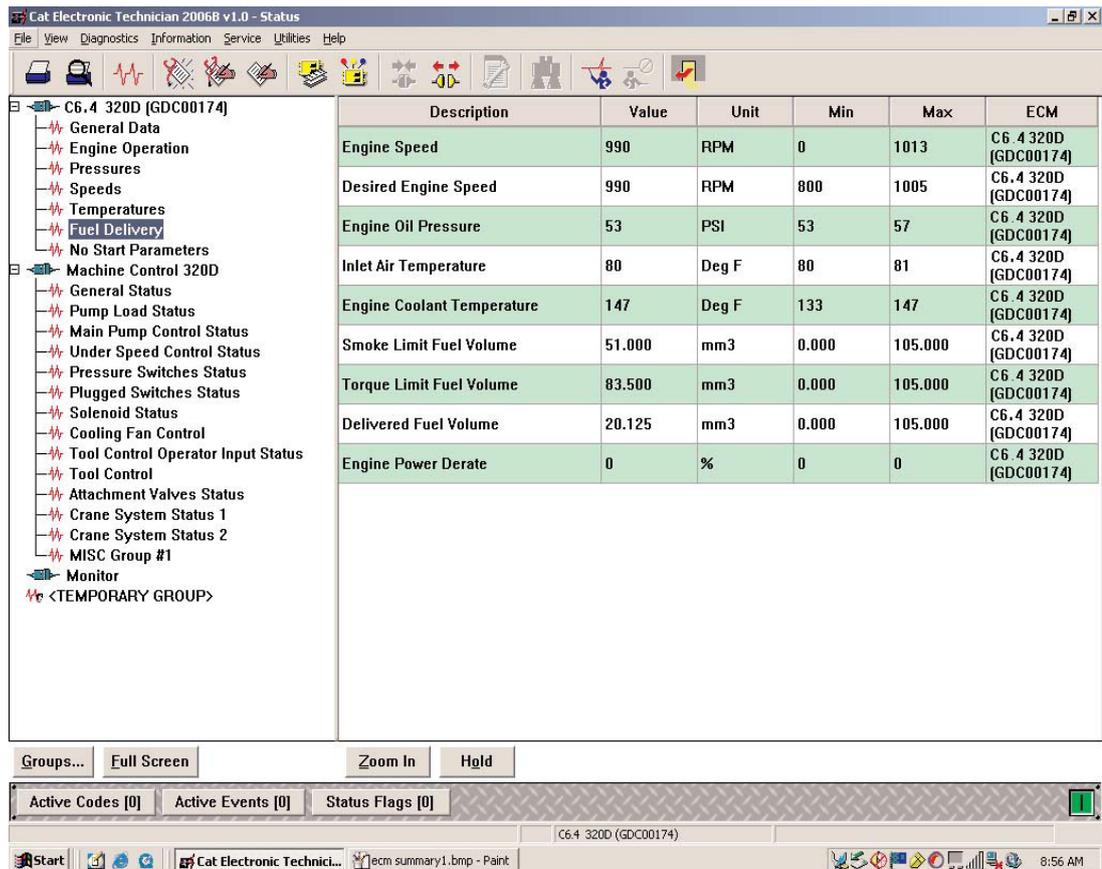


Figura N° 3.14 Ventana de diagnostico Software ET CAT

Dando como resultado los siguientes valores:

Description	Value	Unit	Minimum	Maximum	ECM
Atmospheric Pressure	14	PSI	14	14	3400 EPG (1EZ04410)
Boost Pressure	3	PSI	1	3	3400 EPG (1EZ04410)
Desired Engine Speed	1801	RPM	1801	1801	3400 EPG (1EZ04410)
Engine Coolant Temperature	172	Deg F	172	174	3400 EPG (1EZ04410)
Engine Oil Pressure	62	PSI	62	63	3400 EPG (1EZ04410)
Engine Speed	1797	RPM	1781	1823	3400 EPG (1EZ04410)
Throttle Position	75	%	74	75	3400 EPG (1EZ04410)
Engine Speed Droop	0.00	%	0.00	0.00	3400 EPG (1EZ04410)
Throttle Sensor Duty Cycle	70	%	70	70	3400 EPG (1EZ04410)
Engine Load Factor	23	%	21	24	3400 EPG (1EZ04410)
Diagnostic Clock	16888	hours	16888	16888	3400 EPG (1EZ04410)
Desired Rack Position	5.50	mm	4.75	5.70	3400 EPG (1EZ04410)
FRC Rack Position	10.60	mm	10.25	11.05	3400 EPG (1EZ04410)
Rack Position	5.35	mm	5.05	5.50	3400 EPG (1EZ04410)
Rated Rack Position	15.05	mm	15.00	15.05	3400 EPG (1EZ04410)
Estimated Fuel Rate	12.00	GPH	11.12	12.87	3400 EPG (1EZ04410)
ECM Hours	16888	hours	16888	16888	3400 EPG (1EZ04410)
Engine Hours	16140	hours	16140	16140	3400 EPG (1EZ04410)

Tabla N° 3.4 Registro Cat Electronic Technician 2005B v1.1

Valores registrados en el EGCP 2:

<b>Porcentaje de Carga</b>	<b>Potencia Activa [kW]</b>	<b>Potencia Reactiva [kVAR]</b>	<b>Factor de Potencia [Φ]</b>
24	218	10	0.97
52	335	-39	0.95
60	402	-203	0.94

**Tabla N° 3.5** Valores de pruebas

Con el Valor de carga de 60% se produjo la alarma potencia inversa, debiendo corregir la configuración de la tarjeta reguladora de voltaje a modo droop y el voltaje de salida a 480 Vac.

El sistema empezó a fluctuar, es decir las Rpm en función de la carga oscilan, teniendo como resultado que el generador móvil no sincronice con la red, debiendo revisar la conexión eléctrica de la señal PWM mejorando la tierra del cable blindado y tomando las siguientes correcciones en los valores del controlador.

<b>PARAMETROS</b>	<b>VALOR</b>
<b>LOAD STABILITY</b>	1.19
<b>LOAD TIME</b>	16 Seg
<b>UNLOAD TIME</b>	14 Seg
<b>MAX PHASE WINDOW</b>	10 grados

**Tabla N° 3.6** Reajuste de parámetros del EGCP-2

Después del reajuste se obtuvo la estabilidad del sistema, garantizando su operación y funcionalidad, entregando los siguientes resultados:

<b>Porcentaje de Carga</b>	<b>Potencia Activa [kW]</b>	<b>Potencia Reactiva [kVAR]</b>	<b>Factor de Potencia [<math>\Phi</math>]</b>
60	398	-219	0.98
70	480	-118	0.93

**Tabla N° 3.7 Pruebas Finales**

## **IV. CAPITULO**

### **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

#### **4.1. OPERACIÓN DE LA UNIDAD MÓVIL DE GENERACIÓN**

La operación de la unidad móvil tiene como finalidad transferir la carga eléctrica de forma automática y segura entre dos equipos, uno fijo al que denominaremos Generador pozo y otro móvil al que denominaremos Generador Móvil.

Las conexiones de fuerza desde el generador móvil hacia el generador pozo se mantienen en el orden y disposición que los equipos de sincronismo anteriores.

El detalle de las conexiones de fuerza del tablero de transferencia lo encontraremos en el Anexo D-2, plano 1.

La unidad móvil de generación cuenta con un tablero constituido por un medidor de energía PM500 el cual nos indica la potencia entregada por el generador fijo, un panel de control EGCP-2 que se alimenta desde unas baterías auxiliares (parte inferior del tablero), esto permite arrancar el generador en automático.

Una vez que se arranca el Grupo Electrógeno trabaja conjuntamente con el tablero EGCP-2 y tiene las siguientes funciones.

#### **4.1.1. FUNCIONES DEL SISTEMA**

El sistema de paralelismo WOODWARD dispone de las siguientes funciones:

- Monitorea todas las variables tanto del motor como del generador.
- Dispone de protecciones eléctricas para el grupo.
- Controla el arranque y parada del grupo generador a través del contacto de arranque automático,
- Ajuste remoto de velocidad a través del Control de velocidad.
- Ajuste remoto de voltaje a través del Regulador de Voltaje.
- Realiza sincronismo automático.
- Comanda la apertura o cierre del disyuntor entre generadores.
- Realiza repartición de potencia activa y potencia reactiva entre todas las unidades operativas.
- Detecta cuando se ha accionado una alarma en el grupo generador, apagando el grupo generador para evitar daños.

Todas las funciones descritas anteriormente se las realizan a través de un Control WOODWARD EGCP-2 instalado en el grupo generador.

##### **Protección y control del motor:**

- Monitorea velocidad y protección de Sobre velocidad.
- Controla el arranque del motor.
- Controla la parada del motor.

##### **Protección y control del generador:**

- Protección del Potencia Reversa.
- Protección de Pérdida de Excitación.
- Protección de Sobre Corriente.
- Protección de Sobre y Baja Frecuencia
- Protección de Sobre y Baja Tensión.

- Monitorea los parámetros eléctricos Kw, V, A, Kva, Kvar, FP en cada una de las líneas.
- Reparto de Potencia Activa y Reactiva proporcional a la potencia nominal programada del grupo generador, cuando está en operación
- Sincronización Automática entre Generadores.

#### **4.1.1.1. Modo de Operación**

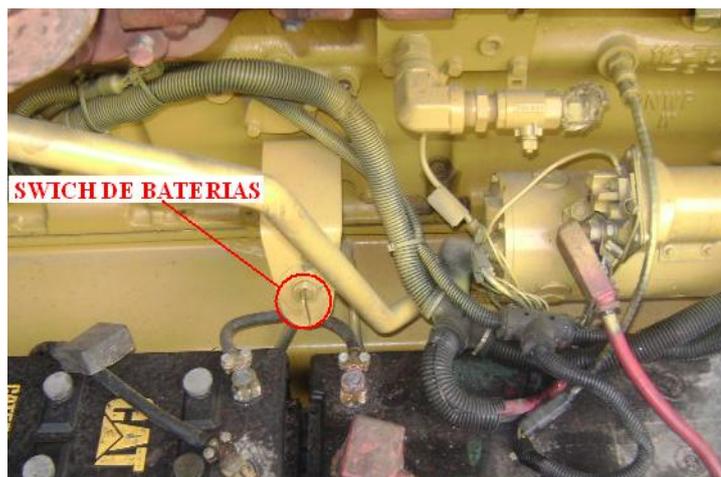
El modo de Transferencia blanda (Soft Transfer) se emplea para transferir la carga total desde el generador fijo hacia el móvil con el fin de efectuar trabajos de mantenimiento preventivo o correctivo, una vez concluido dichos trabajos devolver la carga hacia el generador sin interrumpir el servicio eléctrico de una manera confiable y segura.

Para que el generador móvil pueda tomar carga es necesario seguir los siguientes pasos preliminares antes de realizar la transferencia y sincronización del mismo.

##### **4.1.1.1.1. Pre calentamiento del Grupo Generador Móvil**

Previo a cualquier operación del equipo móvil se debe calentar el motor un tiempo aproximado de 15 min hasta que la temperatura del refrigerante bordee los 140 °F, para lo cual se deberá cumplir con los siguientes pasos:

1. Cerrar el switch de las baterías CAT.



**Figura N° 4.1** Swich Principal de Baterías

2. Abrir la compuerta pequeña del tablero EGCP-2 y subir el Breaker de alimentación Vdc.



**Figura N° 4.2** Breaker de alimentación EGCP-2

3. Con el Breaker local del generador abierto colocar el selector del EMCP+ en la posición MANUAL start.



**Figura N° 4.3** Selector de Arranque del Panel de Control

4. Luego de calentar varios minutos al generador apagarlo colocando el switch del EMCP2 en OFF.

Una vez calentado el generador se procede a realizar la transferencia de energía, por lo que se realiza los siguientes pasos:

### **PASOS A SEGUIR**

1. Verificar que los swich de potencia (Master Pact) del tablero de sincronismo se encuentren abiertos.



**Figura N° 4.4** Swich de potencia del Tablero de Transferencia de Energía

2. En el pozo conectar los cables del tablero de transferencia hacia el tablero de distribución, específicamente a los breakers I2, I3 (terminales A1 A2 A3 y B1 B2 B3), identificando las fases para mantener la misma secuencia y evitar cortocircuitos.
3. Proceder a cerrar los breakers I2, I3 del tablero de distribución. En este instante se encenderá el medido de energía PM 500 en el tablero de transferencia indicando el voltaje, del generador fijo.



**Figura Nº 4.5** Medidor de Energía PM 500

4. Cerrar manualmente el Switch de potencia(Q2) del tablero de transferencia para cerrar el circuito entre el generador del pozo y la carga, en el medidor de energía PM 500(véase las características del PM 500 en el Anexo E-2) aparecerá una corriente mínima.
5. Proceder a bajar el breaker I1 del tablero de distribución toda la corriente hacia la carga pasará por el switch de potencia (Q2) mostrandose en el medidor de energía , fijarse en la potencia KW entregada.

6. Encender el generador móvil en manual (con el switch propio del EMCP+) Brecker local abierto para calentar el motor por 10 minutos. Apagarlo y poner en automático el selector del tablero EMCP+, cerrar el Breaker local del generador.
  
7. En el EGCP2 se debe introducir la potencia a transferir, potencia indicada en el medidor de energía, para esto nos desplazamos por los siguientes menús:



- Pulsar el botón CONFIG.
  
- Ingresar password 1112(clave de operador).



- Desplazar hacia abajo hasta el menú REAL LOAD CONTROL.



- Pulsar enter.



- Desplazarse hacia abajo hasta Base load reference.

- Ingresar el valor de la potencia mostrada en el medidor de energía.



- Pulsar ENTER para setear el valor ingresado.



- Pulsar el botón Status.

**En este punto transferimos automáticamente la carga desde el generador fijo a móvil.**

8. Pasar el switch de Off a Toma Carga en el tablero de sincronismo, en este instante el generador móvil se pondrá en marcha y estabilizará el voltaje y RPM para sincronizar.

Se puede monitorear visualizando en la pantalla del sincronizador.

Al cerrar el switch de potencia(Q1) el generador móvil empezará a tomar carga suavemente hasta llegar al valor ingresado( EGCP-2) esto le toma 14 segundos, transcurrido este tiempo el switch de potencia(Q2) se abrirá, tomando el generador móvil toda la carga del pozo.

9. En este punto se encuentra abasteciendo la demanda el generador móvil, se procede a abrir el Breacker I1 del tablero de distribución y procedemos a apagar el generador fijo.

10. Realizar mantenimiento preventivo o correctivo del generador fijo.

11. Terminado el mantenimiento encender el equipo fijo, cerramos el Brecker I1 principal del mismo.

12. Chequear frecuencia y voltaje del generador pozo, ajustar manualmente si es el caso.

**Al transferir automáticamente la carga desde el generador móvil al generador fijo.**

13. Pasar el switch de TOMA CARGA a OFF, en este instante el EGCP-2 sincronizará el móvil con el fijo y cerrará Switch de potencia(Q2), entregará suavemente la carga en 14 segundos y abrirá el Switch de potencia(Q1) dejando fuera de línea al generador móvil.

El generador móvil pasa a COOLDOWN luego de 60 segundos se apagará.

14. Cerrar el breaker I1 que está en el tablero de distribución.

**Estar seguro que se encuentra conectado el breaker I1 del tablero de distribución para ir al siguiente paso.**

15. Abrir los breakers I2, I3 del tablero de distribución.

16. Abrir manualmente el Switch de potencia(Q2) en el tablero de transferencia.

17. Verificar que se encuentre funcionando perfectamente el generador fijo.

18. En el pozo desconectar los cables del tablero de distribución hacia el tablero de transferencia.

19. Desconectar y sujetar todo firmemente para proceder a retirarse de la locación.

## **4.1.2. OPERACIÓN DEL EGCP-2 EN ALARMA**

En el EGCP-2 existen cuatro claves con diferentes niveles de acceso, para nivel de acceso de operador con la clave de Operador (1112), que le permitirá al operador resetear el EGCP 2 en caso de protecciones activas o alarmas.

### **4.1.2.1. Reconociendo Alarmas**

Si se observa que el led del lado izquierdo del EGCP-2 esta encendido (luz roja), este indica una señal de alarma, cuando el led rojo esta encendido continuamente, significa que hay protección activa, mientras que si el led esta parpadeando significa que existe alarma activa.

Para reconocer que protección o alarma esta activa, presionar la tecla ALARM/EVENT, la misma que muestra una lista de todas las alarmas y protecciones accionadas en orden de acontecimiento.

El primero de la lista será siempre el último acontecimiento registrado. (El EGCP-2 no lleva un historial de eventos de alarmas, una vez reconocida, ésta se borrará definitivamente).

### **4.1.2.2. Reseteando Alarmas**

Para resetear alarmas o protecciones es necesario el uso de una clave de acceso.

## **Ingresando la Clave**

- Presione la tecla CONFIG para ingresar a pantalla de configuración (en el display del lado derecho).
- Presione la tecla ENTER. En el display aparecerá:  
SECURITY CODE (\*\*\*\*).
- Presione ENTER nuevamente para ingresar código de clave.
- Con la tecla SCROLL o CURSOR , digite la clave de acceso:  
SCROLL para abajo, disminuye el valor;  
  
SCROLL para arriba, aumenta el valor;  
  
SCROLL para derecha o izquierda navega entre los caracteres.
- Ingresada la clave (1112 en el caso de Operador), presione nuevamente la tecla ENTER, enseguida aparecerá la pantalla de menús de configuración del equipo.

## **Reseteando alarmas**

- Con la clave ingresada presione la tecla ALARM/EVENT para tener acceso a la lista de alarmas.
- Luego presione la tecla ALARM CLEAR las veces necesarias hasta que en el display derecho muestre NONE RECORD, entonces se borran las alarmas.
- Luego de este procedimiento el led rojo quedará apagado.

## **Liberando la pantalla derecha de la lista de alarmas o del menú de configuración.**

- Si en el display derecho aparece el menú de configuración, SECURITY CODE (\*\*\*\* o 0) o NONE RECORD, basta con presionar la tecla STATUS.
- La clave quedará inhabilitada si estuviera en el display el menú de configuración y se presiona la tecla ESC por dos veces, entonces el

operador deberá ingresar nuevamente la clave. O sea la clave puede quedar habilitada todo el tiempo.

### **4.1.3. DESCRIPCIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DISCRETAS**

#### **4.1.3.1. Entradas -IN**

Cuando señaladas con una **X** abajo del número, significa que esta accionando aquel determinado comando.

IN – 1 – POSICIÓN AUTO

IN – 2 – POSICIÓN TESTE

IN – 3 – POSICIÓN RUN WHIT LOAD

IN – 4 – AUMENTA TENSIÓN

IN – 5 – DISMINUYE TENSIÓN

IN – 6 – AUMENTA VELOCIDAD, AUMENTA REFERENCIA DE CARGA

IN – 7 – DISMINUYE VELOCIDAD, DISMINUYE REFERENCIA DE CARGA

IN – 8 – CONCTATO AUXILIAR DEL DISYUNTOR DEL GENERADOR

IN – 9 – CONCTATO AUXILIAR DEL DISYUNTOR DE LA RED PUBLICA

IN – 10 – POSICION PROCESS

IN – 11 – FAULT 1 – RESERVA

IN – 12 – FAULT 2 – RESERVA

IN – 13 – FAULT 3 – PARO DE EMERGENCIA

IN – 14 – FAULT 4 – ALARMA DEL GRUPO GENERADOR

IN – 15 – FAULT 5 – RESERVA

IN – 16 – FAULT 6 – RESERVA

#### **4.1.3.2. Salidas-OUT**

Cuando señaladas con una **X** abajo del número, significa que esta accionando aquel determinado comando.

OUT – 1 – CIERRE EL DISYUNTOR DE LA RED

OUT – 2 – CIERRE EL DISYUNTOR DEL GENERADOR

OUT – 3 – PRÉ-LUBRIFICACION – DISPONIBLE

OUT – 4 – SOLENÓIDE DE PARADA

OUT – 5 – ARRANQUE DEL MOTOR

OUT – 6 – DISPONIBLE

OUT – 7 – VERIFICA TENSION DA BARRA

OUT – 8 – VERIFICA TENSION DA BARRA DE LA RED

OUT – 9 – ABRE DISYUNTOR DE LA RED

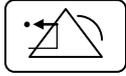
OUT – 10 – ABRE EL DISYUNTOR DEL GENERADOR

OUT – 11 – DISPONIBLE

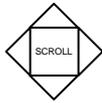
OUT – 12 – DISPONIBLE



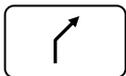
TECLA ALARM CLEAR – Resetea las alarmas y protecciones



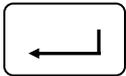
TECLA ALARM /EVENT – Permite acceder a la lista de alarmas y eventos.



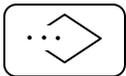
TECLA SCROLL – Usada para ingresar clave y configurar el EGCP-2



TECLA ESC – Tecla para salir del menú de configuración.



TECLA ENTER – Acepta valores configurados.

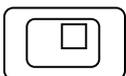


TECLA CONFIG – Acceso a menú de configuración del EGCP-2.

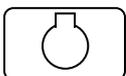


TECLA STATUS – Libera la pantalla derecha del me.

#### **TECLAS DE STATUS:**



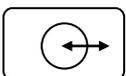
TECLA SYSTEM – Muestra información de la operación del Grupo generador.



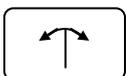
TECLA ENGINE – Muestra información del comportamiento del motor.



TECLA GEN – Indica los parámetros eléctricos del generador.

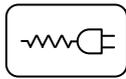


TECLA I/O – Indica el estado de las entradas y salidas del EGCP-2



TECLA SYNC – Utilizada para verificar las condiciones de

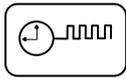
sincronismo.



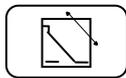
TECLA LOAD – Indica condición de carga del generador.



TECLA PF/VAR – Indica condición del control de Factor de Potencia o VAR e indica los parámetros eléctricos del generador.



TECLA SEQUENCE – Indica la secuencia y n° el generadores en Operación (cuando existen más de un grupo generador utilizando EGCP-2)



TECLA ATAS – Indica status del disyuntor del generador.

**Tabla N° 4.1** Descripción de las Teclas del EGCP-2

## **4.2. MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD MÓVIL DE GENERACIÓN**

Para conseguir un buen funcionamiento del grupo y la máxima duración del mismo, será preciso disponer de un buen plan de mantenimiento dirigido por personal cualificado.

El grupo móvil se mantendrá limpio, no permitiéndose la acumulación de aceites, combustibles ni líquidos que se utilizan en el funcionamiento del mismo. Al emplear grupos para servicio continuo no es conveniente que los motores diesel trabajen con bajos niveles de carga durante períodos largos de tiempo.

La finalidad del mantenimiento es:<sup>20</sup>

- Evitar, reducir y llegado el caso, reparar las fallas sobre los bienes de la organización.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar daños ambientales.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes producidos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Lograr un uso eficiente y racional de la energía.
- Mejorar las funciones y la vida útil de los bienes.

A continuación se indica los cuidados en las partes principales del grupo generador móvil.

### **a) Motor diésel**

En cuanto el sistema de engrase se seguirán las instrucciones indicadas por el fabricante al elegir el tipo de aceite. En general se recomienda sustituir el aceite una cada 300 horas de funcionamiento aproximadamente (según fabricante).

El líquido refrigerante debe cambiarse cada 3000 horas de funcionamiento, empleándose una mezcla al 50% de agua y anticongelante puro (etilenglicol).

---

<sup>20</sup> Curso Mantenimiento Industrial, Ing. Marcelo García Torres COPORSUPER

## **b) Generador**

Se recomienda una limpieza y chequeo de parámetros, los cuales se revisarán en el momento de arrancar los grupos para realizar pruebas periódicas con carga.

Aunque los fallos en el generador suelen ser mínimos, una vez al año se recomienda chequear el estado de los devanados midiendo la resistencia de aislamiento a tierra.

En los rodamientos, comprobar el desgaste y la posible pérdida de engrase. Los rodamientos deben ser sustituidos después de 25000 horas de servicio aproximadamente.

## **c) Equipo eléctrico**

Para el mantenimiento del equipo eléctrico, sólo se necesitará que una o dos veces al año, se efectúe una prueba accionamiento de todos los automatismos y se efectúe un reapriete de todos sus embornamientos, tanto de maniobra como de potencia.

## **d) Baterías**

Cada mes será conveniente efectuar una comprobación del nivel de electrolito, así como una medida de la densidad del mismo para evaluar su nivel de carga. El valor de esta densidad a 25°C es:

De 1240 a 1280 g/l cuando está totalmente cargada; de 1160 a 1240 g/l cuando la carga es media; de 1120 a 1160 g/l cuando está descargada. La densidad del electrolito aumenta al disminuir la temperatura.

La capacidad de arranque de una batería disminuye al disminuir la temperatura.

#### **4.2.1. FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO**

El establecimiento de las frecuencias de mantenimiento, se realizará analizando los siguientes criterios:

- Situación actual de los equipos.
- Condiciones de operación.
- Historial de mantenimientos realizados.
- Modificaciones o adaptaciones efectuadas.

#### **4.2.2. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA UNA UNIDAD MÓVIL DE GENERACIÓN**

Para el diseño de un plan de mantenimiento se tomara en cuenta el número de horas de trabajo según las recomendaciones del fabricante del grupo electrógeno.

Por lo que se ha dividido en cinco categorías:

- M1 mantenimiento cada 300 horas.
- M2 mantenimiento cada 2100 horas.
- M3 mantenimiento cada 3600 horas.
- M4 mantenimiento cada 4500 horas.
- M5 mantenimiento cada 9000 horas.

#### **4.2.2.1. Descripción del Trabajo a Realizar en cada Mantenimiento**

Se describe a continuación las tareas de mantenimiento a seguir en la unidad móvil:

##### **4.2.2.1.1. M1 mantenimiento cada 300 horas.**

Para realizar el mantenimiento el operador deberá tener una orden de trabajo<sup>21</sup>, con el datilla de las siguientes partes a realizar el trabajo:

- Cambiar el aceite del motor.
- Cambiar los filtros de aceite del motor.
- Cambiar los filtros racord separadores de agua.
- Cambiar los filtros de combustible.
- Limpiar el filtro de aire.
- Engrasar los rodamientos de la polea del ventilador.
- Tensar las bandas del ventilador si es necesario.
- Tensar la banda del alternador si es necesario
- Revisar y reajustar si es necesario las conexiones y mangueras de combustible.
- Revisar y reajustar si es necesario las conexiones y mangueras del sistema de enfriamiento.
- Revisar y completar si es necesario el refrigerante del motor.
- Revisar y completar si es necesario el electrolito de las baterías.
- Reajustar y limpiar las conexiones eléctricas del breaker de salida.
- Reajustar y limpiar las conexiones eléctricas de potencia.
- Reajustar y limpiar las conexiones eléctricas del tablero de control.

---

<sup>21</sup> Orden de trabajo: Son "solicitudes de trabajo" generadas cada vez que se advierte que un trabajo de mantenimiento es necesario.

#### **4.2.2.1.2. M2 mantenimiento cada 2100 horas.**

Trabajos de mantenimiento a realizar previa orden de trabajo:

- Cambiar el filtro de aire
- Analizar el refrigerante, dureza, nitratos y cloruros, añadir refrigerante si es necesario.
- Comprobar la densidad del electrolito de las baterías, añadir agua acidulada si es necesario.
- Probar el funcionamiento del sistema de protección del motor, (Alarmas).

#### **4.2.2.1.3. M3 mantenimiento cada 3600 horas.**

- Calibrar la luz de válvulas de admisión y válvulas de escape del motor.
- Calibrar la altura del inyector.
- Limpiar internamente el alternador del motor.
- Limpiar la placa de diodos rectificadores del generador.

#### **4.2.2.1.4. M4 mantenimiento cada 4500 horas.**

- Cambiar los rodamientos de la polea del ventilador.
- Cambiar las bandas del ventilador.
- Cambiar la banda del alternador.

#### **4.2.2.1.5. M5 mantenimiento cada 9000 horas.**

- Cambiar los inyectores del motor.
- Chequear el aislamiento de los bobinados del generador.

Definidas las tareas a realizar en cada uno de los mantenimientos de acuerdo a las horas de funcionamiento, se diseña el plan general de mantenimiento del grupo electrógeno.

El detalle de la orden de trabajo lo encontraremos en el Anexo F-2.

#### **4.2.3. PLAN DE MANTENIMIENTO**

Para el mantenimiento se realizó una proyección del mantenimiento esta no es definitiva puesto que el mantenimiento a realizar lo determinará las horas de funcionamiento, (la proyección de mantenimiento Anexo F-3).

## **V. CAPITULO**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Al finalizar el proyecto se llegan a las siguientes conclusiones:

- La automatización de una unidad de generación eléctrica móvil con un panel de control EGCP-2, funciona correctamente, logrando cumplir los objetivos y metas planteadas, para la implementación del sistema.
- Una correcta selección del Grupo Electrónico dependiendo de la aplicación, características de la red optimiza al sistema obteniendo un correcto funcionamiento.
- Utilizando tecnología actual se mejora la calidad en el servicio de generación eléctrica de la Empresa RS ROTH.
- Se logro eliminar un sistema que se consideraba ineficiente dando como resultado la mejora del proceso de sincronismo y transferencia de carga de un equipo fijo hacia el equipo móvil.

- Se redujo costos de operación, mantenimiento al eliminar errores humanos con métodos de sincronismos manuales, por lo tanto un ahorro en costos para la empresa.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Modificar el sistema de control con la implementación de un transductor de potencia para obtener una lectura exacta de la potencia que deberá tomar el generador móvil optimizando el sistema.
- Impedir al personal no calificado al acceso de configuración del EGCP-2.
- Evitar señales parásitas, separando los cables que transportan corrientes débiles de los que transportan corrientes intensas.
- Usar el control automático de carga reactiva del EGCP-2 para acondicionar debidamente la potencia en todo el intervalo de carga del generador móvil.
- Revisar con frecuencia el estado de mangueras, uniones, acoples del sistema de combustible del grupo electrógeno para evitar una para mientras se encuentre en operación.
- Inspeccionar el estado de conductores de potencia antes de conectarse al tablero del pozo a transferir la carga.
- Aislar las puntas terminales que no se vayan a conectar.

- Dar un mantenimiento continuo al tablero de transferencia debido a la humedad presente en el ambiente, acumulación de partículas de polvo debido al transporte del sistema móvil.

### **5.3 BIBLIOGRAFÍA**

- CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS, 2007, Colegio de Ingenieros del Perú.
- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL GENERADOR EN GRUPOS ELECTRÓGENOS, 1985, Armando Rivero Barbare, Eproyiv.
- CATERPILLAR, USA (2000) "GENSET SIZING", Electric Power. Application and installation guide.
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRANSFORMADORES, Irving L. Kosow, Segunda edición.
- ELECTRICIDAD INDUSTRIAL II, CH.L DAWES, Editorial Reverte S.A.
- NATIONAL ELECTRICAL CODE, NEC 2005. National Fire Protection Association Inc. Quincy Massachusetts Estados Unidos. Edición 2005.
- IEEE Std 242-2001. Protection and Coordination of Industrial and Commercial - Power System. Estados Unidos. Edición 2001.
- IEEE Std. 446-1995, IEEE Recommendation practice for Emergency and Standby System for Industrial and Commercial Applications. Estados Unidos. Edición 1995.

- WOODWARD. Installation and Operation manual EGCP-2 Engine Generator - Control Package. Manual 26174 (Revision B). 2002.
- WOODWARD. Application Manual EGCP-2 Engine Generator Control Package. - Manual 26175. 2000.
- RAMÍREZ VÁSQUEZ, José. Máquinas de Corriente Alterna. Enciclopedia CEAC de Electricidad. Cuarta edición. Ediciones CEAC, S.A. España, 1982.
- RAMÍREZ VÁSQUEZ, José. Máquinas Motrices Generadores de Energía Eléctrica. Enciclopedia CEAC de Electricidad. Primera edición. Ediciones CEAC, S.A. España, 1972.
- RAMIREZ VÁSQUEZ, José. Estaciones de Transformación y Distribución, Protección de Sistemas Eléctricos. Enciclopedia CEAC de Electricidad. Quinta edición. Ediciones CEAC, S.A. España, 1981.

## **ENLACES DE INTERNET**

- [www.peec/edc.htm](http://www.peec/edc.htm)
- [www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/reguladordevelocidad.htm](http://www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/reguladordevelocidad.htm)
- [www.dimensionamiento/conductores/protecciones/procobre.htm](http://www.dimensionamiento/conductores/protecciones/procobre.htm)
- [www.legrand.cl/inter/liblocal/tecnicos%20pdf/CAPGPLG2.htm](http://www.legrand.cl/inter/liblocal/tecnicos%20pdf/CAPGPLG2.htm)

**ANEXOS**

**ANEXO A.** Ubicación de equipos de generación pertenecientes

ROTH SA.

**ANEXO A-1** Campo Tarapoa

**ANEXO A-2** Campo Libertador

**ANEXO B.** Descripción Técnica del Grupo Generador

**ANEXO B-1** Datos Técnicos Caterpillar serie 3412

**ANEXO B-2** Localización de los elementos de control  
(Sensores).

**ANEXO B-3** Especificaciones de la tarjeta reguladora de voltaje  
VR6.

**ANEXO B-4** Diagrama de conexiones eléctricas de la  
reguladora de voltaje

**ANEXO C.** Descripción Técnica del Controlador EGCP-2

**ANEXO C-1** Especificaciones y dimensiones del Controlador

**ANEXO C-2** Diagrama de conexiones E/S en modo soft  
transfer

**ANEXO C-3** Diagrama de conexiones E/S del controlador

**ANEXO C-4** Parámetros de configuración.

**ANEXO D. Planos Eléctricos**

**ANEXO D-1** Diagrama de Fuerza y Control

**ANEXO D-2** Diagrama de conexión

**ANEXO E.** Descripción Técnica de los elementos de potencia y  
medida

**ANEXO E-1** Especificaciones y dimensiones del Master Pact  
NS1200

**ANEXO E-2** Especificaciones y dimensiones del Power Meter  
PM 500

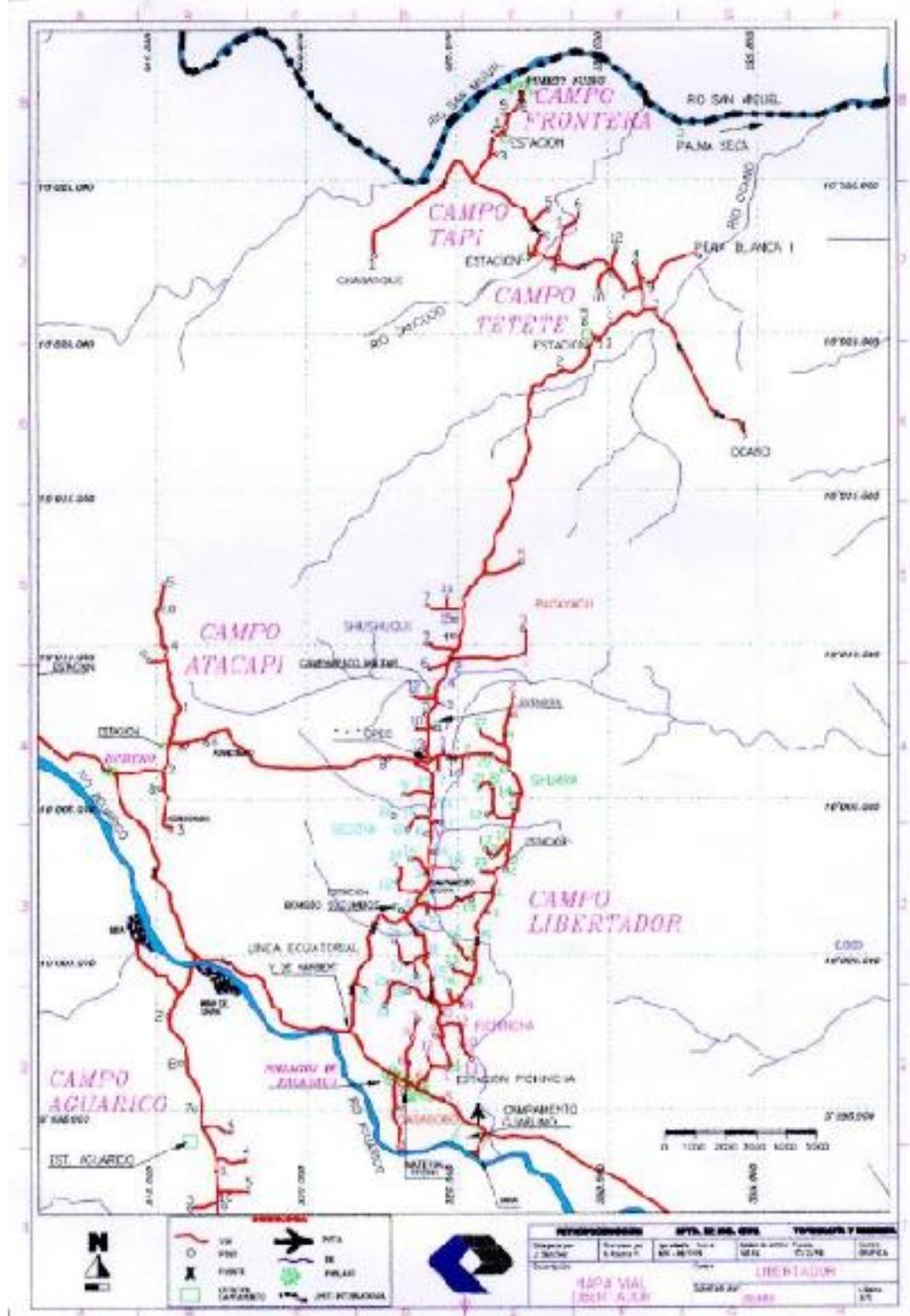
**ANEXO F. Estándares de Protección IP y Mantenimiento**

**ANEXO F-1** Estándares de Protección IP y Nema

**ANEXO F-2** Orden de trabajo y tareas a cumplir en el  
Mantenimiento

**ANEXO F-3** Proyección del Plan de Mantenimiento





**DIESEL GENERATOR SET****CATERPILLAR®**

Image shown may not reflect actual package.

**PRIME**

**725 ekW 906 kVA  
60 Hz 1800 rpm 480 Volts**

Caterpillar is leading the power generation marketplace with Power Solutions engineered to deliver unmatched flexibility, expandability, reliability, and cost-effectiveness.

**FEATURES****EMISSIONS / FUEL STRATEGY**

- Low BSFC

**FULL RANGE OF ATTACHMENTS**

- Wide range of bolt-on system expansion attachments, factory designed and tested

**ENCLOSURES (optional)**

- Weather protective and sound attenuated

**SINGLE-SOURCE SUPPLIER**

- Fully prototype tested with certified torsional vibration analysis available

**WORLDWIDE PRODUCT SUPPORT**

- Caterpillar® dealers provide extensive post sale support including maintenance and repair agreements
- Caterpillar dealers fill 99.7% of parts orders within 24 hours
- Caterpillar dealers have over 1,798 dealer branch stores operating in 200 countries
- The Cat® S-O-S™ program cost effectively detects internal engine component condition, even the presence of unwanted fluids and combustion by-products

**CAT® 3412C TA DIESEL ENGINE**

- Reliable, rugged, durable design
- Field-proven in thousands of applications worldwide
- Four-stroke-cycle diesel engine combines consistent performance and excellent fuel economy with minimum weight
- UL 2200 Listed packages are available. Certain restrictions may apply. Consult with your Caterpillar dealer

**CAT SR4B GENERATOR**

- Matched to the performance and output characteristics of Caterpillar engines
- Optimum winding pitch for minimum total harmonic distortion and maximum efficiency
- Segregated low voltage, AC/DC accessory box provides single point access to accessory connections
- UL 1446 Recognized Class H insulation

**CAT CONTROL PANELS**

- Four levels of controls to meet individual customer needs:
  - EMCP II offers digital monitoring, metering, and protection
  - EMCP II+ offers EMCP II features plus full-featured power metering and protective relaying
  - EMCP II+ Auto-Paralleling offers EMCP II+ features plus synchronization and load sharing
  - Switchgear conversion offers easy interface for remote switchgear
- UL 508A Listed

**PRIME 725 ekW 906 kVA**

60 Hz 1800 rpm 480 Volts

**FACTORY INSTALLED STANDARD & OPTIONAL EQUIPMENT**

System	Standard	Optional
Air Inlet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Single element canister type air cleaner</li> <li>• Service Indicator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dual element air cleaner</li> <li>• Heavy-duty air cleaner</li> </ul>
Cooling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiator with guard and duct flange</li> <li>• Coolant drain line with valve</li> <li>• Fan and belt guards</li> <li>• Caterpillar® Extended Life Coolant</li> <li>• Low coolant level alarm or shutdown</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jacket water heater with shutoff valves</li> <li>• Heat exchanger and expansion tank</li> </ul>
Exhaust	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stainless steel exhaust flex and ANSI outlet flange</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mufflers (20, 25, or 30 dBA)</li> <li>• Elbow kit and through-wall installation kit</li> <li>• Manifold and turbocharger guards</li> </ul>
Fuel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primary and secondary fuel filters</li> <li>• Water separator</li> <li>• Fuel priming pump</li> <li>• Flexible fuel lines</li> <li>• Fuel pressure gauge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual transfer pump</li> <li>• Choice of three Automatic Transfer Systems</li> <li>• Low fuel level alarm</li> </ul>
Generator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanent magnet excited</li> <li>• Class H Insulation</li> <li>• Class F temperature rise (105°C prime/130°C standby)</li> <li>• VRS Voltage Regulator, 3-phase sensing, 2:1 Volts/Hz</li> <li>• Reactive droop</li> <li>• Extension box</li> <li>• Bus bar connection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Self excited</li> <li>• Digital Voltage Regulator</li> <li>• Digital Voltage Regulator with KVAR/PF control</li> <li>• Anti-condensation space heater</li> <li>• Oversize and premium generators (648 ekW Prime/720 ekW Standby)</li> <li>• Circuit breakers, UL Listed, 3-pole with shunt trip</li> <li>• Circuit breakers, IEC Compliant, 3-pole or 4-pole with shunt trip</li> <li>• Multiple breaker capability</li> </ul>
Governor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PEEC - Cat Electronic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electronic Isochronous</li> <li>• Electronic load sharing</li> </ul>
Control Panels	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EMCP II</li> <li>• Voltage adjustment potentiometer</li> <li>• Auto start/stop control switch</li> <li>• Emergency stop pushbutton</li> <li>• Panel lights</li> <li>• Digital AC meter - 3 phase True RMS</li> <li>• Digital Indicators</li> <li>• Safety Shutdown protection with LED Lights</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EMCP II+</li> <li>• Switchgear conversion</li> <li>• Customer Communication Module</li> <li>• Local alarm and remote annunciator modules</li> </ul>
Lube	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricating oil and filter</li> <li>• Oil drain line with valves</li> <li>• Fumes disposal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual sump pump</li> </ul>
Mounting	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formed steel base</li> <li>• Linear vibration isolators between base and engine-generator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integral fuel tank base</li> <li>• Sub base fuel tank</li> <li>• Wide base</li> <li>• Skid base</li> </ul>
Starting/Charging	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 45 amp charging alternator</li> <li>• Energized to run (ETR) fuel shutoff solenoid</li> <li>• 24 volt starting motor</li> <li>• Batteries with rack and cables</li> <li>• Battery disconnect switch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heavy-duty starting system</li> <li>• 5 or 10 amp battery charger</li> <li>• Oversize batteries</li> <li>• Ether starting aid</li> </ul>
General		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enclosures - sound attenuated, weather protective</li> <li>• Automatic transfer switches (ATS)</li> <li>• Floor standing circuit breakers</li> <li>• CSA Certification</li> </ul>
Note	Standard and optional equipment may vary for UL 2200 Listed packages. UL 2200 Listed packages may have oversized generators with a different temperature rise and motor starting characteristics.	

**PRIME 725 ekW 906 kVA**

60 Hz 1800 rpm 480 Volts

**SPECIFICATIONS**
 **CAT SR4B GENERATOR**

Frame Size.....597  
 Excitation..... Permanent Magnet  
 Pitch..... 0.8000  
 Number of poles..... 4  
 Number of bearings..... Single Bearing  
 Insulation..... UL 1446 Recognized Class H with tropicalization and antiabrasion  
 IP Rating..... Drip Proof IP22  
 Alignment..... Pilot Shaft  
 Overspeed capability - % of rated..... 150  
 Wave form..... Less than 5% deviation  
 Paralleling kit/Droop transformer..... Standard  
 Voltage regulator. 3 Phase sensing with selectable volts/Hz  
 Voltage regulation..... Less than +/- 1/2% (steady state)  
 Less than +/- 1% (no load to full load)  
 Telephone Influence Factor..... Less than 50  
 Harmonic distortion..... Less than 5%

 **CAT DIESEL ENGINE**

3412C TA V-12, 4-stroke-cycle watercooled diesel  
 Bore - mm..... 137.20 mm (5.4 in)  
 Stroke - mm..... 152.40 mm (6.0 in)  
 Displacement - L..... 27.02 L (1648.96 in<sup>3</sup>)  
 Compression Ratio..... 14.5:1  
 Aspiration..... TA  
 Fuel system..... Pump and Lines  
 Governor type..... PEEC - Cat Electronic

 **CAT CONTROL PANELS**

- EMCP II
- 24 Volt CD Control
- NEMA 1, IP22 enclosure
- Electronically dead front
- Lockable hinged door
- Generator instruments meet ANSI C-39-1
- Generator terminal box mounted
- Single location customer connection point
- UL508A Listed
- Panel illuminating lights
- Auto start/stop control
- Voltage adjust potentiometer
- True RMS AC metering
- Digital indications for:
  - RPM
  - Operating hours
  - Oil pressure
  - Coolant Temperature
  - System DC volts
  - AC volts, phase amps, Hz
- Shutdowns with indicating lights for:
  - Low oil pressure
  - High coolant temperature
  - Overspeed
  - Emergency Stop
  - Failure to start (overcrank)

**PRIME 725 ekW 906 kVA**

60 Hz 1800 rpm 480 Volts

**TECHNICAL DATA**

Open Generator Set - - 1800 rpm/60 Hz/480 Volts	DM0633	
<b>Package Performance</b>		
Genset Power rating with fan	725 ekW	
Genset Power rating @ 0.8 pf	906.25 kVA	
<b>Fuel Consumption</b>		
100% load with fan	198.8 L/hr	52.5 Gal/hr
75% load with fan	150.6 L/hr	39.8 Gal/hr
50% load with fan	106.5 L/hr	28.1 Gal/hr
<b>Cooling System<sup>1</sup></b>		
Ambient air temperature	49 ° C	120 ° F
Air flow restriction (system)	0.12 kPa	0.48 in. water
Air flow (max @ rated speed for radiator arrangement)	1464 m <sup>3</sup> /min	51701 cfm
Engine coolant capacity	59.0 L	15.6 gal
<b>Exhaust System</b>		
Combustion air inlet flow rate	63.0 m <sup>3</sup> /min	2224.8 cfm
Exhaust stack gas temperature	511.8 ° C	953.2 ° F
Exhaust gas flow rate	175.2 m <sup>3</sup> /min	6187.1 cfm
Exhaust flange size (internal diameter)	203.2 mm	8.0 in
Exhaust system backpressure (maximum allowable)	6.7 kPa	26.9 in. water
<b>Heat rejection</b>		
Heat rejection to coolant (total)	457 kW	25990 Btu/min
Heat rejection to exhaust (total)	764 kW	43449 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from engine	108 kW	6142 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from generator	32.6 kW	1854.0 Btu/min
<b>Alternator<sup>2</sup></b>		
Motor starting capability @ 30% voltage dip	2131 skVA	
Frame	597	
Temperature Rise	105 ° C	221 ° F
<b>Lube System</b>		
Sump refill with filter	68.0 L	18.0 gal
<b>Emissions</b>		
NOx g/hp-hr	5.96 g/hp-hr	
CO g/hp-hr	.67 g/hp-hr	
HC g/hp-hr	.13 g/hp-hr	
PM g/hp-hr	.102 g/hp-hr	

<sup>1</sup> Ambient capability at 200 m (660 ft) above sea level. For ambient capability at other altitudes, consult your Caterpillar dealer.

<sup>2</sup> Footnotes: 1. UL 2200 Listed packages may have oversized generators with a different temperature rise and motor starting characteristics. Generator temperature rise is based on a 40 degree C ambient per NEMA MG1-32.

~~PRIME 725 kW~~ 006 kVA  
as mediante las miniaturas



### RATING DEFINITIONS AND CONDITIONS

**Meets or Exceeds International Specifications:** ABGSM TM3, AS1359, AS2789, BS4999, BS5000, BS5514, DIN6271, DIN6280, EGSA101P, IEC34/1, ISO3046/1, ISO8528, JEM1359, NEMA MG 1-22, VDE0530, 89/392/EEC, 89/336/EEC

**Prime** - Output available with varying load for an unlimited time. Prime power in accordance with ISO8528. 10% overload power in accordance with ISO3046/1, AS2789, DIN6271, and BS5514 available on request. Prime power ambients shown indicate ambient at 100 percent load which results in a coolant top tank temperature just below the alarm temperature.

**Ratings** are based on SAE J1995 standard conditions. These ratings also apply at ISO3046/1, DIN6271, and BS5514 standard conditions.

**Fuel Rates** are based on fuel oil of 35° API (16° C or 60° F) gravity having an LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when used at 29° C (85° F) and weighing 838.9 g/liter (7.001 lbs/U.S. gal).

**Additional Ratings** may be available for specific customer requirements. Consult your Caterpillar representative for details.

**PRIME 725 ekW 906 kVA**

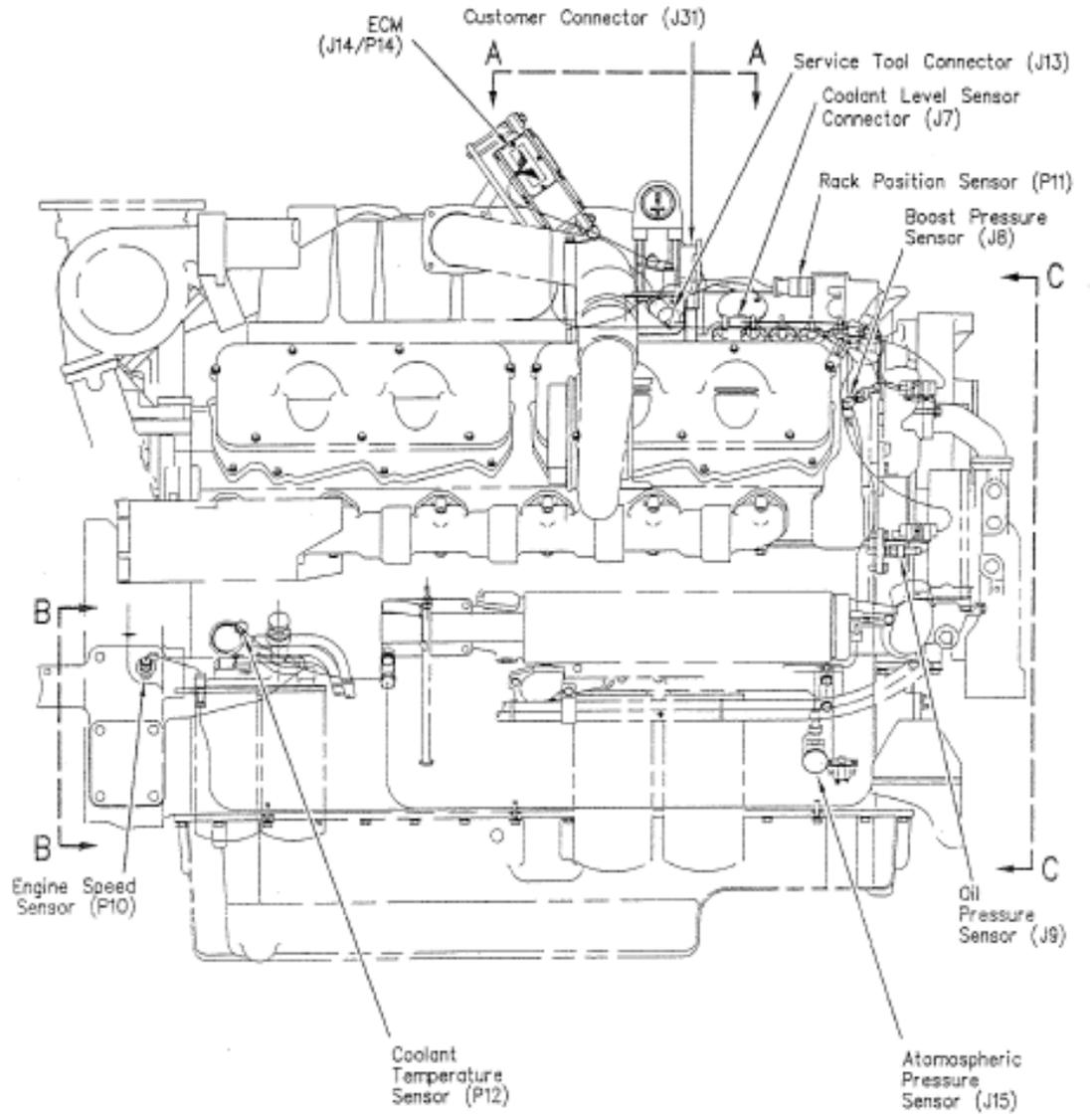
60 Hz 1800 rpm 480 Volts

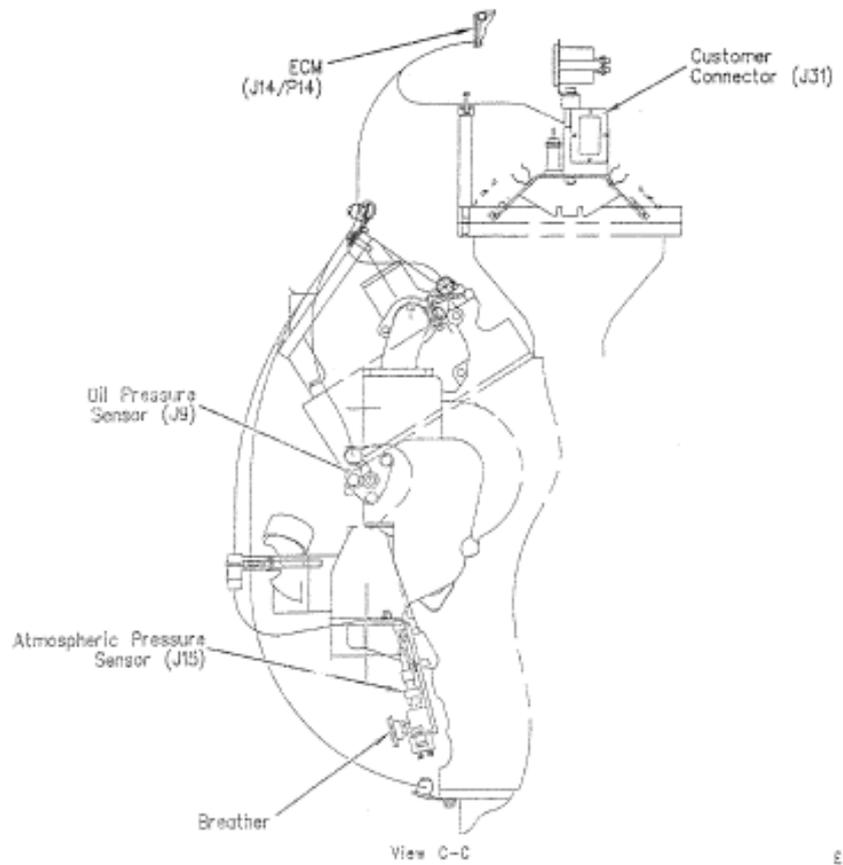
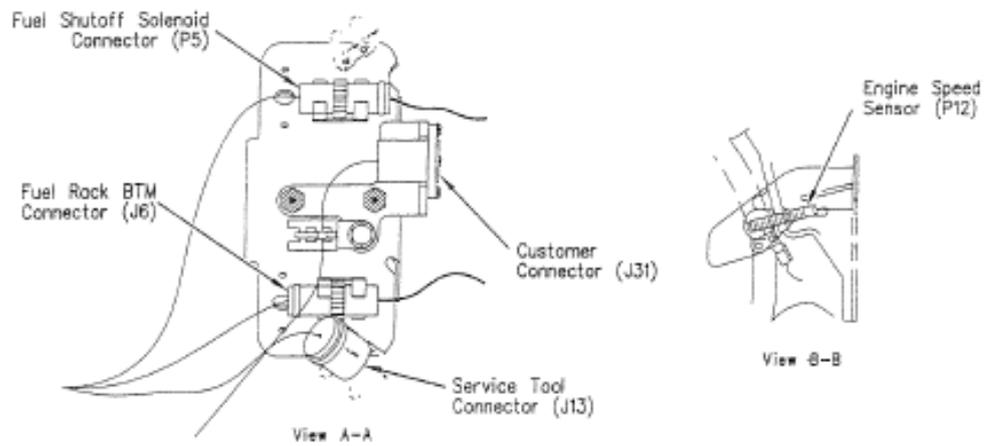
**DIMENSIONS**

---

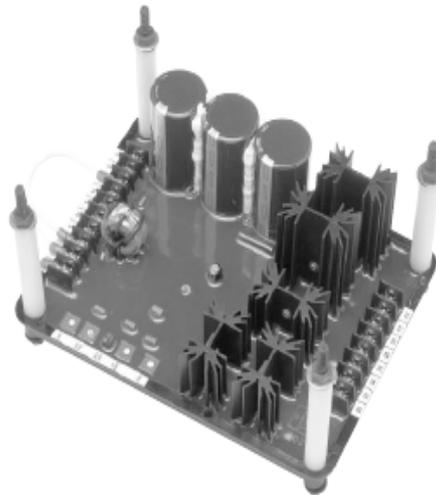
Package Dimensions		
Length	4523.9 mm	178.11 in
Width	1827.4 mm	71.94 in
Height	1960.4 mm	77.18 in
Weight	6740 kg	14,859 lb

Note: Do not use for installation design.  
See general dimension drawings for  
detail (Drawing #1863619).





## REGULATOR VR6 - B



### FEATURES

- For use with Self-Excited (SE) and Permanent Magnet Excited (PM) generators
- Regulation better than  $\pm 1.0\%$
- V/Hz and 2 V/Hz frequency compensation
- Over excitation shutdown
- Solid state voltage buildup
- Three phase or single phase sensing — standard
- Compact package size
- Moisture proof assembly
- Mechanically rugged
- Fast response time
- Adjustable knee frequency (45 Hz to 65 Hz)
- Stability adjustment
- Complete line of accessories available

### SPECIFICATIONS

- Regulation  
Less than  $\pm 1\%$  no load to full load
- Regulator drift  
Less than  $\pm 1/2\%$  steady state
- Temperature drift  
Less than  $\pm 1\%$  for any  $40^\circ\text{C}$  change over the operating temperature range
- Regulator response  
Less than 4 milliseconds
- Regulator sensing  
Three phase or single phase available on SE and PM generators
- Regulator stability  
Regulator responds to the fundamental component of the sensed voltage and remains stable for total harmonic distortion of the generator output voltage waveform up to 20%.
- Regulator filtering  
Telephone Influence Factor (TIF) less than 50. Optional filtering packages available to comply with MIL STD 461B Part 9 and VDE 85 level N.
- Harmonic tolerance  
The AVR will maintain precise control of the generator output with up to 20% harmonic distortion in the generator output voltage.
- Voltage adjust range  
 $-25\%$  to 10% of nominal
- Regulator build-up voltage  
Regulator will build up with the generator output voltage as low as 6 VAC when used with SE generators. No minimum requirement when used with PM generators.
- Regulator start-up voltage  
Voltage overshoot at full throttle engine starting will not exceed 5% of rated value.
- Frequency compensation  
Voltage is linearly proportional to frequency for 8 Volts/Hz or 16 Volts/Hz below knee frequency. Knee frequency is adjustable from 45 Hz to 65 Hz. This provides matched engine/generator performance for improved block load performance.
- Reactive droop adjustment  
Adjustable from 0% to 10% at rated input current (1A or 5A)

## AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR VR6 - B



### SPECIFICATIONS *(continued)*

- Over excitation protection  
Shuts off generator output when excitation exceeds the nominal values:

Shutoff Valve	Shutoff Time
90 VDC	90 seconds
125 VDC	10 seconds

- Ambient operating temperature:  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$
- Storage temperature range:  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$
- Power dissipation: 50 watt (max)
- Shock: Withstands up to 20 g's
- Vibration: Withstands 0.5 g's at frequencies between 18 and 2000 Hz in three mutually perpendicular planes.
- Weight: 1.8 kg

### SUMMARY OF OPERATING PARAMETERS

- Voltage rating: 240 VAC (480V and 120V sensing transformer kits available)
- Generator excitation: SE or PM
- Power input  
SE: 180-264 VAC, single or three phase, 50/60 Hz  
PM: 63-105 VAC, three phase,  
PMG 3125 VA maximum
- Output rating: 12 ADC @ 65 VDC maximum continuous 25 VDC @ 125 VDC forcing for 10 seconds
- Reactive droop input: 1A or 5A. At maximum rated current droop is adjustable up to 10%. Maximum droop is proportional to current. Proper droop current transformer sizing is essential to correct operation of this feature.
- Exciter field resistance: 3 to 10 $\Omega$

### STANDARD ACCESSORIES AVAILABLE

- Series boost  
Able to sustain the generator output at 300% rated current for a minimum of ten seconds. Not required for PM.
- The voltage regulator can be used with an external device (KVAR/PF controller) to control either the generator output KVAR or PF.
- Remote voltage adjust  
Controls voltage level with a 10 k $\Omega$ , 1 watt remotely mounted rheostat.
- Manual voltage control  
Permits manual regulation of the generator output in the event of a regulator failure.
- Paralleling  
A reactive droop network consisting of a current transformer, and wiring harness allows generator to be paralleled with other generators either in reactive droop or cross current compensation (zero droop) modes.
- Stability adjustment  
Adjustment allows the quickest response time to block loading while maintaining steady state stability.
- UL508A: Recognized
- CSA Certified
- CE Conformity: See "Physical Specifications"

### PHYSICAL SPECIFICATIONS

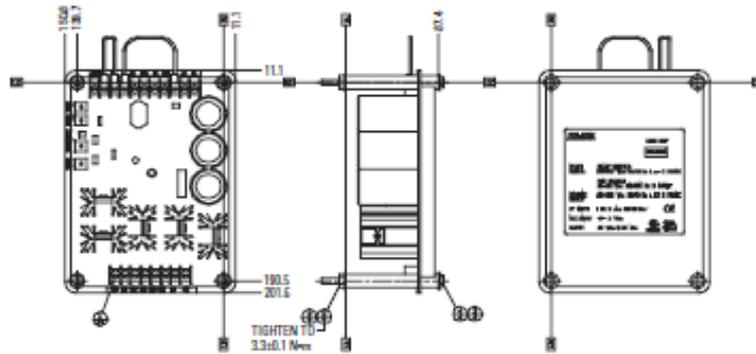
#### CE CONFORMITY

Conforms to:	
Radiated emissions .....	EN50081-2
Radiated Immunity:	
Electric field .....	EN51000-4-3 (10 w/m)
Conducted .....	EN51000-4-6 (10 VRMS)
Conducted emissions .....	EN50081-2 (EN55011, Class A)
ESD Immunity .....	EN50082-2 (4 KV contact, 8 KV air)
EFT Immunity .....	EN50082-2 (2 KV coupling clamp)
Magnetic Immunity .....	EN50082-2 (30ARMS, 50 Hz)
Safety .....	EH61010-1

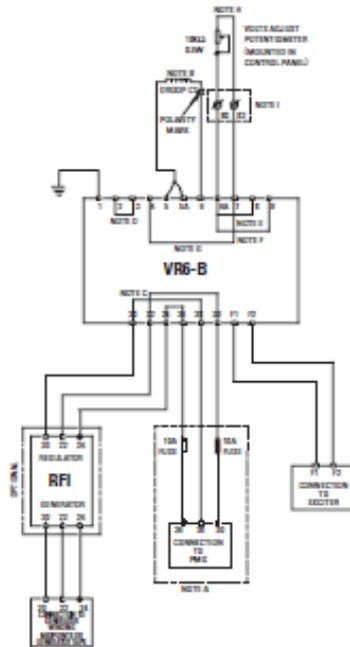
**AUTOMATIC VOLTAGE  
REGULATOR  
VR6 - B**



**OUTLINE DRAWING**



**CONNECTION DIAGRAMS**



For a complete listing of connection diagrams, see VR6-B Service Manual.

**(PM) excited generators with three-phase sensing**

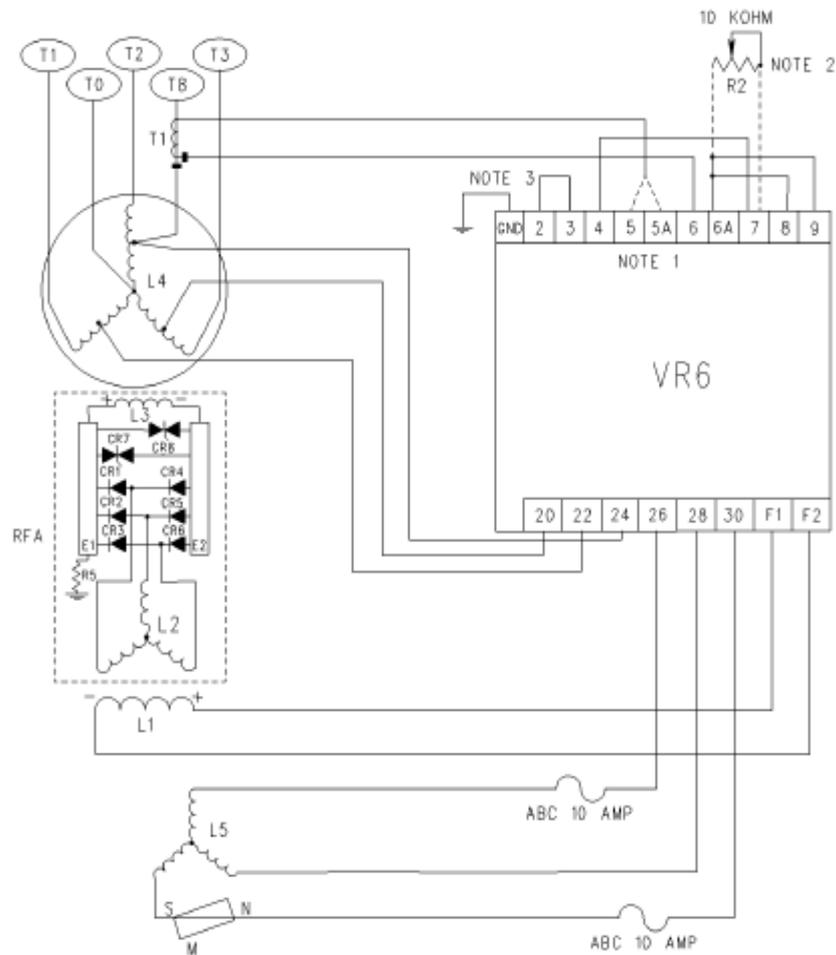
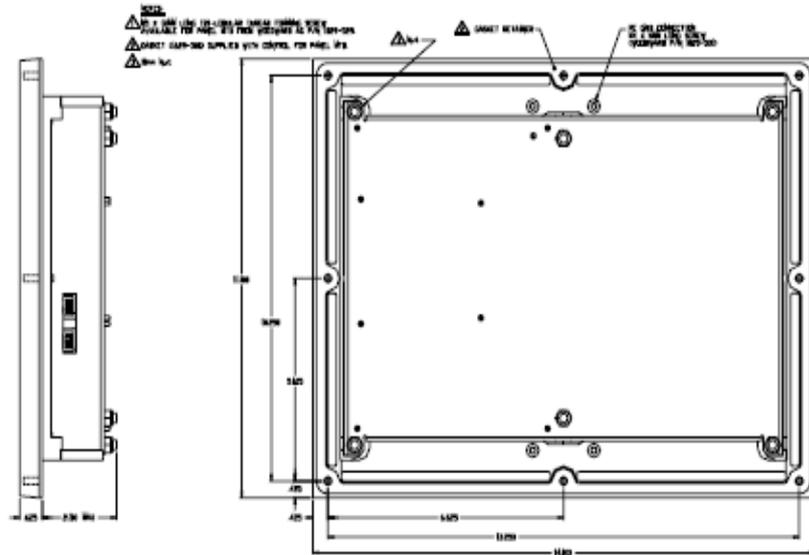


Illustration 15

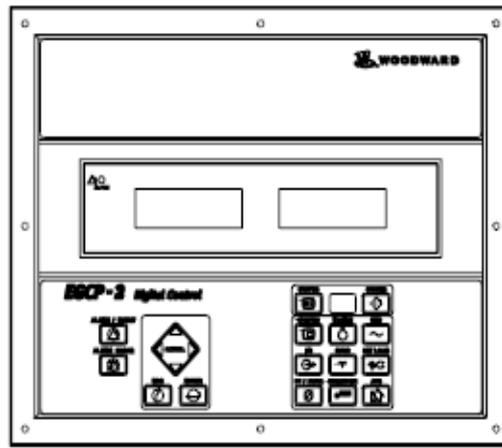
g00779533

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| (CR1-CR8) Rotating rectifiers       | (L4) Main stator                        |
| (CR7, CR8) Surge suppression diodes | (L5) PM exciter stator                  |
| (E1) Positive heat sink             | (M) Rotating permanent magnet           |
| (E2) Negative heat sink             | (R2) Remote level rheostat              |
| (L1) Exciter field (stator)         | (R5) Suppression resistor               |
| (L2) Exciter armature (rotor)       | (RFA) Revolving field assembly          |
| (L3) Revolving field (main rotor)   | (T1) Voltage droop transformer (option) |

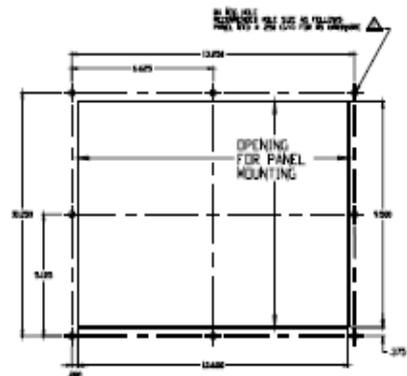
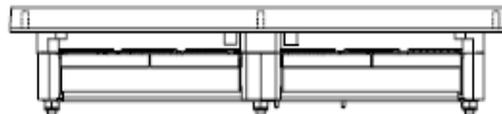


REAR VIEW

1000	2001
1020	2002
1040	2003
1060	2004
1080	2005
1100	2006
1120	2007
1140	2008
1160	2009
1180	2010
1200	2011
1220	2012
1240	2013
1260	2014
1280	2015
1300	2016
1320	2017
1340	2018
1360	2019
1380	2020
1400	2021
1420	2022
1440	2023
1460	2024
1480	2025
1500	2026
1520	2027
1540	2028
1560	2029
1580	2030
1600	2031
1620	2032
1640	2033
1660	2034
1680	2035
1700	2036
1720	2037
1740	2038
1760	2039
1780	2040
1800	2041
1820	2042
1840	2043
1860	2044
1880	2045
1900	2046
1920	2047
1940	2048
1960	2049
1980	2050
2000	2051
2020	2052
2040	2053
2060	2054
2080	2055
2100	2056
2120	2057
2140	2058
2160	2059
2180	2060
2200	2061
2220	2062
2240	2063
2260	2064
2280	2065
2300	2066
2320	2067
2340	2068
2360	2069
2380	2070
2400	2071
2420	2072
2440	2073
2460	2074
2480	2075
2500	2076
2520	2077
2540	2078
2560	2079
2580	2080
2600	2081
2620	2082
2640	2083
2660	2084
2680	2085
2700	2086
2720	2087
2740	2088
2760	2089
2780	2090
2800	2091
2820	2092
2840	2093
2860	2094
2880	2095
2900	2096
2920	2097
2940	2098
2960	2099
2980	2100
3000	2101
3020	2102
3040	2103
3060	2104
3080	2105
3100	2106
3120	2107
3140	2108
3160	2109
3180	2110
3200	2111
3220	2112
3240	2113
3260	2114
3280	2115
3300	2116
3320	2117
3340	2118
3360	2119
3380	2120
3400	2121
3420	2122
3440	2123
3460	2124
3480	2125
3500	2126
3520	2127
3540	2128
3560	2129
3580	2130
3600	2131
3620	2132
3640	2133
3660	2134
3680	2135
3700	2136
3720	2137
3740	2138
3760	2139
3780	2140
3800	2141
3820	2142
3840	2143
3860	2144
3880	2145
3900	2146
3920	2147
3940	2148
3960	2149
3980	2150
4000	2151
4020	2152
4040	2153
4060	2154
4080	2155
4100	2156
4120	2157
4140	2158
4160	2159
4180	2160
4200	2161
4220	2162
4240	2163
4260	2164
4280	2165
4300	2166
4320	2167
4340	2168
4360	2169
4380	2170
4400	2171
4420	2172
4440	2173
4460	2174
4480	2175
4500	2176
4520	2177
4540	2178
4560	2179
4580	2180
4600	2181
4620	2182
4640	2183
4660	2184
4680	2185
4700	2186
4720	2187
4740	2188
4760	2189
4780	2190
4800	2191
4820	2192
4840	2193
4860	2194
4880	2195
4900	2196
4920	2197
4940	2198
4960	2199
4980	2200
5000	2201

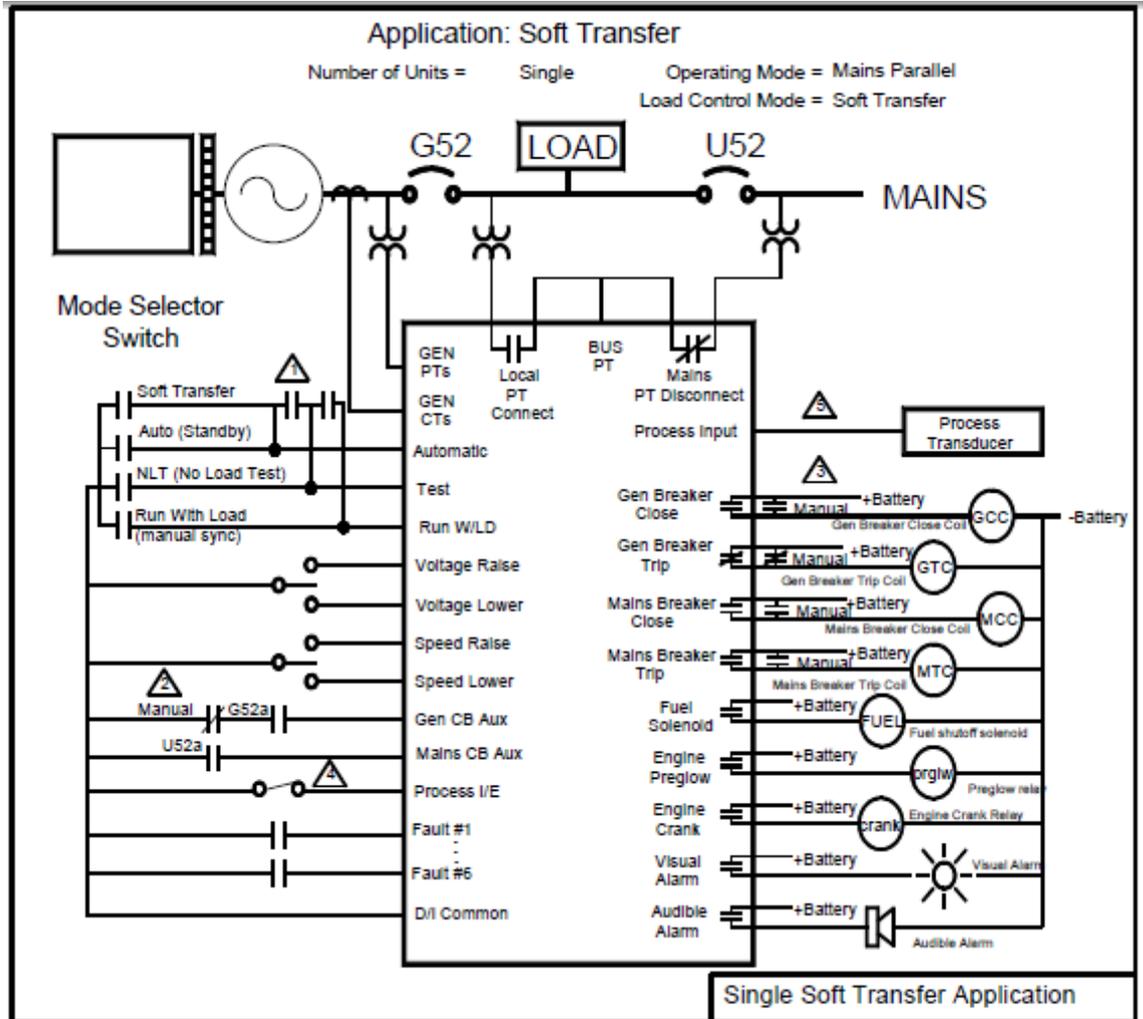


FRONT VIEW



## Especificaciones del control EGCP-2

Números de pieza Woodward:	
8406-115	Control del generador de motor EGCP-2, entrada PT 150–300 Vca
8406-116	Control del generador de motor EGCP-2, entrada PT 50–150 Vca
Alimentación eléctrica nominal	Rango de tensión máx. de entrada 9–32 Vcc (SELV) nominal igual o inferior a 13 W, máx. 20 W
Consumo de potencia	Corriente de entrada de alimentación
Tensión de entrada de alimentación	1,08 A
12 V (nominal)	542 mA
24 V (nominal)	406 mA
32 V	50–150 Vca, 8406-116
Entrada de PT	150–300 Vca, 8406-115
Entrada de CT	0–5 A eficaces
Rango de frecuencia del generador	40–70 Hz
Captador magnético	100–15000 Hz
Entradas discretas (8)	Corriente de fuente 5 mA cuando está CERRADO a Común Conmutador (65)
Entrada de Proceso	4–20 mA, 1–5 Vcc
Entradas de temperatura y presión	Sensores 0–200 $\Omega$ , transductor 4–20 mA o transductor 0–5 V
Polarización de velocidad	$\pm 3$ Vcc, 0,5–4,5 Vcc, 5 V pico 500 Hz PWM
Polarización de tensión	$\pm 1$ Vcc, $\pm 3$ Vcc, $\pm 9$ Vcc
Salidas discretas (Salidas de relé)	10 A, 250 Vca Resistiva 249 W (1/3 hp), 125 Vca (7,2 A, 0,4-0,5 PF) 10 A, 30 Vcc Resistiva
Puertos de comunicaciones	RS-485, RS-422
Temperatura ambiente de funcionamiento	–20 a +70 $^{\circ}$ C (–4 a +158 $^{\circ}$ F)(en el exterior del chasis del EGCP-2)
Temperatura en almacenamiento	–40 a +105 $^{\circ}$ C (–40 a +221 $^{\circ}$ F)
Humedad	95% a +20 a +55 $^{\circ}$ C (+68 a +131 $^{\circ}$ F)
Vibraciones mecánicas	SV2 5-2000 Hz a 4 G y RV1 10–2000 Hz a 0,04 G2/Hz
Golpes	US MIL-STD 810C, Método 516,2, Procedimiento I (prueba básica de diseño), Procedimiento II (prueba de caída en transporte, embalado), Procedimiento V (manipulación en banco)
Clasificación del equipo	Clase 1 (equipo con conexión a tierra)
Calidad del aire	Contaminación grado II
Sobretensión de la instalación	Categoría III
Protección contra penetración	Cumple los requisitos de IP56 establecidos en la IEC529 cuando se halla instalado en un recinto adecuado con descarga a la atmósfera. Cumple también los requisitos tipo 4.



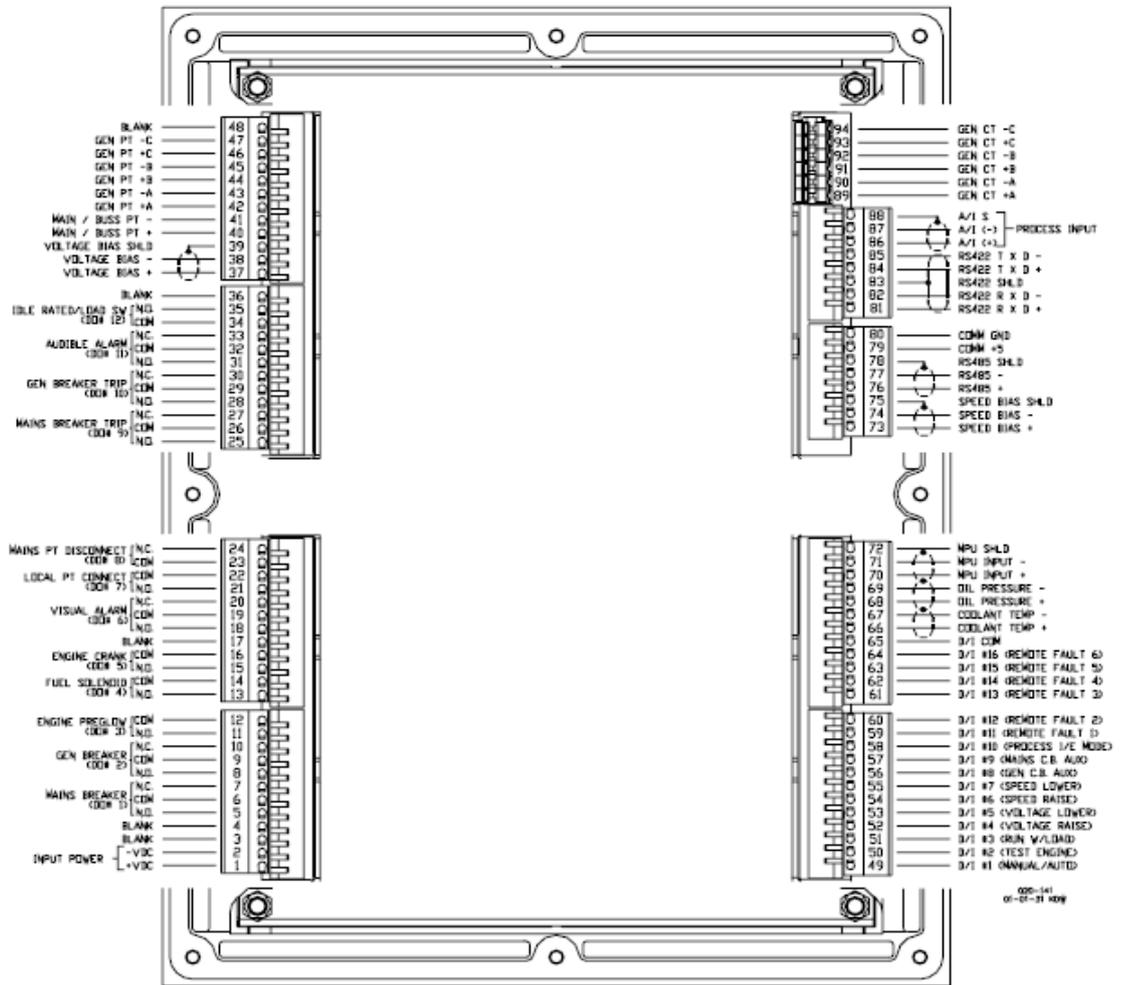
⚠ The Auto, Test, and Run with Load inputs will be closed when the Mode Selected is Soft Transfer

⚠ Opening the Gen CB Aux input will place the EGCP-2 into droop mode

⚠ The Process Input must be a 1 - 5 VDC or 4-20 mA signal

⚠ Manual mode requires manual mains and generator breaker operation. See manual mode section of this manual.

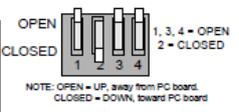
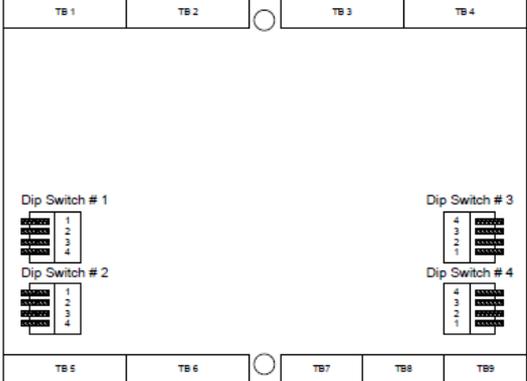
⚠ Closing this input will activate the Process mode. Opening this input will activate the Baseload mode.



EGCP-2

Back View  
DIP Switch Identification

(not to scale)  
DIP SWITCHES ARE ACCESSABLE THROUGH HOLES IN THE SIDES OF THE BACK COVER.



SW-1  
Pressure Sensor Input Hardware

- 0-200 Sensor.
- 4-20mA Input Select.
- 100 ohm dropping resistor Select.
- 100 ohm dropping resistor Select.

SW-2  
Temperature Sensor Input Hardware

- 0-200 Sensor.
- 4-20mA Input Select.
- 100 ohm dropping resistor Select.
- 100 ohm dropping resistor Select.

SW-3  
RS-422 Terminations

- No Function.
- 123 ohm RS-422 Termination -
- 123 ohm RS-422 Termination+
- +5V RS-422

SW-4  
RS-485 Terminations

- 4-20 mA Process Input.
- 123 ohm RS-485 Termination -
- 123 ohm RS-485 Termination+
- +5V RS-485

## Menú Configuration (Configuración)

Opción:	Intervalo:	Valor predeterminado:	Valor según configuración:	Nota:
SECURITY CODE	Min: 0 Max: 9999	****		Consulte la sección Contraseña
NETWORK ADDRESS	Min: 1 Max: 8	1		Accesible sólo en configuración para unidades múltiples
NETWORK PRIORITY	Min: 1 Max: 8	1		Accesible sólo en configuración para unidades múltiples
NUMBER OF POLES	Min: 2 Max: 18	4		
NUMBER OF TEETH	Min: 16 Max: 500	60		
SYSTEM FREQUENCY	Min: 50 Max: 60	60 Hz		
RATED SPEED	Min: 100 Max: 5000	1800 RPM		
RATED KW	Min: 1 Max: 30000	0 kW		
RATED KVA	Min: 1 Max: 30000	0 kVA		
RATED KVAR	Min: 1 Max: 30000	0 kVAR		
CT RATIO	Min: 5:5 Max: 30000:5	5:5		
PT RATIO	Min: 1.0:1 Max: 1000.0:1	1.0:1		
VOLTAGE INPUT	Wye line-neutral Delta line-line	Wye (line-neutral)		
VOLTAGE REF	Min: 1 Max: 30000	220 Volts		
DISPLAY UNITS	AMERICAN METRIC	METRIC		
SET DATE	MM-DD-YY	8-16-2000		
SET TIME	HH:MM	12:00		RELOJ de 24 h.
START SEQUENCING	Enable Disable	Enable		
RELAY #12 FUNCTION	KVA LOAD SWITCH IDLE/ RATED SWITCH	KVA LOAD SWITCH		
SPEED BIAS TYPE	±3 VDC (wgc) .5 TO 4.5 VDC (ddec) 500 Hz PWM (adem)	±3 VDC		
VOLTAGE BIAS TYPE	±1 VDC BIAS ±3 VDC BIAS ±9 VDC BIAS	±1 VDC BIAS		
CKT BREAKER CONTROL	Breaker Contactor	Breaker		
OPERATING MODE	No Parallel Mains Parallel	No Parallel		
NUMBER OF UNITS	SINGLE MULTIPLE	SINGLE		

## Menú Shutdown and Alarms (Paradas y alarmas)

Opción:	Intervalo:	Valor predeterminado:	Valor según configuración:	Nota:
VOLTAGE RNG ALM	Audible Alarm Visual Alarm Warning Disabled	Warning		
GEN VOLT HI LMT	Min: 50 Max: 30000	250.0 volts		
GEN VOLT HI ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Warning		
GEN VOLT LO LMT	Min: 50 Max: 30000	200.0 volts		
GEN VOLT LO ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Warning		
VOLTAGE ALM DLY	Min: 0.1 Max: 30.0	5.0 sec.		
GEN FREQ HI LMT	Min: 40 Max: 75	65 Hz		
GEN FREQ HI ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Warning		
GEN FREQ LO LMT	Min: 40 Max: 75	55 Hz		
GEN FREQ LO ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Warning		
SPD FREQ MISMTC	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Disabled		
OVERCURRENT LVL	Min: 5.0 Max: 30000.0	30 Amps/phase		
OVERCURRENT DLY	Min: 0.1 Max: 20.0	1.0 second		
OVERCURRENT ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Soft Shutdown		
REVERSE PWR	Min: -50.0 Max: -1.0	-10.0 %		
REV PWR DELAY	Min: 0.1 Max: 20.0	5.0 seconds		

Opción:	Intervalo:	Valor predeterminado:	Valor según configuración:	Nota:
MIN REVERSE PWR	Min: -50.0 Max: -1.0	-5.0 %		
REVERSE PWR ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Soft Shutdown		
LOSS OF EXCITE	Min: -100.0 Max: -5.0	-50.0 %		
LOE ALARM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Warning		
REMOTE FAULT1	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Disabled		Retardo de 15 segundos tras velocidad de desconexión de virado. Fault1 Timer puede aumentar este retardo.
FAULT1 TIMER	Min: 0.0 Max: 30.0	0.0 seconds		
REMOTE FAULT2	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Disabled		Retardo de 15 segundos tras velocidad de desconexión de virado. Fault 2 Timer puede aumentar este retardo.
FAULT2 TIMER	Min: 0.0 Max: 30.0	0.0 seconds		
REMOTE FAULT3	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Hard Shutdown		
FAULT3 TIMER	Min: 0.0 Max: 30.0	0.0 seconds		
REMOTE FAULT4	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Disabled		
FAULT4 TIMER	Min: 0.0 Max: 30.0	0.0 seconds		
REMOTE FAULT5	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Disabled		
FAULT5 TIMER	Min: 0.0 Max: 30.0	0.0 seconds		

Opción:	Intervalo:	Valor predeterminado:	Valor según configuración:	Nota:
REMOTE FAULTS	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Disabled		
FAULTS TIMER	Min: 0.0 Max: 30.0	0.0 seconds		

#### Menú Engine Control (Control del motor)

Opción:	Intervalo:	Valor predeterminado:	Valor según configuración:	Nota:
PREGLOW TIME	Min: 0 Max: 1200	5 sec		
CRANK TIME	Min: 0 Max: 240	10 sec		
CRANK CUTOFF	Min: 5 Max: 10000	550 RPM		
CRANK DELAY	Min: 1 Max: 240	30 sec		
CRANK REPEATS	Min: 0 Max: 20	0		
CRANK FAIL	Warning Visual Alarm Audible Alarm	Warning		
IDLE SPEED	Min: 5 Max: 30000	1200 RPM		
IDLE TIME	Min: 1 Max: 240	10 sec		
COOLDOWN TIME	Min: 0 Max: 2400	120 sec		
COOLDOWN LIMIT	Min: 0 Max: 10000	20 kVA		
ENGINE RUN TIME	Min: 0 Max: 32000	0 Hours		
MW HOURS	Min: 0.0 Max: 32000.0	0.0 MW Hrs		
OVERSPEED	Min: 5.0 Max: 30000.0	1980 RPM		
OVERSPEED ALARM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Hard Shutdown		
BATT VOLT HI LMT	Min: 5.0 Max: 50.0	28.5 VOLTS		
BATT VOLT HI ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Warning		
BATT VOLT LO LMT	Min: 5.0 Max: 50.0	10.0 VOLTS		

BATT VOLT LO ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Warning		
HI OIL PRESS LMT	Min: 0.0 Max: 120.0	65 Bar or PSI		
HI OIL PRESS ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Warning		
LO OIL PRESS LMT	Min: 0.0 Max: 120.0	15 Bar or PSI		
LO OIL PRESS ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Soft Shutdown		
HI H2O TEMP	Min: 75.0 Max: 300.0	212 Deg C or F		
HI H2O TEMP ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Soft Shutdown		
LO H2O TEMP	Min: 0.0 Max: 100.0	20.0 Deg C or F		
LO H2O TEMP ALM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm Soft Shutdown Hard Shutdown	Disabled		

## MENÚ SYNCHRONIZER (SINCRONIZADOR)

Opción:	Intervalo:	Valor predeterminado:	Valor según configuración:	Nota:
SYNC MODE	CHECK RUN PERMISSIVE	CHECK		
SYNC GAIN	Min: 0.01 Max: 100.00	0.10		
SYNC STABILITY	Min: 0.00 Max: 20.00	1.00		
VOLTAGE MATCHING	Disabled Enabled	Enabled		
VOLTAGE WINDOW	Min: 0.1 Max: 10.0	1.0 %		
MAX PHASE WINDOW	Min: 2.0 Max: 20.0	10.0 degrees		
DWELL TIME	Min: 0.1 Max: 30.0	.05 sec		
CB HOLD TIME	Min: 0.1 Max: 30.0	1.0 sec		
CLOSE ATTEMPTS	Min: 1 Max: 20	2		
RECLOSE DELAY	Min: 2 Max: 1200	30 seconds		
SYNC RECLOSE ALM	Warning Visual Alarm Audible Alarm	Warning		
SYNC TIMEOUT	Min: 0 Max: 1200	0 seconds		0= SIN LIMITE
SYNC TIMEOUT ALM	Warning Visual Alarm Audible Alarm	Warning		
DEADBUSH CLOSURE	Disabled Enabled	Disabled		Punto de consigna no importa en aplicaciones de unidad sencilla (Internamente ENABLED).

**MENÚ REAL LOAD CONTROL (CONTROL DE CARGA REAL)**

Opción:	Intervalo:	Valor predeterminado:	Valor según configuración:	Nota:
LOAD CONTROL MODE	Droop Normal Soft Transfer	Normal		
LOAD CTRL GAIN	Min: 0.001 Max: 100.0	0.01		
LOADSHARE GAIN	Min: 0.1 Max: 2.0	0.72		
LOAD STABILITY	Min: 0.0 Max: 20.0	2.00		
LOAD DERIVATIVE	Min: 0.0 Max: 20.0	0.20		
LOAD CTRL FILTER	Min: 0.01 Max: 10.0	1.0 Hz		
BASE LOAD REFERENCE	Min: 0.0 Max: 30000.0	50.0 kW		
UNLOAD TRIP	Min: -10.0 Max: 30000.0	10 kW		
LOAD DROOP	Min: 0.0 Max: 50.0	5.0 %		
LOAD TIME	Min: 1.0 Max: 7200.0	10 seconds		
UNLOAD TIME	Min: 1.0 Max: 7200.0	10 seconds		
RAISE LOAD RATE	Min: 0.01 Max: 100.0	2.00 %/second		
LOWER LOAD RATE	Min: 0.01 Max: 100.0	2.00 %/second		
KW LOAD HIGH LIMIT	Min: 0.0 Max: 30000.0	30 kW		
KW HIGH LIMIT ALARM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm	Warning		
KW LOAD LOW LIMIT	Min: 0.0 Max: 30000.0	5 kW		
KW LOW LIMIT ALARM	Disabled Warning Visual Alarm Audible Alarm	Disabled		
KVA SWITCH LOW	Min: 0 Max: 30000	10 KVA		
KVA SWITCH HIGH	Min: 0 Max: 30000	100 KVA		

**MENÚ REACTIVE LOAD CONTROL (CONTROL DE CARGA REACTIVA)**

Opción:	Intervalo:	Valor predeterminado:	Valor según configuración:	Nota:
VAR/PF MODE	Disabled PF control VAR	PF control		
VAR/PF GAIN	Min: .01 Max: 20.0	1.00		
VOLTS RAMP TIME	Min: 0 Max: 1000	60 sec		
VAR/PF SHARING GAIN	Min: .01 Max: 20.0	1.00		
VAR/PF STABILITY	Min: 0.0 Max: 20.00	1.00		
KVAR REFERENCE	Min: 0 Max: 30000	10 KVAR		+ = generar - = absorber
PF REF	Min: -0.5 = .5 LEAD Max: +.5 = .5 LAG	0.0 = 1.00 LAG		0.0 = UNIDAD PF + = INDUCTIVO - = CAPACITIVO
PF DEADBAND	Min: 0.0 Max: 1.0	0.005		

## Functions and characteristics



## Circuit breaker and automatic switch characteristics Masterpact NT08 and NT12



### UL 489 Listed circuit breaker characteristics

Rating (A)	
Type of circuit breaker	
Interrupting current (kA rms)	240 V AC, 50/60 Hz 480 V AC, 50/60 Hz 600 V AC, 50/60 Hz
Number of poles	
Rated short-time withstand current (kA rms)	0.5 s
Integrated instantaneous protection (kA rms $\pm 10\%$ )	
Close and latch rating (kA rms) V AC 50/60 Hz	
Breaking time (ms)	
Closing time (ms)	

### Sensor selection

Sensor rating (A)	
I <sub>r</sub> threshold setting (A)	

### UL 489 Listed automatic switch characteristics

Type of automatic switch	
Rated short-time withstand current (kA rms)	220 V AC, 50/60 Hz 480 V AC, 50/60 Hz 600 V AC, 50/60 Hz
Number of poles	
Integrated instantaneous protection (kA rms)	

### Mechanical and electrical endurance

Endurance rating (CFO cycles x 1000)	mechanical	without maintenance
	electrical	without maintenance

### Shipping weights

Number of poles	
Circuit breaker (lb/kg)	
Chassis (lb/kg)	
Connector (lb/kg)	FC RC
Pallet (lb/kg)	
Total weight (lb/kg)	FC RC

*Functions  
and characteristics*



**Circuit breaker and  
automatic switch characteristics  
Masterpact NT08 and NT12**

NT08		NT12	
800		1200	
N	L1	N	L1
50	100	50	100
50	65	50	65
35	-	35	-
3/4	3	3/4	3
35	10	35	10
40	10	40	10
25	10	25	10
25 to 30		25 to 30	
< 50		< 50	

NT08		NT12	
800		1200	
320 to 800		500 to 1200	

NT08		NT12	
HF		HF	
65		65	
50		50	
50		50	
3/4		3/4	
40		40	

NT08/NT12	
12.5	
2.8	

NT08/NT12	
3P	4P
40/18	52/24
36/18	43/20
15/7	20/9
6/3	8/4
10/5	10/5
101/48	125/57
92/42	113/51

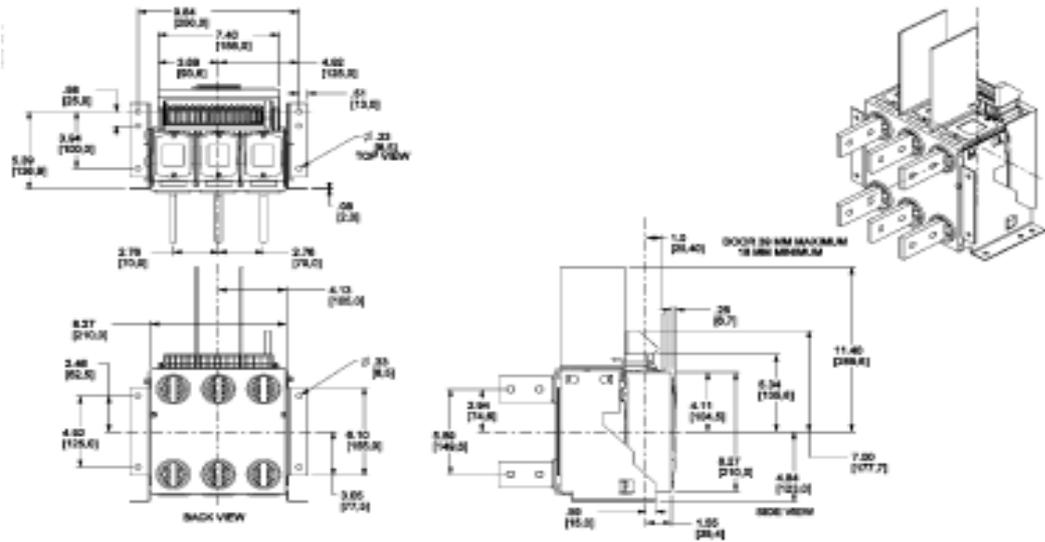
*Dimensions and connections*



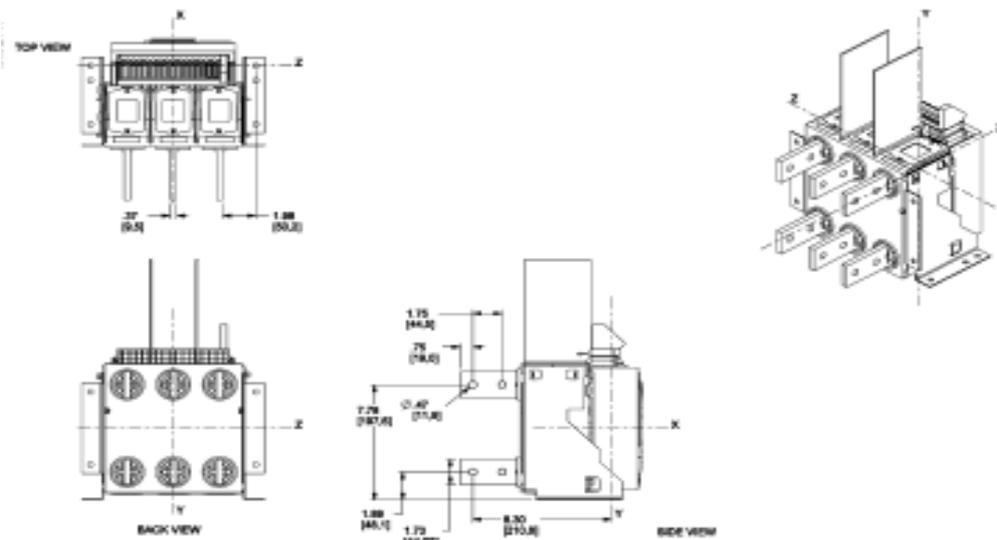
**NT08 and NT12 circuit breakers  
Fixed 3-pole device**

**Connections**

**General dimensions for all versions**



**Vertical rear connection**



*Note: dimensions in square brackets are in millimeter other dimensions are in inches.*

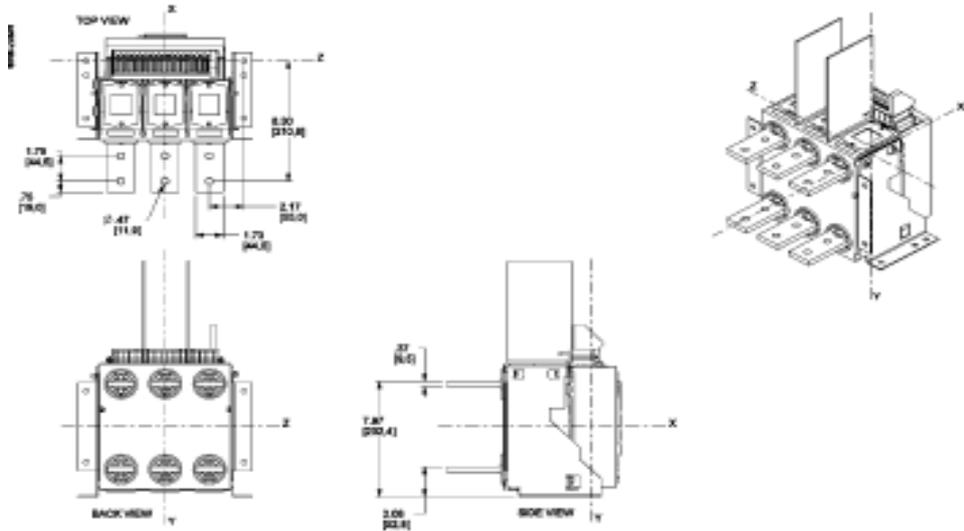
**Dimensions and connections**

**NT08 and NT12 circuit breakers  
Fixed 3-pole device**

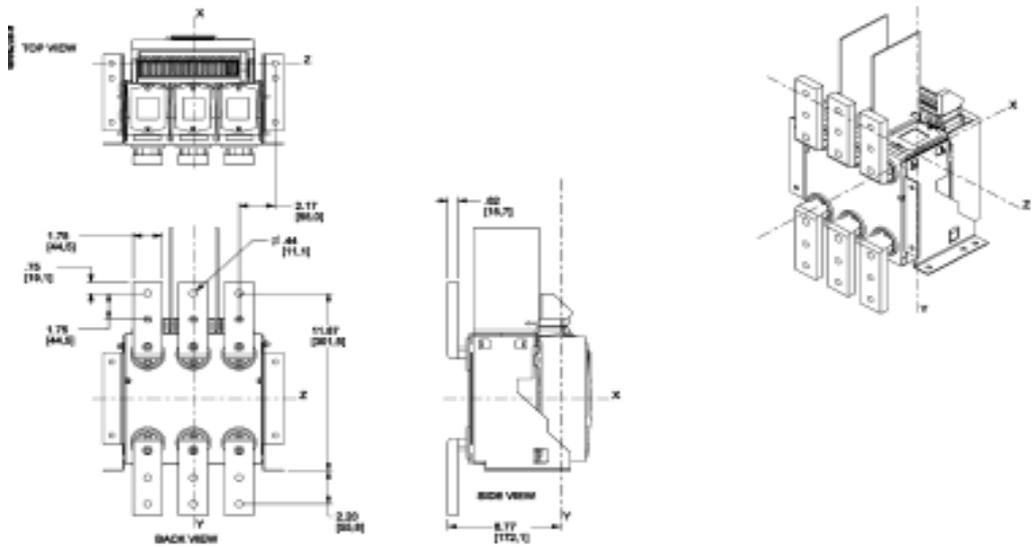


**Connections**

**Horizontal rear connection**



**Front connection**



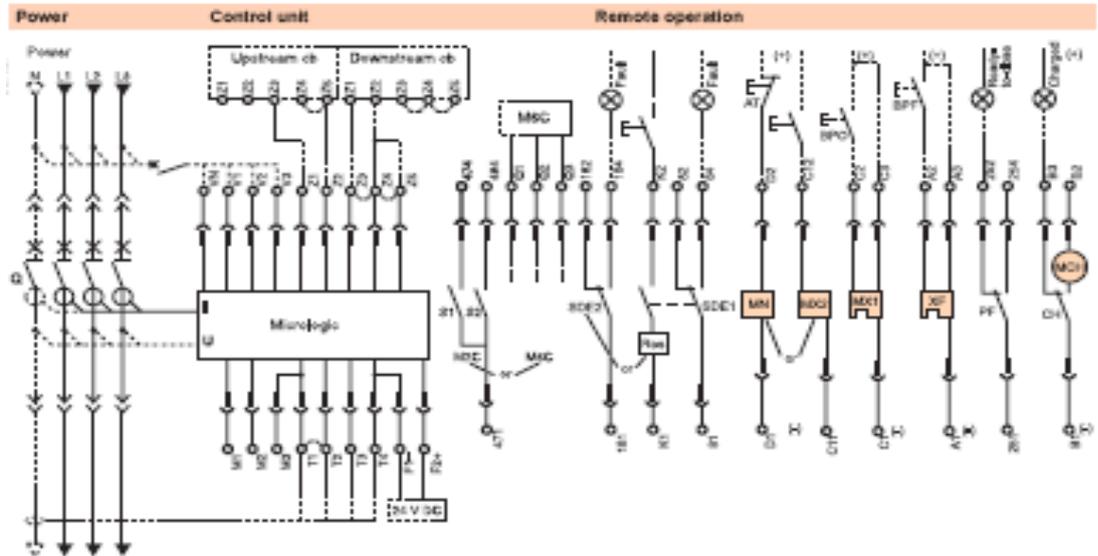
Note: dimensions in square brackets are in mm and other dimensions are in inches.

Electrical diagrams

Masterpact NT08 to NT12  
Fixed and drawout devices



The diagram is shown with circuits de-energised, all devices open, connected and charged and relays in normal position.



Terminal block marking	Com	UC1	UC2	UC3	UC4 / M2C / M3C
	85 86	25 M1	M0 M3	F2+ V3 / 484 / C2	
	83 84	23 24	T3 T4	VN V2 / 434 / C2	
	81 82	Z1 Z2	T1 T2	F1- V1 / 471 / C1	

Remote operation	SDE2 / Res	SDE1	MN / MX2	MX1	XF	PF	MCH
	184 / R2	84	C2 / C12	C2	A2	254	82
	182	82		C3	A3	252	83
	181 / R1	81	C1 / C11	C1	A1	251	81

A	P	H	Control unit
■	■	■	Com : E1-E8 communication
■	■	■	UC1 : Z1-Z5 zone selective interlocking Z1 = ZSI OUT SOURCE Z2 = ZSI OUT ; Z3 = ZSI IN SOURCE Z4 = ZSI IN ST (short time) Z5 = ZSI IN GF (ground-fault)
■	■	■	UC2 : T1, T2, T3, T4 = external neutral
■	■	■	UC3 : F2+, F1- external 24 DC power supply VN external voltage connector (must be connected to the neutral with a 3P circuit breaker)
■	■	■	UC4 : External Voltage Connector (PTE option) or M2C : 2 programmable contacts (external relay) est. 24 V DC power supply required. or M3C : 6 programmable contacts to be connected to the external module M3C) est. 24 V DC power supply required.

Remote operation
SDE2 : fault-trip indication contact or Res : remote reset
SDE1 : fault-trip indication contact (supplied as standard)
MN : undervoltage release or MX2 : shunt release
MX1 : shunt release (standard or communicating)
XF : closing release (standard or communicating)
PF : ready-to-close contact
MCH : electric motor (*)

A : digital indicator.  
P : A + power meter + additional protection.  
H : P + harmonics.

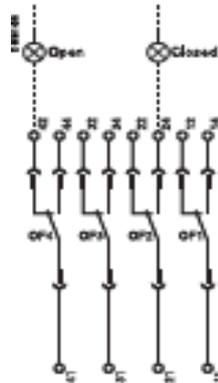
Note: when communicating MX or XF releases are used, the third wire (C3,A3) must be connected even if the communication module is not installed.

Electrical diagrams

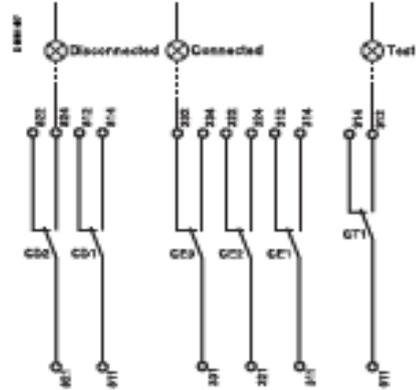
Masterpact NT08 to NT12  
Fixed and drawout devices



Indication contacts



Chassis contacts



Indication contacts



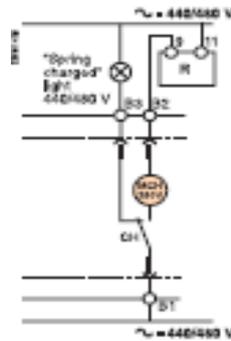
Chassis contacts



Indication contacts

OF4 / OF3 / OF2 / OF1 : ON/OFF indication contacts.

(\*) Spring charging motor 440/580 V AC  
(200 V motor = additional resistor).



Chassis contacts

CD2 : disconnected position contacts  
 CD1 : position contacts  
 CE3 : connected position contacts  
 CE2 : position contacts  
 CE1 : contacts  
 CT1 : test position contacts

Key:

- drawout device only.
- SD21, OF1, OF2, OF3, OF4 supplied as standard.
- interconnected connections (only one wire per connection point).

*Installation recommendations*



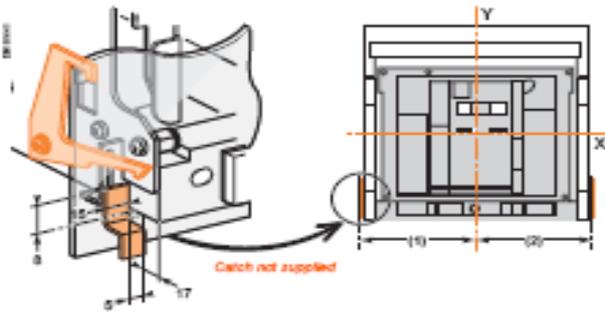
**Door interlock**

**Door interlock**

Mounted on the right or left-hand side of the chassis, this device inhibits opening of the cubicle door when the circuit breaker is in "connected" or "test" position. If the breaker is put in the "connected" position with the door open, the door may be closed without having to disconnect the circuit breaker.

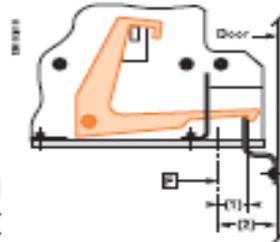
**Dimensions (mm)**

Type	(1)	(2)
NT06-12 (3P)	135	190
NT06-12 (4P)	205	190
NW66-30 (3P)	215	215
NW66-30 (4P)	330	215
NW40-20 (3P)	690	215
NW40-20 (4P)	775	215



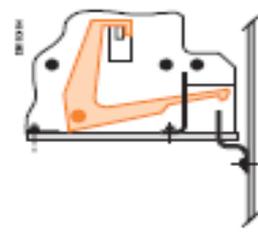
**Breaker in "connected" or "test" position**

Door cannot be opened



**Breaker in "disconnected" position**

Door can be opened



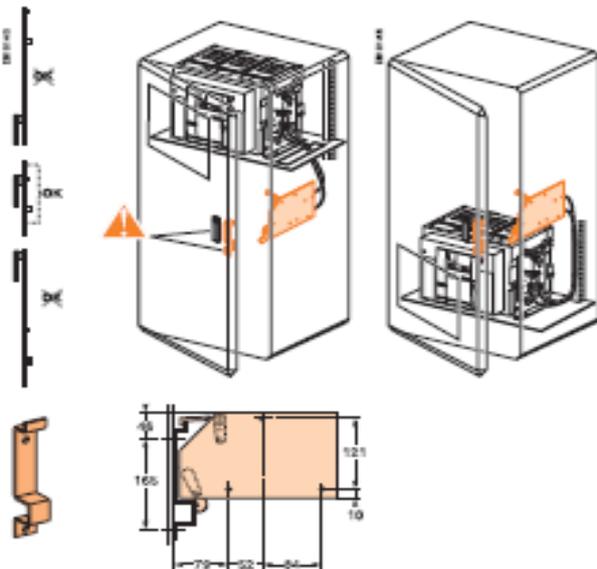
**Dimensions (mm)**

Type	(1)	(2)
NT	5	23
NW	63	103

**Cable-type door interlock**

This option prevents door opening when the circuit breaker is closed and prevents circuit breaker closing when the door is open.

For this, a special plate associated with a lock and a cable is mounted on the right side of the circuit breaker. With this interlock installed, the source changeover function cannot be implemented.

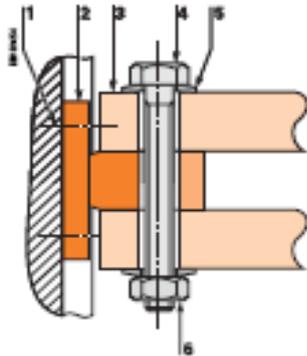


Note: the door interlock can either be mounted on the right side or the left side of the breaker.

[F] : datum.

**Installation recommendations**

**Power connection**

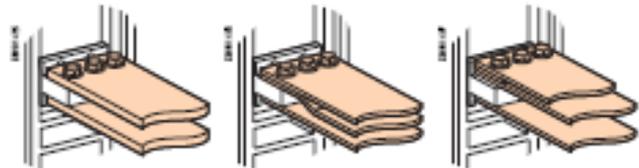


- 1 Terminal screw factory-tightened to 10 Nm (AW), 12 Nm (WT).
- 2 Busbar terminal.
- 3 Busbar.
- 4 Slot.
- 5 Washer.
- 6 Nut.

**Clamping**

Correct clamping of busbars depends amongst other things, on the tightening torques used for the nuts and bolts. Over-tightening may have the same consequences as under-tightening. For connecting busbars (Cu ETP-NFA51-100) to the circuit breaker, the tightening torques to be used are shown in the table below. These values are for use with copper busbars and steel nuts and bolts, class 8.8. The same torques can be used with AGS-T52 quality aluminium bars (French standard NFA 02-104 or American National Standard H-35-1).

Examples



**Tightening torques**

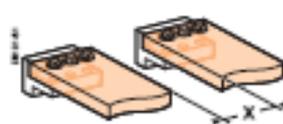
Ø (mm)	Ø (mm)	Tightening torques (Nm) with grower or flat washers	Tightening torques (Nm) with contact or corrugated washers
Nominal	Drilling		
10	11	37.5	50

**Busbar drilling**

Examples



**Isolation distance**

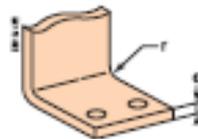


**Dimensions (mm)**

UI	X min
600 V	8 mm
1000 V	14 mm

**Busbar bending**

When bending busbars maintain the radius indicated below (a smaller radius would cause cracks).



**Dimensions (mm)**

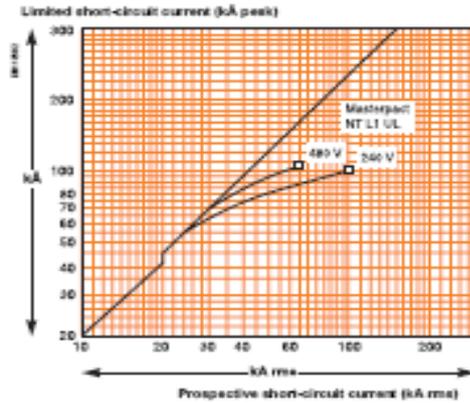
e	Radius of curvature (r)	
	Min	Recommended
5	5	7.5
10	10	10 to 20

Additional characteristics



Limitation curves  
Current limiting

Voltage 240/480 V AC (UL 489 Listed NT L1)

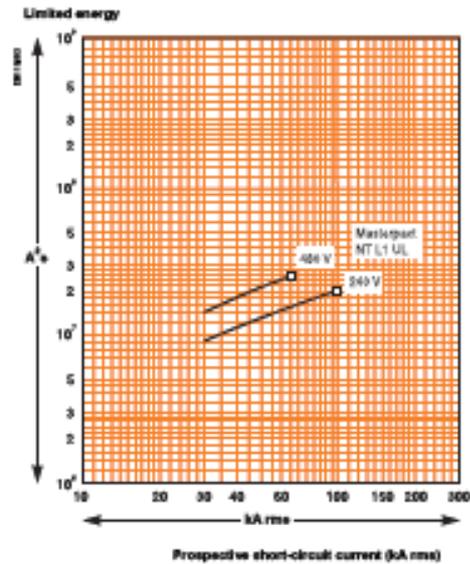


Additional characteristics



Limitation curves  
Energy limiting

Voltage 240/480 V AC (UL 489 Listed NT L1)



### Características PM500

La central de medida PM500 proporciona las medidas necesarias para el control de las instalaciones eléctricas de baja tensión (monofásicas o trifásicas) o de media tensión. PM500 realiza las medidas en verdadero valor eficaz y sobre 4 cuadrantes proporcionando, de base, la energía y la tasa de distorsión armónica (THD) en intensidades y en tensión.

PM500		Explotación	
		Local	Distancia <sup>(1)</sup>
<b>Medidas eficaces instantáneas</b>			
Intensidad	fases y neutro	■	■
Tensión	simples y compuestas	■	■
Frecuencia		■	■
Potencia activa (4 cuadrantes)	total y por fase	■	■
Potencia reactiva (4 cuadrantes)	total y por fase	■	■
Potencia aparente	total y por fase	■	■
Factor de potencia	total y por fase	■	■
<b>Energía</b>			
Energía activa (4 cuadrantes)	0 a 99 999 999 kWh	■	■
Energía reactiva (4 cuadrantes)	0 a 99 999 999 kvarh	■	■
Energía aparente	0 a 99 999 999 kVAh	■	■
Contador horario	en 1/100 horas	■	■
<b>Medida de los valores medios</b>			
Intensidades medias	fases y neutro	■	■
Potencias medias activa, reactiva y aparente	total	■	■
<b>Máximos de los valores medios</b>			
Máx. de la intensidad media	fases y neutro	■	■
Máx. de las potencias medias activas (4 cuadrantes)	total	■	■
Máx. de las potencias medias reactivas (4 cuadrantes)	total	■	■
Máx. de la potencia media aparente	total	■	■
<b>Medidas de calidad de la energía</b>			
Tasa de distorsión armónica (THD)	Intensidades y tensiones	■	■
<b>Puesta a cero</b>			
Máx. intensidades medias y máx. potencias medias		■	■
Contadores de energía y contador horario		■	■
Contadores de las entradas <sup>(2)</sup>		■	■
<b>Parametrización local o a distancia mediante opción de comunicación RS485 Modbus</b>			
Tipo de red	trifásica con 3 o 4 hilos con 1, 2 o 3 TI, bifásica o monofásica	■	■
Calibre de los transformadores de intensidad	primario de 5 a 9999 A secundario 5 o 1 A	■	■
Transformadores de tensión	primario 399 kV max. secundario 100, 110, 115, 120, 100V $\sqrt{3}$ , 110V $\sqrt{3}$ , 115V $\sqrt{3}$ , 120V $\sqrt{3}$	■	■
Modo de cálculo del Factor de Potencia	IEC o IEEE	■	■
Periodo de cálculo de las intensidades medias de 5 a 60 minutos o sincron. ext. <sup>(3)</sup>		■	■
Periodo de cálculo de las potencias medias de 5 a 60 minutos o sincron. ext. <sup>(3)</sup>		■	■

<sup>(1)</sup> la explotación a distancia precisa del módulo opcional de comunicación RS485.

<sup>(2)</sup> con módulo opcional de entradas/salidas IO22.

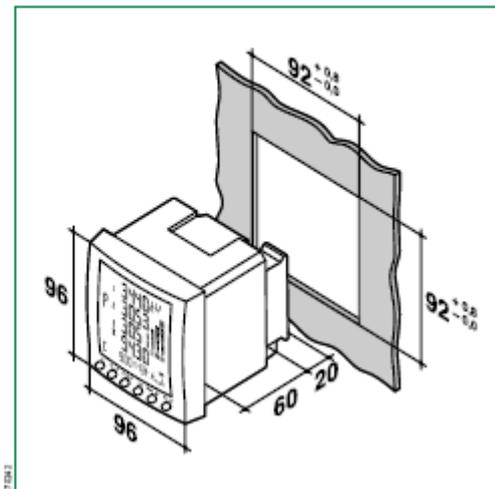
<sup>(3)</sup> con módulo opcional de impulsos IO11.

## Instalación

### Esquema de troquelado

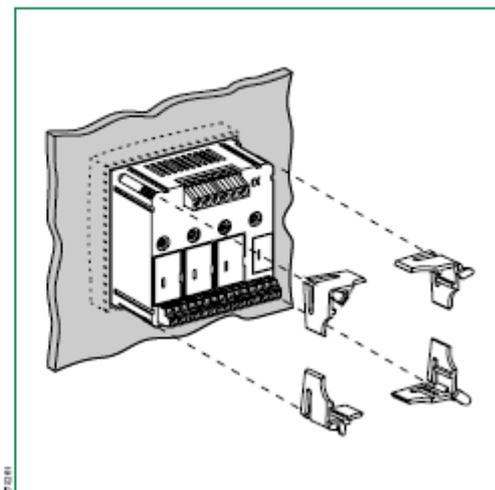
**Recomendaciones:**

- evitar la proximidad de sistemas generadores de perturbaciones,
- evitar las vibraciones que comporten aceleraciones a 1 G para frecuencias inferiores a 80 Hz.



### Montaje

El montaje de la central de medida PM500 no precisa de ningún utillaje particular. Es suficiente con extraer los 4 anclajes antes de colocar el PM500 en el troquel y después volver a poner los anclajes ejerciendo presión contra la tapa para conseguir un efecto resorte.

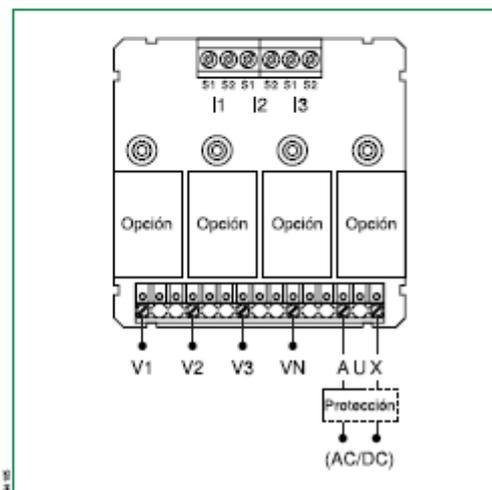


## Conexión PM500

### Generalidades

PM500 está provisto de un bornero fijo de 6 mm<sup>2</sup> para las intensidades y de un bornero desenchufable de 2,5 mm<sup>2</sup> para las tensiones y alimentación auxiliar.

**Nota:**  
el par de apriete máximo de cada tornillo es de 0,4 Nm.



#### Recomendaciones:

para evitar deterioros del aparato es necesario que antes de conectarlo se verifique:

- la tensión de alimentación auxiliar (AUX),
- la frecuencia de la red 50 o 60 Hz,
- una tensión máxima en las bornas de entradas de tensión (V1, V2, V3 y VN) de 480 V AC fase/fase o de 300 V AC entre fase y neutro,
- intensidad máxima de 6 amperios en bornas de las entradas de intensidad (I1, I2, I3).

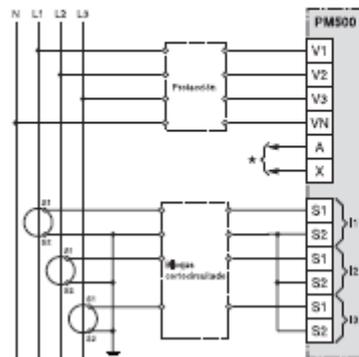
#### Conexión de la alimentación auxiliar AC/DC (AUX)

- verifique la tensión de alimentación auxiliar del producto:
  - ref. 50990: 110 a 400 V AC  $\pm 10\%$  y 120 a 360 V DC  $\pm 20\%$ ,
  - ref. 50991: 24 a 48 V DC  $\pm 20\%$ .
- en el caso de alimentación en continua no es necesario respetar la polaridad.
- es aconsejable proteger la alimentación auxiliar por protecciones adaptadas a la corriente de cortocircuito prevista en los puntos de conexión.

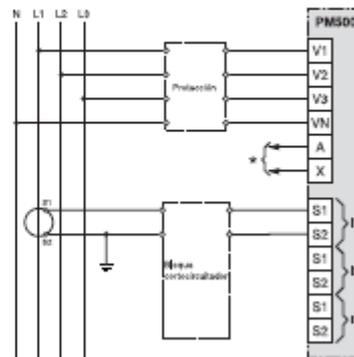
### Conexión PM500

Red hasta 480 voltios

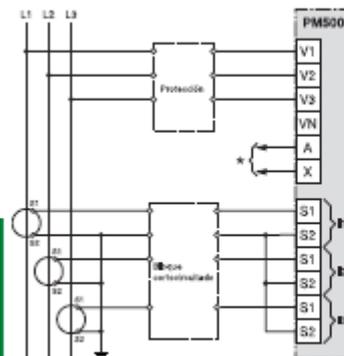
Red trifásica desequilibrada 4 hilos: 4 3CT



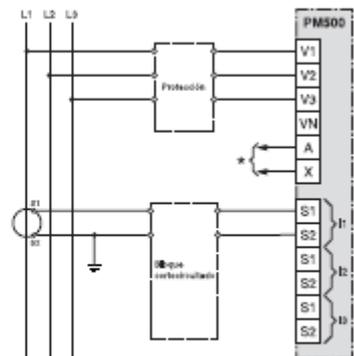
Red trifásica equilibrada 4 hilos: 4 1CT



Red trifásica desequilibrada 3 hilos: 3 2-3CT



Red trifásica equilibrada 3 hilos: 3 1CT



\* Ver página 127.

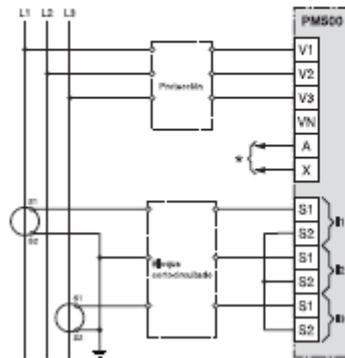
#### Recomendaciones:

la protección de las entradas de tensión debe ser adaptada a la corriente de cortocircuito en el punto de conexión.

### Conexión PM500

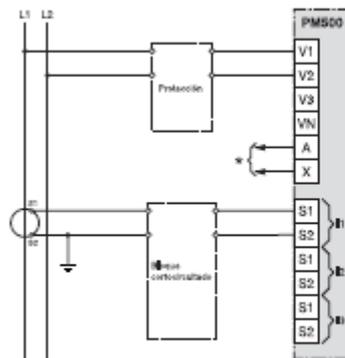
Red hasta 480 voltios (cont.)

#### Red trifásica desequilibrada 3 hilos: 3 2-3CT

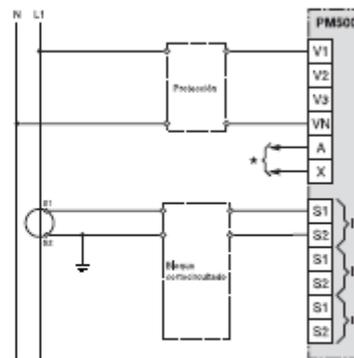


*Nota: la solución con 2 transformadores de intensidad disminuye en 0,5 % la precisión en las fases cuya intensidad se deduce por cálculo vectorial.*

#### Red bifásica 2 hilos: 2 1CT



#### Red monofásica 2 hilos: 1 1CT



\* Ver página 127.

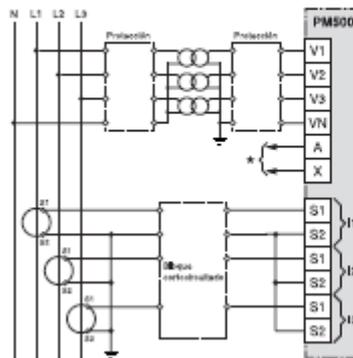
#### Recomendaciones:

*la protección de las entradas de tensión debe ser adaptada a la corriente de cortocircuito en el punto de conexión.*

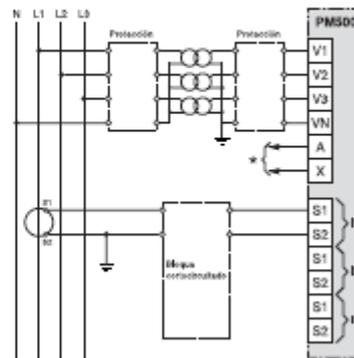
### Conexión PM500

Red hasta 480 voltios

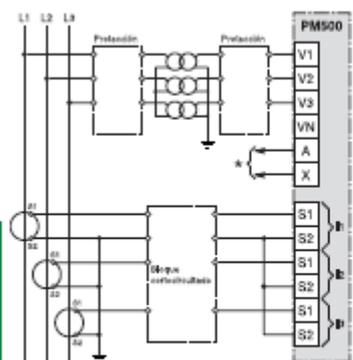
Red trifásica desequilibrada 4 hilos: 4 3CT



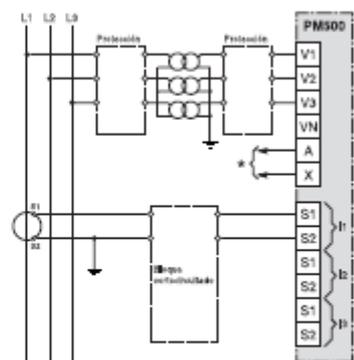
Red trifásica equilibrada 4 hilos: 4 1CT



Red trifásica desequilibrada 3 hilos: 3 2-3CT



Red trifásica equilibrada 3 hilos: 3 1CT



\* Ver página 127.

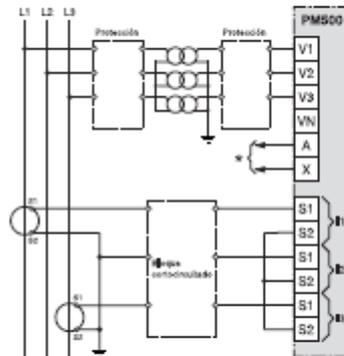
#### Recomendaciones:

la protección de las entradas de tensión debe ser adaptada a la corriente de cortocircuito en el punto de conexión.

## Conexión PM500

Red hasta 480 voltios (cont.)

Red trifásica desequilibrada 3 hilos: 3 2-3CT



\* Ver página 127.

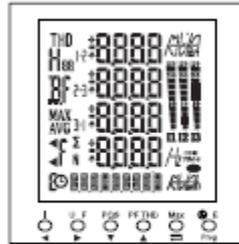
*Nota: la solución con 2 transformadores de intensidad disminuye en 0,5 % la precisión en las fases cuya intensidad se deduce por cálculo vectorial.*

### Recomendaciones:

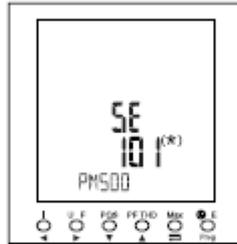
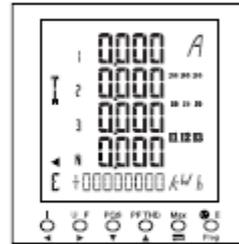
*la protección de las entradas de tensión debe ser adaptada a la corriente de cortocircuito en el punto de conexión.*

## Utilización

### Puesta en Tensión

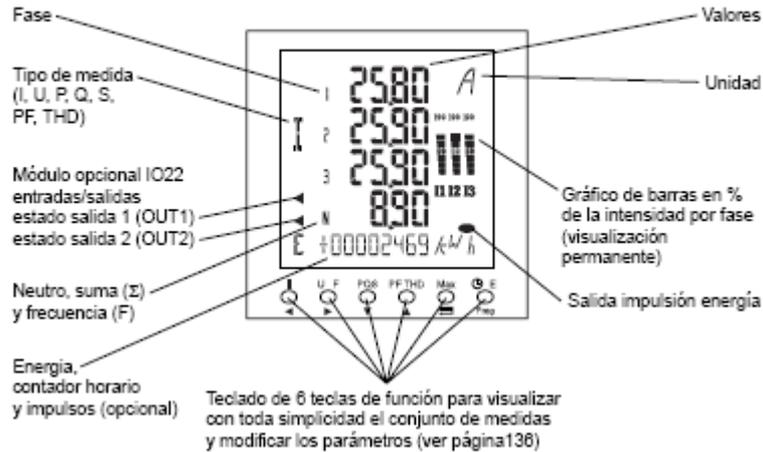


Pantalla test de visualización

Pantalla versión producto  
(\*) Versión del productoPantalla de inicio:  
visualización medidas

### Presentación de la cara delantera

PM500 presenta una gran pantalla retroiluminada que permite visualizar hasta 5 medidas simultáneamente proporcionando la información de manera rápida y directa.



**TEC**

### Estándares de protección "IP" y "NEMA"

(Línea: Varias)

Los equipos diseñados para trabajo en ambientes hostiles deben cumplir con ciertos estándares que aseguren su robustez y permitan a la gente saber hasta dónde pueden llegar en su utilización. Para saber si un equipo, tal como una terminal portátil, un indicador de peso, un lector de código de barras o un monitor son los adecuados para una aplicación que funcionará bajo condiciones extremas, es necesario revisar sus especificaciones mecánicas, donde generalmente encontraremos grados IP, NEMA o IEC. Seguramente ha leído estas especificaciones y sabe que, por ejemplo, un indicador con NEMA 4X ó un lector con IP 69 son muy robustos, pero ¿son realmente apropiados para la aplicación que tiene en mente? A continuación se explican brevemente los fundamentos de éstos estándares.



**IP (Ingress Protection).** El sistema de clasificación IP proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua) que el equipo eléctrico y gabinetes deben reunir. El sistema es reconocido en la mayoría de los países y está incluido en varios estándares, incluyendo el IEC 60529.

Los números IP son frecuentemente indicados en gabinetes, conectores, etc. El tercer dígito, referente a la protección contra impactos mecánicos es generalmente omitido.


**TEC ELECTRONICA S.A. DE C.V.**

 Filial del grupo **TOSHIBA TEC CORPORATION**
**TEC**
**TABLA DE GRADOS IP**

	Primer Número - Protección contra sólidos		Segundo Número - Protección contra líquidos		Tercer Número - Protección contra impactos mecánicos (generalmente omitido)
0	Sin Protección	0	Sin Protección	0	Sin Protección
1	Protegido contra objetos sólidos de más de 50mm	1	Protegido contra gotas de agua que caigan verticalmente	1	Protegido contra impactos de 0.225 joules
2	Protegido contra objetos sólidos de más de 12mm	2	Protegido contra rocíos directos a hasta 15° de la vertical	2	Protegido contra impactos de 0.375 joules
3	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm	3	Protegido contra rocíos directos a hasta 60° de la vertical	3	Protegido contra impactos de 0.5 joules
4	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm	4	Protegido contra rocíos directos de todas las direcciones - entrada limitada permitida	4	Protegido contra impactos de 2.0 joules
5	Protegido contra polvo - entrada limitada permitida	5	Protegido contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones - entrada limitada permitida	5	Protegido contra impactos de 6.0 joules
6	Totalmente protegido contra polvo	6	Protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida	6	Protegido contra impactos de 20.0 joules
7		7	Protegido contra los efectos de la inmersión de 15cm - 1m	7	
8		8	Protegido contra largos periodos de inmersión bajo presión	8	

Así, por ejemplo, una terminal con IP-64 está totalmente protegida contra la entrada de polvo y contra rocíos directos de agua de todas las direcciones.



**NEMA (National Electrical Manufacturers Association).**

Este es un conjunto de estándares creado, como su nombre lo indica, por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (E.U.). Los estándares más comúnmente encontrados en las especificaciones de los equipos son los siguientes:

**NEMA 4.** Sellado contra el agua y polvo. Los gabinetes tipo 4 están diseñados especialmente para su uso en interiores y exteriores, protegiendo el equipo contra salpicaduras de agua, filtraciones de agua, agua que caiga sobre ellos y condensación externa severa. Son resistentes al granizo pero no a prueba de granizo (hielo). Deben tener ejes para conductos para conexión sellada contra agua a la entrada de los conductos y medios de montaje externos a la cavidad para el equipo.

**NEMA 4X.** Sellado contra agua y resistente a la corrosión. Los gabinetes tipo 4X tienen las mismas características que los tipo 4, además de ser resistentes a la corrosión.

**NEMA 12.** Uso industrial. Un gabinete diseñado para usarse en industrias en las que se desea excluir materiales tales como polvo, pelusa, fibras y filtraciones de aceite o líquido enfriador.

El resto de los tipos de NEMA pueden denominarse a grandes rasgos:

Tipo 1	Para propósitos generales
Tipo 2	A prueba de goteos
Tipo 3	Resistente al clima
Tipo 3R	Sellado contra la lluvia
Tipo 3S	Sellado contra lluvia, granizo y polvo
Tipo 5	Sellado contra polvo
Tipo 6	Sumergible
Tipo 6P	Contra entrada de agua durante sumersiones prolongadas a una profundidad limitada
Tipo 7 (A, B, C o D)*	Locales peligrosos, Clase I - Equipo cuyas interrupciones ocurren en el aire.
Tipo 8 (A, B, C o D)*	Locales peligrosos, Clase I - Aparatos sumergidos en aceite.
Tipo 9 (E, F o G)*	Locales peligrosos, Clase II
Tipo 10	U.S. Bureau of Mines - a prueba de explosiones (para minas de carbón con gases)
Tipo 11	Resistente al Acido o a gases corrosivos - sumergido en aceite
Tipo 13	A prueba de polvo

\* Las letras que siguen al número indican el grupo o grupos particulares de locales peligrosos según se definen en el National Electrical Code para el que se diseñó el gabinete en cuestión. La designación de este tipo de NEMA está incompleta sin una o varias letras de sufixo.

**NEMA VS IP**

La siguiente es una referencia cruzada para comparar los estándares IP y NEMA. Es una comparación aproximada solamente y es la responsabilidad del usuario verificar el nivel de protección necesario para cada aplicación.

NEMA/IP	IP23	IP30	IP32	IP55	IP64	IP65	IP66	IP67
1	X							
2		X						
3					X			
4							X	
4X							X	
6								X
12				X		X		
13						X		

TEC Electrónica cuenta con una gran variedad de equipos con protección para ambientes demandantes, tales como las terminales portátiles [Dolphin 7200](#) y [7400](#), con IP64; el lector RF [IT-3970](#), con IP54; o los indicadores de peso [ENTECH I-1700E](#) con sellado NEMA 4X. Si su aplicación requiere equipos con un grado de protección especial, por favor consulte con nuestros Ejecutivos de Ventas.

Todas las marcas y nombres de productos aquí contenidos están registrados en favor de sus respectivos propietarios.

© TEC Electrónica, S.A. de C.V. 2002


**TIPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**  
 GENERADORES CATERPILLAR 34-12

EQUIPO:

HOROMETRO:

LOCACIÓN:

FECHA:

TÉCNICOS:

**TRABAJOS A REALIZARSE**

<b>CADA 400 HORAS</b>	Cambiar el aceite del motor Cambiar los filtros de aceite del motor Cambiar los filtros racord separadores de agua Cambiar los filtros de combustible Limpiar el filtro de aire Engrasar los rodamientos de la polea del ventilador Tensar las bandas del ventilador si es necesario. Tensar la banda del alternador si es necesario Revisar y reajustar si es necesario las conexiones y mangueras de combustible. Revisar y reajustar si es necesario las conexiones y mangueras del sistema de enfriamiento Revisar y completar si es necesario el refrigerante del motor. Revisar y completar si es necesario el electrolito de las baterías. Reajustar y limpiar las conexiones eléctricas del breaker de salida Reajustar y limpiar las conexiones eléctricas de potencia Reajustar y limpiar las conexiones eléctricas del tablero de control	<b>M1</b>	
<b>CADA 1200 HORAS</b>	Cambiar el filtro de aire Analizar el refrigerante, dureza, nitratos y cloruros, añadir refrigerante si es necesario. Comprobar la densidad del electrolito de las baterías, añadir agua acidulada si es necesario. Probar el funcionamiento del sistema de protección del motor, (Alarmas)	<b>M2</b>	
<b>CADA 3600 HORAS</b>	Calibrar la luz de valvulas de admision y valvulas de escape del motor Calibrar la altura del inyector Limpiar internamente el alternador del motor Limpiar la placa de diodos rectificadores del generador	<b>M3</b>	
<b>CADA 4000 HORAS</b>	Cambiar los rodamientos de la polea del ventilador Cambiar las bandas del ventilador Cambiar la banda del alternador	<b>M4</b>	
<b>CADA 9000 HORAS</b>	Cambiar los inyectores del motor Chequear el aislamiento de los bobinados del generador.	<b>M5</b>	

---

 RSROTH S.A.

---

 CLIENTE
**OBSERVACIONES.**

Estos trabajos deben realizarse ademas del monitoreo diario del generador, las horas de la frecuencia son referenciales, esta sujeto a la operación y necesidades del cliente.



Latacunga, 2010

REALIZADO POR:

---

FÉLIX FABIÁN GALLARDO CÁRDENAS

APROBADO POR:

---

ING. MARIO JIMÉNEZ

COORDINADOR DE LA CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICADO POR:

---

DR. EDUARDO VÁSQUEZ  
SECRETARIO ACADÉMICO

